

REVISTA DE LA
ACADEMIA COLOMBIANA
DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
CORRESPONDIENTE DE LA ESPAÑOLA

(PUBLICACION TRIMESTRAL DEL MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL)
(NUMERO EXTRAORDINARIO DEDICADO A BOGOTA EN SU IV CENTENARIO)

VOLUMEN II

ABRIL, MAYO, JUNIO Y JULIO - AÑO DE 1938

NUMERO 6

DIRECTOR:

JORGE ALVAREZ LLERAS

COMITE DE REDACCION:

VICTOR E. CARO

LUIS LOPEZ DE MESA

LUIS CUERVO MARQUEZ

LUIS MARIA MURILLO

SUMARIO:

SECCION EDITORIAL

Pág.

Notas de la Dirección

161

El Observatorio Astronómico Nacional y el IV Centenario de la fundación de Bogotá—Observaciones relativas a la marcha de esta Revista—La vida de Caldas como ejemplo de lo que ha sido hasta ahora la ciencia para el país colombiano—Un triste capítulo en la historia del Observatorio Astronómico Nacional—Concepto en que el Barón Alejandro de Humboldt tenía a Mutis—Breves notas sobre Mutis y la Expedición Botánica de Nueva Granada—Julio Garavito Armero y la incomprensión nacional—Lo que significa esta Revista históricamente hablando.

TRABAJOS ACADÉMICOS:

Estudios seleccionados referentes a Astronomía, Meteorología y Física, por Francisco José de Caldas	178
Contribución a la Meteorología colombiana, por Jorge Alvarez Lleras	207
Problemas actuales de la Antropología (conclusión), por José Pérez de Barradas	227
Una exposición elemental del método de Olbers para el cálculo de una órbita cometeria, por Julio Garavito Armero	241
Vocabulario de términos vulgares en Historia Natural colombiana (continuación), por el Hermano Apolinar María	256
La obra de Garavito y el Observatorio Astronómico, por Jorge Alvarez Lleras	264
Arboles para sombrero y forraje, por Ciro Molina Garcés	273
Contribución a la Antropología colombiana—El origen de los Indios Tunobos, por el Padre H. J. Rochereau	279
Reseña histórica del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Bogotá, por Jorge Alvarez Lleras	283
Contribución al conocimiento de la Fauna acuática de la Sabana de Bogotá y de la Laguna de Fúquene, por Luis María Murillo	299
La Fotoelasticimetría en el laboratorio de ensayo de materiales en nuestra Facultad de Matemáticas e Ingeniería, por Julio Carrizosa V.	301

NOTAS

Asuntos varios	311
Composición actual de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales	339
Advertencias importantes	340

LA ACADEMIA COMO CUERPO CIENTIFICO NO SE HACE RESPONSABLE DE LAS OPINIONES PERSONALES DE SUS MIEMBROS Y COLABORADORES CONTENIDAS EN SUS ESCRITOS



TEMPLER DE LA ACADEMIA MADRID ESPAÑOLA

DIRECCION Y ADMINISTRACION: BOGOTA, OBSERVATORIO ASTRONOMICO NACIONAL
CARRERA 8A., No. 8-00.—APARTADO No. 2584.



ESCUPO DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL DE BOGOTÁ, ADOPTADO COMO ENBLEMA POR LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES.

REVISTA DE LA ACADEMIA COLOMBIANA de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

PUBLICACION DEL MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

SECCION EDITORIAL

NOTAS DE LA DIRECCION

EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL Y EL IV CENTENARIO DE LA FUNDACION DE BOGOTÁ

Al cumplir, el próximo 6 de agosto, cuatro siglos de fundada, esta "villa del águila negra y de las granadas de oro" se prepara a sus fiestas centenarias celebrando todos sus sucesos históricos dignos de recordación, y exaltando las glorias pretéritas que le pertenecieron y la aprestigiaron entre los coetáneos, formándole ambiente propio de generosidad y cultura.

Naturalmente, dentro de esta recordación histórica conviene no olvidar aquello que contribuyera, siquiera en mínima parte, a su fama de ciudad culta y espiritual —que el cultivo siempre constante de las letras le acarreará—; y aunque las ciencias no fueron, ni han sido, cosas de su predilección, queremos ahora hacer un breve recuento, en el presente número de la Revista de la Academia, de lo poco que en el campo científico se ha hecho aquí para explicar cómo desde tiempos coloniales se justificó el nombre de Atenas suramericana con que ingenios extranjeros han designado a Bogotá.

Y, como centro de la mayor parte de los trabajos científicos ejecutados en este país, ya directa o indirectamente, ha sido el Observatorio Astronómico de Santa Fe de Bogotá, y como, por derecho propio, en él tiene su asiento la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, nada nos ha parecido más natural, al hacer la historia de las ciencias en Colombia, para cooperar de esta suerte en la celebración del IV centenario de Bogotá, que dedicar el presente número al Observatorio Astronómico fundado por Mutis y dirigido por Caldas como su primer Director.

Además, el local de este Observatorio Astronómico, en las postrimerías de la Colonia y desde los albores de la República, ha venido siendo como característica arquitectónica bien definida en el paisaje

de la ciudad, fundada por Don Gonzalo Jiménez de Quesada bajo la denominación de Santa Fe, como recuerdo de la villa de igual nombre que se asienta en las vegas de Granada. Y esto hasta el punto de que los artistas que en alguna forma han intentado pasar a la posteridad siluetas bien definidas de ella, nunca han podido prescindir de la torre octágona del Observatorio, el primer templo consagrado a Uránia en el Nuevo Continente, al decir de Caldas.

Natural es, pues, que al asociarse la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, a las fiestas centenarias de Bogotá, consagre un homenaje al Observatorio fundado por Mutis, en donde ella tiene asiento por derecho propio, y que considere, como lo han hecho hasta ahora cuantos han tenido que ver con campañas culturales en este país, como centro de donde ha irradiado la cultura hasta los confines más lejanos de la patria colombiana.

OBSERVACIONES RELATIVAS A LA MARCHA DE ESTA REVISTA

Para asegurar mejor la continuidad de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, inspirada y protegida por el Ministerio de Educación en forma tan eficaz, conviene hacer las siguientes explicaciones y aclaraciones referentes a su prospecto, que ya hemos expuesto en números pasados, pero que repetimos aquí para más claridad y abundamiento de razones en pro de la organización adoptada:

1º La índole de esta publicación es enteramente peculiar y acomodada al medio y a las circunstancias del momento. Así, ella no se parece a ninguna otra de las similares publicadas en el mundo y reviste el carácter de revista enciclopédica, especialmente dirigida a la propaganda cultural que se ha propuesto el Ministerio con miras exclusivamente colombianistas.

2º Así, pues, las críticas que pudieran hacérsle, referentes al valor científico de la mayor parte de los artículos contenidos en sus páginas, carecen de fundamento, ya que en esta Revista no se pretende presentar siempre escritos originalísimos y sobresalientes de investigación pura, cosa imposible en un país, como el nuestro, en donde todo está por hacer en el campo de la Ciencia. Exigir, después de muchos lustros de abandono, y aun de hostilidad por parte del público y de los gobiernos de este país, que ahora, de la noche a la mañana, sean muchos y sobresalientes los escritores técnicos colombianos que ocupen las columnas de esta publicación, es absurdo, y el insistir en ello sólo revelara espíritu incomprensivo y de oposición sistemática.

3º Por lo que toca a la Dirección de la Revista, es preciso dejar constancia de que ella no pretende sino obra de compilación, selección, reproducción y avaloramiento con fines de propaganda y vulgarización. Personalmente los trabajos de ella carecen de valor científico y no representan mérito alguno. Nuestras afirmaciones pueden ser discutidas con probabilidades de convencernos de error y ninguno está más convencido de nuestra incapacidad que nosotros mismos.

4º Pero, como es preciso vulgarizar conceptos y explicar la labor excelsa de colombianos desaparecidos y juzgados por autoridades más competentes que nosotros, no se ha vacilado en insertar colaboración nuestra enderezada a ese objeto, aun a riesgo de que se nos critique la ocupación de estas columnas por escritos de escaso valor y que pudieran ser sustituidos con ventaja por otros de autores colombianos y extranjeros, más documentados e instruidos.

5º Además de estas explicaciones es bueno repetir que la Academia, como Cuerpo científico, no se hace responsable de los conceptos y opiniones que aparezcan en su Revista. Todo lo publicado en ésta puede ser, y de hecho lo es, objeto de discusión, siendo sus páginas campo abierto y libre en donde cabe ampliamente toda la diversidad de miras científicas que se compagine con el fin cultural que se ha propuesto.

6º Una vez más exponemos aquí que el lujo relativo de la presentación editorial de esta Revista obedece al propósito del Ministerio de Educación Nacional, de interesar con ella al gran público en una obra de divulgación que, de otra suerte, pasaría desapercibida.

LA VIDA DE CALDAS COMO EJEMPLO DE LO QUE HA SIDO HASTA AHORA LA CIENCIA PARA EL PAÍS COLOMBIANO

En el número pasado publicamos una carta inédita del sabio payanés, dirigida a don Antonio Arboleda, y que puede servir a manera de espejo perillino en donde se refleja el alma de este colombiano ilustre. Y lo hicimos con el propósito de ir introduciendo al lector en el conocimiento íntimo de la historia de la Ciencia en nuestra Patria.

Es esta historia dolorosa y triste, pues aún no se ha visto cómo la opinión pública y los altos poderes del Estado puedan proteger, como es debido, el ejercicio más alto de la mente humana. Siempre lírico e imaginativo, nuestro país jamás ha pagado la menor atención al cultivo de las Ciencias, que han sido flores exóticas, incomprendidas y, a veces, hasta juzgadas con desconfianza y mala voluntad. Desde la muerte de Caldas hasta la desaparición de Garavito, menospreciado y pobre, todo ha sido en Colombia hostil a la Ciencia. Ejemplo de ello, el sacrificio del sabio payanés que antes de subir al cadalso imploraba de sus verdugos la merced de seis meses más de vida para poner en orden sus papeles y los de la Expedición Botánica.

Indignación causa aún la lectura de la carta que Caldas dirigió al feroz Euzilo, y que es un grito de dolor pidiendo piedad, no para sí, sino para la cultura de su Patria. Hé aquí trozos pertinentes de este escrito:

"He levantado la carta de casi toda la parte meridional de la Nueva Granada, no sobre conjeturas, relaciones vagas o borrones ajenos, sino sobre medidas, rumbos, operaciones geométricas, determinaciones astronómicas de latitud y, sobre todo, de longitud, ya aprovechando los eclipses de luna y sol, ya las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, ya los apulsos de las estrellas por la luna, ya las distancias lunares, ya los azimutes de la luna y ya por el tiempo y marcha de un cronómetro de Emery; tengo la satisfacción de haber fijado de un modo preciso la longitud absoluta y relativa de Quito, y de haber sacado, por decirlo así, de sus antiguos quicios a la carta de Nueva Granada: el meridiano del Observatorio de Santa Fe, la longitud de Popayán y la de otros muchos puntos del Reino, han sido determinadas; y, cuando preparaba la reforma de la Geografía de esta parte de la América, me sobrecogió la época triste de la revolución".

"En la Geografía creo haber hecho progresos, y puedo decir a V. E. que han nacido en mi espíritu ideas nuevas y originales sobre las cartas geográficas, ideas que, dando un grado de interés a este género de producciones, las hacen más interesantes a las ciencias y a la sociedad..."

"En la Física he hecho algunos descubrimientos, que seguramente complacerían a V. E. El termómetro, las medidas con este instrumento, las mareas atmosféricas, la Meteorología ecuatorial, etc., han dado algunos pasos entre mis manos. ¿Qué dolor ver todo esto perdido con mis desgracias!... Pero, lo que más interesa y sobre lo que ruego a V. E. fije su atención, es sobre mis largos y numerosos trabajos sobre la Provincia de Quito, recorrí esas regiones y colecté un herbario que ascendió a cerca de seis mil ejemplares de plantas ecuatoriales, que están depositadas en la casa de la Expedición Botánica. Este viaje me dio ocasión de comenzar a realizar una obra grandiosa titulada "Fitografía Ecuatorial" (Geografía de las plantas). Este era un corte del glo-

bo en el sentido del meridiano, pasando por Quito y abrazando 9° en latitud, 4° 30' al norte y 4° 30' al sur del ecuador. Esta obra, cuya idea pide un largo detalle, quedó iniciada, y yo tendré el honor de presentar fragmentos a V. E. Los volcanes y montes nevados de la Nueva Granada, el nivel de la nieve perpetua, los niveles de los valles y del continente de la Nueva Granada, la altura del mercurio en el mar, y sobre tantos objetos que me sería muy largo enumerar a V. E., forman otras tantas obras, cuyos pormenores y planes van a perecer con su autor, si V. E. no lo socorre".

"El Sr. Mutis fue un sabio que más meditaba que escribía; y es un dolor ver tantas láminas preciosas sin los escritos que les corresponden. Este botánico conoció bien este vacío y resolvió llenarlo de esta manera. En 1805 me llama con rapidez de Quito, en donde me ocupaba de herborizar, medir y observar, y en la primera conferencia me explica sus miras, que eran de ocuparse seriamente en trasladar a mi espíritu todos sus descubrimientos y todas sus ideas. Tres años y medio gastó ese sabio en imponerme de su "Flora" y en comunicarme su ciencia botánica. Sus grandes ideas sobre la reforma del sistema, sobre sus apoteogamas, sobre las "Quinas", etc., sólo están depositados en mi corazón. ¿Qué dire a V. E. sobre mi grande obra intitulada "Cinchona", en la cual la quina se presenta bajo de los aspectos más nuevos y grandiosos capaces de hacer honor a la Nación? Perdóneme V. E. que tome este estilo elogiador de mis cosas: no es la vanidad lo que me lo inspira, es el deseo de que V. E. conozca lo que tiene encerrado mi corazón. Apenas puedo apuntar a V. E. mis ideas; pueda ser que tenga oportunidad de hacerlo con más reposo en esa capital (1).

El 28 del mismo mes, es decir, seis días después, estando Caldas preso en el Colegio del Rosario, se le tomó declaración sobre los puntos de que hablaba en su representación y volvió a ratificarse en ellos, pidiendo solamente seis meses de plazo, para entregar dispuestos y arreglados todos sus manuscritos, con tal que para ello le pusieran en libertad, y esos seis meses de vida le fueron vedados al hombre que como sabio, virtuoso e inocente, merecía vivir largos siglos en paz. Tenía entonces cuarenta y ocho años de edad.

UN TRISTE CAPITULO EN LA HISTORIA DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL

Y como demostración admirable de la tesis que sostenemos respecto de la escasísima protección de que han gozado las Ciencias en Colombia, insertamos adelante en estas páginas la breve historia del Observatorio fundado por Mutis con el propósito de que sirviera como faro luminoso desde el cual se irradiara por todos los ámbitos de la Patria cultura generosa y noble. Y esta historia, dolorosa es decir-

(1) Los párrafos anteriores están tomados de una representación dirigida por Caldas a Euzilo, desde La Mesa de Juan Díaz, el 22 de octubre de 1816.

lo, no puede ser más triste ni más deprimente para el país. Por ahora, publicamos a continuación los documentos que a raíz de la muerte de Garavito, demuestran cómo fue entonces propósito bien definido del Estado la destrucción y el aniquilamiento del primer templo levantado a Urania en este Continente, según lo decía Caldas con tanta ingenuidad como entusiasmo.

Del número 455, correspondiente a marzo de 1931, de "Anales de Ingeniería", transcribimos lo siguiente:

"Para dar una muestra a los lectores de esta revista de la manera como se han administrado algunas veces en Colombia los intereses de la comunidad, nos ha parecido conveniente reproducir y agrupar las piezas siguientes: (a) una respetuosa manifestación de la Sociedad Colombiana de Ingenieros elevada a la Presidencia de la República poco después de la muerte del ilustre astrónomo Garavito; (b) una irónica, académica y tendenciosa contestación a este documento, suscrita por el Secretario General de la Presidencia, en ese entonces; (c) la réplica de la Sociedad, y (d) el decreto reciente del Poder Ejecutivo, por el cual se restableció el servicio del Observatorio Astronómico, después de diez años de lamentable abandono.

Para un ánimo desapercibido este decreto constituye la más clara demostración de que el Excmo. Señor don Marco Fidel Suárez (q. e. p. d.) sólo tuvo en mira, cuando con tanta elocuencia combatía los puntos de vista de la Sociedad de Ingenieros, la destrucción total del Observatorio que fundara Mutis y honraran con sus labores Caldas y Garavito.

Y a fe que casi logra sus propósitos el difunto hombre de Estado a quien nos referimos, pues cuando el actual Ministro de Educación Nacional tomó a su cargo la restauración del Observatorio, sólo encontró ruinas y desolación que pregonaban muy palmariamente cómo la Atenas suramericana había permitido un acto propio de los vándalos, o de quienes hicieron sus veces, y que se complacieron en perforar a balazos los viejos y venerables instrumentos de observación o en favorecer la destrucción de un edificio histórico y de valor artístico innegable (1).

Cuando la Sociedad Colombiana de Ingenieros, como en el caso a que hacemos referencia, ha indicado normas de procedimiento, los hechos la han sacado verdadera, por obrar ella siempre inspirada por los más altos ideales de patriotismo y amor a la Ciencia. Que los documentos insertos a continuación sirvan para demostrar, una vez más, esta verdad".

—o—

Manifestación de la Sociedad Colombiana de Ingenieros al señor Presidente de la República.

Bogotá, agosto 6 de 1920.

Excelentísimo señor Presidente de la República.

Tengo el honor de llevar a conocimiento de V. E. que la Sociedad Colombiana de Ingenieros, cuya

(1) Actualmente puede dar fe de esto el doctor Julio Carrizosa Valenzuela, miembro de la Academia, y en ese entonces Rector de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería.

Presidencia está a mi cargo, aprobó en sesión del día 2 de los corrientes la siguiente proposición:

"La Sociedad Colombiana de Ingenieros, habiéndose impuesto por la lectura del Mensaje del Excelentísimo señor Presidente de la República al Congreso, de los propósitos del Jefe del Estado respecto del Observatorio Astronómico de Bogotá, y considerando:

1º Que es deber primordial de la Sociedad velar por el prestigio, prerrogativas y garantías de la carrera de Ingeniería y Matemáticas en Colombia;

2º Que la entrega de un servicio público en manos de expertos extranjeros no se justifica sino cuando el país carece de personal idóneo para desempeñarlo;

3º Que en concepto de la Sociedad entre el cuerpo de ingenieros del país se encuentran, no sólo uno sino varios hombres de ciencia, ingenieros suficientemente preparados y capaces para desempeñar satisfactoriamente la dirección del Observatorio; y

4º Que no confiar este Instituto a profesores nacionales, equivale a declarar oficialmente la bancarrota científica de éstos y la de los estudios de la Facultad que expide los diplomas de idoneidad,

Resuelve:

Hacer saber, con todo respeto, al Excelentísimo señor Presidente que la Sociedad Colombiana de Ingenieros vería con gusto que la Dirección del Observatorio Astronómico de Bogotá se confiara a profesionales colombianos, y dirigirse en el mismo sentido a las Honorables Cámaras Legislativas".

Como en los anteriores términos aparecen claramente expresados los fundamentos que tuvo en cuenta la Sociedad para acoger unánimemente la proposición transcrita, y como a la clara penetración de V. E. no se pueda ocultar cuán poderoso es, por otra parte, el estímulo para los profesionales, me permito suplicar a V. E. de la manera más respetuosa, que se digne dar acogida favorable a los legítimos deseos de la Corporación que presido.

Con sentimientos de la más distinguida consideración, tengo el honor de suscribirme de V. E. muy respetuoso y atento servidor,

Julio C. Vergara y Vergara

Contestación del señor Presidente de la República
Presidencia de la República de Colombia—Secretaría.—Número 1541.—Bogotá, 12 de agosto de 1920.
Señor Presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.—L. C.

He recibido instrucciones del señor Presidente de la República para contestar, como tengo el honor de hacerlo, la importante carta de oficio de 6 de los corrientes, en que se ha servido usted transcribir una proposición aprobada unánimemente por esa honorable Sociedad, en relación con un pensamiento expuesto en el último Mensaje presidencial y relativo a la provisión del puesto de Director del Observatorio Astronómico de Bogotá.

Agradece, ante todo, el señor Presidente a la honorable Sociedad que, exponiendo su sentir acerca del asunto, le suministre a él ocasión de explicar al

público las razones de aquella aspiración o proyecto; y le reitera las expresiones de aprecio que en el Mensaje rindió a la Facultad de Ingeniería, tanto en razón de su selecto personal, como en atención a los servicios que dicho Instituto presta a la Nación, cooperando eficazmente a las obras públicas, cultivando las disciplinas que mejor perfeccionan tal vez los entendimientos, y divirtiendo los estudios y aficiones juveniles, de los ardientes ejercicios de la política, a otros esfuerzos y tareas más convenientes para la juventud y para la República.

Y viniendo al fondo del negocio, repito que el Gobierno agradece se le dé ocasión para explicar a la Sociedad de Ingenieros y al público, los motivos, el alcance y el fin del consabido pensamiento, esto es, de la aspiración de confiar el Observatorio Astronómico, por un tiempo más o menos largo, a la dirección de profesores extranjeros especialistas y de altísima nota, como serían los que pudieran venir del Observatorio del Ebro, famoso hoy en el mundo.

Tal vez conviene recordar que el Presidente, al posesionarse de su cargo el 7 de agosto de 1918, expresó al Congreso la conveniencia que en su concepto puede tener lo que él llamó injerto de civilización extranjera en los diversos ramos de la Administración pública.

Según ese concepto, fundado en los ejemplos de las demás naciones, uno de los medios más eficaces para perfeccionar los métodos y prácticas que constituyen el servicio nacional, es trasfudir en ellos los mejores elementos extraños que puedan estar al alcance de los recursos propios, del mismo modo que los organismos vegetales y animales se mejoran con el injerto y el cruzamiento. Al expresar ese concepto general y al tratar de llevarlo a efecto en determinadas circunstancias, no pudo el Presidente pensar que eso fuera menos decoroso para la República ni menos respetuoso para los servidores nacionales, por eximios que ellos sean; y no pudo suponer aquellas dos cosas, porque para esa hipótesis sería menester suponer también que todos y cada uno de los letrados, profesores, institutores y científicos colombianos se reputaban a la altura de todos y cada uno de los especialistas extranjeros.

Además, la naturaleza del asunto lo aclara de suyo y lo saca del campo de las consideraciones personales, pues del mismo modo que un particular, por sabio que sea, no se deshonra consultando a uno más sabio que él, así los pueblos no menoscaban su crédito trasfundiendo en el seno de su cultura la mayor ilustración posible y buscándola dondequiera, como lo hizo Grecia al peregrinar en la persona de sus sabios por Egipto y Asia, y como lo hizo Italia al promover el inmortal Renacimiento por medio de las victoriosas lecciones de los griegos, vencidos materialmente por el Islamismo.

En segundo lugar, la misma experiencia colombiana está atestiguando mi tesis por medio de los multiplicados casos que nuestra historia administrativa presenta, de esa trasfusión científica, de ese injerto de civilización anhelado por el Presidente.

Así lo puede observar no sólo quien esté siquiera iniciado en nuestra historia, sino quien posea ligeros recuerdos de hechos contemporáneos, y hasta aquel que tenga ojos para observar lo que está pasando a nuestra vista. ¿No hay acaso, ahora mismo, profesores extranjeros en las enseñanzas técnicas y literarias? ¿No los tiene la enseñanza agrícola? ¿No los ha habido hasta ayer en la Escuela de Medicina? ¿Y no está contratado un eminente sabio alemán para que, asociado a otros, venga a servir al Estado en varios estudios de Ciencias naturales?

No hace muchos años residió aquí por bastante tiempo, dando lecciones de Derecho romano y de Derecho civil de Colombia, un insigne doctor de la Facultad de París, el cual organizó la Escuela de Derecho y tuvo entre sus oyentes por años enteros a abogados tan ilustres como un Nicolás Esguerra y un Luis María Isaza, llevando los apuntes el sujeto que inspira la presente carta. Por ese mismo tiempo vino a organizar la Policía otro idóneo francés, que todavía vive entre nosotros, y que llenó satisfactoriamente su misión, así como la acaba de llenar un distinguido Oficial español, que salió hace pocas semanas de esta ciudad, después de cumplir sus contratos sobre instrucción de varios Cuerpos de policía departamentales.

Misiones militares han venido varias al país, desde aquella que dirigió el Capitán Lemly, del Ejército de los Estados Unidos, con tanta energía como competencia, y desde las que rigieron después los oficiales franceses de hace diez y seis años, hasta las varias misiones chilenas que sirvieron satisfactoriamente al Gobierno y al Ejército. Ninguno de nuestros jefes y oficiales, acreditados aquí y fuera, por su valor e inteligencia, tuvo a mengua oír esas lecciones, seguir esos ejercicios ni someterse a esas enseñanzas, destinadas prácticamente a mejorar las condiciones de nuestras milicias.

Puede decirse que la mayor parte de nuestros Gobiernos ha procurado a lo menos en tiempos normales y bonancibles, mejorar los sistemas, criterios, prácticas y desarrollos de la Administración pública, sin proclamar la espontánea generación de la cultura, ni confiar exclusivamente en el poder de los libros, sino buscando el magisterio vivo en las mejores condiciones, es decir, tratando de conseguir maestros de extraordinaria competencia. Recuerde que durante muchos años estuvo aquí la enseñanza normal confiada a institutores extranjeros, que vinieron a Colombia contratados por los diversos Estados de la Unión, donde vivieron largos años o se avecindaron para siempre.

En todos estos casos la acción oficial, la iniciativa del Gobierno, lejos de ser censurada o combatida, era aprobada por todos y aplaudida y apoyada, sin que aconteciese que un pedagogo, un profesor, un militar, un ingeniero, un abogado, un médico o un naturalista se creyesen ofendidos, por ejemplo, de que el alemán Siegert dirigiera la Escuela Normal de Medellín, ni de que profesores franceses formasen matemáticos tan insignes como Liévano, Peña o

Ponce de León en la primera Administración del General Mosquera, ni de que el sabio Mutis, lumbrera de la ciencia y del sacerdocio, fundara este mismo Observatorio que estamos considerando actualmente, ni de que el ingeniero español Anillo resolviera los problemas más difíciles de matemáticas superiores que solía consultarle Caldas (1).

En tercer lugar, esto que trata hoy de hacerse y cuya enunciación se quiere convertir en escandaloso atentado de antipatriotismo e irreverencia; esto que un gobernaante quiere efectuar, exponiéndose a que se le acuse de enturbiar el agua a los que están en la parte superior del arroyo; este pretendido desmán y dislate es exactamente lo mismo que el Ecuador, el Perú, Bolivia, Chile, el Uruguay, el Paraguay, la Argentina, el Brasil, Venezuela, Cuba y las demás repúblicas latinoamericanas han venido haciendo desde su fundación, a saber: no satisfacerse contemplando sus perfecciones actuales, sino limpiarse los ojos, aguijarse los costados y atisbar por toda la redondez del horizonte cuál es la luz más pura y refulgente, a fin de procurar prenderla en el candelabro de su porvenir. Díganlo, si no, nombres como los de Pradier-Fondéré, Courceil-Seneuil, Bello, Codazzi, Domeyko, Lenz, González, Gay, Pissis, Mora, Martius, Tschudi, Hamilton, Skinner, Wolf, Secchi, entre tantos extranjeros que han estudiado, unos el portentoso suelo americano y sus idiomas, otros los derechos del hombre y de los pueblos en este mismo Continente, otros los campos del cielo iluminados por el Centauro y por la Cruz del Sur.

Secchi! Este nombre corresponde a un religioso de aquella orden que es quizá la Corporación más perfecta de cuantas ha organizado la mente humana, porque en resolución no es otra cosa que un ejército permanente de diez y seis a veinte mil hombres sobre quienes discurre la luz de la Ciencia y en quienes bulla el calor de la caridad —luz y fuego fomentados por la fe que hace mártires y por la disciplina que hace imposible la derrota. Ese padre Secchi, colega de los religiosos del Ebro que deseáramos ver encargados del Observatorio del otro sacerdote Mutis, presidió en París el gran Congreso Internacional del Metro en los últimos días del Segundo Imperio, vino al Ecuador como profesor de Astronomía, halló en la luz de las estrellas la composición física de esos astros, y pesó la masa del sol (2). Los del

(1) Sobre este punto conviene anotar que las noticias históricas del señor Gerardo Pulecio anduvieron descomulgadas, pues, quienes han analizado la obra científica de Caldas, jamás encontraron por parte alguna, niella siquiera de la influencia científica del español Anillo, probablemente personaje muy inferior a Humboldt, quien nunca tuvo empacho en declarar sobre las altas capacidades del sabio Caldas—N. D.

(2) Indudablemente no eran muy completos los conocimientos del señor Secretario de la Presidencia de la República respecto de la historia de la Astronomía. El P. Secchi, cuyas investigaciones en Astrofísica fueron ciertamente muy valiosas, nunca pesó el sol, ni aun supo exactamente sus dimensiones, como lo prueba el siguiente párrafo... "une seconde d'arc soustend sur le soleil 716 kilomètres, de sorte que l'espace parcouru par un point équatorial dans une seconde de temps est 329 450 mètres".

A esto observó típicamente Flammarion: "Tel, le P. Secchi se trompait. Une seconde d'arc, sur le soleil, sous-tend, il est vrai, une longueur de 716 kilomètres, mais en seconde géométrique, ou vue de la terre, tandis qu'il s'agit ici de la seconde helio-

Ebro son de esa misma escuela y recorren la misma senda, y el director de los Observatorios de las Antillas ha creado la ciencia que protege las naves contra los ciclones, asociándola con la caridad y granjeándose la estimación y gratitud del Gobierno y del pueblo de los Estados Unidos de América (3).

Al despedirse el Presidente de los jóvenes ingenieros Aparicio, Dupuy y Fonseca, encargados de entregarle la importante protesta de esa Honorable Sociedad, les reiteró la expresión de su respeto hacia la Facultad de Ingeniería y les manifestó la estimación que profesa a los hombres de bien que se dedican a las matemáticas, sentimiento que el señor Suárez ha aprendido en los libros del Padre Isla, otro jesuita tan prominente en literatura como los religiosos del Ebro en Astronomía, y tan amigo de los estudios exactos, que no vaciló en escribir en una de sus obras, este pensamiento: "Apenas se encontrará matemático sobresaliente que no sea hombre de costumbres irreprochables". Estrechando la mano a los tres distinguidos visitantes, atrevióse a decirles que no extrañaran encontrarle admirador ferviente de la ciencia de algunos eclesiásticos, y participante de lo que el vulgo llama clericalismo. "Es que, realmente—les dijo— las ciencias tuvieron siempre cierto carácter sacerdotal, como dice José de Maistre; y es, mis señores, que al compás que la estrella de la vida se acerca al mar de la muerte, el hombre comprende, por experiencia, que uno de los mejores campos para hallar un buen amigo y un buen maestro, es ese amigo llamado clerical cuando se inspira y obra por los influjos divinos de Jesús". Soy de usted atento servidor y compatriota,

Gerardo Pulcino

—o—
Observaciones a la Nota de la Secretaría de la Presidencia de la República, consideradas por la Sociedad en su sesión del 17 de agosto de 1920

1ª La Sociedad Colombiana de Ingenieros no puede aceptar que los nombres de Caldas y Garavito, técnicos colombianos, sean pospuestos de manera intencionada, diciendo del primero que tenía quién le resolviera los problemas difíciles (el extranjero Anillo), y omitiendo intencionalmente el nombre del segundo, en una discusión encaminada a demostrar que necesitamos injertos de ciencia extranjera.

2ª La Sociedad no puede aceptar la tesis de que en materias astronómicas y meteorológicas, donde han hecho labor original Caldas y Garavito (según declaraciones de Humboldt y de M. Bailleud), y en el cultivo de las cuales han sobresalido Joaquín Acosta, Ponce de León, Abelardo Ramos, Nieto París, Ruperto Ferreira, Juan de Dios Carrasquilla y otros

centrique, plus sur le soleil lui-même et qui n'est que de 3km; ce qui est bien différent. Il en résulte que l'axe parcouru en une seconde de temps n'est pas de 429 kilomètres, mais seulement de 1km92, ou moins de 2km".

(3) Aquí es necesario citar al Comandante de la Marina americana, Maury, cuya obra respecto de la Meteorología del globo fue definitiva en lo que toca a ciclones, corrientes aéreas y demás fenómenos oceanográficos. (Lectures on the American and Atlantic Slopes of South America.—1853).—N. D.

más, haya urgente necesidad de un injerto procedente del país de Europa más atrasado en materias científicas.

3ª La Sociedad debe dejar constancia de que estima la labor científica de Garavito muy superior a cuanto vengan a enseñarnos individuos educados en un ambiente científico en decadencia; así como declara solemnemente que Caldas inventó el hipsómetro y que el único resultado que obtuvo el país con la venida de Boussingault, fue el de perder este invento que pasó a ser propiedad de la ciencia francesa.

4ª La Sociedad como Cuerpo científico, no puede dejar pasar errores tan garrafales como la afirmación de que el P. Secchi pesó el sol y halló la constitución física de las estrellas por medio del espectroscopio, y de que fue otro sacerdote quien descubrió la predicción de los ciclones por el estudio de las curvas isobaras. Tales afirmaciones no las haría quien conozca Cosmografía elemental, pues, desde tiempos de Newton, la Mecánica celeste tuvo cómo hallar la masa de los cuerpos constitutivos del sistema solar, y desde Arago se pusieron a contribución ciertos fenómenos ópticos al servicio de la Astrofísica. Además, el reconocimiento de que un científico español ha enseñado a los sabios de los Estados Unidos cosas elementales que allí se practican desde tiempo inmemorial, es algo que nos pone en ridículo ante los ojos de los verdaderos hombres de ciencia de este Continente.

5ª La Sociedad debe defender la obra legada por socios suyos como Nieto París, inventor de un péndulo eléctrico cuya patente está aún inexplorada, y el mencionado Garavito, sabio reconocido por el mismo Congreso Nacional, que mandó erigir su busto y ordenó la publicación de sus obras. En consecuencia, debe protestar por la entrega del Observatorio, sin causa justificativa alguna, a extranjeros cuyo interés está en contraposición con la labor nacional desarrollada por ingenieros colombianos, y que de esa suerte corre grave riesgo de perderse.

6ª Entre los ingenieros nacionales existen individuos capaces de practicar todas las operaciones relacionadas con la Astronomía de posición, como lo prueban los cálculos de eclipses, ocultaciones, etc., ejecutados por la Oficina de Longitudes, y como lo demuestra el que ya esté en vigencia una ley presentada por el Observatorio que trata de cuanto pueda hacerse en el campo de la Meteorología para determinar el clima del país. Aceptar que alguna de fuera nos venga a enseñar tales cosas es absurdo y deprimente.

7ª La Astrofísica no requiere mayor preparación científica, sino material costoso. Désele al personal colombiano lo que posee el Observatorio del Monte Wilson, por ejemplo, y es seguro que cualquier técnico nacional podría fácilmente examinar los canales de Marte o las bandas de Júpiter. Es un error creer que la Astronomía y la Meteorología requieran enseñanza de viva voz, como si se tratara de un curso de inglés.

8ª La insinuación de que técnicos extranjeros, como los venidos a la Escuela de Agronomía y a la Facultad de Medicina, han hecho labor útil para el país y han enseñado a los nacionales, es malévolamente contradictoria párrafos terminantes del Mensaje del Señor Presidente a las Cámaras.

9ª La Sociedad no se cree competente para averiguar qué tengan que ver los sabios de Grecia y el Padre Isla con el asunto del Observatorio Astronómico Nacional, ni qué fue de tantos sabios extranjeros que vinieron a enseñar en América Latina, como Andrés Bello y Florentino González.

Por todo esto declara que la carta escrita por el Secretario de la Presidencia carece de seriedad y que, probablemente, no pertenece sino en muy pequeña parte al Excelentísimo Señor Presidente de la República, quien en muchas ocasiones ha demostrado verdadero patriotismo y sólidos conocimientos.

—o—
Declaración aprobada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros en la sesión del día 25 de agosto de 1920

La Sociedad Colombiana de Ingenieros, en vista de las ideas contenidas en el oficio número 1541 del 12 del presente, firmado por el Secretario de la Presidencia, considera necesario afirmar el concepto emitido por ella en relación con el pensamiento contenido en el último Mensaje presidencial, sobre provisión del puesto de Director del Observatorio Astronómico, y exponer algunas de las razones que tuvo para someter ese concepto a la elevada consideración del señor Presidente de la República.

La Sociedad es en principio sinceramente adicta a la idea de que vengan al país misiones técnicas extranjeras y hace suyas las frases elocuentes con que el señor Presidente ha querido equilateralla. Estima que esa trasfusión de cultura sería muy conveniente, con particularidad en ciertos ramos de la enseñanza y en algunos departamentos de la administración nacional, en que prevalece cierto empirismo e ideas por lo menos anticuadas. En el concepto de la Sociedad, la importación de misiones técnicas no debiera tener en general otra restricción que la impuesta naturalmente por los fueros de la soberanía nacional y por esa especie plausible de escrúpulos que dice relación con la idiosincrasia del país. Pero toda iniciativa, emane ella del Gobierno o de los particulares, encaminada a dilatar con auxilio de las luces extranjeras, nuestro horizonte moral y científico, o a prestarle mayor eficacia a nuestros métodos de trabajo, sin menoscabar las bases de la autoridad y de la tradición en que reposa la nacionalidad, debe ser motivo de aplauso.

Con el ánimo de fundar una opinión acerca de la misión deseada por el Gobierno, conviene separar la actividad de las misiones técnicas en dos categorías: la primera es docente, y de carácter organizador o administrativo la segunda. Que es del género de las primeras de lo que más se advierte la necesidad entre nosotros, parece indudable. La Sociedad vería

con gusto todo esfuerzo del Gobierno hecho en el sentido de subsanar esa deficiencia, ora sea en el ramo de las disciplinas que son de su resorte, ora sea en los demás departamentos de la instrucción profesional.

Pero no siendo docente la actividad del Observatorio, la misión proyectada por el Gobierno para dirigir ese centro no pertenece a la primera sino a la segunda categoría mencionada. Por tanto, sólo resta examinar la utilidad de ella desde el segundo punto de vista.

La importación de técnicos para asuntos de organización y administración es justificable en dos casos primordialmente: 1º Cuando se necesita iniciar en el país un ramo nuevo de trabajos, y 2º Cuando en un género de trabajos conocidos se vienen empleando métodos defectuosos o ineficaces.

Ahora bien: ¿Se encuentra el Observatorio Nacional en alguno de estos casos? La Sociedad de Ingenieros no lo ha creído así, y se funda principalmente en estas razones:

El ramo de las Ciencias matemáticas y sus aplicaciones a la Astronomía y a la Física, ha sido precisamente aquel en que Colombia ha demostrado mejor sus aptitudes para el desarrollo científico. Es en ese género de estudios, más que en otro cualquiera, donde los colombianos han logrado distinguirse trabajando con una relativa independencia del extranjero. Son muchos los nombres que el país tiene a honor exhibir en ese capítulo, pero bastaría mencionar a Caldas, Joaquín Acosta, Ponce de León, Nieto París, Julio Garavito, Liévano, Uricoechea, Gómez Otero, Rueda y Juan de Dios Carrasquilla. La labor de estos hombres no es cosa susceptible de ser tergiversada ni merece caer en el olvido: ella consta en hechos por todos conocidos, en labores realmente útiles, en descubrimientos, en anotaciones fecundas, en ciencia cabal y fidedigna. Visto en proyección de conjunto, el prolijo pensar y observar de esos colombianos alienta garbosamente en el estudio, objetivo y no libresco, de la naturaleza en sus diversas manifestaciones, ora en la Meteorología nacional, ora en la Astronomía de posición, ora en el clima del territorio, ora en la carta geográfica del país, ora en las constantes físicas de Bogotá, ora en las matemáticas puras enriquecidas con demostraciones y textos originales de mérito sobresaliente. Y toda esa labor converge, por decirlo así, históricamente al Observatorio Astronómico: allí ha sido unas veces inspirada y otras concebida.

Pero si ella no bastase para demostrar la existencia en Colombia de elementos para una obra científica, sería tal vez oportuno aludir a las operaciones relacionadas con la Astronomía de posición llevadas a cabo recientemente por el Observatorio y por la Oficina de Longitudes, consistentes en cálculos de eclipses, ocultaciones, etc., y en la fijación de la red astronómica para la carta del país. Tales operaciones, por su exactitud y por las condiciones en que han sido realizadas, resultan comparables a las más rigurosas que pudieran exhibir observatorios

mejor dotados, como lo son muchos de Sur América y todos los europeos y norteamericanos.

Y, concentrando estas reflexiones al Observatorio Astronómico, cabe decir que ese Instituto en las manos del doctor Garavito ha conocido días de altísima gloria, y que el sabio colombiano hizo en él cuanto es humanamente posible, careciendo casi en absoluto de aparatos modernos, lo cual ha constituido la verdadera deficiencia de ese Establecimiento, que los Poderes responsables no se han preocupado de subsanar. Bajo su dirección el estudio de la Meteorología en nuestra zona recibió un rumbo definitivo, y la ciencia astronómica, ya en la observación, ya en su parte especulativa con los problemas generales de la Mecánica celeste, encontró en el poderoso cerebro de nuestro compatriota la fuerza de síntesis necesaria para restablecer la comprometida unidad de la Ciencia.

La muerte del astrónomo bogotano interrumpió esta labor excepcionalmente fecunda; empero, la posibilidad de reanudarla, con elementos nacionales subsiste felizmente. Con efecto, el doctor Garavito, al imprimirle un alto rumbo a sus estudios, conjuntamente con el brillo de su actuación en el Observatorio y con su acción docente en la Escuela de Ingeniería, le atrajo a su obra el afecto y la admiración de un grupo de discípulos que constituye hoy el centro testamentario de su enseñanza científica. Por otra parte, ésta, en lo que respecta a la orientación de los trabajos en el Observatorio, ha sido recogida íntegramente, de suerte que es un hecho la posibilidad de llevar a cabo lo que el último Director de ese Instituto pensaba realizar, como es, por ejemplo, entre otras cosas, el cálculo numérico de las tablas de la luna, que reemplazarán con ventaja las de Newcomb, y constituyen uno de los trabajos inmortales de Garavito; la longitud absoluta de Bogotá, la observación del campo magnético, la colaboración del Observatorio al cálculo de la paralaje lunar, un plan, en fin, ordenado y apropiado al medio, de observaciones meteorológicas. En esos proyectos figura también el derrotero de los cálculos para compensar la red geodésica que ha de cubrir el país y revelarlo hasta en sus menores detalles topográficos.

Confiarle la misión de continuar la obra de Garavito a quien probablemente no la conoce, o tendría tal vez interés en no reconocerla, indicaría ostensiblemente el deseo de que esta obra quede trunca; y confiaría en esas condiciones, abrigando al mismo tiempo, el anhelo de verla continuada y glorificada, sería una conducta por lo menos contradictoria.

A un extranjero no puede exigírsele cierta consecuencia con las tradiciones y las glorias que lisonjean el amor propio nacional, y ya que aparece este punto delicado, no es tal vez inoportuno aludir al resultado que tuvo la misión de Boussingault para la ciencia colombiana, cuyo derecho al invento del hipsómetro, hecho por Caldas, le fue arrebatado

para aumentar con él el glorioso acervo, ya considerable de suyo, de la ciencia francesa.

Por todo esto ha creído la Sociedad que el traer técnicos extranjeros para el Observatorio es innecesario, por cuanto en ese ramo de estudios se han revelado en el país aptitudes y hay adquisiciones que guardar. No sería, pues, innovar acaso ni menos suplantarlo, lo que fuera aquí deseable, sino más bien impulsar y desarrollar. Dótese como es debido al Observatorio, provéasele de todos los aparatos modernos y el país verá con satisfacción la clase de trabajos de que es capaz la ciencia colombiana cuando se la estimula y coloca en el pedestal por ella conquistado.

Estas son, en resumen, las razones que tuvo la Sociedad Colombiana de Ingenieros para emitir el deseo de que no se vayan a malograr las tradiciones, en su concepto muy honrosas, del Observatorio, durante el tiempo que ha estado en manos de ingenieros colombianos, y de que ojalá siga siendo ese género de estudios una ocasión para que los jóvenes adictos a él, puedan servir al engrandecimiento del país y a su gloria científica.

Pero la Sociedad ha notado con pena que en la respuesta inspirada por el señor Presidente se omite rebatir el fundamento de estas, al parecer obvias razones, y se advierte el empeño de atribuirle a la Sociedad pensamientos y propósitos que no han sido suyos.

La Sociedad, al interesarse por los asuntos relativos al ramo profesional en que laboran sus miembros, al tratar de impedir la inútil absorción por la actividad extranjera, de una órbita de estudios en que la ingeniería colombiana ha cosechado laureles y está en aptitud de seguir sirviendo eficazmente, al salir en defensa, en fin, de ciertos modestos trabajadores cuya actuación en el campo de la Ciencia pura y de los trabajos públicos es un timbre de gloria para ellos y para el país, ha creído cumplir sencillamente con un deber elemental. Esa actitud no implica en manera alguna, que este centro científico se oponga a lo que el señor Presidente ha llamado injerto de civilización, ni significa que sus miembros abriguen la creencia en la generación espontánea de la cultura.

La Sociedad se abstiene de situar en el terreno de las ideas filosóficas una cuestión de administración pública, y no entra a rectificar ciertos puntos que no se relacionan directamente con el asunto concreto que ha motivado su intervención. Acerca de esto se limita a lamentar que la historia de la Ciencia no se halle profusamente difundida en el país, lo cual evitaría ciertos conceptos que tienden a desvirtuar nociones importantes, como es, por ejemplo, la relativa a la correcta inteligencia de la obra de Newton, quien al descubrir su admirable teoría de la gravitación pesó de hecho el sol, o la que se refiere a los trabajos de Arago y de muchos astrónomos y físicos, que utilizaron la Óptica y las leyes físicas de los gases, en el estudio de la Astrofísica y de la Meteorología.



FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS Y TENORIO
‡ Popayán - 1771 - † Bogotá - Octubre 29 de 1816
Retrato al óleo, del Observatorio Astronómico, pintado por Díaz.

La Sociedad desea, para terminar, que conste el sentimiento de que la nota presidencial, varias veces mencionada, contiene en su fondo, si acaso no en la forma, un concepto por varios aspectos desfavorable al gremio de ingenieros nacionales.

En virtud de todas estas consideraciones, la Sociedad Colombiana de Ingenieros declara:

1º Que insiste en juzgar innecesario e inconveniente para los intereses nacionales, en su más noble sentido, y para el estímulo indispensable que necesitan las disciplinas matemáticas, el poner el Observatorio Nacional en manos de extranjeros.

2º Que deplora el verse en la necesidad de atestiguar por primera vez, en su calidad de Centro consultivo del Gobierno, una divergencia de opiniones entre ambas entidades, que ella se alegraría ver terminada (1).

—o—
Reciente Decreto del Poder Ejecutivo
Decreto número 1896 de 1930

El Presidente de la República de Colombia,
en uso de sus atribuciones legales, y considerando:

1º Que el Gobierno está en el deber de fomentar los trabajos que pueden desarrollarse alrededor del Observatorio Astronómico Nacional para perfeccionar los conocimientos que hoy se tienen respecto de la Geografía patria, de la climatología del territorio del país y demás datos físicos del mismo;

2º Que la práctica de esta clase de estudios es muy conveniente para los alumnos de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería;

3º Que es necesario dar cumplimiento a la ley que determina la manera como se deben editar los trabajos inéditos del matemático colombiano doctor Julio Garavito A., Director que fue del Observatorio.

4º Que el Observatorio Astronómico Nacional es un monumento histórico que se ha consagrado a la ciencia colombiana desde tiempos de Mutis y de Caldas, y que no puede continuar en el lamentable abandono en que ha estado después de la muerte de Garavito, y

5º Que en virtud de la Ley 123 de 1928 el Poder Ejecutivo está facultado para dotar el Observatorio de un apropiado tren de instrumentos de observación, decreta:

Artículo 1º De acuerdo con el Decreto que adscribió a la Facultad de Matemáticas e Ingeniería la administración del Observatorio Astronómico Nacional, procédase a la organización de este Instituto en forma armónica con los planes que al respecto acosa el Consejo Directivo de la Facultad, los que se someterán a la aprobación del Ministerio de Educación Nacional.

Artículo 2º Facúltase a dicho Consejo para abrir en el local del Observatorio las clases prácticas de Astronomía y Geodesia y la de Geografía Económica, esta última de acuerdo con la ley 123 de 1928, y para adquirir los elementos técnicos que se requieran con tal objeto.

(1) El autor de esta declaración, que fue aprobada unánimemente por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, fue el lamentado ingeniero doctor Melitón Escobar Larrabábal.—N. D.

Artículo 3º El Director del Observatorio Astronómico Nacional dependerá de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería y, en tal carácter, actuará como profesor de las clases prácticas de Astronomía y Geodesia.

Artículo 4º Para dar cumplimiento a la ley citada en lo pertinente a la Sociedad Geográfica de Colombia, autorizase a la Facultad de Matemáticas e Ingeniería para adquirir los elementos que necesite dicha Sociedad con el fin de que funcione en el local del Observatorio.

Artículo 5º La Dirección del Observatorio Astronómico Nacional solicitará el concurso del Estado Mayor General del Ejército, para aprovechar los trabajos que dicha entidad adelanta en el levantamiento de la carta del país.

Artículo 6º Por el Ministerio de Obras Públicas se dispondrá lo conveniente para reparar y poner en buenas condiciones de servicio el local del Observatorio.

Comuníquese y publíquese.

Dado en Bogotá, a 25 de octubre de 1930.

Enrique Olaya Herrera

El Ministro de Educación Nacional,

Abel Carbonell

* * *

CONCEPTO EN QUE EL BARON ALEJANDRO DE HUMBOLDT TENIA A MUTIS

Al hacer la historia de la famosa Expedición Botánica, que vino a culminar con la fundación del Observatorio Astronómico de Bogotá, creemos en qué forma el sabio Mutis gozó de enorme prestigio entre los científicos europeos contemporáneos suyos, como el gran Linneo, de quien transcribimos las frases que por sí solas bastarían para consagrar la fama eterna de una gloria científica que nos pertenece casi exclusivamente. Así, en esta nota queremos hacer ver, tan solo, cuánto fue el aprecio en que el célebre viajero alemán tuvo a Don José Celestino Mutis y a su obra en el Virreinato de la Nueva Granada.

Para ello transcribiremos o continuación parte de la correspondencia del sabio alemán, extractada por nuestro colega, el Académico correspondiente doctor Emilio Robledo.

En carta del 21 de septiembre de 1801, Humboldt escribía a su hermano Guillermo:

".....El deseo ardiente de ver al gran botánico José Celestino Mutis, amigo de Linné, que reside en Santafé de Bogotá, y de comparar nuestros herbarios con los de él, y la curiosidad de escalar la inmensa Cordillera de los Andes, que se extiende de Lima (del lado norte) hasta la embocadura del río Atrato, en el golfo del Darién, a fin de poder trazar con observaciones personales una carta de toda la América del Sur, desde el río Amazonas, al norte, me llevaron a preferir el camino de tierra hacia Quito, más allá de Santafé y Popayán, a la vía marítima de Portobelo, Panamá y Guayaquil. No envié, de consiguiente, sino mis instrumentos más valiosos, los libros que no necesitaba, y otros objetos

por vía marítima, y nos embarcamos en el Magdalena, después de tres semanas que estuvimos en Cartagena".

"Mutis nos había hecho preparar una casa vecina a la suya, y nos trató con excepcional deferencia. Es un eclesiástico viejo, venerable, de cerca de setenta y dos años, y hombre rico. El rey gasta en la Expedición Botánica diez mil pesos anuales. Hace quince años que treinta pintores trabajan con Mutis, tiene de dos a tres mil dibujos en folio, que son miniaturas. Exceptuando la de Bank, en Londres, no he visto biblioteca botánica más grande que la de Mutis....." (1)

En otra parte dice, hablando del mismo asunto:

"Hacíanse los dibujos de la Flora de Bogotá en papel "gran aigle" y se escogían al efecto las ramas más cargadas de flores. El análisis o anatomía de las partes de la fructificación se ponía al pie de la lámina. Por lo general se representaba cada planta en tres o cuatro hojas grandes, en color y en negro a la vez. Parte de los colores procedían de materias colorantes indígenas desconocidas en Europa".

"Jamás se ha hecho colección alguna de dibujos más lujosa, y aun pudiera decirse que ni en más grande escala. Mutis había tomado por modelo las obras de Botánica más admiradas en su tiempo, las de Jacquin, de L'Heritier y la del abate Cavanilles. El aspecto de la vegetación y la fisonomía de las plantas se copiaban con la mayor fidelidad".

"Los manuscritos de Mutis contienen también un gran número de observaciones precisas sobre las mareas atmosféricas, que se manifiestan bajo los trópicos, mejor aún que bajo los climas templados, por las variaciones horarias del barómetro. Este instrumento sube y baja cuatro veces en veinticuatro horas bajo la zona tórrida, con tal regularidad, al nivel del mar, como en las más elevadas planicies, que con cerca de un cuarto de hora de diferencia, casi puede saberse la hora que es, por la sola inspección de la columna de mercurio....."

"El hombre —vuelvo a hablar el Barón—, que durante cuarenta y ocho años de trabajo en el Nuevo Mundo desplegó tan asombrosa actividad, estaba dotado por la naturaleza de la más feliz constitución física. Su conversación era tan variada como los objetos de sus estudios. Si algunas veces hablaba con calor, le gustaba también practicar el arte de escuchar a que tanta importancia daba Fontenelle, y que tan rara vez se veía en su tiempo. Aunque muy ocupado en una ciencia que hace necesario el estudio más minucioso de la organización, Mutis jamás perdía de vista los grandes problemas de la Física del mundo. Había recorrido las cordilleras con el barómetro en la mano; había determinado la temperatura media de estas planicies que forman como islotes en medio del océano aéreo; y admirado del

(1) Los apuntamientos de Mutis de cerca de cuarenta años se hallaban en el Observatorio Astronómico, donde fueron salvadas por el viajero Boissingault en el momento en que los soldados sacaban los helogues para convertirlos en cartuchos de pólvora.—Nota del doctor Emilio Robledo.

aspecto de la vegetación que varía a medida que se descende a los valles, o se sube a las cimas heladas de los Andes, todas las cuestiones que se relacionan con la Geografía de las plantas le interesaban vivamente, y casi trató de conocer los límites más o menos próximos entre los cuales se encuentran confundidas en las pendientes de las montañas las diferentes especies de Cinchonas. Este gusto por las Ciencias físicas, esta curiosidad activa que se dirige a inquirir la explicación de los fenómenos de la organización y de la Meteorología mantuvieron en él todo su vigor hasta el último momento de su vida... Mutis acogía con bondad a los jóvenes que mostraban disposiciones para el estudio, y les suministraba libros e instrumentos. A sus expensas hizo viajar a muchos de ellos".

"Después de haber hablado de su liberalidad y de los sacrificios que hacía por la Ciencia, es inútil ponderar su desinterés. Gozó durante su vida de la confianza de los Virreyes que ejercían un poder ilimitado en aquellos países, pero jamás se valió de su crédito sino para ser útil a la Ciencia, para hacer conocer el mérito del que gusta permanecer oculto, y para defender con calor la causa del infortunio. No ambicionaba otro éxito que el triunfo de la verdad y de la justicia. Llenó con celo austero, si puede decirse así, los deberes que le imponía el estado que había abrazado. Pero su piedad no buscaba el vano brillo del renombre; era dulce como es siempre que se encuentra unida a la sensibilidad del corazón y a la elevación del carácter".

Admirables palabras éstas con que en forma concisa y con sinceridad insospechable, el científico alemán elogia a Mutis, y nos presenta su figura tal como ella debió parecer a los contemporáneos. Y calificamos de admirables tales palabras porque el deseo orgulloso, para quien se agotó el elogio en la Europa de principios del siglo XIX, nunca fue pródigo en conceptos favorables para quienes, como Caldas, tuvo en menos por motivos de raza y de orgullo aristocrático.

BREVES NOTAS SOBRE MUTIS Y LA EXPEDICION BOTANICA DE NUEVA GRANADA

Bajo el memorable reinado de Carlos III, comenzó en España, para las Ciencias naturales, una época de verdadero progreso; pues al cultivo de ellas dieron entonces impulso el establecimiento de cátedras para su enseñanza en varias universidades, la fundación de jardines botánicos y de museos de Historia natural en diversos puntos de la Península, la publicación de obras notables, principalmente sobre Botánica, y, más que todo, la generosa protección que concedía el monarca a los naturalistas.

Diéronse órdenes a todos los Virreyes, Presidentes y Gobernadores de las Colonias americanas para que buscaran y remitiesen al Real Museo de Madrid cuantos objetos raros y notables se encontraran en estas regiones del Nuevo Mundo, en los tres reinos en que se considera dividida la Historia na-

tural: estas disposiciones de la Corte despertaron la curiosidad y estimularon la afición de muchos americanos al cultivo de las Ciencias naturales; y fue aquello como el rayo de luz inesperada sobre la rica y desconocida naturaleza del Nuevo Continente. Los Virreyes y los demás Gobernadores de las Colonias se esmeraron en dar cumplimiento a las órdenes del Rey, y remitiéron cuantos objetos notables pudieron haber a las manos en los territorios sujetos a su dependencia. En las comunicaciones dirigidas por aquellos altos funcionarios a los Ministros reales, al remitir los objetos encontrados en las Colonias, se puede estudiar el estado en que se hallaban los conocimientos relativos a los diversos ramos de la Historia natural en las capitales de los Virreinos y Audiencias de América; y por las que escribió Gil y Lemos, Virrey de Bogotá, deducimos el atraso en que estaban en el Nuevo Reino de Granada cuando el celoso Mutis principió a difundir la luz de su docta enseñanza en el generoso aunque hasta entonces no cultivado campo de la juventud bogotana. Gil y Lemos estaba dos siglos atrasado respecto de su época en punto a Ciencias naturales; y, a la vista de los fósiles terciarios y cuaternarios de América, discurría como los rudos conquistadores, cuando recién descubierta la planicie interandina, contemplaron por la primera vez los huesos gigantes de la antigua fauna americana en los derrumbes de los valles, formados por las quiebras de la enorme cordillera. Todavía el seacillo Virrey creía en fábulas absurdas y en consejas inverosímiles, y no tenía empacho de referirlas, con cierto aire de aparatoso erudición, al Ministro de su Rey, en sus comunicaciones oficiales (1).

Las diversas expediciones científicas contribuyeron, pues, no sólo al adelantamiento de las Ciencias naturales, sino también a la formación de un crite-

(1) Reproducimos aquí algunos párrafos de una extensa comunicación escrita por el Virrey Gil y Lemos al Ministro Portier, en la cual habla de varios fenómenos naturales observados en el Nuevo Reino de Granada, está fechada en Cartagena el 19 de noviembre de 1789: "A tres cuartos de legua al nordeste de la capital del Nuevo Reino de Granada, situada en 4°45' latitud boreal, en 303' longitud del meridiano de Tenerife: sobre un plano que supera al nivel del mar 2,874 varas, distante de las costas del norte 735 leguas, de las del sur 88, y de la Punta o Cabo de Santa Elena 735 leguas, se halla un campo con el nombre de los "Gigantes", por una tradición inmemorial, y a esta denominación habiendo, tal vez, dado origen los despojos que en él se hallan. Es este un llano como de una legua, que recibe las vertientes de los cerros inmediatos, y, descarnado con ellas presenta en su superficie varios despojos de vivientes, cuya magnitud admira, como se verá por las que acompaño, recogidos de paso y sin hacer excavación ni diligencia particular, pues habiendo pasado casualmente por este paraje, cuando me regresaba de ver el maravilloso culto de Tapananama, ni por la primera vez el asunto y sólo traté de recoger los que se presentaron y pudiesen conducir".

"Una colección semejante de huesos en un espacio tan considerable parece debe atribuirse sólo a la especie humana, pues los animales, sujetos a morir donde los acomete la última enfermedad, no han podido separadamente formar este osario. La elevación del terreno sobre el nivel del mar y la distancia a sus costas no permite el que las conjeturas se atiendan a considerar los despojos de buques marinos, ballenas y otros cetáceos, combuchidos y aglomerados por las ondas del Océano o mar Pacífica, a quienes sirven de borchas las elevadas cordilleras de los Andes. Tampoco permite la posición el que las crecientes de los ríos hayan conducido de varios parajes estos huesos, porque ahí no hoy ríos ni puede haberlos, y si se atribuye a la degradación que las lluvias hacen en los cerros inmediatos, siempre se verifica que la conjetura mencionada sólo puede atribuirse al hombre....."

"No dudo que con algunas precauciones dejen de conseguirse piezas que determinen con precisión la especie, pues hay algunos cráneos que asoman y se deshacen al tocarlos".

rio ilustrado para juzgar con acierto acerca de los fenómenos físicos; inspiraron amor al saber, afición al estudio y proporcionaron ocasión de brillar en el mundo de la Ciencia a varios ingenios aventajados, que de otro modo habrían permanecido apocados e inactivos.

Causa cierta admiración y hasta un especie de asombro el número de expediciones botánicas, que, casi a un mismo tiempo, formó y organizó Carlos III, costeándolas y dotándolas con regia munificencia. Aún no habían tomado todavía a España Ruiz y Pavón de su Expedición Botánica al Perú y Chile, cuando ya Sessé era enviado a Nueva España; a Cervantes se le mandaba plantar un Jardín botánico y establecer una cátedra de Fitología en Méjico; Cuéllar salía a explorar el Archipiélago filipino, y Pineda, Nees y Henke acometieron su viaje de circunnavegación del globo, dedicándose todos a estudiar las producciones y secretos de la naturaleza en tantas, tan diversas y apartadas comarcas.

La Expedición al Perú fue la primera: vinieron en ella Dombey, médico y botánico francés; dos dibujantes y tres naturalistas españoles, que fueron Hipólito Ruiz, José Pavón y Juan Tafalla; y desde 1767 hasta 1778 recorrieron las feraces regiones meridionales del Perú y gran parte del territorio de Chile. Esta Expedición, a pesar de sus repetidos contratiempos, hizo descubrimientos muy importantes, y dio a conocer en Europa la flora riquísima y variada del Perú y de Chile. Casi diez años de perseverantes exploraciones no podían ser estériles para la Ciencia.

Sessé, acompañado de su discípulo Mociño, recorrió casi tres mil leguas, visitando gran parte del territorio de California, y de Méjico y de Guatemala y algunas islas del Atlántico: de este modo fue explorada en poco tiempo una considerable extensión del Continente americano; y será difícil que vuelva a presentarse otra época tan propicia para las Ciencias naturales como la de los reinados de Carlos III y de Carlos IV, su hijo y sucesor, cuando ministros amantes de los adelantos científicos, dieron impulso a empresas tan gloriosas a la par que útiles a la ciencia, como las Expediciones botánicas enviadas a entrambas Américas (2).

En ese entonces el nombre de Mutis era muy conocido y celebrado en Europa entre los sabios, desde que lo popularizó entre ellos, no sin merecida gloria, Linneo, padre y fundador de la Botánica mo-

(2) La Expedición Botánica del Perú y Chile salió de Cádiz el 4 de noviembre de 1777, y llegó al Callao el 3 de abril de 1778. Los dibujantes fueron dos, José Brunete, que murió en el Perú, e Isidoro Gálvez, que regresó a España. Débese a los dos botánicos Ruiz y Pavón la "Flora Peruviana et Chilensis", el *Pridmorea* de la misma Flora, y el "Sistema vegetabilium"; la Flora no se la publicó hasta ahora completa y una parte de ella se conserva inédita. Existen asimismo inéditos en el Archivo del Jardín Botánico de Madrid los manuscritos trabajados por Sessé sobre la "Flora mexicana". Para la impresión de la Flora peruana contribuyeron los caballeros y otros cuerpos colegiados de América con cincuenta mil ducados.

Por lo que hace al Nuevo Reino de Granada y Venezuela, han escrito acerca de sus producciones naturales los cronistas antiguos entre otros Gonzalo Fernández de Oviedo. Historia general y natural de las Indias. En el libro vigésimo: en el capítulo décimo del libro XXVI, en el capítulo XXIII del mismo libro, y en el capítulo III del libro XLV.

terna. Desde España se había puesto Mutis en comunicación con Linneo, remitiéndole plantas de la Península ibérica, que el naturalista sueco deseaba estudiar para enriquecer con ellas sus herbarios. La venida de Mutis a Colombia fue de grande utilidad para la Ciencia, pues contribuyó notablemente a hacer conocer la naturaleza del Nuevo Mundo, así mediante la prolongada comunicación, que por medio de cartas sostuvo con varios sabios eminentes, como por las plantas, animales y minerales que remitía a Europa, acompañados de doctas y oportunas descripciones.

Linneo le escribía cartas llenas de grandes y nada comunes elogios: le felicitaba por sus descubrimientos científicos, y, para immortalizar su nombre en la Ciencia, escogió una planta nueva, rara y hermosa que lo consagrara perpetuamente, llamando con el apellido botánico de "Mutitia" una trepadora especial dedicada al sabio gaditano, como recuerdo de amistad y de gloria (1).

Otra más insigne recomendación (2) hará siempre grato para los americanos el nombre de Mutis; pues a este laborioso sacerdote se le debieron las primeras enseñanzas de las Ciencias exactas y de las naturales en el antiguo Virreinato de Santa Fe, del cual se formó después la gran República de Colombia, bajo la presidencia del Libertador. Mutis fue quien fundó la primera cátedra de Matemáticas en Bogotá y quien enseñó y propagó en América el ver-

dadero sistema planetario: a Mutis se le debe el primer observatorio astronómico edificado en América y la enseñanza de la Botánica, de la Zoología y de la Meteorología, a cuyo estudio y cultivo supo inspirar afición en varios jóvenes distinguidos de la antigua Nueva Granada (3).

El último día de su vida, algunas horas antes de morir, se ocupó Mutis en disponer un informe dirigido al Virrey, en el que indicaba la manera como debía arreglarse la Real Expedición Botánica, después de su fallecimiento. Sinjoroso Mutis debía encargarse de todo lo concerniente a la Botánica y Caldas debía continuar dirigiendo el Observatorio, como encargado especialmente de las observaciones y cálculos astronómicos, lo mismo que de la parte geográfica.

Sinjoroso Mutis era sobrino del Director y muy aventajado en conocimientos botánicos.

Don Francisco Antonio Zea se hallaba entonces ausente de Bogotá (4).

Don Jorge Tadeo Lozano continuaba sus estudios de Zoología, preparando una obra de grande importancia sobre la "Fauna Cuadimarquesa". Lozano, descendiente de una familia ilustre, honrada con el título de los marqueses de San Jorge, era natural de Bogotá, donde hizo sus primeros estudios de lengua latina y de Filosofía; viajó a Europa, y en Madrid estudió Química, Mineralogía y Botánica; de regreso a Bogotá, se dedicó a la Medicina, con cuyo objeto cursó Anatomía bajo la dirección de don Miguel Isla, y desempeñó en el Colegio del Rosario, como sustituto de Mutis, la cátedra de Matemáticas, que éste había fundado. Perteneció a la Expedición Botánica como miembro voluntario de ella (5).

De sus estudios sobre Ciencias naturales no se ha conservado casi nada. En el Semanario de Bogotá se publicó una Memoria sobre las serpientes, trabajo que, por su mérito, hace deplorar la pérdida de los demás. "He visto con placer", decía el Virrey Amar, "las primeras láminas de la obra sobre los

(1) Reproducimos aquí en esta nota algunos párrafos de las cartas de Linneo a Mutis. El 10 de abril de 1769, escribiéndola desde Upsala, le decía: "Utinam redires saltem in Europam! Video, ex Latine, quod redire plantis et eorum observationibus distis summis Crata. Utinam te in hac vita liceret semel coram intus quasi a paradiso redire. Certo si redires, auderem Hispaniam tui causa petere, nisi tenuem prohiberet et instanti fatum". (Ojalá volvieras salvo a Europa! Por las cartas veo que regresarás con plantas, y las observaciones que sobre ellas has hecho, más rico que el mismo Creso con sus tesoros. Ojalá en esta vida me fuera dado verte personalmente siquiera una vez, ahora cuando tornas como del paraíso. Ciertamente, si volvieras, por causa tuya, me atrevería a emprender un viaje a España, a pesar de que me la impiden la vejez y la muerte que no puede tardar).

En carta de 20 de mayo de 1774 le decía: "Datus a te die 8 Junii 1773 his diebus sic accepit, nec nunquam gratiores per totam vitam, cum distis erant tot rerum plantis, avibus, etc. ut plane obtusescerent". (En estos días llegó bien a mis manos tu carta del 6 de junio de 1773, y en mi vida no he recibido carta más agradable, pues en verdad quedé pasmado con la riqueza de plantas raras, y aves etc. que la acompañaba).

Colmeiro, en su "Boquete histórico del Jardín Botánico de Madrid", publicó el fac-símil de otra carta de Linneo a Mutis; en la misma obra se halla también el fac-símil de la carta, cuyas líneas acabamos de transcribir.

La *Mutitia* es el género dedicado por Linneo a Mutis. Según la clasificación del mismo Linneo, este género pertenece al orden segundo, que es el de las *polygamia dispersa*, con una especie denominada *Mutitia dematide*. Es planta trepadora: la flor tiene la magnitud y figura de un clavel grande, y la corola es de un rojo púrpura muy vistoso. El género *Mutitia* tiene dos variedades que son la "*Mutitia Acuminata*" de Ruiz y Pavón, y la "*Mutitia Spectata*" de Hook; pertenecen a la familia de las simarubáceas o de flores compuestas, la más numerosa de cuantas conoce la Botánica.

(2) Humboldt grabó el retrato de Mutis, con pomposas inscripciones, al frente de su "Colección de plantas equinociales". Thunberg, Bergin, Schwebse, Willdenow, Le-Blond y Labillardiere tenían a honra recibir sus cartas y conservar relaciones; y Gómez Ortega y Cavanilles recomendaban los méritos que habían concurrido en su larga y trabajosa carrera, no estériles para las ciencias.

* Al frente de su obra sobre las "Plantas equinociales" pusieron Humboldt y Bonpland el retrato de Mutis, grabado al pie de él esta inscripción:

A. D. José Celestino Mutis, Director principal de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, Astrónomo en Santa Fe de Bogotá.

Como debí muestra de admiración y de reconocimiento.

A. Humboldt

Ante de Bonpland



AGUSTIN CODAZZI

*Lugo (Italia) - 1793 - †Espíritu Santo (Colombia) - Febrero de 1859
Retrato al óleo, del Observatorio Astronómico, pintado en Roma por A. Varucca.

animales del Nuevo Reino y sus descripciones", hablando de la "Fauna Chadiana-marquesa", que trabajaba Lozano. Hizo también una traducción castellana de la "Geografía de las plantas equinoeciales" que Humboldt escribió en francés, dedicándosela desde Guayaquil, a Mutis.

"Hasta el reinado de Carlos III, aún en las universidades y colegios de la Península se continuaba enseñando el sistema astronómico de Tolomeo; y fue necesaria una orden expresa del soberano para que se principiara a explicar en las escuelas el sistema copernicano y las teorías astronómicas de Galileo sobre la rotación y movimiento de la tierra".

"Ni debe sorprendernos el que en varias universidades de España se haya obedecido con repugnancia una real orden, que contrariaba las tradiciones y costumbres literarias de aquellos cuerpos doctos, que, por cierto, no sólo en España, sino en otras naciones, se han manifestado siempre discretos y reservados en punto a hacer innovaciones trascendentales en los sistemas y métodos de enseñanza, pro-pues, causar extrañeza la contradicción que hubo en profesar teorías y opiniones nuevas. A nadie debe, pues, causar extrañeza la contradicción que hubo en Bogotá para adoptar en la enseñanza el sistema copernicano, contrario al sistema astronómico de Tolomeo, que se había sostenido siempre como verdadero en las escuelas y colegios del Virreinato".

"Desterrados de América los Jesuitas, en cuyas manos estaba casi exclusivamente la educación de la juventud en estas partes, fue necesario restaurar los colegios que, con la expulsión de aquellos religiosos, quedaron abandonados; en unas partes, la reorganización de los colegios y seminarios tardó mucho tiempo, con grande daño de la juventud y notable quebranto para las letras; en otras, se cuidó de poner pronto y oportuno remedio, llenando el vacío que dejaban los Jesuitas, y aun mejorando la enseñanza. Por fortuna, esto fue lo que, hasta cierto punto, sucedió en Santa Fe de Bogotá, capital del Nuevo Reino; y una de las reformas que se hicieron en el plan de estudios consistió en la fundación de una cátedra de Matemáticas y de Física, en el Colegio del Rosario; la nueva cátedra fue confiada a la dirección de Mutis, el único competente en alto grado para enseñanza tan nueva y desconocida en la Colonia. Mutis dictó la cátedra de Matemáticas por cinco años, al cabo de los cuales se separó de ella, para ocuparse en sus estudios de Botánica y en sus experimentos y observaciones de Metalurgia".

"Algunas ligeras molestias hubo de padecer Mutis con motivo de su enseñanza del sistema astronómico de Copérnico; pues los Padres Dominicanos,

bajo cuya dirección estaba la Universidad Tomística de Bogotá, en unas conclusiones filosóficas, dedicadas al Comisario de la Inquisición, se propusieron sostener y defender, que el sistema astronómico de la inmovilidad del sol y de la rotación de la tierra era contrario a la Santa Escritura, a la doctrina de los Santos Padres, y a las enseñanzas de la Iglesia Romana; y, por lo mismo, no podía defenderlo ni seguirlo un buen católico. El aserto de los Padres Dominicanos hería a Mutis en lo más delicado de su honra, pues indirectamente lo denunciaba ante el público como sectario de opiniones opuestas a la pureza de la fe católica. Mutis había sostenido antes en conclusiones públicas el sistema copernicano; quejóse, pues, de los Padres Dominicanos y se quejó contra ellos ante el Virrey; y, como las conclusiones de Mutis habían sido dedicadas al mismo Virrey y presididas por él en persona, Guirior intervino en el asunto, con toda su autoridad, manifestando su desagrado y haciendo advertir al Provincial de los Dominicos que no consentiría que se ofendiese a Mutis; por lo cual las proyectadas conclusiones no tuvieron lugar".

"Varias cartas se cruzaron con este motivo entre Mutis y el Padre Regente de Estudios de la Universidad Tomística; al fin, el conocimiento del asunto fue avocado por el Tribunal de la Inquisición de Cartagena; sometido al examen de dos calificadores, el uno opinó que el sistema copernicano podía sostenerse tan solo como hipótesis; y el otro dejó la cuestión pendiente, sin dar acerca de ella una resolución definitiva; por lo que el Fiscal dictaminó que el punto se debía elevar a la Suprema Inquisición de Castilla, como se hizo, en efecto, el 6 de marzo de 1775.

"En este asunto hay circunstancias que no podemos dejar pasar desapercibidas. La enseñanza del sistema copernicano se considera como una novedad peligrosa para la fe; pero los mismos religiosos Dominicanos que la querían combatir, declaran que estaban prontos también ellos mismos para sostenerla. La Inquisición de Cartagena no la censura, y la Suprema de Castilla tampoco la condena ni proscribire; pero esta resolución nace no tanto del convencimiento de la verdad, cuanto de la obediencia y sumisión a la autoridad del Rey, aun en puntos puramente científicos. Una cédula real había prescrito que se enseñara en las universidades y colegios del reino las teorías de Newton; estas teorías estaban basadas en el sistema copernicano y lo apoyaban; así, pues, debía enseñarse este sistema no tanto porque fuese verdadero, cuanto porque estaba mandado. El mismo Mutis, con ser sacerdote, sostenía opiniones ex-

trañas en punto a la autoridad doctrinal de la Sede Romana, y a los derechos del patronato real en esas materias" (2).

"Varias medidas se adoptaron en poco tiempo para mejorar los estudios y hacer adelantar la instrucción en la capital del Virreinato: se pensó seriamente en fundar una Universidad, para que el Nuevo Reino no careciera de las ventajas literarias de que gozaban México y el Perú; se reformó el método de los estudios, fundándose nuevas cátedras y variando la manera de enseñar las antiguas".

"Dos planes de estudios se trabajaron entonces: el primero el del Virrey La Cerdá, obra del doctor Moreno, Fiscal de la Audiencia de Bogotá; y el segundo el del Arzobispo Caballero y Góngora, en el cual se dio mucho espacio a las Matemáticas y a las Ciencias naturales, por la grande importancia que iban adquiriendo estas enseñanzas en el orbe literario".

"Ya en tiempo del mismo Virrey La Cerdá se abrió la primera biblioteca pública que hubo en Bogotá, pues a petición del mismo Fiscal Moreno, se destinó para aquel objeto la del Colegio de los Jesuitas, adjuntándole las de las casas de Honda y Tunja. Y más tarde el Virrey Flores dotó a Bogotá de la primera imprenta pública que tuvo la capital del Virreinato, haciendo pasar de Cartagena un impresor con algunos tipos gastados y escasos, que había en aquella ciudad. Después se pidió al Rey una imprenta nueva; y Carlos III, accediendo a la solicitud del Virrey y a las indicaciones del Fiscal Moreno, concedió una que había pertenecido a los Jesuitas en España y que se había confiscado con los bienes de aquellos religiosos".

"Las reformas en la enseñanza no se hicieron, empero, con la debida discreción y conveniente acierto. Para Matemáticas se escogió como texto la obra ele-

mental de Bailis, dejando la del P. Goudin (que hasta entonces había servido de texto en el Colegio del Rosario) para el estudio de la Filosofía; para las Ciencias naturales se adoptaron las obras de Buffon y de Linnæo; se proscribió el silogismo y el método dialéctico en la enseñanza, y se otorgó completa libertad a los jóvenes para seguir, a su voluntad, los cursos de Filosofía especulativa, con lo cual las clases de Metafísica quedaron desiertas, porque los alumnos acudían en gran número a las de Matemáticas y Ciencias naturales; resultando de aquí el disgusto y la sospecha con que los antiguos profesores principiaron a mirar las nuevas enseñanzas".

"El plan de estudios del Arzobispo Virrey merece atención, por la elevación de sus miras y la vastedad de sus propósitos; abrazaba toda la instrucción en sus diversos ramos, tan completa y adelantada, como se podía dar a fines del siglo pasado en la mejor universidad de Europa; comprendía las Matemáticas, la Física, la Química y la Historia natural; la enseñanza de estas ciencias debía ser no solamente teórica sino práctica, enderezando los conocimientos de preferencia hacia el blanco de la aplicación, que pudiera hacerse de ellos a los usos y necesidades sociales, para fomento y adelanto de la industria, en un país que tan falta estaba y necesitado de ella".

"Debía enseñarse a manejar los instrumentos y aparatos, a trazar planos y a sacar de las ciencias todas las ventajas posibles. Ya el mismo Fiscal Moreno había indicado la dirección práctica que debía darse a los estudios, y, con celo digno de alabanza, aun había hecho buscar en estas ciudades de la Audiencia de Quito los instrumentos que sirvieron a los académicos franceses, para la medición del grado terrestre en el Ecuador; mas, por desgracia, no se encontró ninguno, ni hubo nadie que diera razón acerca de lo que se había hecho de ellos. Tanta y tan completa era la mala fortuna de aquella famosa Expedición" (1).

.....
Mutis propuso al Arzobispo Virrey Caballero y Góngora un plan de estudios muy adecuado a las enseñanzas en el Rosario, y que produjeron el efecto deseado. Mutis quería, ante todo, reemplazar el sistema peripatético con el estudio de la naturaleza, poniendo a los jóvenes en contacto directo con las realidades. Elaborado el nuevo plan por el Fiscal Moreno y Escandón, otro gran reformador de aquel tiempo, fue acusado por el Convento de Santo Domingo, quien gozaba del privilegio de la enseñanza universitaria. De esta oposición se queja con amor

(1) Toda la subrayado pertenece al Arzobispo de Quito, González Solís.

gura el Arzobispo Virrey en las siguientes frases, dignas de una antología:

"Todo el objeto del plan se dirige a sustituir las útiles ciencias exactas en lugar de las meramente especulativas, en que hasta ahora lastimosamente se ha perdido el tiempo; porque un Reino lleno de preciosísimas producciones que utilizar, de montes que allanar, de caminos que abrir, de pantanos y minas que desecar, de aguas que dirigir, de metales que depurar, ciertamente necesita más de sujetos que sepan conocer y observar la naturaleza y manejar el cálculo, el compás y la regla, que de quienes entiendan y discutan el ente de la razón, la primera materia y la forma sustancial. Bajo este pie, propuse a la Corte la erección de la Universidad Pública de Santafé; y tal vez la gravedad de la materia ha detenido la resolución, pues según noticias extrajudiciales, se trabaja en un plan metódico de estudios para la instrucción de la juventud americana; pero no siendo unos mismos los recursos de las Provincias para la dotación de cátedras, siempre habrá desigualdad en el número de ellas; y cuanto a este Reino, concuerda que no se excusasen las de Botánica, Química y Metalurgia, necesarias en el país de los metales y preciosidades" (1).

Convencido Mutis del atraso en que se hallaba la explotación de los metales preciosos, abandonó la tranquila y cortés villa de Santafé, y se fue a Pamplona a dirigir la mina de "Monteosa Baja" y "Vetas". Allí permaneció por el término de cinco años dedicado a mejorar los sistemas rudimentarios del laboreo de las minas, y más tarde llevó su influencia benéfica al real de minas de "Sapo" de Ibagué y a las minas de "Santa Ana". De su permanencia en aquellos sitios sacó como consecuencia útil para los granadinos la de enviar expertos a estudiar los métodos más modernos en Europa. Con tal fin, fue enviado don Clemente Ruiz a Estocolmo, donde permaneció hasta 1777.

Instruido el Arzobispo Virrey de ser la verdadera causa de la decadencia de las minas, la poca utilidad que les daba el dispendioso método de amalgamación del modo como entonces se practicaba, en que se consumía mucho azogue y se extraía poco metal, propuso a la Corte que se remitieran a sus expensas dos mineros instruidos en el método de fundición practicado con notorias ventajas en las minas de Suecia y Alemania, con el fin de que difundiesen sus conocimientos entre nuestros mineros. El Rey aprobó, con beneplácito, este pensamiento, y ordenó que se trasladase con tal fin don Juan José D'Elhuyar, quien había hecho estudios y practicado en las minas de Alemania. Este distinguido profesional fue enviado a explorar las antiguas minas de Mariquita, las cuales halló casi vírgenes y reputó

(1) Estas notables palabras del Arzobispo Caballero y Góngora no sólo son dignas de una antología, sino que debieran grabarse en bronce, como lo tiene pensado la actual Dirección del Observatorio, para perpetuar la memoria de ellas, y confusión de los gobiernos posteriores de la Colonia y de la República.

por riquísimas; mas cuando había grande acopio de minerales para empezar las fundiciones, se tuvo noticia de haberse descubierto por el Barón de Born, un nuevo sistema más económico, por lo cual se dio orden de suspender las operaciones empezadas.

Para replantar el nuevo sistema, que consistía principalmente en pulverizar el mineral por medio de la arrastra hasta hacerlo impalpable, de donde, tocándolo el azogue por muchos puntos, no se escapaba de su actividad ninguna partícula alguna del metal, el Rey remitió siete mineros alemanes, entre ellos uno capaz de dirigir cualquiera operación, todos los cuales se instalaron en Mariquita a disposición del director D'Elhuyar (1).

JULIO GARAVITO ARMERO Y LA INCOMPRENSION NACIONAL

Para llevar más cumplidamente el propósito que nos anima de demostrar cómo la Ciencia en Colombia no sólo no ha gozado del favor de la opinión pública y de la protección del Estado, sino que contra ella y sus hombres se ha hecho la conspiración del silencio y hasta, en veces, se han ejercitado los esfuerzos de la persecución manifiesta o tácita, nos permitimos reproducir en estas columnas la ley que ordenó honrar la memoria de Garavito y que hasta la fecha no se ha cumplido, después de veinte años de olvido. Y para confirmar nuestro aserto con creces, más adelante, al tratar de la obra de Codazzi, también se citará la ley respectiva de honores que aún permanece en el riacón polvoriento de los archivos oficiales! Para honrar a uno y a otro, al sabio astrónomo y al ilustre geógrafo, la iniciativa privada tuvo que apelar a la generosidad de una dama respetabilísima y patriota, quien dejó un modesto legado con tal objeto, que se ha empleado en la construcción de dos medallones en mármol con las efigies respectivas de Codazzi y Garavito. Actualmente estos altorrelieves se colocan en la base de la torre del Observatorio para atender, hasta cierto punto, al deber ineludible de disimular en parte la ingratitude nacional.

Del número 321 de "Anales de Ingeniería" tomamos lo siguiente:

"Entre las leyes que elaboró el Congreso último, de 1919, ha merecido simpatía general aquella por medio de la cual se hace un justo reconocimiento de los altos méritos adquiridos en la intensa labor que, en el ramo de las matemáticas, corresponden al ingeniero señor doctor Julio Garavito, y ordena que por cuenta del Gobierno se haga la edición de todos los trabajos del ilustre sabio colombiano.

La prensa en general, elogia ese acto del Congreso; y uno de los órganos mejor autorizados de la capital, al dar cuenta de que dicha ley fue aprobada por unanimidad, agrega acerca de ella las siguientes hermosas palabras: "...es broche de oro que con aplauso de todos cierra los trabajos parlamentarios e interpreta genuinamente el sentimiento nacional".

(1) Diferente en honor de Mutis. Doctor Emilio Robledo.

(2) Hé aquí varias de las piezas oficiales auténticas relativas a este asunto.

19 *Aserto de los Padres Dominicanos.*

Thesis theologico-físico-matemática.

Proposición prima.—

Consensum consensus Sanctorum Patrum, præque Magni Protoparentis Augustini et Doctoris Angelici p. p. f.—Nihil catholicus esse debet qui ut thesini tenet terra motum solisque quietem, eo motivo ut eosdem phenomena facilius explicaret. Defendent in hac thesistica Universitate, calendis Julii, anni Domini 1774.

Proposición segunda.—Copernicanum sistema, stante veritate sacre paginæ, est intolerabile catholice et indefensabile per modum thesice, intolerabiliusque respectu Sacre Inquisitionis prohibitioni quapropter alia via tenentur astronomi celestia phenomena explanare".

El Provincial de Santo Domingo era Fr. Domingo de Acuña; regente de estudios era Fr. Juan José Rojas y Lector, encargado de defender las conclusiones, era Fr. José María Sandoval. "Vuestro Merced sobre mejor que nosotros lo que son algunas de vuestras, y que últimamente, por más que vaciferemos y llenemos papeles de voces, de epítetos, uocétricos, concéntricos, aliponidos, centrípagos, centrípefos, etc., etc., la verdad del caso, Dios lo sabe". (Carta de los Padres Rojas y Sandoval a Mutis: 28 de junio de 1774).

Los calificadores de la Inquisición fueron el P. Fr. José de Escalante, Guardián del convento de franciscanos de Cartagena, y Fr. Domingo Salazar, Prior de los Agustinos de la misma ciudad; este Padre opinó que la cuestión podría tratarse solamente como hipótesis; pues como tesis era opuesta a la doctrina católica; el P. Escalante dejó indecisa la cuestión.

Los "Anales de Ingeniería" se asocian a todas esas manifestaciones de simpatía, que, si tardías, llegan en momentos oportunos en que nuestro modesto e ilustre compatriota, después de haber consagrado todas las horas de su vida a la investigación de la verdad, se encuentra sumido, por reciente duelo, en inconsolable dolor. Al mismo tiempo se complace de que un honor, que rara vez se tributa en vida a un colombiano, haya recaído sobre uno de los Presidentes honorarios de la Sociedad Colombiana de Ingenieros que más la honran.

Los que desconozcan la labor científica del señor doctor Garavito acerca de la cual serían pocas e incompletas las informaciones que quisiéramos dar en estas líneas, podrán formarse una idea al recorrer las columnas de este periódico, desde su fundación, en donde hay trabajos de distinta índole que brillan ya por el tema original a que se refieren, o por la profundidad del concepto científico que encierran, expresados claramente por medio del simbolismo empleado en las altas matemáticas.

A continuación insertamos la ley a que nos referimos, y antes de terminar nos adherimos de buen grado a las felicitaciones que a su vez ha recibido el senador doctor Nemesio Cumacho, como autor e iniciador del proyecto de ley correspondiente.

Ley 128 de 1919 (diciembre 31), "por la cual se tributan honores al doctor Julio Garavito A. y se dan autorizaciones al Gobierno".

El Congreso de Colombia, considerando:

1º Que la Ciencia ha consagrado al Profesor colombiano doctor Julio Garavito A. como un verdadero sabio;

2º Que la reputación científica de este eminente compatriota ha salvado las fronteras de la Patria para hacerse digno de respeto y de admiración en todos los centros científicos del mundo;

3º Que actualmente se encuentra en lamentable postración, como resultado físico de su incansable labor en el estudio y en investigaciones y creación de la Ciencia matemática, cuya celebridad en este campo ha alcanzado la altura de los mismos sabios que se inmortalizaron formulando sus fundamentos como demostración del genio;

4º Que hombres como Garavito considerados como verdaderos padres de la Ciencia y, por tanto, los más útiles a la sociedad humana, se han reconocido en todos los tiempos como beneméritos de la humanidad; y

5º Que la obra matemática más importante de Garavito se encuentra inédita, y, por tanto, la Nación debe apresurarse a recogerla para bien de la Ciencia y para honor de Colombia, decreta:

Artículo 1º La Nación rinde un homenaje de respeto, de admiración y de gratitud al sabio Profesor colombiano doctor Julio Garavito A.

Artículo 2º La Nación editará a costa del Tesoro Público, las obras inéditas del doctor Julio Garavito A., como el Cálculo Diferencial e Integral, la Mecánica Racional, la Astronomía y Geodesia, así como los demás estudios del mismo autor, que estén

inéditos; contratará la preparación y corrección de los originales con el autor y le comprará una primera edición de cada una de estas obras, que adoptará como textos de enseñanza en las Universidades de la República.

Los contratos que en desarrollo de este artículo celebre el Gobierno no necesitarán ulterior aprobación del Congreso.

Artículo 3º Autorízase al Gobierno Nacional para contratar tan pronto como sea promulgada la presente ley, con artistas nacionales o extranjeros la confección del busto en bronce del doctor Julio Garavito A. para colocarlo sobre un pedestal de mármol en el Jardín del Observatorio Nacional, con la inscripción siguiente: *El Congreso de Colombia a Julio Garavito A.—1919.*

Artículo 4º Todo individuo que haya servido el puesto de Director del Observatorio Astronómico Nacional durante veinte años y desempeñado cátedras en la Facultad Nacional de Matemáticas e Ingeniería por el mismo tiempo, tendrá derecho a una pensión vitalicia de jubilación igual al sueldo mensual que devengaba como Director del Observatorio.

Las pruebas consistirán en documentos auténticos y declaraciones de testigos idóneos, recibidas ante un Juez de Circuito, con intervención del respectivo Agente del Ministerio Público. Esta documentación será presentada al Consejo de Estado, el cual decidirá en una sola instancia sobre el mérito de ella, pudiendo dictar autos para mejor proveer. La sentencia del Consejo de Estado en que declare que el peticionario tiene o no derecho a la pensión, será comunicada al Ministerio del Tesoro para su cumplimiento.

Artículo 5º El Gobierno queda encargado de reglamentar y dar cumplimiento a la presente ley, apropiando en los presupuestos de las vigencias respectivas la partida necesaria para los gastos que ella demanda.

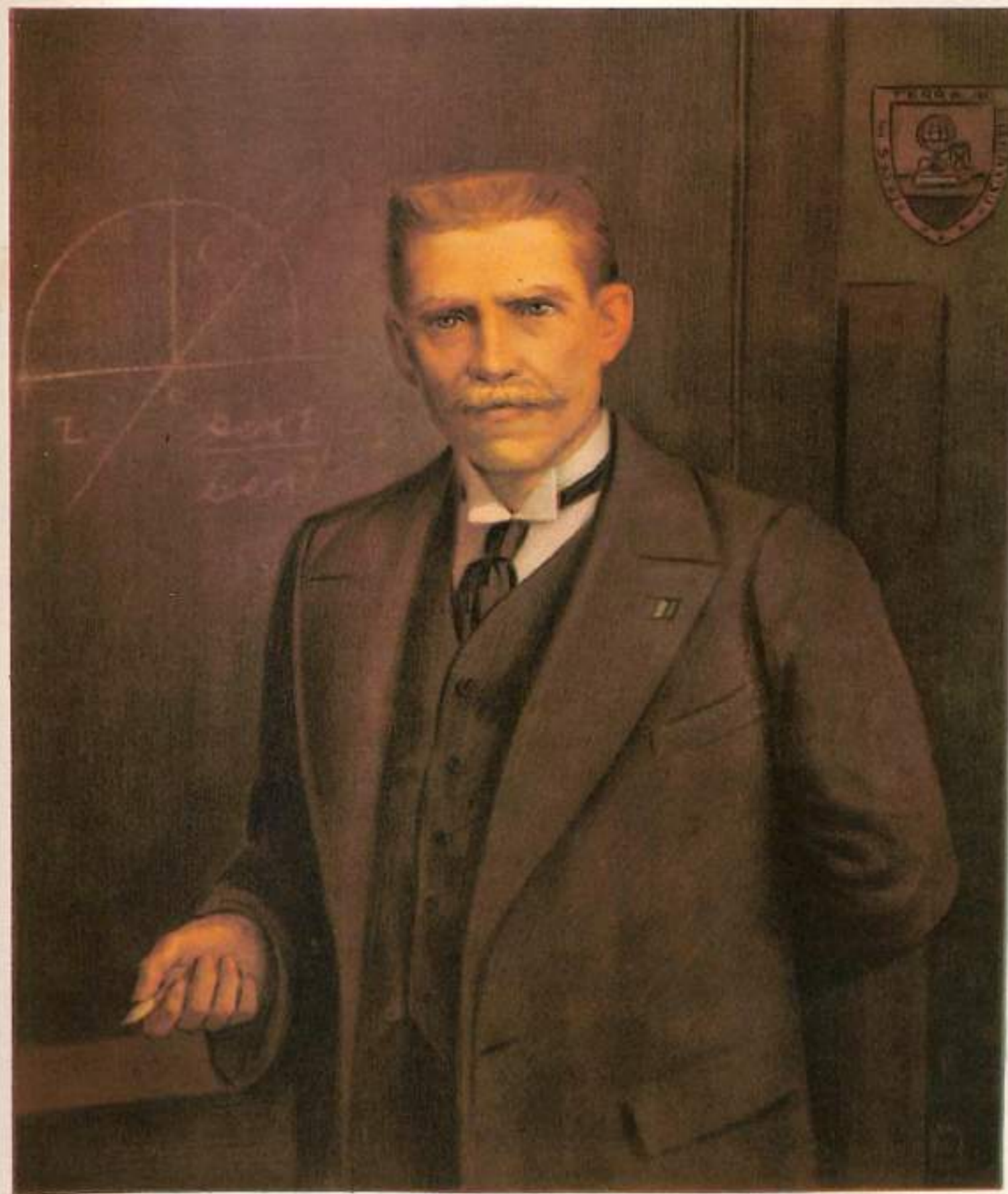
Dada en Bogotá a treinta y uno de diciembre de mil novecientos diez y nueve.

El Presidente del Senado, *Isaac J. Pereira*.—El Presidente de la Cámara de Representantes, *Nicasio Anzola*.—El Secretario del Senado, *Julio D. Portocarrero*.—El Secretario de la Cámara de Representantes, *Fernando Restrepo Briceño*.

Poder Ejecutivo.—Bogotá, diciembre 31 de 1919. Publíquese y ejecútese.

Marco Fidel Suárez.—El Secretario del Ministerio de Instrucción Pública, encargado del Despacho, *Rafael Cárdenas Piñeros*.

—o—
Verdaderamente, leyes como la que se acaba de transcribir, han debido cumplirse con diligencia y generosidad o no han debido dictarse; porque no hay nada que se parezca más a la irrisión gratuita y a la mofa colectiva como estos honores pomposos de tropicalismo puro. ¡Estaba pidiendo Garavito tales ditirambos cuando se encontraba en su lecho de muerte y sólo pedía un modesto auxilio para subvenir a sus más imperiosas necesidades de enfermo! ¡Era esto justicia, hablando de su obra, citar libros



JULIO GARAVITO ARMERO

* Bogotá - Enero 5 de 1865 - + Bogotá - Marzo 11 de 1920
Retrato al óleo, del Observatorio Astronómico, pintado por Cano.

de texto que no había nunca escrito, ordenando que sirvieran en las universidades de la República, como si la inmensa labor del sabio en el campo de la Mecánica celeste, que está aún inédita, y que verá próximamente la luz en esta Revista, cupiera en libros de texto?

Y para aumentar el escarnio y la burla, pocos meses después de la ley citada muere Garacito sin recursos de ninguna especie, y como recuerdo a su memoria se escribe por la Presidencia de la República la carta que íntegra se transcribió atrás. ¿Qué habrá de pensar la posteridad del modo como el Estado ha sabido en Colombia honrar y proteger la Ciencia genuina y verdadera?

Por estas consideraciones dolorosas es que hemos pensado en las adversas circunstancias que siempre se han presentado al tratarse de los modestos servidores que entre nosotros consagraron tiempo y esfuerzos en favor de la Ciencia, y cuya historia se halla entretregida con las crónicas del Observatorio de Bogotá, que fueran amenas por su aspecto ridículo, si no representaran ellas una gran vergüenza nacional!

* * *

LO QUE SIGNIFICA ESTA REVISTA HISTÓRICAMENTE HABLANDO

Pero esta situación tan oclitico de la Ciencia colombiana y que ha subsistido siglo y medio para

menhua de nuestra Patria, con ligeros paréntesis o breves intervalos de luz, tales como la Expedición Botánica o la Comisión Corográfica, parece que puede cambiar. Efectivamente ya alborea en el horizonte la promesa de redención y de la cual esta publicación de la Academia de Ciencias, fruto generoso de la actual Administración pública, es indicio de calor considerable. Porque, es preciso repetirlo continuamente en estas páginas, nada puede indicar mejor la voluntad firme del Ministerio de Educación Nacional en favor de la cultura científica del país que esta Revista para cuyo progreso no ha ahorado el Gobierno sacrificio de ninguna especie.

Naturalmente, si esta labor perdura, si el espíritu de la orientación cultural que inspiró la reorganización del Observatorio en 1930 y fomentó la fundación de la Academia Colombiana de Ciencias posteriormente, alienta por largos años más, en un porvenir preñado de promesas, posible es que la Ciencia llegue a gozar en Colombia de la protección a que tiene derecho de parte de la opinión pública y de los altos poderes del Estado, en un país que, según las admirables palabras del Arzobispo Virrey, transcritas en otro lugar, necesita más de sujetos que sepan conocer y observar la naturaleza y manejar el cálculo, el compás y la regla, que de quienes entiendan y discutan el ente de la razón, la primera materia y la forma sustancial!

ESTUDIOS SELECCIONADOS REFERENTES A ASTRONOMIA, METEOROLOGIA Y FISICA

FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Primer Director del Observatorio Astronómico Nacional y segundo de Mutis en la Expedición Botánica.

DESCRIPCION DEL OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE SANTA FE DE BOGOTA SITUADO EN EL JARDIN DE LA REAL EXPEDICION BOTANICA

El Observatorio Astronómico de esta capital, debido a la generosidad y patriotismo del doctor don José Celestino Mutis, se comenzó el 24 de mayo de 1802, y se acabó en 20 de agosto de 1803 (1). Su figura es la de una torre octágona, de 13 pies de rey de lado y 56 de altura. El diámetro, quitado el grueso de los muros, es de 27 pies. Tiene tres cuerpos: el primero, de 14,5 pies de elevación se compone de pilastrones toscanos pareados en los ángulos, sobre un zócalo que corre por todo el edificio. En los columnarios hay ventanas rectangulares, y en el que mira al oriente está la puerta. La bóveda sostenida por este cuerpo forma el piso principal. El segundo, de 26,5 pies, es un orden dórico en pilastras angulares como el primero. Dentro de ellas están las ventanas muy rasgadas, circulares por arriba, con recuadros y guardalluvias que las adornan. La bóveda superior es hemisférica, perforada en el centro, y sostiene el último piso al descubierto. Un ático fingido corona todo el edificio, y sirve al mismo tiempo de antepecho. El agujero de la segunda bóveda da paso a un rayo de luz que va a pintar la imagen del sol sobre el pavimento del salón, en que se ha tirado una línea meridiana, y forma un gnomon de 37 pies y 7 pulgadas de elevación.

En el lado del octágono que mira al sudoeste está la escalera en espiral, que da ascenso a la sala principal y a la azotea superior. A la escalera la cubre una bóveda que forma el piso de otra sala a 60,5 pies de altura, la más elevada del Observatorio, y cerrada por otra de 72,5 pies de elevación, con una ranura de norte a sur. Aquí se ha colocado el cuadrante astronómico para alturas meridianas.

Los instrumentos donados por Su Majestad son: un cuarto de círculo de Sisson, dos teodolitos

de Adams, dos cronómetros de Emery, dos termómetros de Nairne, dos agujas portátiles y seis docenas de tubos para barómetros. Pudiéramos ahora añadir a esta lista un péndulo, un instrumento de pasajes, dos acromáticos con retícula romboidal, y aparato astronómico de Herschel para las estrellas, que el Excelentísimo señor Marqués de Sonora destinaba para la Expedición; pero por una desgracia funesta a los progresos de la Astronomía entre nosotros, se perdieron en Cádiz los tres cajones que los contenían. Los que el celo del señor Director ha adquirido son: cuatro aeromáticos de Dollond, de diferentes longitudes; tres telescopios de reflexión, del mismo artista; un grafómetro, octantes, horizonte artificial, muchas agujas, termómetros de Dollond, barómetros, globos, muchos anteojos menores, etc., y sobre todo un péndulo astronómico de Graham, obra maestra de este artista célebre, que sirvió a los señores académicos del viaje al ecuador para la determinación de la figura de la tierra (2).

A todos estos debe agregarse un cuarto de círculo de John Bird, de 18 pulgadas de radio, con micrómetro exterior, que sirvió a Humboldt en su viaje al Orinoco y que don José Ignacio Pombo, del Consulado y comercio de Cartagena, compró a este sabio para mis expediciones a la Provincia de Quito, y que a mi regreso a esta capital deposité en el Observatorio. No es esto lo que únicamente tiene que reconocer este establecimiento a este ilustrado particular. Las excelentes tablas astronómicas de Delambre, sobre las observaciones de Maskelyne, las de nuestro Oficial de Marina Mendoza, las Efemérides para muchos años, son debidas a su generosidad (3).

También posee este Observatorio una alhaja preciosa para los astrónomos. Una lápida, despojo del viaje más célebre de que puede gloriarse el siglo XVIII, y colocada por los académicos del Ecuador, cayó entre mis manos en Cuenca, y resolví trasladarla a nuestro Observatorio, como lo verifiqué en 1805.

(2) M. de La Coudamine vendió este péndulo al Reverendo Padre Terol, dominicano de Quito, y profunda en el arte de la relojería. A su muerte lo compró esa Audiencia para arreglar sus horas; pero para propio para este destino, pasó a manos de don N. Piroña, hábil relojero, y de cuyo poder lo saqué para este Observatorio.

(3) Últimamente he recibido de mano del mismo don José Ignacio Pombo una grande aguja azimutal, un teodolito y un excelente sextante con limbo de platina y de la mejor construcción.

(1) El arquitecto a quien confió el señor Mutis la formación de los planos y la ejecución de la obra fue el Hermano Fray Domingo Pérez, capuchino. También merece una honrosa mención don Salvador Rizo, mayordomo de la Expedición, cuya actividad y celo contribuyeron tanto a la pronta conclusión de este bello y sólido edificio.



El Observatorio levantado en el antiguo jardín de la Expedición Botánica y el pino plantado por Mutis.—Dibujo a pluma del artista colombiano C. Loido.

Tiene 20 pulgadas de pie de rey de largo, 19 de ancho, pesa 5 arrobas 10 libras, es de mármol blanco y medio transparente, está escrita en latín, en caracteres mayúsculos romanos, y contiene la distancia al zenit de Tarquí de la estrella Theta de Antinoe, y las demás indicaciones relativas al lugar en que la colocaron esos astrónomos. Bouguer, de La Condamine y Ulloa no hacen mención de ella en las obras que publicaron sobre este viaje. La descubrió en 1793 el doctor Pedro Antonio Fernández de Córdoba, Arcediano de la Catedral de Cuenca, y se publicó en el "Mercurio Peruano" del mismo año, aunque con algunos errores. Este Canónigo ilustrado, a quien tanto deben mis trabajos astronómicos y botánicos en esa Provincia, me informó del paradero y del destino que pensaba darle su poseedor, y contribuyó a sacar esta preciosa lápida de unas manos que no la merecían. (1).

En diciembre de 1805 puso el señor Mutis el Observatorio a mi cuidado. En esta época monté los instrumentos y comencé una serie de observaciones astronómicas y meteorológicas que no he interrumpido.

Este sería el lugar más propio para publicar la posición geográfica de este Observatorio; pero las nubes que ocultaron al sol en el solsticio de diciembre de 1805, y en los de 1806 y uno de 1807, no han permitido concluir de un modo invariable e independiente de toda suposición la latitud de este edificio. No obstante, por numerosas alturas meridianas del sol y las estrellas, tomadas al norte, al sur y al zenit, he hallado que está a 4°36' N., determinación que no puede incluir 5" de error, atendido el cuidado que hemos puesto en este elemento capital para un observatorio.

Por lo que mira a su longitud, aunque se han observado muchas emersiones e immersiones del primero y segundo satélite de Júpiter en el discurso de 1806 y 1807, no hemos recibido correspondiente ninguno.

(1) El péndulo que sirvió a La Condamine, el cuarto de círculo de Bird del uso del Barón de Humboldt y la lápida a que alude Caldas existían todavía en 1840, en el Museo de Bogotá. ¡Ojalá que estos preciosos objetos sean conservados con el cuidado necesario como recuerdos científicos, que cada día adquieren mayor valor. La lápida había desaparecido del local del Observatorio hacía muchos años, y fue hallada y restituida al establecimiento, siendo Director del Museo el autor de esta nota.—Nota del Gral. Joaquín Acosta.

na de los observatorios de Europa; pero nuestros primeros ensayos, usando del cálculo, sitúan el meridiano del nuestro a 4h.32m.14s. al occidente del Observatorio Real de la isla de León.

Su altura sobre el nivel del océano, deducida de una larga serie de observaciones del barómetro lleno con todas las precauciones que hemos indicado en las notas precedentes, es de 1.352,7 toesas (3.156,3 varas de Burgos) (1).

Si los observatorios de Europa hacen ventaja a este naciente, por la colección de instrumentos y por lo suntuoso del edificio, el de Santafé de Bogotá no cede a ninguno por la situación importante que ocupa sobre el globo. Dueño de ambos hemisferios, todos los días se le presenta el cielo con todas sus riquezas. Colocado en el centro de la zona tórrida, ve dos veces en un año al sol en su zenit, y los trópicos casi a la misma elevación. Establecido sobre los Andes ecuatoriales a una prodigiosa elevación sobre el océano, tiene poco que temer de la inconstancia de las refracciones, ve brillar a las estrellas con una claridad y sobre un azul subido (2), que de él no tiene idea el astrónomo europeo. De aquí ¡cuántas ventajas para el progreso de la astronomía! Si el célebre Lalande anuncia con entusiasmo la erección del Observatorio de Malta por hallarse a 36° de latitud y ser el más meridional de cuantos existen en Europa, ¿qué habría dicho del de Santafé, a 4°30' de la línea? Lejos de las nieblas del norte y de las vicisitudes de las estaciones, puede en todos los meses registrar el cielo. Hasta hoy suspiran los astrónomos por un catálogo completo de las estrellas boreales, y apenas conocen las australes. ¿Qué no se debe esperar de nuestro Observatorio si llega a montar un círculo como el de Piazzini? Con un Herschel a esta latitud, ¡cuántas estrellas nuevas, cuántas dobles, triples! ¡Cuántas nebulosas! ¡Cuántas planetarias! ¡Cuántos cometas que se acercan a nuestro planeta por el sur y vuelven a hundirse por esta parte del espacio, escapan a las indagaciones de los observadores europeos! La gloria de conquistar las regiones antárticas del cielo le está reservada, así como hoy posee la de ser el primer templo que se ha erigido a Urania en el Nuevo Continente, y la posteridad colocará al sabio y generoso Mutis, como fundador, al lado del Landgrave Guillermo (3) y de Federico II de Dinamarca, y co-

(1) Hemos adoptado para el cálculo de la altura de nuestro Observatorio los datos siguientes: el barómetro en 243,25 líneas y el termómetro de Reaumur a 11,25.

(2) Por las bellas observaciones de Saussure con el cyanómetro, sabemos que el azul del cielo es más obscuro a proporción que el observador está más elevado; que en las cimas muy altas parece casi negra la bóveda celeste, y que se ven las estrellas en pleno día sin el auxilio del telescopio. Como nuestro Observatorio está sobre la cima de los Andes, y más elevado sobre el océano que todas las de Europa, se sigue que debemos ver las estrellas con un brillo y sobre un azul tan subido, que de él no tiene idea el astrónomo europeo. Véase a Saussure, "Voyage dans les Alpes", tomo IV, página 197 y siguientes.

(3) El primer Observatorio que se erigió en Europa fue el de Guillermo IV, Landgrave de Hesse Cassel, príncipe astrónomo y distinguido restaurador de esta ciencia. El segundo fue el que Federico II de Dinamarca hizo construir en la isla Hven, cerca del estrecho Sund, para el inmortal Tycho-Brahe, quien le impuso el nombre de Uraniburg (ciudad del cielo) y que arruinaron sus enemigos y el Ministro Wolcherdorp. Su nombre debe ser citado, dice Lalande, para cuñarlo de infancia y entregarlo a la execración de los sabios de todas las edades, como a opresor de la Astronomía y del genio más grande que tuvo jamás la ciencia.

mo astrónomo al de Tycho-Brahe, de Kepler y de Hevelio.

ELEVACION DEL PAVIMENTO DEL SALON PRINCIPAL DEL OBSERVATORIO DE SANTA FE DE BOGOTA (1)

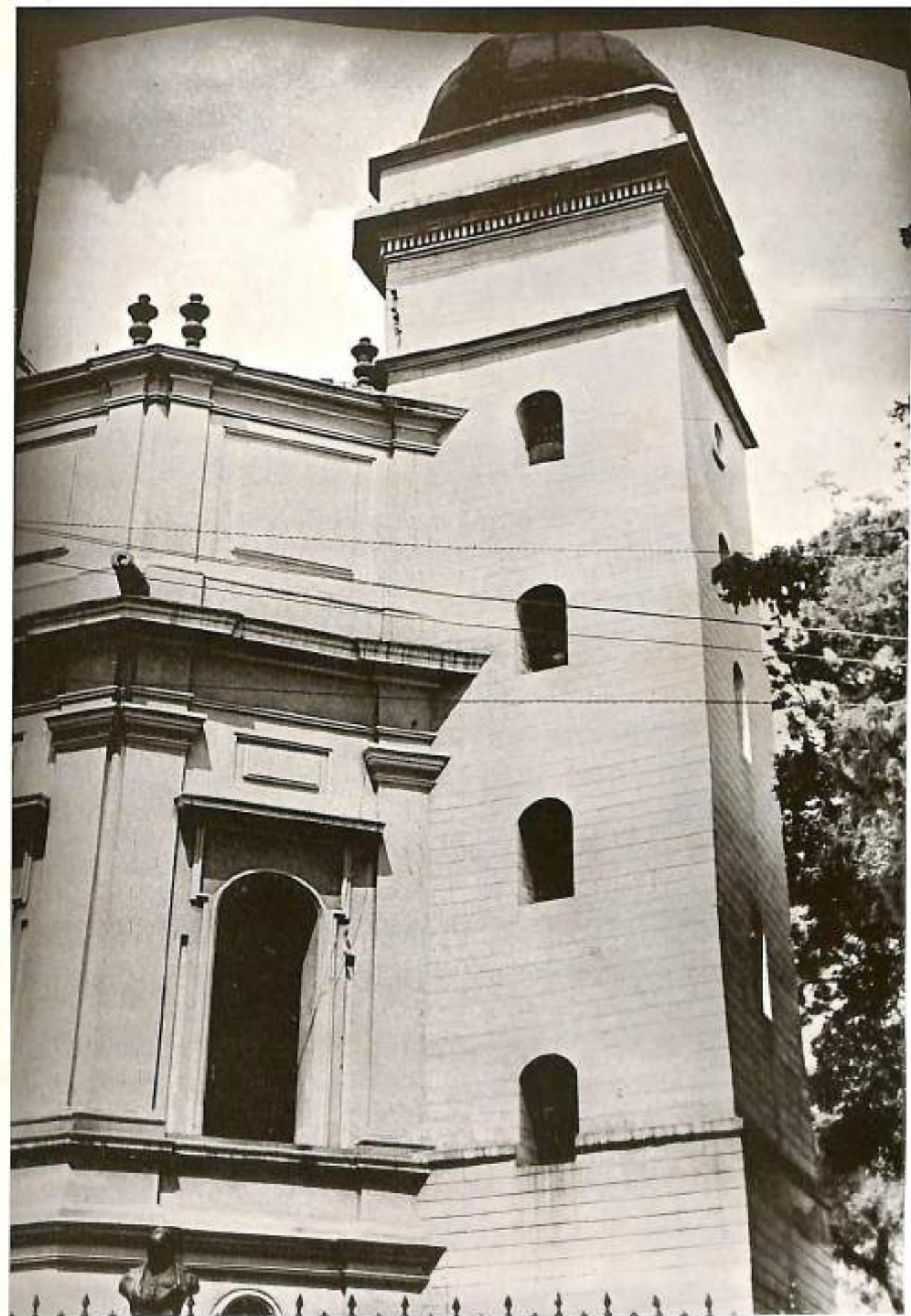
La suma importancia del conocimiento de la altura de un observatorio astronómico sobre el nivel del océano, ha hecho que llevemos toda nuestra atención hacia este objeto, desde que el célebre Mutis puso a nuestro cuidado este Establecimiento. En los números 30 (1808) y 32 (1809) de este Semanario (página 41) hemos publicado la altura del Observatorio Astronómico de esta capital usando de la fórmula de Trembley, corregida por Tralles. Pero los sabios más acreditados de Europa acaban de hacer grandes indagaciones sobre este objeto interesante, y han llevado esta materia a un grado de perfección que no esperábamos. Hasta esta época se había caminado a ciegas y con tanteos. Todas las fórmulas de Bouguer, de Trembley, Tralles, Deluc..., no eran sino resultados de algunas medidas geométricas comparadas con las columnas mercuriales, y no tenían sino una exactitud precaria y dependiente de las circunstancias. El célebre y profundo Laplace acaba de trazar un plan, en que la teoría más sólida hace todo el papel en la solución de este problema. La relación entre un volumen de mercurio determinado y otro de aire a la temperatura del hielo que se funde y a la presión de 76,0 centímetros; y las leyes a que está sujeto el aire atmosférico y el calórico diseminado en él; un coeficiente general establecido por las más exactas y decisivas experiencias, y confirmado o reproducido por la Física del modo más satisfactorio, contando con la latitud y con la disminución de la gravedad hacia el ecuador, han producido entre las manos de Ramond, Biot, Arago y Laplace, una fórmula que no deja duda de cuatro pulgadas sobre la elevación de las montañas que se han sujetado a las medidas más escrupulosas.

Nosotros suspiramos por una fórmula tan preciosa, y la solicitamos infructuosamente hasta el arribo de don José María Cabal a esta capital. Este joven estudioso me la presentó en los Elementos de Física de Mr. Haüy, París, 1806. Este sabio y virtuoso Canónigo recogió todos los conocimientos y todos los hechos más recientes sobre el barómetro, y los presenta en su obra con aquella claridad y precisión que caracterizan sus escritos (2). Nosotros hemos estudiado detenidamente este libro, y hemos aplicado la fórmula de que hablamos, a nuestro Observatorio.

Como el elemento principal—elemento en que han encaillado todas las fórmulas precedentes—era el coeficiente general corregido por la temperatura,

(1) Fue publicado el presente estudio en los números 46 y 47 del Semanario (noviembre de 1809), y fué reproducido en la obra del señor Acosta.—Nota de E. P.

(2) Ojalá que una pluma sabia ponga estos elementos de Física en nuestra lengua, y que este furo de traducir novelas que corrompen las costumbres se convierta en versiones de obras sólidas, profundas y que merezcan la ilustración por todos partes, sin ofender a la virtud.



Detalles arquitectónicos del cuerpo del edificio y de la torre de la escalera. (Observatorio Astronómico)

nos fue necesario hacer observaciones del termómetro en los mismos días y a las mismas horas, en Santafé y en Cartagena. Don Manuel Rodríguez Torices verificó éstas por el espacio de un mes mientras que nosotros las hacíamos en este Observatorio. En el último correo nos remitió este joven ilustrado la serie de las temperaturas de Cartagena, tomadas a las nueve, a las doce y a las tres. Las redujimos del termómetro de Farenheit al centígrado, las comparábamos con las de Santafé, y hemos hallado con admiración que la temperatura en Cartagena y en esta capital marcha del mismo modo: que cuando sube aquí, sube allá y que cuando allá baja, baja aquí. También hemos conocido que la diferencia de calor entre estos dos puntos del Reino, tan diferentemente situados, difiere constantemente de 12 a 14 grados del termómetro centígrado. Con estos datos nos hemos puesto en estado de poder aplicar la nueva fórmula a la determinación de la altura de este Observatorio.

Sabemos que la altura media del barómetro al nivel del mar, reducida a la temperatura del hielo, es 76 cm., la temperatura del aire el día 6 de septiembre, en Cartagena, a las doce, era de 29 grados 3 centígrados. En Santafé, el mismo día, a la misma hora, el barómetro indicaba 248,5 líneas; el termómetro anejo al barómetro, 12' 6; el termómetro libre, 17' 1. Se trata de deducir la altura del Observatorio.

Comenzámos por reducir la altura del barómetro a la temperatura del hielo, y después esta altura a centímetros. Hecho el cálculo, hallamos que 248,5 hacen 55,9165 centímetros reducidos a cero del termómetro.

Termómetro libre en Cartagena....	29,3
Termómetro libre en Santafé.....	17,1

Suma.....	46,4
-----------	------

$$46,4 \times 36,672 = 1701,581$$

Coefficiente general	18336
Coefficiente corregido	20037,581
76,0 log	1,8808136
55,9165 .. log	1,7475400

Diferencia	0,1332736
------------------	-----------

$$20037,581 \times 0,1332736 = 2670,4$$

Esta será la altura vertical de las dos estaciones en metros.

La latitud doble de Santafé es 9°12' y su coseno será 0,9871362 que, multiplicado por la constante 0,002845 dará 0,002808. Este resultado se multiplicará por la altura vertical 2670,4 y se tendrá 7,498 metros, que es necesario añadir a la altura vertical 2670,4 y se tendrá 7,498 metros, que es necesario añadir a la altura vertical para tener la corregida de la latitud, y será 2677,898.

La diferencia de los logaritmos, aumentada de 0,868589 multiplicada por 20037,581 y partida por el radio (6375605,6 metros), da una cantidad que debe multiplicarse por 2677,898 y se hallará 8,4319 metros, que deben añadirse a 2677,898 para obtener

2686,3299 metros por altura verdadera de Santafé sobre Cartagena.

Altura del Observatorio (1):

En metros	2686,33
En toesas	1378,54
En varas castellanas	3216,60

Hemos puesto el pormenor del cálculo para que los observadores puedan aplicar esta fórmula a sus operaciones. Sentimos que la imprenta carezca de caracteres algebraicos para poder dar la expresión del célebre Laplace, y reducir todas las ideas de este género de medidas a una sola línea. Nos proponemos calcular la altura de los principales pueblos del Reino por este método, e insertarla en el Semanario, si no expira en el próximo diciembre, como fundadamente lo tememos.

* * *

ASTRONOMIA (2)

Las longitudes y latitudes de los lugares, y sobre todo de Guayaquil, Sonsonate, Veracruz, etc., serán nuestro primer cuidado. Usaremos de todos los métodos conocidos: eclipses de sol, de luna, satélites de Júpiter, distancias de la luna al sol, paso por el meridiano de aquélla, etc. En nuestras travesías por mar comprobaremos por nuestras propias observaciones la exactitud de los métodos. Esto bastaría para hacer con honor nuestro viaje; pero se presentan las más brillantes ocasiones de hacer cosas grandes, nuevas e importantes.

Sabemos que lo más perfecto hasta hoy sobre las refracciones astronómicas en la zona tórrida es la tabla del célebre Bouguer. Sabemos que se construyó en 1735 y 1736, época en que nuestros conocimientos eran limitados en esta parte; que este sabio no atendió al calor y al peso de la atmósfera, que tanto influyen sobre la cantidad de las refracciones, y en fin, que sus observaciones fueron hechas solamente al nivel del mar, y una sola vez sobre el Chimborazo; que de estos materiales, afectos de los errores de la presión y del temple, dedujo su famosa tabla. Nosotros vamos a descender del Chimborazo hacia el occidente, gozamos del horizonte del mar Pacífico a todas las elevaciones a que el hombre puede existir. ¡Qué ocasión más bella para hacer un número inmenso de observaciones de este género, a 16, 17, 18, etc., hasta 28 pulgadas del barómetro! Consultando el termómetro y el barómetro, ¡qué grado de perfección adquirirían nuestros trabajos sobre los del ilustre Bouguer! La tabla más exacta y completa sería el fruto de nuestros desvelos. ¡Ah! los astrónomos, los navegantes agradecerían un servicio tan señalado, y la memoria del autor de estos preciosos trabajos, del ilustre Mutis, sería grata en los mares, en los observatorios, como lo ha sido la de Bouguer.

La tabla de este astrónomo se limita al nivel del mar, y absolutamente carecemos de tablas semejantes para otras elevaciones. ¡Cuánto he trabajado pa-

(1) 1 toesa = 1 metro 949; 1 vara = 0m.835.

(2) Proyecto de un viaje científico por la América Central.—N. D.

ra formar una para la elevación de Popayán! Ella será imperfecta, porque mis instrumentos lo eran; pero será más verdadera a este nivel que ninguna otra.

En las tablas de M. Callet he visto una para Quito, muy miserable y diminuta, y siempre afecta de los errores del calor y de la presión. ¡Qué gloria para Mutis poder presentar tablas exactas de refracciones para todas las elevaciones, desde 16 hasta 28 pulgadas del barómetro! Nuestras primeras observaciones de Chimborazo a Guayaquil serían las refracciones de la línea: las de Sonsonate a Méjico nos indicarían lo que aumentan en esta latitud, y las de Méjico a Veracruz, las de Cartagena a Santafé nos darían la ley de su aumento, y llevaríamos tal vez este aumento de las refracciones astronómicas a un punto de perfección que no han tenido.

Aún hay otro objeto de primera importancia en la Astronomía. El cielo austral conocido a medias por los viajes de Maskelline y de Lacaille a Santa Elena y Cabo de Buena Esperanza, presenta el asunto más grande y glorioso para trabajos útiles a todas las naciones. Esta parte del cielo, la más rica de estrellas y la menos conocida, tan necesaria a los viajeros como la boreal, se presenta entera a nuestro horizonte en Quito, y elevado el polo antártico a 5° en Guayaquil. ¡Cuántas estrellas cuya posición es incierta podemos fijar en el discurso de nuestro viaje! Un mes o dos de trabajos nos pondrían en posesión de un número considerable de ascensiones rectas y de declinaciones. ¡Con qué placer podría el sabio Mutis poner este precioso material en manos de Lalonde!

¿Cuánto debemos dudar de la posición de Guayaquil, estando tan errada la de Quito, que fue el centro por diez años de los trabajos de cinco astrónomos? Añádase la posición de tantos pueblos y de tantas ciudades, de trozos de costas, etc.

En nuestra travesía de Guayaquil a Sonsonate haríamos nuestras primeras aplicaciones de las refracciones y de nuestras determinaciones de estrellas; las compararíamos con las antiguas, y comenzaríamos a coger el fruto de nuestros trabajos asegurando la posición de nuestro buque.

OBSERVACIONES DEL BAROMETRO

Nuestras observaciones del barómetro se multiplicarían al infinito. El primer fruto de ellas sería una nivelación de Quito a Guayaquil, otra atravesando la América septentrional de Sonsonate a Veracruz, otra de Cartagena a Santafé, y aun a Quito. Esta, unida con la primera, dará la nivelación de la América meridional. Tendremos la satisfacción de compararlas con las del señor Barón en la parte común de Cartagena a Quito. A más de este conocimiento, a más de las elevaciones de los lugares, etc., comunes en esta especie de trabajos, tengo tres fines particulares, y todos de suma importancia.

El primero es establecer y perfeccionar mi método de medir las montañas por el termómetro, objeto tratado con extensión en mi Memoria sobre este

punto, que acompaña este plan. Ella manifiesta la importancia de la materia. Se puede perfeccionar en las dos bajadas y dos subidas de que he hablado.

El segundo será pasar a Caraburu, a cinco leguas de Quito, que fue el extremo de la base de Yaruquí y la estación más baja de toda la meridiana. Se sabe que con este punto duplicaron sus cuidados los astrónomos del viaje al ecuador, y que la elevación de este punto sobre el mar fue el fundamento de la reducción del grado a este nivel. Seríamos responsables a las ciencias, a Mutis, al universo, si con nuevos métodos, con mejores instrumentos, no verificamos la altura del mercurio en este punto capital. Si acaso la hallamos diferente, ¡qué nueva revolución sobre la magnitud del grado! Tendremos la gloria de rectificar la obra de los mayores astrónomos del siglo XVIII, y de hacer este nuevo servicio a la Astronomía, a la Geografía y a la navegación.

El tercero, tan importante como los antecedentes, es la determinación de la altura media del barómetro al nivel del mar en la vecindad del ecuador. ¿Cómo pudiera manifestar mis ideas en esta materia? ¿Cómo refundir una Memoria que he trabajado sobre ella? No es posible esto, pero muchas razones para dudar de las 28 pulgadas que se le dan, se hallan en mi Memoria sobre el método de medir las montañas por el termómetro, que acompaña a ésta. Si acaso le determinamos diferente, es imponderable la revolución que vamos a causar. Chimborazo, Cotopaxi, Cayambe, todas las montañas más célebres de la Cordillera de los Andes están amenazadas de disminuir o de crecer en altura; todos los cálculos hechos hasta aquí tienen la misma suerte; el grado contiguo al ecuador será tercera vez reformado, y mi teoría del termómetro habrá adquirido el sólido fundamento que le falta. ¡Qué consecuencias tan terribles podemos deducir! ¿Será esta elevación del barómetro igual a la de los mares de Europa? ¿Será menos? En este caso, ¿habrá una atracción particular en el ecuador? ¿Será esto una nueva prueba de la rotación de nuestro globo? ¿Qué causa obra este fenómeno singular? ¿Qué cuestiones!

Podemos repetir nuestra observación de Sonsonate, en Veracruz, en Habana, Puerto Rico, Cartagena; podemos comparar las del Pacífico con las del Atlántico; podemos ver si crecen en razón de la latitud; podemos comenzar a conocer la ley. ¡Qué objetos tan interesantes y tan bellos!

OBSERVACIONES DEL TERMOMETRO

Con este instrumento haremos las comunes, ensayaremos diversos métodos de observación y sobre todo, las del calor del agua en todos los niveles. Por las que hasta aquí he hecho en Quito me parece que se confirma la idea de Toaldo, que el calor del globo disminuye, y por un método bien diferente del de este sabio meteorologista. No he necesitado sino de un número limitado de observaciones, y compararlas con las hechas por M. de La Condamine en esta ciudad desde 1735 hasta 1742. En una Memoria de la Academia de las Ciencias de París se lee que este

sabio académico halló que el termómetro en Quito no baja de 8° sobre el hielo, ni sube de 17½ en la escala de Reaumur. Mis observaciones hechas en tiempos secos, húmedos, calorosos, fríos, en esta misma ciudad, me enseñan que no baja de 4° ni sube de 16°. ¿Se habrá aumentado el frío en Quito en el espacio de sesenta años la cantidad de 3°? Partida esta cantidad por 60, ¿dará lo que disminuye el calor cada año en estos países? Estas dudas se disiparán con el tiempo, y nosotros comenzaremos a asegurarnos si vemos que en Guayaquil es menor el calor que el que experimentaron los astrónomos del viaje al ecuador.

OBSERVACIONES DE LA AGUJA

La falta de buenos instrumentos en este ramo nos impedirá extender nuestras indagaciones más allá de las comunes. Por mis observaciones de declinaciones hechas en Timaná y en Popayán he determinado que la declinación en estos países es de 8° N., la misma que Bouguer asigna en estos lugares, y que M. de La Condamine halló en toda la Provincia de Quito. ¿Serán las variaciones de la aguja tan cortas que en sesenta años no se puedan percibir? ¿Hará esta invariabilidad sistema con las pequeñas variaciones del barómetro?

Nosotros tendremos cuidado de comparar nuestras agujas con las del señor Barón, y como éstas lo están con las de Fidalgo en Cartagena, tendremos por este camino la ventaja de que nuestras declinaciones sean comparables con las de estos dos sabios matemáticos. Procuraremos hacer nuestras observaciones en los lugares en que Bouguer, de La Condamine, etc., hicieron las suyas, y podremos sacar consecuencias que hoy no podemos. Si alcanzamos a Fidalgo en Cartagena, rectificaremos de nuevo nuestras ideas y nuestros instrumentos.

VELOCIDAD DEL SONIDO

La velocidad del sonido, sobre que tanto se trabajó en Quito, parece todavía una materia que merece perfeccionarse, y no debemos despreciar las ocasiones de hacerlo. En Quito se halló que el sonido corría 175 toesas por segundo. M. de La Condamine vio que al nivel del mar este espacio se aumentaba hasta 183 toesas por segundo. No se crea que está resuelta la cuestión 13ª que Mr. Derham propuso en las Transacciones Filosóficas: no sabemos si el sonido corre iguales espacios en todas las elevaciones. La observación de M. de La Condamine en Cayena prueba que al nivel del mar corre 8 toesas más que a 1.600 toesas de altura. ¿Se disminuirá esta velocidad en razón de la altura? ¿Se disminuirá en razón de la densidad del aire? ¿Habrá error en los cálculos de La Condamine? ¿No es cierto que estas velocidades dependen de la medida geométrica? Y siendo ésta dudosa, ¿no lo serán sus consecuencias? Estas reflexiones son verdaderas, y es también que no sabemos la velocidad del sonido en Quito ni en Cayena.

Si acaso restablecemos la base de Yaruquí, podemos recalcular las distancias que sirvieron para es-

tas experiencias, y hallar resultados diferentes. ¡Oh base de Yaruquí! ¡Qué daño se ha hecho a las Ciencias si se ha perdido! Cuando no la podamos verificar, podremos hacer mucho y a poca costa en la solución de este problema célebre. Unas tres o cuatro pechugas de madera seca, compuestas de un sistema de barras con las fibras inversas, de una vara de longitud, armadas de dioptras, bastan para medir una base de mil varas en poco tiempo, y para formar sobre ella una serie de triángulos y concluir la distancia entre dos puntos propios para esta especie de observaciones. Medida una distancia en Riobamba, país tan alto como la cima de Guadalupe en Santafé, otra en Quito, otra en los Canelos, otra en Guayaquil, otra en Sonsonate, en Méjico, Veracruz, etc., bastarían para resolver esta cuestión interesante. Veríamos los resultados en tan diferentes niveles y latitudes, y veríamos si variaban sus leyes, o su invariabilidad. Pero ¿cómo proporcionarse cañones para estas experiencias en unos lugares en que ni el nombre de ellos se conoce? El recurso es pequeño... pero nada hay pequeño a los ojos de un amante de las Ciencias que quiere sacar partido de todo. Para los fuegos de artificio, de que usan en las festividades, hay en Popayán unos pequeños cañones sin cureña, que el vulgo llama pedreros: tienen un palmo de alto y cinco a seis pulgadas de diámetro; por el fondo son planos, y se colocan verticalmente sobre el terreno, cerca del cual está el oído: dan un sonido tan fuerte y sonoro como el mejor cañón de su calibre, y se pueden transportar a todas partes. Aun cuando no se tomase uno de éstos, se haría construir otro igual en Quito.

METEOROLOGIA

Los meteoros, esta serie de revoluciones que se suceden sin interrupción en la atmósfera terrestre, que la alteran, que la dilatan, que la contraen, la ponen en movimiento o en quietud; que al trueno desolador sigue el iris tranquilo, y al huracán que arranca la robusta encina, la calma y la serenidad; esta serie de revoluciones parece que no está sujeta a ley ninguna. A juzgar por nuestras luces creeríamos que el imperio de los meteoros es el imperio de la inconstancia, de la irregularidad y del capricho. Ningún orden, ningún período, ningún principio constante. La naturaleza, que hace admirar la regularidad en los movimientos de los cuerpos celestes; que ha puesto leyes invariables a las oscilaciones y a los furiosos del océano; que todos los seres vivientes nacen, crecen, declinan, mueren según un plan establecido y que ninguno puede alterar; esta naturaleza que se complace con regularidad en los cielos, sobre la tierra y en el fondo de los mares, parece que se complace también con el desorden en la atmósfera. Pero no juzguemos con precipitación de sus obras. Todo tiene leyes eternas, todo está trazado bajo de un plan sabio y profundo. La pequeñez de nuestras luces, la falta de observación y que da experiencia a nuestra existencia transitoria sobre la tierra; los sistemas prematuros, el orgullo, las preo-

cupaciones que no podemos sacudir y que se transmiten de generación en generación, forman una vanda espesa sobre nuestros ojos que nos impide ver los principios y el orden de la naturaleza en la sucesión de los meteoros. Una mano bienhechora y sabia lo ha ordenado todo, todo lo ha organizado. El que hace rodar sobre su eje la inmensa masa del sol en treinta y siete días, lanza el rayo, forma la lluvia y el granizo sobre principios seguros, que no ha querido todavía revelar. Seamos modestos en nuestros juicios sobre las obras de la naturaleza. Observemos, comparemos, veamos los meteoros por todos sus

todo el discurso de 1807 en el Observatorio Astronómico de esta capital. Los pormenores son largos, y sólo nos atenemos a los resultados principales. Indicamos la máxima y la mínima altura a que han llegado el barómetro y termómetro en los diferentes meses, y la cantidad de lluvia con nota de los días secos y lluviosos. Así lo seguiremos haciendo en los años siguientes, y proporcionaremos a los meteorólogos un término de comparación de éstas con sus observaciones. Advertimos que el pavimento del Observatorio en donde se han verificado, está a 3.216-6 varas castellanas sobre el océano.

Tabla meteorológica para 1807

Meses	B.		T.		Cantidad lluvia	Días secos	Días lluviosos
	Alt. máx.	Alt. mín.	máx.	min.			
Enero	249,25	247,60	12,5	11,5	29,160	25	6
Febrero	249,33	247,93	12,4	11,0	7,363	24	4
Marzo	249,33	247,92	13,0	11,1	2,497	26	5
Abril	249,42	247,92	13,0	11,3	26,705	16	14
Mayo	249,67	248,00	13,0	11,4	67,999	13	18
Junio	249,67	248,00	12,7	11,5	35,019	15	15
Julio	249,50	247,83	12,0	10,7	42,233	14	17
Agosto	249,42	247,92	12,2	9,9	52,279	15	16
Septiembre	249,42	248,00	14,0	10,9	8,163	26	4
Octubre	249,33	247,91	12,4	10,0	56,336	13	18
Noviembre	248,92	248,00	12,3	11,1	42,133	20	10
Diciembre	248,85	247,60	12,2	11,2	72,735	22	9

aspectos, y no desmayemos en el trabajo. Si a pesar de esto no descubrimos el secreto, a lo menos dejemos a la posteridad nuestros trabajos: ella los continuará, y quizá, más feliz que nosotros, arrancará a la naturaleza el plan, el período y la ley que guarda en la formación de los meteoros.

Nosotros, contentos con acumular hechos, dejamos a los genios extraordinarios y profundos el trabajo sublime de enadenarlos, de formar un cuerpo, y de conocer la ley general que los abraza. Con estas miras comenzamos a insertar en este artículo las observaciones meteorológicas que hemos verificado en

Resulta de estas observaciones que la mayor altura a que llegó el barómetro en 1807 fue de 249,67; que la menor fue de 247,60; que la variación anual fue de 2,16 líneas; que la altura media fue de 248,68. Resulta también que el termómetro en su mayor altura indicó 13,0 grados de R., y en la menor 9,9 grados; y en fin, que la temperatura media fue de 14,45 grados.

Cayeron 442,111 líneas de agua, que hacen 36 pulgadas 10 líneas.

Los días secos fueron 229 y los lluviosos 136.

ASTRONOMIA

Todos preguntan con frecuencia ¿para qué tantos desvelos, tantos cálculos, tantos instrumentos costosos, tantos edificios consagrados a observar el curso de las estrellas? Estas, con el sol y los planetas, ¿no hacen sus revoluciones hoy como las hicieron en la Creación? Los días, las estaciones, ¿no se verifican independientes de nuestros cálculos? ¿El sol no nos vivifica y no nos alumbraba, que le midamos los pasos o que lo abandonemos, como lo hacen el caribe y el hotentote? Así se discurre por lo común sobre la Astronomía.

Nosotros no emprendemos hacer una apología de la Ciencia que profesamos. Queremos sí rebajar la sublimidad de sus principios y de sus miras; queremos que el común entrevea las relaciones tan gran-

des como ocultas que tiene la Astronomía con la sociedad y con las necesidades del hombre. No echaremos mano de la Cronología, celebración de la Pascua, y demás objetos del culto. Un entendimiento ordinario percibe bien que es necesario conocer el número de días, de horas y de minutos que gastan el sol y la luna en sus evoluciones para organizar los años y los siglos. Todos saben o han oído hablar de Gregorio XIII y de su célebre corrección. Pero se necesitan otros principios para percibir cómo un eclipse de sol fija la posición de los lugares sobre el globo, y cómo un satélite de Júpiter, saliendo o entrando en la sombra de este planeta asegura la navegación y mejora la Geografía. Nosotros vamos a explicarlo.



Aspecto general del edificio, desde la carrera 9a. (Observatorio Astronómico)

Cuando el sol está en el meridiano, por ejemplo, de Santafé, há tiempo que ha pasado por el meridiano de todos los lugares que están al oriente, y aún le falta para llegar a los de los pueblos que están al occidente. Es decir, que cuando es mediodía en Santafé, es más de mediodía en San Martín, Casanare, etc., y aún no es mediodía en Popayán, Quito y Panamá. Partiendo de este principio luminoso, es fácil entender que si un habitante de Quito y otro de Santafé arregla cada uno un reloj a su respectivo meridiano, los dos relojes señalarán horas distintas y la diferencia será el tiempo que gasta el sol en ir del meridiano de Santafé al de Quito. El reloj en Santafé señalará más horas que el de Quito.

De aquí se infiere que si pudiésemos conocer la diferencia de las horas de estos dos relojes, conoceríamos inmediatamente el número de grados terrestres que media entre el meridiano de Santafé y el de Quito. Conociendo este número de grados, con sus latitudes, conoceríamos su distancia mutua, colocaríamos bien estos lugares en la carta, y deduciríamos todas las consecuencias. ¿Pero cómo conocer las diferencias de esos relojes? La Astronomía da los medios.

Los trabajos inmensos de Cassini, Wargentin y La Place han formado tablas precisas de las cuatro lunas de Júpiter. Podemos, con su auxilio, medir sus pasos, y predecir el momento en que entran y salen en la sombra, en que se encienden y se apagan para nosotros. Si advertidos por el cálculo, el habitante de Santafé y el de Quito observan cuidadosamente cada uno el instante en su reloj en que sale de la sombra un satélite, se habrá hallado precisamente la diferencia de los relojes, y con ella, los grados y la distancia mutua entre Quito y Santafé. Por ejemplo, el 28 de junio de 1804 observé en Quito la salida de la sombra del primer satélite en mi h. m. seg. reloj, bien ajustado a este meridiano 8h 44m. 39s 06. El ciudadano Mutis, asociado a don Manuel Alvarez observó en Santafé que el mismo satélite salió de la sombra a..... 9h. 17m. 06s 30

La diferencia de estas horas es 0h. 17m. 27s 24

Estos 17 minutos 27,24 segundos hacen 4 grados 25 minutos 48s60, y esto es lo que Quito está al poniente de Santafé. Si reunimos las latitudes de estas dos ciudades, que siempre son fáciles de observar, podemos decir el número de leguas que distan entre sí y podemos colocar estos dos puntos sobre la carta. Las observaciones nos enseñan que Quito está 13 minutos 18 segundos latitud austral, y Santafé a 4 grados 36 minutos 12 segundos latitud boreal. Con estos datos hallamos en rigor que del Observatorio de Santafé a Quito hay 131,4 leguas y 858.616 varas castellanas (1).

Los eclipses de luna, los del sol y los apulsos o las ocultaciones de las estrellas zodiacales por la luna ofrecen los medios de determinar las longitudes. Pero hay esta diferencia: los eclipses de luna las dan con simplicidad, pero sujetas a errores muy

(1) En este cálculo adoptamos la legua de 30 el grado, que en la vecindad del Ecuador es de 6610 varas.

considerables. Los eclipses de sol y los apulsos vienen complicados, pero con precisión. En los primeros basta restar; en los segundos es preciso ser un astrónomo.

Si en vez de estar situados los observadores en Quito y Santafé, lo estuvieran en Pekín, en Londres o en Quebec, los resultados serían los mismos, y los astrónomos medirían las distancias de esas ciudades distantes, y les señalarían el lugar que ocupan sobre el globo. Si en lugar de ciudades mediterráneas están en costas, escollos, puertos, la importancia de los resultados los hace preciosos al navegante, al que trafica y al que viaja. ¡Cuántas veces ha salvado una observación la vida del hombre y sus intereses! De este modo las lunas de Júpiter, el sol y toda la Astronomía mejoran, perfeccionan y aseguran nuestro comercio y nuestra navegación.

Si las observaciones se hiciesen y se guardasen en los registros de los observatorios, sería un tesoro escondido y unos trabajos inútiles. Para que den todo el fruto que prometen es necesario publicarlas y compararlas con las de los astrónomos de toda la tierra. Hé aquí los motivos que tenemos para ir insertando las observaciones que hemos verificado en el Reino desde 1796 hasta hoy. Este artículo será tal vez el más preciso de nuestro almanaque, y el que le hará mirar con aprecio por los observadores europeos.

Observaciones de las inmersiones y emersiones del primero y segundo satélite de Júpiter verificadas en la ciudad de Quito en el discurso de 1803

Febrero de 1803

	Tiempo verdadero.			
	d.	h.	m.	s.
Inmersión del primer satélite de Júpiter: el cielo estaba sereno; se distinguían bien las bandas (observación de confianza.....)	4	13	30	15,90
Inmersión del segundo satélite de Júpiter: el cielo muy despejado; las bandas se velan con la mayor claridad; observación de confianza.....	7	10	46	34,40
Inmersión del primer satélite de Júpiter: el cielo claro; bandas visibles; observación de confianza.....	11	15	13	11,40

Marzo de 1803

Inmersión del primer satélite de Júpiter: cielo sereno; bandas visibles; observación de confianza.....	8	10	4	49,6
--	---	----	---	------

Abril de 1803

Emersión del primer satélite de Júpiter: es de media

	Tiempo verdadero.			
	d.	h.	m.	s.
na confianza	16	10	55	56,8
Emersión del primer satélite de Júpiter: cielo sumamente limpio; observación de mucha confianza.....				
	23	12	51	34,5
Emersión del primer satélite de Júpiter: Júpiter no muy claro, aunque se distinguían las bandas; observación mediana				
	25	7	21	28,2
Mayo de 1803				
Emersión del segundo satélite de Júpiter: cielo sereno; observación de confianza				
	14	12	37	46,5
Emersión del primer satélite de Júpiter: cielo claro;				

	Tiempo verdadero.			
	d.	h.	m.	s.
observación de confianza...	16	13	06	05,1
Emersión del primer satélite de Júpiter: cielo sereno; observación de confianza...				
	18	07	34	42,6
Junio de 1803				
Emersión del segundo satélite de Júpiter: tiempo sereno; observación de confianza				
	08	09	44	06,2
Emersión del primer satélite de Júpiter: tiempo favorable; observación de confianza				
	17	09	37	09,0
Emersión del primer satélite de Júpiter: cielo claro; observación de confianza...				
	10	02	44	28,8

...

GEOGRAFIA DEL REINO — LATITUD DE QUITO

Ya hemos visto que la ciudad de Quito está a 17 minutos 24 segundos, o a 4 grados 25 minutos 48,60 segundos al occidente del Observatorio Astronómico de Santafé de Bogotá; pero, ¿cuál es su posición respecto de París, de Cádiz, de Londres, o cuál es el lugar que ocupa en la carta general del globo? Esto es lo que vamos a discutir.

Desde 1736 hasta 1740 observaron en Quito los ilustres Godin, Bouguer, de La Condamine, Jorge Juan y Ulloa. Estos astrónomos han consignado sus resultados en las obras que nos dejaron como fruto de ese viaje célebre. Si las recogemos y las comparamos entre sí, hallaremos que la incertidumbre sobre la posición de una ciudad en que han trabajado hombres tan grandes llega a 1 grado 30 minutos. Pongamos este hecho a la vista de todos.

La inscripción grabada en mármol que dejaron estos sabios en los muros de la iglesia de los ex-Jesuitas da	81° 22' 00"
Mr. de La Condamine, en el plano de la Provincia, da	80° 30' 00"
Mr. Bouguer, en su viaje al Perú da ..	80° 25' 00"
Don Jorge Juan, en sus observaciones astronómicas, da	80° 40' 15"
Don Antonio de Ulloa, en su Viaje a América, da	81° 45' 00"

Se ve que el resultado más pequeño es el de Bouguer, de 80° 15' 00", y el mayor el de Ulloa de 81° 45' 00"; la diferencia es de 1 grado 30 minutos, diferencia enorme y que nos deja en una perfecta incertidumbre.

...

En nuestra larga residencia en Quito nos consagramos a fijar, en cuanto estuvo de nuestra parte, la longitud de esa ciudad. Yo conseguí un número considerable de emersiones y de inmersiones del primero y segundo satélite, de las cuales comenzamos ya a publicar las hechas en 1803. Hasta hoy no he podido conseguir una sola correspondiente de los observatorios de Europa. Cansados de esperar, los hemos calculado por las tablas de la tercera edición de M. de Lalande, y los hemos comparado con las Efemérides de Cádiz. Los resultados han sido los siguientes:

Por cinco inmersiones del primer satélite está Quito al occidente de París a ..	80° 54' 30" 6
Por diez emersiones del primero y segundo satélite está a	80° 42' 31" 5

La incertidumbre está reducida por estas observaciones a (Diferencia)...

11° 59' 1" en lugar de 1 grado 30 minutos que teníamos por las observaciones de los astrónomos del Ecuador. Si tomamos un medio entre estos dos resultados, tendremos:

Quito, al occidente de París..... 80° 48' 31" 05

Este resultado, fruto de tres años de una lucha continua con el cielo nebuloso de Quito, es precioso para la Geografía del Reino, y reunido al que preparamos para la longitud del Observatorio Astronómico de Santafé, forman los dos puntos capitales sobre que se debe apoyar la carta general del Reino.

METEOROLOGIA

Observaciones meteorológicas para el mes de febrero de 1808 hechas en el Observatorio Astronómico de Santafé de Bogotá, por don Francisco José de Caldas

Días	Barómetro		Variación diurna	Termómetro		Cantidad de lluvia	Puntos lunares	Estado del cielo
	Máxima	Mínima		interior	exterior			
	líneas	líneas	líneas	t. Reaumur	t. Reaumur	puélgadas		
1	248,75	248,00	0,75	10,9	12,2	....	.....	S. D. cal.
2	248,75	248,00	0,75	11,0	13,7	....	.....	S. D. vi. m. Sr.
3	249,08	248,08	1,00	11,1	14,5	....	Apogeo	S. m. C. n. agr. cal.
4	249,75	248,25	0,50	11,3	13,9	3,498	P. Q.	S. m. C. ll. gr. vi. O.
5	249,00	248,25	0,75	11,5	14,7	2,338	Eclípt.	S. cal. ll. gr. t.
6	248,33	247,33	1,00	11,3	14,0	1,333	.....	n. agr. cal. ll.
7	249,75	247,75	1,00	11,4	12,7	1,510	Lunist. bor.	C. vi. m. O. ll.
8	249,00	248,00	1,00	11,5	12,6	1,277	.....	C. n. agr. vi. m. O. ll.
9	249,00	248,00	1,00	11,5	14,9	....	.....	C. vi. m. Sr.
10	249,08	248,08	1,00	11,3	13,8	....	.....	C. vi. m. Sr.
11	248,75	247,91	0,84	11,3	14,1	....	P. L.	C. n. q. a. vi. m. S.
12	248,75	247,91	0,84	11,2	13,0	....	.....	C. u. a. vi. m. Sr.
13	249,00	248,00	1,00	11,5	14,0	....	Equinox.	C. vi. m. Sr.
14	248,50	247,50	1,00	10,8	14,1	....	Perigeo	C. cal. nieb.
15	248,58	247,66	0,92	11,0	14,8	....	.....	S. ve. cla. cor. S.
16	249,00	248,17	0,83	10,5	14,6	....	.....	m. c. n. agr. cal. f.
17	249,17	248,17	1,00	11,0	15,6	....	.....	m. c. n. agr. vi. m. Sr.
18	249,17	248,00	1,17	11,2	14,7	....	Eclípt. U. Q.	S. D. n. mot. vi. m. Sr.
19	248,75	247,75	1,00	11,2	14,5	....	.....	S. D. vi. m. Sr.
20	248,75	247,75	1,00	11,3	14,1	....	Lunist. aust.	S. D. cal.
21	248,75	248,00	0,75	11,4	14,5	4,498	.....	C. n. neg. vi. m. O. ll. t.
22	248,86	247,91	0,75	11,4	15,8	9,749	.....	S. D. n. ll. vi. m. Sr.
23	248,83	247,75	1,08	11,6	15,8	....	.....	m. c. n. agr. vi. m. Sr.
24	249,41	248,17	1,24	11,7	14,6	....	.....	S. D. n. pl. cal.
25	249,33	248,00	1,33	11,7	14,7	1,943	N. L.	S. ll. v. m. ll. nieb. ll.
26	249,00	247,83	1,17	11,9	16,0	....	.....	m. c. n. agr. vi. m. O.
27	249,17	248,17	1,00	11,9	14,9	....	Equinox.	m. c. cal.
28	249,17	248,17	1,00	11,8	14,1	....	.....	C. cal. f.
29	249,08	248,08	1,00	11,7	13,6	1,555	.....	nieb. ve. cal. ll. t.

Altura máxima del barómetro.....	249,41	Alt. máx. del term. inte.....	11,9
Altura mínima	247,33	Altura mínima	10,5
Altura media	248,37	Altura media	11,20
Variación mensual	2,08	Alt. máx. del term. ext.	16,0
Cant. de lluy. 18,851 lín. l. p.....	6,851	Altura mínima	12,0
Días secos, 20; días lluviosos, 9.		Altura media	14,1

Notas y explicación de las Tablas antecedentes

La columna primera contiene los días del mes, la segunda la altura máxima a que ha llegado el barómetro, y la tercera la mínima a que ha bajado este instrumento cada día. Se ha puesto todo el cuidado posible en la purificación del mercurio, en la escala y en llenarlo. Se ha hervido aquel fluido metálico para purgarlo del aire, y se ha hervido también dentro del tubo. Esta última atención es de la mayor importancia en el barómetro, atención que olvidaron Bouguer y de La Condamine y todos los sabios que vinieron al Ecuador. Humboldt mismo, que ha viajado después que el barómetro ha recibido un grado de precisión extraordinario por los inmensos trabajos de Deluc, Saussure y Schneckbargh, tampoco ha hervido el mercurio en el barómetro. De aquí la diferencia que se halla entre la determi-

nación de Santafé por este sabio viajero y la nuestra; de aquí la pequeñez que da a la columna mercurial al nivel del mar, y de aquí las variantes que se notan entre las determinaciones que adopta en su "Nivellement barométrique" y en su "Geographie des plantes", obras manuscritas que poseo. Humboldt fija la altura media del barómetro en esta capital (casa de la Expedición Botánica) a 2473 líneas, y nosotros hemos visto con placer que un tubo lleno sin hervir se sostuvo en el salón del Observatorio exactamente a la misma elevación; pero hervido subió a 2489 líneas: la diferencia de 1,6 líneas es la que hay entre un barómetro hervido y un barómetro en que se ha omitido esta precaución. Muchas veces hemos comprobado esta determinación en diferentes tubos. Humboldt ha determinado la altu-

Núm. 29.

Semanario del Nuevo Reyno de Granada,
Santafé 17 de Julio de 1808.

Continuación del Discurso.

Si un hombre habitase la cima de una colina separada de toda otra masa, haría las funciones animales mejor que otro que viviese en el fondo de un valle. Así, la electricidad modificará la constitución y mudará las inclinaciones. El fluido eléctrico pone en movimiento, y causa agitaciones terribles en las Serpientes (1) ¿Por qué no hade obrar tambien sobre nosotros

Continuación de la nota.

« Los que se persuaden de esta ventaja pueden llevar unos de mis pequeños electrómetros que les indicará la intensidad y los lugares mas ventajosos. Se aumentarian los efectos llevando sobre la escabera un pequeño conductor de metal de quien se podia formar una gorta ayrosa y elegante.

« Si Mr. Mesier hubiera tratado á sus enfermos al ayre libre, no dudo que habria araido sobre ellos este fluido activo y universal. » Voyage dans les Alpes t. 2. p. 252.

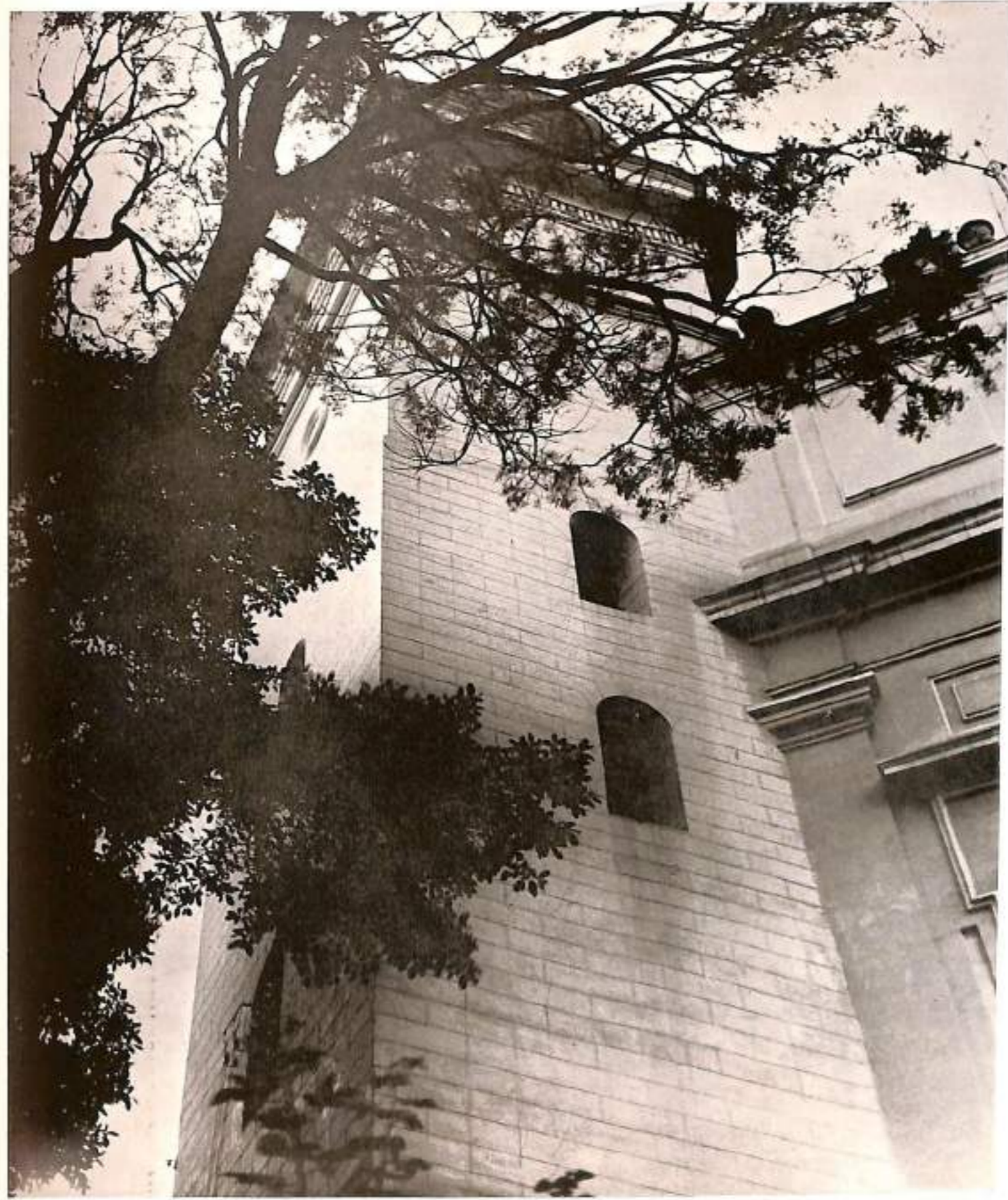
Un simple alambre de metal colocado sobre la copa del sombrero y revestido en forma de turbante seria bello, y ventajoso á los enfermos: á caballo tendria mayores efectos. Entonces el conductor mas elevado absorveria mas electricidad. Se debe cuidar de apartarse de los arboles, collinas, edificios, y caminar por la mitad de nuestra bella esplanada. En fin, no se debe usar de este turbante eléctrico quando amenace alguna tronada: seria la mayor imprudencia pasearse en esos momentos con un conductor en la cabeza. Un golpe eléctrico, un rayo serian las consecuencias.

(1) « Los Tigres y los demás animales del Africa, dice el Conde de la Cepece, mas seducidos de sangre que de agua, vienen á las orillas de los ríos mas bien para sorprender sus victimas que para apagar su sed. Atacados por las enormes Serpientes, ellos las

y sobre todos los animales? Las plantas de los lugares aislados tienen virtudes y sabor mas fuerte que las mismas que nacen en las regiones humildes. De todo concluimos que este fluido activo, sutil y poderoso, las mas veces invisible, que agita y conmueve la boveda azulada, que forma el rayo, que insendia y destruye nuestros edificios, que amenaza nuestras cabezas y hace temblar a los Reyes sobre el trono, tiene una acción poderosa sobre nuestros órganos, y por consiguiente sobre nuestras potencias.

« atacan tambien. En el momento principalmente en que el calor de estos países ha volido á ser mas sufiante por la proximación de una borrasca que dispara rayos y hace oír espantosos truenos, y en que la acción del fluido eléctrico derramado en la atmósfera da una nueva vida á estos Lepillos, es, quando aumentada de una hambre extrema, animados del aydor de una arena abrasadora y de un Cielo que parece inflamarse, rodeados del fuego, y lanzadolo ellos mismos de sus ojos escorrelantes, se disputan la Serpiente y el Tigre el imperio de estas tiberas tan frecuentemente ensangrentadas. Los vírgetos dicen haber visto este espectáculo terrible. Un Tigre furioso, cuyos rugidos llevan ban el espanto y el terror á todos los lugares en tierra sus uñas, desgarra con sus dientes, hace correr la sangre de una Serpiente desmebrada, que arrastrando su cuerpo gigantesco y alivando de dolor y de rabia envuelve al Tigre en un círculo de espinales multiplicadas, lo cubre con su espuma ensangrentada, lo oprime bajo el peso de su cuerpo enorme, y hace traquazar sus huesos en medio de todos los resortes violentos de sus arillos: los esfuerzos del Tigre son vanos, sus armas impotentes, y muere en medio de las espiras del enorme reptil que le tiene enredado. Histoire Naturelle des Serpens, p. 50.

Preservido de dos páginas del "Semanario de la Nueva Granada" que muestra la disposición tipográfica usada en esta publicación histórica, que ten considerable influencia ejerció en la cultura científica colombiana de la época. Las páginas del Semanario eran de 12 cm. X 18 cm, tiradas en papel florete y con rotativo camero. Este órgano periódico, debido en gran parte a la constancia y a la actividad de Caldas, se reprodujo posteriormente en Paris por el General Joaquín Acosta.



Detalles exteriores de la torre de la escalera. (Observatorio Astronómico)

ra media del barómetro al nivel de los mares ecuatoriales en 337,2 y Schneckburgh en los de Europa en 338,9. Este célebre físico lo hizo con un barómetro hervido, y aquél no. Obsérvese que la diferencia (1,7 líneas) es casi la que hemos hallado por nuestras observaciones entre barómetro hervido, y sin hervir. Yo creo que si Humboldt hubiese tomado las mismas precauciones que Schneckburgh, habría hallado los mismos resultados. Por lo que mira a mí, sólo puedo asegurar que en 1803, que estuve en las costas del Océano Pacífico, en las bocas de Santiago, por 1° 22' latitud boreal, mi barómetro sin hervir se sostuvo en 337,4. Pregunta: ¿no habría ascendido 1,6 líneas más si hubiera tenido las comodidades que hoy tengo para hervirlo? ¿No se habría sostenido en 339,0? En fin, habría dado la misma altura cerca del ecuador que dio a Schneckburgh en la zona templada. Estas experiencias arruinan las consecuencias que algunos físicos han querido deducir de la menor elevación del barómetro al nivel del mar dentro de los trópicos. Han pretendido deducir que los mares ecuatoriales estaban más elevados que los del polo; que éste era un efecto de la rotación de nuestro globo, y que ésta era una prueba nueva del sistema del universo que pone a la tierra en movimiento. De la altura máxima y de la mínima hemos deducido la media y la variación diurna que contiene la columna cuarta. La temperatura interior y la exterior de nuestro Observatorio está expresada en grados de la escala de Reaumur: la primera se ha tomado de un termómetro de Dollond colocado en el salón principal, y la segunda, de otro termómetro del mismo artista, perfectamente igual al primero, y expuesto al aire libre y a 10 varas de altura sobre el suelo del jardín. Se han hecho tres observaciones diarias a las mismas horas que las del barómetro, se han sumado, y se ha deducido un medio aritmético, que es el que expresa esta tabla.

La columna séptima contiene la cantidad de lluvia. Entre todas las observaciones meteorológicas que hemos verificado en este Observatorio, ningunas nos han parecido de una utilidad más general e inmediata que las de la cantidad de agua que cae. Ellas tienen una relación íntima con la agricultura, con la abundancia y escasez de nuestras cosechas, con el estado de nuestra salud y con otros objetos de igual importancia. Hemos, pues, juzgado que sería útil al público presentarle los resultados de nuestras observaciones, y manifestarle los principios sobre que se fundan. Tal vez los hombres de luces y observadores del Reino (1) se provocarán a imitar este ejemplo, y a seguir este género de observaciones en los lugares de su residencia. ¡Qué bello espectáculo se presentaría al filósofo, al físico, al estadista, en un cuerpo de observaciones de la lluvia que cae en la extensión del Virreinato! Sabríamos si este meteoro es más abundante sobre la cima de los

(1) He recibido con el mayor placer las observaciones de la cantidad de lluvia hechas en Popayán por don Santiago Pérez de Valencia y por don Antonio Arboleda desde octubre de 1807 hasta diciembre del mismo; y tengo noticia que don Mariano Larrabundo las va a comenzar en Alogría, cerca de Quilichao.

Andes o en los valles, qué ley sigue en su degradación y aumento, qué relación tiene con la masa total de las aguas que arrastran nuestros ríos; en una palabra, conoceríamos el carácter de nuestra atmósfera en esta parte, y podríamos compararla con el de Europa y las otras regiones del globo. El aparato es simple y la observación no exige conocimientos.

Un simple vaso cilíndrico de 9 a 12 pulgadas de fondo, de un diámetro arbitrario, y bien calibrado en toda su longitud, y una escala de tres pulgadas de pie de rey dividida en líneas y cuartos, bastan para hacer observaciones útiles. Este método se llama directo. Otro más complicado, pero más exacto, se ha puesto en práctica en las que publicamos. Un vaso de cristal cilíndrico de un diámetro igual, dividida su altura en pulgadas y líneas, hace el fundamento de esta máquina. El triple del diámetro de este vaso es el de un embudo de hoja de lata bien circular en su borde, que comunica con un gran vaso de la misma materia, que sirve de receptáculo, cerrado por todas partes para que no se introduzca en él más agua que la que diariamente viene del cielo sobre el espacio circular que presenta el embudo, y para impedir la evaporación. El agua que ha caído en éste se vierte en el de cristal, se nota el número de líneas a que sube, y se toma la novena parte: esta es la cantidad de lluvia que ha caído. Los más sencillos principios de Geometría son suficientes para penetrar las razones en que se funda este método. En los cilindros de igual masa, pero de diámetros diferentes, están sus alturas en razón inversa de las bases, y éstas en razón directa de los cuadrados de los diámetros. Luego en nuestro caso los dos cilindros están en la razón de 1 a 9, y como las alturas tienen la razón inversa de estos números, debemos tomar una novena parte de lo que indique la escala del vaso de cristal. Como 9 líneas de éste equivalen a una del embudo, y una línea puede dividirse en diez parte cómodamente, resulta que por este artificio se divide una línea en 90 partes, precisión de que no puede gozar el método directo.

En la columna octava hemos puesto los puntos lunares del mes, porque la luna tiene un influjo directo sobre las variaciones diarias del barómetro. Este bello descubrimiento se debe a la sagacidad y a la constancia del célebre Mutis. Este sabio infatigable ha llevado una serie de observaciones barométricas por el dilatado espacio de cuarenta y seis años consecutivos, y no ha sido recompensado con las verdades importantes que ha descubierto y con los hechos que ha comprobado de diferentes modos. Si a Godin se debe el primer conocimiento sobre la variación diurna y periódica del barómetro, a Mutis le debemos la nocturna. En 1761, en que la Nueva Granada adquirió para su gloria a este hombre grande, conoció que por la noche se verificaba otra variación semejante a la diurna. Poseo los manuscritos preciosos que contienen este bello descubrimiento: en ellos he visto con placer los pasos y las ideas que condujeron a este sabio al grado de luces que hoy tenemos sobre el barómetro entre los trópi-

cos. Se ha publicado con demasiada precipitación, que a las 5 de la mañana comienza a subir hasta las 9, hora de su mayor altura; que entre las 9 y las 12 del día se mantiene estacionario; que luego sigue bajando hasta las 4 de la tarde; que a las 7 vuelve a subir hasta las 11, se mantiene quieto hasta las 12 de la noche, y de aquí sigue descendiendo hasta las 4½ de la mañana. Pero Mutis, lento en sus juicios y preguntando a la naturaleza más bien que a sus ideas, ha encontrado que estos períodos publicados están bien distantes de la verdad, y que siguen otras leyes, que reservamos para su tiempo. Por ahora sólo queremos informar al público de los grandes trabajos de este sabio, de su descubrimiento de la variación nocturna, de la relación que ha hallado entre el barómetro y el satélite de nuestro planeta, y de sus bellas ideas sobre las mareas atmosféricas, las que ya apuntó en 1794 (1) en su tratado de la "Quina". Todos estos grandes objetos los verá el público por extenso en una Memoria que preparamos y que tendrá un lugar en nuestro Semanario.

En la columna nona y última se halla el estado del cielo, expresado en breves cuya explicación es la siguiente:

Explicación de las breves

D., descubierto.—C., cubierto.—m. c., medio cubierto.—n., nubes.—n. mot. (2), nubes moteadas.—n. neg., nubes negras.—n. cap., nubes a capas.—n. esc., nubes escarmenadas.—n. pl., nubes a plumas.—n. q., nubes quietas.—n. mov., nubes en movimiento.—n. b., nubes bajas.—n. a., nubes altas.—nieb., niebla.—ve., velo (3).—ve. esp., velo espeso.—ve. cla., velo claro.—m. c., montañas cubiertas.—v., viento.—cal., calma.—vi. calm., viento calmoso.—vi. m., viento con fuerza mediana.—vi. im., viento impetuoso.—Sr., Sur.—N., Norte.—E., Este u Oriente.—O., Poniente.—Ne., Nordeste.—No., Noroeste.—Se., Suroeste.—So., Sudoeste.—S., sol.—som., sombra.—t., truenos.—ll., lluvia.—g., granizo.—g. ab., granizo abundante.—g. m., granizo menudo.—g. g., granizo grueso.—f., fusilazos (4).—I., iris.—Cor. S., corona en el sol.—Cor. L., corona en la luna.—Así, la expresión del día 1º de enero S. D. cal. n. agr. ll., quiere decir que en este día hubo sol descubierto, calma, nubes agrupadas y lluvia.

ENSAYO DE UNA MEMORIA SOBRE UN NUEVO METODO DE MEDIR LAS MONTAÑAS POR MEDIO DEL TERMOMETRO Y EL AGUA HIRVIENDO, SEGUIDA DE UN APENDICE QUE CONTIENE ALGUNAS OBSERVACIONES MUY IMPORTANTES Y UTILES PARA LA MEJOR INTELIGENCIA DE DICHA MEMORIA

NOTA

Por una casualidad llegó a mis manos una copia de esta Memoria a la que, por haber padecido algo del *comegén*, fue preciso llenar algunos claros de lo que había 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 a 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 idea que este corto rasgo da de sus luces y talento: motivo por el que he puesto a continuación las longitudes y latitudes que se expresan, de la carta que levantó del camino de Malbucho; y una relación de sus trabajos y observaciones en los más de los lugares de la Nueva Granada, extractada de otros papeles que llegaron igualmente a mis manos. ¡Ojalá llegasen los mismos trabajos, que verían también la luz

(1) Véase el número 128 del Papel Periódico de Santafé de Bogotá, para el viernes 7 de febrero de 1794.

(2) El vulgo así conoce con el nombre de carneritos.

(3) Velo Humanum Linnaeus y los meteorólogos a la nube igualmente extendida, como un velo, y que deja ver al sol, luna, etc., como detrás de una gasa.

(4) Fusilazos se llaman en todo el Reino aquellas explosiones eléctricas que se advierten en el horizonte por la noche, que iluminan la atmósfera instantáneamente, y que no van acompañadas de ruido.

pública, y no quedarían en el olvido, o usurpados, como lo temo! (5).

Memoria dirigida a Mutis

1. En un pequeño viaje (6) que hicimos al volcán de Puracé, distante cinco leguas al E. de Popayán, por reconocer sus bocas, elevación, término de la nieve permanente en esta latitud, muchas vertientes de aguas minerales, y plantas; no tuve acontecimiento más feliz, que romper un termómetro por la extremidad del tubo. Si: este fue el fruto más precioso de esta expedición, porque él fue la causa de que naciesen en mí alma ideas que de otro modo nunca se habrían excitado.

2. Restituído a Popayán sin más termómetro que el que acababa de romper, con el dolor de ver interrumpida una serie de observaciones comenzadas, traté de hacer útil lo que quedaba de este instrumento. El término del hielo, me decía, aunque ha quedado variable, es preciso que baje a causa del mercurio, que se ha de derramar cuando le hierva;

(5) Según el doctor Eduardo Posada, el autor de esta Nota fue el cartagenero Don J. M. del Real.

(6) El autor de este viaje fue D. Antonio Arboleda, joven de luces, y amante de los conocimientos útiles. Nos acompañó D. Juan José Hurtado, que lo anima igual espíritu. Gastamos ocho días asistidos con negligencia nada común y auxiliados con cuanto quisimos. Formamos una Memoria sobre el volcán de Puracé: ella contiene la determinación de la vegetación a 2° 20' de lat. boreal; reflexiones sobre este particular: el análisis de dos fuentes minerales; la descripción de ellas: de dos cascadas; nuestras observaciones geodésicas; conjeturas sobre las erupciones del volcán; y en fin, la descripción de un número considerable de plantas.

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 más sobre la verdad de estos principios, tomo agua de lluvia con precaución, 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 el punto en que se detiene, y pienso que no faltaba ya otra cosa, que dividir el espacio contenido entre estos dos puntos en ochenta partes, si quería la escala de Reaumur, y en 180° si la de Fahrenheit. Pongo en ejecución mi pensamiento, hallo unos grados demasiado pequeños comparados con los que tenía el termómetro antes de romperse. El calor de la atmósfera de Popayán, tan conocido para mí por mis anteriores observaciones, crece; y habría creído cualquiera desnudo de este conocimiento, que esta ciudad tenía el temperamento de Neiva o Mariquita. Concluí en general, que había 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 corrección precisa que he omitido? Tendrá la nieve más frío en la vecindad de la línea? Resucitará la opinión de que el hielo es más frío en razón de la latitud? Yo había tenido cuidado de sumergir mi termómetro muchas veces en la nieve antes de que se rompiera, y siempre había bajado exactamente el término de la congelación. No podía, pues, concluir nada contra la invariabilidad del término inferior. Por el contrario, mis observaciones sobre este objeto confirmaban su fijeza de un modo más victorioso que las del doctor Martine. Este físico (1) había visto solamente que el hielo era igualmente frío a 56° 20' y 52° 30' de latitud boreal entre quienes no hay más diferencia que 3° 48'. Pero mis trabajos en este género prueban que mi termómetro que señala 0°, en Londres, a 51° 30' de latitud, se detiene en el mismo punto a 2° 24' de latitud, cuando se le sumerge en el hielo y acabo de ver, que lo mismo sucede en Quito a 13' de latitud austral.

El hielo es, pues, igualmente frío bajo de la línea, que a 51° 30' de latitud boreal: en un país bajo, como Londres: a 800 toesas en Popayán, y a 1.600 sobre el mar en Quito: en unos países tan diferentes por su clima, y por sus producciones, que parecen los extremos.

3. Si tenía ideas claras, y hechos que demuestran

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

el término del hielo, había pensado muy poco en el del agua hirviendo. Desde entonces conocí que el error de la escala se acumulaba sobre el término superior, yo traté de adquirir nociones exactas sobre él, como las tenía del inferior. Bien presto vi, que aunque el calor del agua hirviendo es constante, supone igual presión atmosférica: que aumentándose o disminuyéndose ésta, se aumenta o disminuye el calor del agua, y en fin, que yo obraba a 800 toesas sobre el nivel del mar, y con solo la presión de 22° 10' 94" elevación del mercurio en Popayán, en lugar de 28' que se requieren para obtener el término superior de una buena escala. Era, pues, preciso

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.

Facsimile de la portada del folleto editado en Burdeos tres años después de la muerte de Caldas, por don J. M. del Real, cartagenero, su amigo, y que en esa época residía en Europa. En este folleto no aparece la dedicatoria a Mutis que figura en un ejemplar manuscrito que perteneció a don Lino de Pombo, y que dice: "J. C. Mutis. Auctori meae fortunae Libellus primo nunc offera. Ex ipso Systemate Naturae a tanto Maeconato donato".

aumentar el espacio entre los dos puntos fundamentales, tanta cantidad, cuanto corresponde a 5° 1' 1" de mayor presión sobre el agua. Pero sobre qué principios debía establecer mi cálculo? Muy poco,

o nada se ha escrito; diré mejor, ha llegado a mis manos sobre este particular. Todos los físicos, todos los artistas, cierran sus termómetros cuando el barómetro está a 28" y De-Luc adopta la altura de 27' como más general en las ciudades de Europa. La única luz y esta escasa, que tenía, era un pasaje de M. Sigaud de la Fond (1); del Dr. Martine, dice: "Este físico ha experimentado que la elevación o descenso del mercurio, siendo de una pulgada en el barómetro el calor del agua cociendo, varía algo menos de dos grados según la escala de Fahrenheit". La expresión 'algo menos', que no asigna una cantidad determinada, me arrojaba a la incertidumbre, y en la imposibilidad de poder verificar en mi termómetro el término superior de la escala, sin pasar a un lugar bajo, en que ascendiese mi barómetro a 28". La necesidad era urgente, y no podía hacer un viaje costoso por solo este interés. Dirigí todas mis fuerzas, a ver si podía verificar mi escala sin salir de Popayán.

4. Dos grados de Fahrenheit hacen 0' 888 de Reaumur. Será acaso el algo menos del Dr. Martine las dos últimas cifras de la fracción 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

$$12' : 0'88 :: 5'' 1'1 = 61'1 : \frac{61'1 \cdot 0'8}{12} = 4''B.$$

Debo, pues, conforme a este cálculo, añadir 4' 73 al término superior que dé el calor del agua en Popayán, y la unidad que debe servir para verificar esta cantidad la hallo

$$80'' - 4'073 = 75'927.$$

Por consiguiente debo dividir en el mío, el de Popayán, el espacio comprendido entre el hielo y agua hirviendo en 75.927, y este es el calor que tiene este fluido a la presión de 22" 10' 9.

5. Tales fueron los resultados de mis combinaciones, resultados que no contentaban mi escrupulosidad. Ellos eran el producto de dos números que aún no conocemos bien. La elevación media del mercurio en el barómetro al nivel del mar bajo del ecuador, y en sus inmediaciones, y lo que aumenta o 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 Godin, Bouguer, de La Condamine, Jorge Juan y 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, fue muy limitado, y el resultado de sus observaciones varío. Si reflexionamos sobre sus escritos, si nos tomamos el trabajo de compararlos, y tenemos presente el estado de nuestros conocimientos en aquella época, hallaremos que las variaciones son mayores en los lugares bajos, y mucho menores en el clima de las montañas; que sus determinaciones van desde 27" 11' hasta 28" 1 1/2'

que en 1735 y 36, no se pensaba en disminuir la columna del mercurio dilatada por 27, por 28 y muchas veces por 29 grados de calor en la escala de Reaumur, que es bien dudoso se haya tomado la precaución de no deducir la altura media de la suma de todas las observaciones, partida por su número, método que ha expuesto a muchos a los mayores errores, y que ha inutilizado tantos trabajos preciosos; y en fin, que su elevación media es la indicada por el barómetro simple y único, y nunca por muchos tubos de diferente densidad y calibre. ¿Qué desconfianza no deben inspirarnos estas reflexiones! Esta materia la he tratado con más extensión en una *Memoria sobre la elevación media del mercurio entre los trópicos al nivel del mar*.

7. Aun es más dudoso el otro dato de mi cálculo, y si he de hablar con la ingenuidad propia de un amante de la verdad, mi fracción 0' 8 por 12' 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 Popayán era incierto, y que era preciso buscarle de un modo directo, e independientemente de toda suposición.

8. Aquí habría acabado la lucha con mi escala, si hubiera hallado un termómetro que sustituir al primero. Las observaciones comenzadas, se iban a inutilizar, y he aquí un poderoso motivo que me anima: duplico mis esfuerzos, leo los pocos físicos que tengo, y comienzo a meditar con seriedad. Un día, 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 a la presión atmosférica: la presión atmosférica es proporcional a la altura sobre el nivel del mar: la presión atmosférica sigue la misma ley que las elevaciones del barómetro, o hablando con propiedad, el barómetro no nos enseña otra cosa, que la presión atmosférica: luego el calor del agua nos indica la presión 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 Popayán, un método que estará hallado y perfeccionado por algún sabio europeo? ¿O por el contrario, seré yo el primero a quien se hayan presentado estas ideas? Siendo tan claras, ¿se habrían ocultado a Reaumur, Delisle, Fahrenheit, Deluc y Suetio? El libro más reciente que tengo es Sigaud, le consulto de nuevo, no hallo nada que se parezca a mi teoría. Indica, es verdad, un método de medir las alturas por el termómetro, pero ¡qué diferente! ¡qué imperfecto! Habría suprimido el del calor del agua, si hubiera sido conocido al tiempo que escribía? 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, a pesar de estas reflexiones, una gran desconfianza. Es posible, me volvía a preguntar, que se hayan ocultado estas pequeñeces, a unos hombres tan grandes? Es verdad que la Historia nos presenta ejemplos que



Busto en bronce de Mutis colocado en el sector occidental del jardín, mirando para la carrera Sa. Obra del escultor español Rodríguez Villar. (Observatorio Astronómico)

(1) Física experimental, t. 3, p. 89.

no se pueden leer sin humillación. Quién creyera que los antiguos que poseyeron el arte de hacer el vidrio, no alcanzaron a usar de él para defenderse del aire y del frío, sin privarse de la luz? Que los peruanos que erigieron unos edificios que hacen nuestra admiración, no supieron formarse unas ventanas? Puede ser que a estos sabios, ocupados siempre de grandes objetos, se hayan escapado estas ideas. ¡Qué dudas! ¡Qué suerte tan triste la de un americano! Después de muchos trabajos, si llega a encontrar alguna cosa nueva, lo más que puede decir es: no está en mis libros. Podrá algún pueblo de la tierra llegar a ser sabio, sin una acelerada comunicación con la culta Europa? ¡Qué tinieblas las que nos cercan! ¡Pero ah! ya dudamos, ya comenzamos a trabajar, ya deseamos. Esto es haber llegado a la mitad de la carrera. Cuál es ese genio bienhechor que nos ha conducido hasta este término? Mutis llega a nuestras costas, la luz raya sobre nuestro hemisferio, levanta el grito, y despierta a este mundo aletargado. Ilustre sabio, yo os veo en este momento cercado de una gloria, que vuestros más implacables enemigos no os podían arrebatarse. Mutis nos trajo las primeras nociones de las ciencias. Si aún no somos sabios, no es culpa vuestra: todo se debe imputar a nuestra pereza, y a esa funesta adhesión a nuestras antiguas preocupaciones. Si correspondiendo a vuestras miras paternales seguimos la gloriosa carrera que nos habéis abierto; si hacen progresos las ciencias entre nosotros; si alguno quiere reproducir en el nuevo mundo a Montucla, Bailli, Andrés, si se escribe la historia literaria de la América, Mutis estará al frente, Mutis será el padre de nuestras luces. Yo me desví sin advertirlo, he dado con el objeto de mi amor y de mi delirio. Mis paisanos, los jóvenes que aspiran a la sabiduría, querían 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 a 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 mías: me contento con no ceder a ninguno de ellos en mi amor, y con hablar del agua hirviendo, y del termómetro.

9. Sean conocidas o nuevas, yo debo perfeccionarlas, me decía, debo consultar la experiencia. Si lo primero, tendremos un ejemplo de que una misma verdad se presenta al mismo tiempo a muchos: compararemos los trabajos del europeo con los del hijo de Popayán, veremos los caminos que han seguido, sus resultados, y tal vez unos corregidos por los otros, perfeccionarán esta teoría. Aun cuando haya salido perfecta de las manos del primero, no habría perdido mi trabajo. Mis observaciones en este caso, serían unos hechos que la confirmen, probarán que es general, que bajo la línea, a pequeñas latitudes, en todas las elevaciones, los resultados son iguales a los de la zona templada, y que no influyen en ella, ni la distancia, ni el clima. Si lo segundo, no es, de-

cía, no es una pereza reprobable abandonar una materia que puede tener resultados importantes?

10. Estas reflexiones me inspiran un valor superior a los obstáculos que me rodean, me hacen tomar la resolución de trabajar en cuanto esté de mi parte. Pero por dónde debo comenzar? Qué principios deben guiarme en mis indagaciones? Solo, aislado, sin luces, sin libros, sin instrumentos, mi mano debe formar, yo he de ser el creador de cuanto necesite para poder dar un paso en los trabajos proyectados. El primero debe ser una observación del calor del agua en Popayán con un termómetro exacto. ¡Qué dificultad! Aún 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 Popayán, ¡y en qué manos! Descubro dos, el uno de espíritu de vino, que no me podía servir; el otro de mercurio hace el objeto de mis deseos: lo consigo sin dificultad, era de Dollond, cerrado en Londres: examino el término del hielo, y lo hallo exacto: no puedo sujetar a igual examen el término superior, y lo supongo bien establecido: divido el espacio fundamental en 80°: 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 fija en 75° 7': salto de contento: ¡qué cerca de mis primeras conjeturas! (1). Mis ideas se comienzan a confirmar por la experiencia. Depongo por este momento mis escrúpulos: adopto 28° del barómetro al nivel del mar, y 80° del termómetro por calor del agua a esta presión; conozco que este es de los 75° 7' a 22° 10' 9 en Popayán: emprendo el cálculo de lo que debe variar por una pulgada en el barómetro: obro así (2):

$$\begin{aligned} 28^\circ - 22^\circ 11' &= 5^\circ 1' = 61' \\ 80^\circ - 75^\circ 7' &= 4^\circ 3' \\ 61' : 4^\circ 3' :: 12' : \frac{12 \times 4^\circ 3'}{61} &= 0^\circ 8' \end{aligned}$$

grados de x ó — en el termómetro de Reaumur por 12' de x ó — de — en el barómetro: ¡qué bien había adivinado el *algo menos* del Dr. Martine! (2)

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

$$0^\circ 8' : 12' :: 4^\circ 3' : \frac{4^\circ 3' \times 12'}{0^\circ 8'} = 64' = 5^\circ : 4' 28'' - 5^\circ 4' = 22^\circ 8'$$

altura del mercurio en el barómetro que corresponde a Popayán. No difiere de la que indica este instrumento, sino en 2' 9. Este resultado tiene una precisión superior a mis esperanzas; pero no me satisface: resucitan mis escrúpulos, mis dudas se aumentan. ¡Cuántos principios de error se presentan a mi imaginación! La impureza del agua, la forma

(1) Véase el núm. 4 de este ensayo.

(2) Tomando un número redondo, porque 0'1 de más es despreciable en nuestro caso y complicaría el cálculo sin fruto.

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, distinguo los que me parecen invencibles, de los que no lo son; sólo 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 (1) quiere que le acompañe a una bella casa de campo, que posee en las faldas de la famosa Cordillera de los Andes, situada a muchas toesas sobre el nivel de Popayán. No pierdo esta ocasión: manifiesto a mi amigo mis ideas, hallo las más favorables disposiciones en él, y animados del mismo zelo, partimos con nuestros instrumentos. ¡Qué actividad, qué constancia la del compañero de mis trabajos! No se desdía de hacer los oficios más penosos y humildes. A pesar de la educación bárbara que se le dio en su juventud, ha sabido sacudir las preocupaciones; conoce el camino de la verdad, trabaja con utilidad propia, y de sus compatriotas. Libros, instrumentos, luces, hé aquí el objeto de su ambición. ¡Cuánto debo a este amigo generoso! La mitad de la gloria, si alguna merecen estos pequeños trabajos, a él le pertenecen. Estoy seguro, que a no haberme auxiliado con su persona, y con sus bienes, estarían ya mis ideas sepultadas en el olvido. Faltaría a las leyes del reconocimiento, si no le diera este testimonio de mi gratitud y amor.

13. Hacemos muchas experiencias en Población (2), subimos a un cerro inmediato nombrado Buena-Vista, observamos el calor del agua; los resultados son aproximados y tienen el mismo grado de precisión, que el hallado para Popayán. Nuevas pruebas de la incertidumbre de la altura media del ba-

Altura del barómetro en Popayán....	22° 11' 20"
En las Juntas	21° 9' 00"
Diferencia	1° 2' 20"

$$1^{\circ} 2' 20" = 14' 2 : 1^{\circ} 15' :: \frac{12' \times 1^{\circ} 15'}{14.2} = 0^{\circ} 971 \text{ grados de Reaumur por } 12' \text{ del barómetro.}$$

18. Subo un poco más; hago mi segunda observación en Paispamba, pequeña hacienda a 5 leguas al

Altura del barómetro en Popayán....	22° 11' 20"
En Paispamba	20° 9' 10"
Diferencia	2° 2' 10"

$$2^{\circ} 2' 10" = 26' 1 : 2^{\circ} 15' :: 12' : \frac{12 \times 2^{\circ} 15'}{26.1} = 0^{\circ} 988 \text{ grados del termómetro de Reau. por } 12' \text{ del barómetro.}$$

19. Mi alegría fue extrema al ver el resultado de esta segunda observación. ¡Qué conformidad en el exponente! No difiere del primero sino en 0' 017 milésimas, cantidad que no la puede indicar el más delicado instrumento.

(1) El Dr. D. Manuel María Arboleda, Vicario general del Obis- pado de Popayán.

rómetro 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 a ellas, o dirigir el cálculo de modo que no exija este principio: tomo este camino, y el modo de ejecutarlo es el siguiente.

14. Hago a Popayán 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 a este mis observaciones y desti- rro de mis cálculos el principio de 28° al nivel del mar. Cuando por nuevas y exactas observaciones, conocemos este principio fundamental, no tendremos sino aplicarlo, sin alterar en nada los resultados de mis observaciones.

15. Los cálculos relativos al nivel de Popayán con el exponente 0' 8 me manifiestan que es preciso aumentarlo, y resuelvo un viaje a la cordillera. Rectifico de nuevo mis instrumentos: destilo agua que sujeto a las pruebas de la solución 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 traba- jos sobre esta famosa cadena de montañas, es preci- so saber que la altura del barómetro en Popayán por mis últimas observaciones hechas con el mayor cuidado, es de 22° 11' 2": es decir, 0' 3 mayor que la que asignamos anteriormente, y que el calor del agua a esta presión es 75° 65 de la escala de Reaumur.

17. En un sitio nombrado Las Juntas, hago mi primera observación. El barómetro se sostuvo aquí en 21° 9' ó 14' más bajo que en Popayán: hiervo el agua; el licor del termómetro se detiene en ella a 74' 5: calculo el exponente por esta observación.

Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En las Juntas	74° 50
Diferencia	1° 15

S. de Popayán. El barómetro se sostiene en 20° 9' 1 y el calor del agua es de 73° 5.

Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Paispamba	73° 50
Diferencia	2° 15

20. Animado por unos resultados tan felices, doy un paso más: subo a un cerro al E. de Paispamba llamado *Sombreros*: el barómetro se mantiene en 19° 6' 5: el agua a 72° 4.

(2) Este es el nombre de la casa de campo de mi amigo a 3 leguas al E. de Popayán.

Altura del barómetro en Popayán....	22° 11' 20"	Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Sombreros	19° 6' 05"	En Sombreros	72° 40
Diferencia	3° 5' 15"	Diferencia	3° 25

grados del termómetro de Reaumur por 12' del barómetro.

21. Hé aquí un resultado acorde con los anteceden- tes; hé aquí tres observaciones que demuestran, que más de nueve décimas de un grado en el termó- metro de Reaumur de x ó — en el calor del agua, corresponden a 12' del barómetro.

Altura del barómetro en Popayán....	22° 11' 20"	Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Tambores	18° 11' 60"	En Tambores	71° 75
Diferencia	3° 11' 60"	Diferencia	3° 90

$$3^{\circ} 11' 60" = 47' 6 : 3^{\circ} 9' :: 12' : \frac{12 \times 3^{\circ} 9'}{47.6} = 0^{\circ} 983 \text{ grados del termómetro de Reaumur por } 12' \text{ del barómetro.}$$

23. Me lleno de satisfacción al ver este último nú- mero, se disipan mis dudas, me confirmo en la in- certidumbre sobre la altura del barómetro en el mar, y conozco que más de nueve décimas es el exponen- te verdadero: que la presión que indica el baróme- tro no se distingue de la que da el calor del agua; y en fin, que mis ideas están comprobadas por la ex- periencia.

Altura del barómetro en las Juntas....	21° 9' 00"	Calor del agua en las Juntas.....	74° 60
En Sombreros	19° 6' 05"	En Sombreros	72° 40
Diferencia	2° 2' 95"	Diferencia	2° 20

$$2^{\circ} 2' 95" = 26' 95 : 2^{\circ} 2' :: \frac{12 \times 2^{\circ} 2'}{26.95} = 0^{\circ} 979 \text{ grados del termómetro de Reaumur por } 12' \text{ del barómetro.}$$

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

Altura del barómetro en Paispamba...	20° 9' 10"	Calor del Agua en Paispamba.....	73° 50
En Tambores	18° 11' 60"	En Tambores	71° 75
Diferencia	1° 9' 50"	Diferencia	1° 75

$$1^{\circ} 9' 50" = 21' 5 : 1^{\circ} 75' :: 12' : \frac{12 \times 1^{\circ} 75'}{21.5} = 0^{\circ} 976 \text{ grados del termómetro de Reaumur por } 12' \text{ del barómetro.}$$

26. No podemos ya dudar, que más de nueve déci- mas es el exponente verdadero. Fijemos de una vez este elemento suspirado. Reúno en una suma los seis resultados, parto por el número de ellos, y el co- ciente 0' 974 es el número que buscamos, expresa la cantidad de x y — en el termómetro de Reaumur por 12' del barómetro.

27. Ya estamos en el caso de resolver el problema. *Dado el calor del agua hirviendo de un lugar, hallar la elevación del mercurio en el barómetro, que le co- rresponde, y su altura sobre el nivel del mar.*

28. Como el exponente 0' 974: a 12' :: así la di- ferencia del calor del agua del lugar con el de Po- payán, por ahora, o con el del mar cuando se cono- ca: a un número de pulgadas, líneas, etc. del baró- metro que se quitarán si el lugar está sobre, y se añadirán si está debajo del nivel de Popayán: con el mar siempre se quitarán de su altura. Ensayemos aplicar estos principios.

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

22. Resuelvo subir más: llego a la cima de otro cerro llamado *Tambores*. El barómetro se mantiene aquí a 18° 11' 6: el agua a 71° 75.

24. Emprendo un nuevo trabajo: combino las más satisfactorias: las elijo con prudencia, y con pre- caución, pues se trata de fijar un exponente que va a ser el fundamento de todos los cálculos posterio- res: tomo las observaciones de las *Juntas* y de *Som- breros*, y calculo de nuevo el exponente.

Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Tambores	71° 75
Diferencia	3° 90

$$0^{\circ} 974 : 12' :: 3^{\circ} 90 \frac{3^{\circ} 9. \times 12}{0.974} = 48' 05 = 4^{\circ} 0' 05$$

Como Tambores está sobre el nivel de Popayán, resto este resultado de la altura del barómetro en esta ciudad.

Altura del barómetro en Popayán....	22° 11' 20"
Resultado	4° 00' 05"
Residuo	18° 11' 15"

altura del barómetro en Tambores.

Comparemos el resultado del cálculo, con la obser- vación que hice sobre ese cerro.

Altura del barómetro en Tambores...	18° 11' 60"
Altura del barómetro calculada por el calor	18° 11' 15"
Diferencia	00° 00' 45"

30. No se puede desear mayor exactitud. Si que- remos una expresión general de este cálculo, sean:

a—la altura del barómetro en Popayán o el mar.
 b—calor del agua en los mismos lugares.
 c—el exponente.
 e—12 líneas.
 d—calor del agua en un lugar cualquiera.
 z—altura del barómetro en él.

Valdrá $x, \frac{b-d \cdot x \cdot e}{c} = z$ para Popayán
 $a - \frac{b-d \cdot x \cdot e}{c} = z$ para el mar.

Lugares	Calor del agua, T. R.	Calor del agua, T. F.	Alturas del Barómetro observadas	Alturas del Barómetro calculadas por el calor del agua	Diferencias
Popayán	75° 65	202° 21	22 P 11 / 20		
Juntas	74° 50	199° 62	21 P 9 / 00	21 P 9 / 04	z 0 / 04
Paispamba	73° 50	197° 37	20 P 9 / 10	20 P 8 / 72	- 0 / 38
Sombreros	72° 40	194° 90	19 P 6 / 05	19 P 7 / 15	x 1 / 10
Tambores	71° 75	193° 43	18 P 11 / 60	18 P 11 / 15	- 0 / 45
Estrellas	73° 30	196° 87	20 P 7 / 00	20 P 6 / 25	- 0 / 75
Poblasón	74° 30	199° 17	21 P 6 / 90	21 P 6 / 59	- 0 / 31
Buenavista	73° 80	197° 05	21 P 1 / 15	21 P 0 / 50	- 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 a una línea, y en otra no pasa de 1/1, 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 fue preciso pasar a Quito, por intereses particulares. Me alegraba de una ocasión que se me iba a presentar para poder multiplicar mis observaciones,

Lugares	Calor del agua, T. R.	Calor del agua, T. F.	Alturas del Barómetro observadas	Alturas del Barómetro calculadas por el agua hirviendo	Diferencias
Herradura	78° 50	208° 62	25 P 11 / 85	25 P 10 / 31	- 1 / 54
Pasto	73° 60	197° 60	20 P 2 / 00	20 P 3 / 18	x 0 / 10
Quito	73° 05	196° 30	20 P 9 / 85	20 P 9 / 95	x 1 / 18

34. La llegada del señor Barón de Humboldt, se acercaba: espero con impaciencia a este joven sabio por salir de mis dudas. Con su trato me confirmando, 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, a primera vista, que Suncio había trabajado bajo esta idea: ve sus manuscritos, y me contexta: *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 día es sereno, y no se obra en lugares elevados.* Desde este momento entro en posesión de este, si se puede llamar, pequeño descubrimiento. ¡Qué diferencia del método

31. Bajo de estos principios he calculado las alturas del barómetro que corresponden a los lugares en que he observado el calor del agua, como llevo referido, y de otros en que observé a mi regreso a Popayán. La tabla siguiente presenta de una ojeada los lugares, calor del agua en la escala de Reaumur y de Farenheit, las alturas del barómetro observadas, y las mismas calculadas por el calor del agua con las diferencias entre unas y otras.

en niveles tan diferentes, como tienen los países 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 Patía; la otra en Pasto, y la última en Quito. Aun éstas no se habrían verificado, sin el socorro de un amigo zeloso e ilustrado, que era mi único compañero de viaje. No puedo dejar de nombrarle, como una muestra de mi reconocimiento (1).

La pequeña tabla siguiente representa de un golpe los resultados:

de Suncio al mío! ¡qué imperfecto el primero! ¡qué precario! Suncio no es sino el perfeccionador de las ideas de Heberden, ideas expuestas a 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 reflexión, un viento, una nube, la hora, pueda servir con firmeza para determinar la elevación? Aun cuando se supongan dos observadores que de convenio observen al mismo momento; ¿cuántas causas locales, y particulares a cada estación alterarán el licor del termómetro? ¡Qué raro! ¡Qué difícil hallar un día perfectamente sereno! Y solo esta circunstancia, ¡qué limitado hace el método de Heberden y Su-

(1) El doctor Turbio Miguel Rodríguez, abogado en Quito.



Salón central y sede de la Academia de Ciencias. (Observatorio Astronómico)



cio! Por el contrario, el del agua hirviendo presenta toda la comodidad, toda la precisión que se puede apetecer. Que sea el tiempo sereno, nublado, frío, caloroso, con viento, que el observador esté a cubierto, o expuesto, el agua hirviendo indicará siempre en el termómetro un calor proporcionado a la presión.

35. Por otra parte: el exponente 640 pies por un grado en el barómetro es un exponente relativo a la altura, y es menester variarlo en los lugares bajos, en los medios, en los elevados, sin lo cual estaría el método expuesto a los más groseros errores, y en contradicción con la teoría. Este exponente constante, es lo mismo que le diésemos uno al barómetro, como lo hace Paulian, asignando 12 toesas de altura por una línea de menos en este instrumento. Es preciso no estar iniciado en la Física, para admitir un principio tan erróneo. Los trabajos hechos en Quito a principios del siglo pasado, hacen ver, que en la elevación de Caraburín, ya es necesario subir 17 toesas para que el barómetro baje una línea. Yo pienso que todo exponente constante relativo a la altura, es un absurdo.

36. No se pueden objetar estos defectos a mi exponente. El es relativo a la presión, aumenta la altura en donde se disminuye esta, es relativo al barómetro, y todas las indagaciones sobre la ley y la progresión, que conviene a este instrumento, se acomodan y convienen al calor del agua, pues ambos no tienen otro fundamento, que la presión atmosférica. El señor Barón de Humboldt a quien he manifestado una parte de mis ideas, creyó que mi exponente tenía los mismos defectos que el de Suncio; pero meditando 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 a la misma presión hasta un grado. Yo habría suscrito con el mayor gusto, a una autoridad tan respetable, si hubiera autoridad contra la experiencia. Una larga práctica me ha enseñado, que el calor del agua a igual presión, es invariable, observando con las precauciones convenientes. La autoridad de todos los físicos apoya mi modo de pensar. De otro modo, ¿podía haber termómetros comparables? ¿No es esta invariabilidad del calor del agua hirviendo a la presión de 28^p el fundamento del término superior de la escala de todos los termómetros? Es verdad que a los primeros hervores no ha adquirido el agua todo el calor de que es capaz, pero avivando el fuego, aumentando el hervor hasta su máximo, adquiere siempre el mismo calor.

38. Se podía creer que este método exige grandes termómetros para obtener la presión; 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 de pie de rey, y cada grado en la escala de Reaumur 1 pulgada 15 líneas, espacio demasiado grande para admitir una subdivisión considerable. Por medio de un nonio he dividido cada grado en 10 partes, y perci-

bo 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 1½ líneas en el barómetro; y esta diferencia, espero que se corregirá con observaciones posteriores, hechas con más 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 a 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, se convendrá en que el método del calor del agua tiene tanta exactitud, y quien sabe si más, que el termómetro; 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 más expuesto que el termómetro, y que el montarlo bien exige mil cuidados y atenciones, de que no es capaz el común. Sólo la purificación del mercurio, ¿qué inteligencia no requiere? Si añadimos la preparación del tubo, el modo de llenarlo, purgarlo de aire, de escala, el cálculo de rectificación, concluiremos, que este instrumento no puede salir de mano de los físicos: jamás puede vulgarizarse, y jamás pueden multiplicarse sus observaciones, porque jamás 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 el aire, no exige cálculo de rectificación, 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 más 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 reducción expuesto arriba, y se puede suprimir.

42. Ya he trabajado sobre esta escala, y en los principios sobre que se debo formar. La fracción 0' 974 de la escala de Reaumur equivale a 12' o a una pulgada del barómetro. Si se multiplica por 12, 13, 14, etc. hasta hallar un producto sin fracción, o con esta, fácil de verificarse con el compás, 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 más perceptible este método. El producto de 0' 974 por 19, es 18' 506; despreciemos las 6 milésimas como una cantidad infinitamente pequeña e insensible en la práctica: tendremos que 18^p 5 de la escala de Reaumur, corresponden a 19^p del barómetro. Tomo sobre la escala del termómetro 18' 5, los paso a la izquierda desde el término superior hacia abajo; divido este espacio en 19 partes, y quedan expresadas en el termómetro las pulgadas del barómetro: aplico un nonio que subdivida a 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 a 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 $4\frac{1}{2}$ líneas: diferencia espantosa, nacida del calibre y de las atracciones, a que no está sujeto el termómetro ni el método del calor del agua. Conozco las variaciones a que están expuestos los termómetros cerrados y preparados del mismo modo; pero comparadas con las del barómetro, me parece que los resultados son más 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 Drobhel y Torricelli? Los sabios, la experiencia decidirán este problema.

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

45. Cuando yo pienso que a 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 más 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 antes. Chimborazo, esta masa colosal, situado por $2\frac{1}{2}$ de latitud austral, cuyas faldas descienden directamente hasta las costas del Pacífico, y sobre quienes corre el camino que une a Quito con el Puerto de Guayaquil, presenta toda la extensión 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 aquél a 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 habrían echado los fundamentos de una teoría, se habría perfeccionado el método más sencillo, el menos costoso, y tal vez el más seguro, de medir las montañas, y la elevación 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 algún particular: este es sin contradicción, el instrumento más generalizado, y se puede decir, que a cien termómetros apenas se puede obtener un barómetro: el método es fácil, la observación sencilla, y proporcionada al alcance común. ¡Qué esperanzas tan lisonjeras concibo, que dentro de un corto número de años podemos conocer la elevación 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 Buffon, producirá una teoría de la tierra mejor fundada, menos poética, más 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 a 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 comparación la hacemos con el agua de fuente, también 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 del barómetro, arden en deseos de trabajar! de cuántas observaciones nos enriquecerán! Ya me parece que los veo a todos en movimiento, que tomando sus termómetros escalan las montañas más 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 sistemas 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, aspirémos a merecer su reconocimiento o a lo menos que no se nos reprenda de pereza.

Apéndice

No quise perder la brillante ocasión de comparar mis miserables instrumentos con los del señor Barón de Humboldt, y hacer lo mismo con las observaciones verificadas en los lugares que nos eran comunes. Sólo en Popayán habíamos observado ambos el calor del agua. Este ilustre viajero había hallado que el agua llovediza había hecho subir el licor del termómetro en esta ciudad a $203^{\circ}3$ de Fahrenheit, 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 más en el termómetro. ¿Estará el error, me decía en nuestros instrumentos? Si lo hay, seguramente recaen sobre mi termómetro. Deseando salir de la duda, suplico al señor Barón, que me confíe el mismo termómetro que le había servido en Popayán para su observación: me concede traerlo a mi casa, lo pongo al lado del mío, deajo que adquirieran la temperatura de mi aposento, y hallo que el del señor Barón está justamente un grado más alto que el mío. ¿Pero cuál 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 admiración que el bello termómetro de Nairne se detiene un grado sobre la congelación y a 33° de Fahrenheit cuando el mío bajaba con la mayor exactitud a 0° de Reaumur, y 32° Fahrenheit. Por consiguiente, es necesario quitar 1° de los resultados de las observaciones hechas con este instrumento. Así, $203^{\circ}3 - 1^{\circ}0 = 202^{\circ}3$, y quitando $0^{\circ}1$ por haber sido con agua de lluvia, quedan nuestras observaciones perfectamente acordes: la del señor Barón será $202^{\circ}20$, y la mía $202^{\circ}21$. Hé aquí dos termómetros de autores de escala de tiempos diferentes, dar el mismo calor, al mismo nivel, cuando nuestros barómetros se sostienen bien diferentes. El señor Barón halla que su barómetro en Popayán se mantiene en $23^{\circ}34$: el mío a $22^{\circ}11\frac{1}{2}$; y el de Bouguer a $22^{\circ}10\frac{1}{7}$, casi cinco líneas más bajo que el primero. ¿Cuál es el termómetro que, graduado con inteligencia, dé tan grande diferencia? ¡Ah!, parece que la experiencia comienza a confirmar que el calor del agua en diferentes termómetros, es más 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 a $198^{\circ}6$ de Fahrenheit: si quitamos un grado de error en el instrumento, quedarán $197^{\circ}6 - 0^{\circ}1$ por ser agua de fuente, tendremos

$195^{\circ}5$ el calor del agua en Santa Fe, que son $73^{\circ}55$ de Reaumur. Calculemos con este calor la altura que mi barómetro debía dar en esta ciudad.

Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Santa Fe	73° 55
Diferencia	2° 10

$$0^{\circ}974 : 12 :: 2^{\circ}1. \frac{2^{\circ}1 \times 12}{0^{\circ}974} = 25^{\circ}8 = 2^{\circ}1^{\circ}8$$

de menos que en Popayán.

Altura del barómetro en Popayán.....	22° 11' 20
—	2° 1' 80

Altura de mi barómetro en Santa Fe..	20° 9' 40
--------------------------------------	-----------

El año de 1796, he observado y publicado (*Correo Curioso*) que mi barómetro se sostenía en esta ciudad, en su mayor elevación a $20^{\circ}8'0$. No difiere pues, el cálculo de la observación sino en $1'4$ y no hay barómetros que no den entre sí mayores diferencias.

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

Calor del agua en Popayán.....	75° 65
En Guadalupe	71° 77
Diferencia	3° 88

$$0^{\circ}974 : 12 :: 3^{\circ}88 : \frac{3^{\circ}88 \times 12}{0^{\circ}974} 47^{\circ}8 = 3^{\circ}11'$$

de menos que en Popayán.

Altura del barómetro en Popayán.....	22° 11' 20
—	3° 11' 80

Altura de mi barómetro en Guadalupe =	18° 11' 40
---------------------------------------	------------

En 1796 hallé 19° justas (*Correo Curioso*) que no difiere de la calculada, sino en $0'6$. No se puede desear más exactitud.

Quito, Abril de 1802. *Francisco José de Caldas*

APENDICE

CARTA DEL CAMINO DE MALBUCHO desde Ibarra hasta la embocadura del río Santiago y bahía de San Lorenzo levantada en julio y agosto de 1803

Por D. Francisco José de Caldas

Lugares	Latitudes	Longitudes respecto a Quito
+ Villa de Ibarra	0° 19' 42"	0° 26' 30"
+ Salinas	0° 31' 46"	0° 23' 28"
+ Quajara	0° 31' 44"	0° 21' 54"
+ Malbucho	0° 48' 51"	0° 06' 58"
Cachujacu	0° 49' 43"	0° 02' 40"
+ Lieta	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"
Tablazones	0° 57' 12"	0° 07' 21"

Lugares	Latitudes	Longitudes respecto a Quito
Guarzo Ventanillas ..	0° 59' 31"	0° 09' 39"
Guarzo de Machay ...	1° 00' 13"	0° 10' 30"
Mina de Bogotá	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"
Embocad. de Cayapas.	1° 01' 00"	0° 36' 30"
Palma	1° 06' 00"	0° 40' 00"
Vigia	1° 11' 00"	0° 49' 35"
Límones	1° 16' 00"	0° 42' 24"
San Pedro	1° 22' 16"	0° 36' 00"
San Lorenzo	1° 15' 25"	0° 29' 40"

NOTA

Esta carta se extiende 1° 30' en longitud, y 1° 5' en latitud, desde 0° 20' hasta 1° 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, o de 132.416 varas castellanas. Las distancias de Ibarra a Malbucho, y de Malbucho a Carondelet, se han medido escrupulosamente a cordel, y hemos hallado en la primera 85.750 varas, y en la segunda 82.699. De Carondelet a 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 Océano Pacífico es de 256.535 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 declinación se aumenta por grados casi insensibles en razón de la latitud, y tomando un medio, la hemos establecido generalmente en toda la extensión de esta carta de 6° 45' N. E., atendiendo, que el aumento es de poca consideración para el intento. Las latitudes de Ibarra, Salinas, Guajara, Malbucho, Licta, San Miguel, Carondelet y Boca de San Pedro se han determinado astronómicamente, por alturas meridianas del sol y de las estrellas, con un cuarto de círculo de Im. Bird, a doble nonio. 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° 45' nordeste, es de 0° 52' 9" 5; y nuestra determinación astronómica por muchas alturas meridianas del sol, es de 0° 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

ningún punto de 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 demás en blanco, para que se pueda distinguir nuestro trabajo del de los geógrafos que nos han precedido. Naturalmente se divide este camino en tres partes: la 1ª alta, desnuda de bosque, y de unos temperamentos suaves, en que el termómetro de Reaumur no sale de 10° 20' sobre la congelación: la 2ª baja, cubierta de bosque espeso, y elevado, y en que el termómetro va desde 13' hasta 21', y en fin, la 3ª casi al nivel del Océano Pacífico, anegadiza, y toda ella navegable: su calor de 19° — 24° R. En la 1ª llueve poco, en la estación de las lluvias, y nada en los meses de junio, julio, agosto y septiembre; las explosiones eléctricas 2h después de la culminación del sol, poquísimo granizo y sequedad. Los mosquitos, zancudos, chinches, pulgas, con alguna abundancia, aunque no tanta como vamos a ver. En la 2ª llueve con la mayor abundancia casi todo el año: las explosiones eléctricas abundantes y 6h después de la culminación del sol; ningún granizo; y la humedad sin límites: los mosquitos y zancudos se aumentan algo. En la 3ª llueve con más abundancia, las explosiones eléctricas más frecuentes, más abundantes y a 9h ó 10h de la culminación: 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 a más de dar una idea de lo físico del país, interesa a la Historia Natural y al comercio. Como la parte cubierta de bosque de este camino no ha sido frecuentada jamás, se hallan muchos arroyos, altos, etc., sin nombre: hemos creído que teníamos derecho para ponérselos, como lo hemos verificado. En lugar de tomarlos arbitrariamente, en lugar de llamar a este Palmar, a aquel Zapotal, por un árbol que se halló aquí, y una palma en aquél, les hemos dado el de los hombres benéficos, patriotas y sabios, que han trabajado en la abertura de este camino, o en la Geografía de nuestros países. No se extraña, pues, hallar en esta carta los nombres de Caluma, Pose, Bello, Maldonado, Tritz, Maquin, Ulloa y Juan; y sobre todos, los ilustres de Mutis y de Pombo (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 a 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 a la ilustración y a la generosidad de estos dos ilustres ciudadanos. Si ellos no nos hubiesen apoyado y provisto de luces y de buenos instrumentos, el camino de Malbucho y su posibilidad sería un

(1) D. José Ignacio, hijo de Poparín, zencidado en Cartagena.



Pabellón del péndulo libre de "Shortt", a temperatura constante



Aspecto del salón bajo, antes de trasladar al Instituto Geográfico Militar, el estereó-autógrafo "Wild" y el aereo-cartógrafo "Photogrametre" que allí se encontraban



problema por resolver. ¡Cuánto os debe, almas generosas, la Provincia de Quito! ¡Cuánto el que escribe esta línea! El, inflamado del más vivo reconocimiento, os la consagra, y suplica la aceptéis con la misma bondad, con que le habéis protegido. El embarcadero lo hemos consagrado al Presidente Barón de Corondelet, bajo de cuyas órdenes y por cuyo celo, vemos realizar este camino, que va a hacer la felicidad pública.

En fin, el monte más elevado que se halla en el camino de estos bosques, y que carecía de nombre, lleva el de *Carlos Augusto*, bajo cuyo reinado se ejecuta.

Quito y febrero 6 de 1804 (1).

Francisco José de Caldas

Adenda que en el folleto publicado en Burdeos puso sin duda alguna Don J. M. del Real, quien lo mandó imprimir, para enaltecer los méritos y servicios de Caldas.

(1) Esta carta debe existir en la Secretaría del Gobierno de Quito, en la Suprema de Indias, y en los papeles de Mutis, a quien es regular mandase Caldas una copia, y quizás a Pombo.

En otro manuscrito de Caldas, consta que describió el curso de los ríos Mira, Bogotá (el de la costa), Santiago y Coyapali que sondó el puerto de la Tola, y lo estableció en $1^{\circ} 24'$ latitud boreal: que formó un perfil barométrico desde el océano hasta las nieves eternas de Imbabura: que fijó los términos del oso, del agua estada, de las mareas, fundado en más de 300 observaciones barométricas. Estableció la altura del mercurio al nivel del mar, y el calor del agua hirviendo. Estas observaciones las había seguido hasta 1809, en que tenía bastantes para una obra original de la materia.

En 1802 remitió Caldas al señor Mutis una Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del ecuador: fruto de su viaje de Popayán a Quito en 1800. De este ensayo había concebido la idea de formar cartas botánicas de todo el Reino, en las que se veían 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 cuál prospera mejor: para cuya obra tenía 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 Cotacachi, Mojanda e Ibarra, y entró al cráter de ese último volcán. Aquí comenzó a coleccionar los materiales para la Geografía de las plantas de la Nueva Granada.

En julio 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 eclíptica, y compararla con la Jorge Juan, Ulloa, La Condamine, etc. Estas observaciones las verificó con un cuarto de círculo, que el Barón de Humboldt dio para él.

Recorrió los bosques de Intero, en solsticio 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 Alausí: levantó su carta, coleccionó plantas; vio las reliquias de las famosas pirámides; diseñó los despojos de este monumento desgraciado y comparó su barómetro con el de Jorge Juan, Ulloa, La Condamine, etc. Visitó varios monumentos de los antiguos habitantes de aquellas regiones.

Habló tres veces al Piclindia: reconoció su cráter inmenso, y a esta prodigiosa elevación hizo observaciones sobre el calor del agua, presión atmosférica, tránsito constante de la nieve, el de la vegetación en el ecuador y barométrica, etc. que aumentaron los materiales para la "Nivelación y Geografía de las plantas".

En su residencia en Quito, se dedicó a fijar de un modo irrevocable su posición, por haber grado y medio de incertidumbre en los resultados de los trabajos de los astrónomos del Ecuador. Aunque no pudo lograr la observación del eclipse de sol de 1804, ni la ocultación de Antares por la Luna, en el mismo año, como fenómenos interesantes para las longitudes, puso su atención en los eclipses de los satélites de Júpiter, y quedó en estado de pronunciar sobre este punto importante de la Geografía del Reino. Las observaciones, cálculos y resultados los tenía en sus manuscritos, para publicarlos, luego que con vista de las Efemérides de Europeo, les diese todo el grado de precisión. Estos manuscritos contenían muchísimos trabajos sobre las refracciones de los Andes, y la observación del último paso de Mercurio por el sol, que logró felizmente en Otavalo.

En 1804 recorrió Latacunga, Arehato, Riobamba, Alausí, Cuenca y Loja: levantó la carta de estos países apoyada en observaciones astronómicas y geodésicas: fijó su elevación sobre el mar, el calor del agua en ellos, su temperatura, meteoros y plantas. Entró a los desiertos de Píhuo, Tangabala, Macuchi, coleccionó dos quinas y otras plantas, y reconoció las antiguas minas 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 Calla, Titum-cázar, Cucumada, Zaragura y otros.

Escaló la terrible montaña de Alausí, 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 coleccionó muchas plantas. Recorrió también a Cañar, Bueite, Deter, Azogues, Taday, Paone, Gualaco, Baños y Tarqui. Cinco especies de quinas, centenares de plantas, determinaciones barométricas y astronómicas, la carta y una lámina de los Astrónomos del Ecuador fueron los frutos de estas correrías. En Cuenca observó más de 50 veces la latitud y el paso de Theta de Antinous. Esta observación era capital, estaba consignada en la lámina, y fue la que decidió sobre la figura de la tierra.

En Loja, se dedicó a su Geografía, y determinar su posición, y altura sobre el mar, la temperatura, etc. de esta ciudad célebre, por la producción de la mejor quina que conocemos. Uñito-Singa, Cajanuma, Malucalfo, Ulibamba, y otros departamentos fueron el teatro de sus operaciones astronómicas y botánicas. En ellos formó los diseños de todas las quinas, que produce Loja, describiéndolas menuda y escrupulosamente, y formó un hermoso herbario de ellas, que existe en la biblioteca de Mutis, el que sirvió para fijar a este sabio sobre las dudas que tanto han agitado en Europa las disputas entre los botánicos de la Expedición del Perú, y D. Francisco Zea, sobre si la "Naranjada" de Bogotá era la misma que la de Loja, y sobre la que aun el señor Barón de Humboldt opinó distintamente, pues al Excmo. Señor Virrey dijo en 7 de noviembre de 1802 que las de Uñito-Singa, y otras especies de Loja, eran las mismas que el célebre Mutis descubrió y determinó en Santa Fe. A Mutis dijo que la "Naranjada" era una variedad de la de Loja y a Caldas en carta de 30 de septiembre de 1802, fechada en Trujillo, le dice que la quina de Loja, la fina, es verdaderamente diferente a la "Naranjada lancifolia" de Mutis, por el tamaño de los estambres, y los tubérculos azules. Lo que excitó a Caldas a recoger todas las noticias, y cuanto pudiese contribuir a este punto interesante.

En 1806, regresó a Santa Fe, recorrió los montes de Zipacón, Anojaima, Mesa de Juan Diaz, de Llanones, Melgar, Cunday, Pandí y Fagagatá para completar sus conocimientos y trabajos en el ramo de quinas, que lo pusieron en estado de asegurar había visto vivas todas las del Virreinato de Santa Fe, en sus mismos lugares nativos. Por los diseños de Caldas, se formaron las grandes láminas que existen en la Flora de Bogotá, y Mutis mandó se publicasen en su nombre y el de Caldas.

En el regreso de Quito a Santa Fe, trabajó en los objetos dichos hasta aquí, en Guasca, Fusa, Provincia de los Pastos, Pasto, Popayán, Quilichao, Caloto, cercanías de Cali, Guanacas, Plata, Timaná, Neiva, etc., y reconoció las quinas de Guasca, Herrastos, Popayán, y las bellas de la Ceja, Plata y Aguabonita. Corrigió la posición en longitud de Guasca, Guachaca, Santa Lucía, Popayán, Matarredonda, la que hace variar la carta de Maldonado en esta parte.

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

El resumen de sus trabajos hasta 1805 se reduce a un herbario de cerca de seis mil esqueletos: dos volúmenes de descripciones: muchos diseños de las plantas más notables: cortezas de las útiles: algunas memorias: los materiales necesarios para formar la carta geográfica del Virreinato de la Nueva Granada: la carta botánica: la carta geográfica: los perfiles de los Andes en más de nueve grados: la altura geométrica de las montañas más célebres: más 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 cajas, lo presentó a Mutis, y debe existir en la Expedición Botánica de Santa Fe, pues aunque Caldas lo reclamó después 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 aún existen en las cajas en que fueron de orden del Rey, y tiró en él una exacta meridiana, y siguió una serie escrupulosa de observaciones, como deben constar en los diarios desde 1805 hasta 1808, en que murió Mutis.

ALMANAQUE DE LAS PROVINCIAS UNIDAS DEL N. R. DE GRANADA PARA EL AÑO BISIESTO DE 1812, TERCERO DE NUESTRA LIBERTAD, CALCULADO POR FRANCISCO JOSEF DE CALDAS Y TENORIO, DIRECTOR DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE SANTA FE DE BOGOTÁ

En Santafé de Bogotá, Capital de Cundinamarca.
En la Imprenta Patriótica de D. Nicolás Calvo.
Año de 1811

PREFACION

Hemos mejorado considerablemente todas las partes del Almanaque, y hemos dado una nueva forma a muchos de sus artículos. Las Epocas, estos puntos de reposo en que el tiempo parece que se detiene en su carrera, estos puntos, por decirlo así, de apoyo sobre que descansan los siglos, y todas las revoluciones del género humano, se han aumentado y dividido en épocas de la Historia Santa, y Eclesiástica, de la Historia profana, y de la Historia de las Ciencias. Las primeras se distinguen de las otras como la verdad de la fábula. Ellas fixan la incertidumbre de todos los pueblos sobre el origen del mundo: ellas nos enseñan los castigos y las bondades del Señor, los progresos de los pueblos, de las artes, de la moral, y de los vicios: ellas son las únicas antorchas que nos alumbran en medio de las tinieblas de los primeros tiempos. "Quando las historias profanas, dice un sabio, no cuentan sino fábulas, o a lo menos hechos confusos, o medio olvidados,

la Escritura, es decir, el libro más antiguo que existe sobre la tierra, nos refiere distintamente la creación del Universo, ya del hombre, su felicidad original, su caída, sus miserias, sus debilidades, la corrupción de su posteridad, el diluvio"... Las segundas son necesarias para ordenar los hechos dispersos de los diferentes pueblos, que constituyen la historia profana. Las terceras, ya lo hemos dicho, interesan más al filósofo que la batalla de Arbelas, o la toma de Babilonia. Poco importa saber en qué año usurpó Alejandro el Imperio de los persas; pero siempre gustamos ver la antigüedad de las invenciones útiles, y de aquellos descubrimientos asombrosos que honran al ingenio humano.

Deseosos de facilitar algunas operaciones sobre latitudes, longitudes, declinación de aguja, meridianos... hemos puesto a la cabeza de cada mes la longitud, declinación y semidiámetro del Sol, con la longitud del nudo ascendente de la Luna. La obliquidad de la eclíptica, tan necesaria en los cálculos astronómicos, la ponemos de tres en tres meses al frente de nuestro Almanaque. Los eclipses de sol, y los de Luna, como tan interesantes en la determinación de las longitudes terrestres, van calculados en tiempo verdadero para meridiano de todas las ciudades principales del Reyno.

Insertamos por primera vez los apulsos que son visibles en toda la extensión del N. R. de Granada. No conoce la Astronomía cosa más exacta para la determinación de las longitudes. El rigor geométrico no hace ventajas a las ocultaciones de las fixas por la Luna. Quando aquél exige aparatos, gastos enormes, años, en lugar proporcionado, quando los mares detienen al geómetra en su carrera, los apulsos ligan los continentes más distantes por medio de un simple telescopio y de un péndulo astronómico. Las observaciones de estos fenómenos es fácil, y no pide sino algún cuidado de parte del observador. El hombre menos instruido en materias de Astronomía puede hacer este género de observaciones, y puede contribuir a los progresos de las ciencias y particularmente a la perfección de nuestra Geografía. El año presente es de los más estériles en esta especie de fenómenos, pues sólo presenta tres visibles en todo el Reyno. Indicamos el momento de la inmersión, y de la emersión de la estrella, y añadimos el punto del limbo de la Luna por donde debe salir. Esta advertencia es muy necesaria para dirigir toda la atención hacia aquella parte, y no malograr el fenómeno. ¡Ojalá que nuestros esfuerzos en este ramo espinoso de la Astronomía no sean infructuosos! ¡Ojalá que los hombres ilustrados se apliquen a ejecutar estas observaciones! ¡Ojalá que los Gobiernos de Cartagena y de Caracas las hagan verificar por los pilotos o Ingenieros que tengan en sus puertos! Este es el único camino que tenemos para sa-

ALMANAQUE.
DE LAS PROVINCIAS UNIDAS
DEL
N. R. DE GRANADA
PARA
EL AÑO BISIESTO DE
1812.
TERCERO DE NUESTRA LIBERTAD.
CALCULADO
POR
Don Francisco Josef de Caldas y Tenorio
Director del Observatorio astronómico
de Santafé de Bogotá.
En Santafé de Bogotá, Capital de Cundinamarca.
En la Imprenta Patriótica de D. Nicolás Calvo.
Año de 1812.

Facsimile de la portada de este curioso folleto, de 40 páginas, con cubierta toscamente encuadernada en papel amarillo y de las siguientes dimensiones: 10 cm. por 15 cm.

car a nuestra Geografía de las tinieblas en que yace. Bien pueden los Arébalos, los Talledos surcir retazos, ensamblar provincias, y embarrar papel, los productos de esas combinaciones no serán otra cosa que cartas monstruosas, y errores amontonados. Ya es tiempo de despertar del letargo y de formar nuestra Carta sobre nuestras propias observaciones. Hemos de esperar que el europeo venga a medir y a descubrir nuestros países? No es vergonzoso al nombre americano tener que mendigar su propia Geografía de las manos de los Bonnes, de los Metelles, de los Cruces, Danvilles y Rochettes? Si hemos sacudido el yugo político de Europa, sacudamos también esta dependencia científica que nos degrada, y que nos mantiene en una infancia literaria más ignominiosa que la esclavitud misma. Fundemos escuelas de Matemáticas, cultivemos la Astronomía, y los ramos que dependen de ella: erijamos templos augustos a Urania, y robemos, por medio de esfuerzos generosos, esta gloria exclusiva hoy al europeo orgulloso.

Nada influye más, dice Lamarck, en las revoluciones de la atmósfera que los movimientos de la Luna. La velocidad con que recorre el Zodíaco este satélite en 29 días, que dentro de este periodo estrecho pasa dos veces por sus equinoccios, por sus límites, y por el zenit de los pueblos que se hallan dentro de ellos; que ya se acerca o se retira de la tierra, que unas veces la baña con su luz, que se la presta a medias, o que se la deniega enteramente, que dos veces cada día eleva o deprime la masa inmensa del Océano, que tan presto reanima con su presencia el polo del norte como el antártico; estos movimientos, digo, tan variados como veloces trastornan, modifican, alteran el fluido atmosférico, y hace que se sucedan los vientos, el granizo, la lluvia, las borrascas, y la serenidad. Ese sabio meteorologista suspira por observaciones de este género hechas dentro de los trópicos y en las cercanías de la Línea. Llenemos, pues, este vacío en una ciencia que tiene relaciones inmediatas con la Agricultura, con las comodidades de la vida y con nuestra salud.

Para facilitar todo, para que todos puedan ser útiles a la Meteorología, indicamos todos los puntos lunares, es decir las Sizigias, Quadraturas, Perigeo, Apogeo, Lunisticios, Equinoccios, etc. Estas voces técnicas, y por esto desconocidas del común, merecen una definición, para que el labrador, el negociante, el viajero... puedan con inteligencia aplicar y aprovecharse de sus observaciones sobre los meteoros. Sizigia es lo que vulgarmente se llama oposición y conjunción. Quadratura es quando el disco de la Luna tiene la mitad iluminado, y oscura la otra mitad, o lo que se llama cuarto creciente, o cuarto menguante. Apogeo es quando la Luna está más retirada de la tierra, y por decirlo así más alta. Perigeo, por el contrario, es quando está más cercana de la tierra, o más baja. Lunisticio es el día en que la Luna acercándose a uno de los polos parece que se detiene para retrogradar hacia el opuesto; hay dos, el uno al lado del Norte, que se llama Lu-

nisticio boreal, y el otro al lado del Sur, que se llama Lunisticio austral. Equinoccio lunar es el momento en que la Luna pasa de un hemisferio a otro cortando el Equador, y recorriéndolo aquel día en apariencia. Hay también dos: el Equinoccio de Aires, y el de Libra. Luna eclíptica es el día en que la Luna llega a sus nudos y atraviesa la eclíptica, lo que sucede dos veces en cada revolución lunar. En fin, zenit es el punto en que corresponde en el cielo perpendicularmente sobre nuestras cabezas.

Las indulgencias concedidas por los Papas y las Iglesias Parroquiales y de los Regulares se han organizado de nuevo por hombres ilustrados en estas materias eclesiásticas, y que son ajenas de nuestra profesión (*). El ceremonial está conforme a nuestra Constitución y al último reglamento del Poder Legislativo, quien ha desterrado las voces humilladoras de Besamanos que supo inventar el despotismo para degradar la dignidad del hombre, y hollar la magestad de los pueblos. Se han sustituido a éstas las de Asistencia, Corte, para indicar las funciones religiosas, y políticas de las Corporaciones públicas.

Sólo nos falta añadir que la primera parte del Almanaque que anunciamos en la Memoria 9 del Semanario del N. R. de Granada no se publica por falta de subscriptores. Sentimos que nuestro Almanaque no pueda nivelarse con los de Caracas, y del Perú; pero nos consolamos que hemos hecho quanto ha estado de nuestra parte para darle aquel grado de perfección que anuncia un pueblo ilustrado y libre.

Almanaque para 1812

EPOCAS

de la Historia Santa y Eclesiástica

De la creación según el texto hebreo (*)...	5812
De la muerte de Abel	5682
De la muerte de Adán.....	4886
Del Diluvio universal	4160
De la construcción de la torre de Babel....	4060
De la vocación de Abraham.....	3733
Del incendio de Sodoma.....	3709
Del sacrificio de Isaac.....	3683
De la venta de José por sus hermanos....	3540
De la muerte de Jacob.....	3501
De la muerte de José.....	3447
Del nacimiento de Moyses.....	3383
De la libertad en Egypto.....	3304
De la ley escrita dada en el Sinaay.....	3304
De la fundación del Templo de Salomón...	2827
Del cisma de Israel.....	2792
De la cautividad de Babilonia.....	2400

(*) Todo quanto publicamos sobre esta materia lo debemos a los SS. DD. D. Santiago de Torres, y D. Josef Ignacio Lozano, y a los RR. PP. Fr. Francisco Ley, Fr. Juan Josef Mercha, Fr. Agustín Fernández, Fr. Antonio González, y Fr. Matías Cilleros que han querido condescendernos las gracias e indulgencias que se han concedido a sus respectivas Religiones, e Iglesias.

(*) Mucha es la variedad de los Cronologistas, y muchas las dudas sobre el origen del mundo: mayores son las que hay sobre su fin: sólo tenemos seguro el momento presente: aprovechémoslo consagrándolo a la verdad, y a la virtud.

De la libertad por Cyro.....	2350
Del restablecimiento de los muros de Jerusalén por Nehemías.....	2257
De la entrada de Alejandro en Jerusalén.....	2145
De la versión de los setenta.....	2905
De la muerte de los Macabeos.....	1980
Del reinado de Herodes Idumeo en la Judea.....	1846
El cetro cae de las manos de Judá; el fin de las semanas de Daniel se acercan; las profecías de Jacob se cumplen; el templo de Jano se cierra en Roma, y el Deseado va a aparecer entre los hombres.....	
<i>Del Nacimiento de Nuestro Señor Jesucristo, la época más célebre del universo, y el centro de todos los designios del Señor sobre la salud del género humano.....</i>	
Del establecimiento de la cátedra de S. Pedro en Roma.....	1769
Del sitio de Jerusalén por Vespasiano.....	1744
De la ruina de Jerusalén por Tito.....	1742
De la paz de la Iglesia por Constantino.....	1500
Del primer Concilio general en Nicea.....	1487
Del último Concilio general en Trento.....	267
De la Corrección Gregoriana.....	230
Del Pontificado de N. Ssmo. P. Pío VII.....	13
<i>De la Historia Profana</i>	
De la construcción de los muros de Babilonia por Semíramis.....	3972
De la elevación de las pirámides de Egypto.....	3852
De la fundación de Atenas.....	3394
De la fundación de Troya.....	3021
De la expedición de los Argonautas.....	3106
De la fundación de Cartago.....	3071
De la ruina de Troya.....	3021
De la promulgación de las leyes de Licurgo.....	2706
De la institución de los Juegos Olímpicos por Ifito.....	2696
De la fundación de Roma.....	2565
De la promulgación de las leyes de Solón.....	2436
De la expulsión de los Tarquinos y abolición de la dignidad real de Roma.....	2311
Del combate de Marathon.....	2302
Del combate de Termópilas.....	2292
Del combate naval de Salamina.....	2292
De la batalla de Platea.....	2291
De la batalla de Leuctres.....	2192
De la derrota de Darío por Alejandro.....	2145
De la batalla de Arbelas.....	2143
Del triunfo de Alejandro en Babilonia.....	2137
De la muerte de Alejandro.....	2136
De la primera guerra púnica.....	2076
De la batalla de Cannas.....	2028
De la ruina de Cartago.....	1958
De la ruina de Numancia.....	1945
De las proscripciones de Syla.....	1894
De la batalla de Farsalia en que expiró la libertad romana.....	1860
Del suicidio de Catón.....	1858
Del asesinato de César.....	1856

De la batalla de Actium.....	1842
Del suicidio de Cleopatra.....	1842
Del incendio de Roma por Nerón.....	1798
Del incendio del Capitolio por un rayo.....	1624
De la muerte de Carlo-Magno.....	998
Del descubrimiento de la América.....	302
De la independencia de los Estados Unidos de la América del Norte.....	29
Del reinado de Fernando VII.....	5
De los asesinatos de Quito, en que perecieron los ilustres americanos y mártires de la libertad, Morales, Salinas, Quiroga y 300 más.....	3
De la caída de Amar, y libertad de Santafé.....	3
De la publicación de la Constitución de la Provincia de Cundinamarca.....	2
De la derrota de Tacon, por los ilustres Baraya y Cabal en Palacé, y principio de la libertad en Popayán.....	2
<i>De la Historia de las Ciencias</i>	
De la publicación de la Iliada de Homero.....	2787
De la observación más antigua que tenemos en Astronomía (un eclipse de Luna).....	2557
De la publicación de las fábulas de Fedro.....	2384
De la invención de los signos del zodiaco.....	2384
De la invención del Cyclo de Methon.....	2245
De la muerte de Archimides en Syracusa.....	2042
De la medida del grado por Eratóstenes.....	1962
De la reformatión del Calendario por César.....	1857
De la erupción del Vesubio en que fueron sepultadas las ciudades de Herculano y Pompeya.....	1833
De la invención de la imprenta.....	370
De la aplicación del telescopio a la Astronomía por Galileo.....	203
Del descubrimiento de las manchas solares por Juan Fabricio.....	201
Del descubrimiento capital de las leyes planetarias por el inmortal Kepler.....	194
De la muerte de Kepler.....	181
De la primera observación de Mercurio sobre el disco del Sol por Gasendo.....	181
De la condenación de Galileo (*).....	179
De la primera observación de Venus sobre el Sol por Horrox.....	173
De la muerte de Galileo.....	170
De la invención del barómetro por Torricelli.....	169
De la aplicación de este instrumento a la medida de las montañas por Paschal.....	165
De la invención de la máquina pneumática por Otto Gueric.....	158
Del descubrimiento del anillo de Saturno por Huyghens.....	157
De la aplicación del péndulo al rodage por Huyghens.....	156

(*) ¡Qué espectáculo tan singular, dice Bailly, ver a un anciano cubierto de canas por el estudio, por los años, y por sus servicios hechos a los hombres, de rodillas delante del libro más respetable abjurar la verdad a los ojos de la Italia que había ilustrado, a pesar del testimonio de su conciencia, y contra la naturaleza entera que manifiesta la revolución de la tierra sobre su eje!



Pabellón del electroscopio. (Observatorio Astronómico)



Anteojo colimador y torre de los anemómetros. (Observatorio Astronómico)

De la invención del cálculo infinitesimal por Newton y por Leibnitz	146
De la fundación de la Academia de las Ciencias de París por Luis XIV.....	146
De la medida del grado por Picart.....	141
Del descubrimiento de la disminución de la gravedad hacia el ecuador por Richer.....	140
Del descubrimiento del movimiento progresivo de la luz por Roemer.....	136
De la publicación de la obra inmortal "Philosophiæ naturalis principia mathematica", de Newton	126
Del incendio de la Biblioteca de Copenhague	84
De la invención del pararrayo por Franklin	55
Del descubrimiento del planeta Herschel..	31
De la invención de los globos aerostáticos por los hermanos Montgolfiers.....	29
De la fundación del Observatorio astronómico de Santafé por D. Josef Celestino Mutis	10

* * *

Sistema planetario según los últimos descubrimientos

- ☼ Sol, centro del sistema y foco de la luz.
- ☿ Mercurio.
- ♀ Venus.
- ♁ Tierra; con un satélite o Luna.
- ♂ Marte.
- ♃ Júpiter, con quatro satélites o Lunas.
- ♄ Saturno, con dos anillos concéntricos y 5 Lunas.
- ♅ Herschel con ocho satélites, o Lunas.
- ♁ Piazzi, descubierto por Mr. Piazzi, Astrónomo de Palermo.
- ♁ Olbers, descubierto por Mr. Olbers.
- ♁ Hércules, descubierto por Mr. Olbers.
- ♁ Harding, descubierto por Mr. Harding.

Hay, pues, en nuestro sistema 12 planetas primarios, 2 anillos y 18 secundarios; entre todos, 32 cuerpos opacos que ruedan al rededor del sol.

* * *

Signos del Zodiaco

- ♈ — Aries
- ♉ — Taurus
- ♊ — Gemini
- ♋ — Cancer
- ♌ — Leo
- ♍ — Virgo
- ♎ — Libra
- ♏ — Scorpis
- ♐ — Sagittarius
- ♑ — Capricornius
- ♒ — Aquarius
- ♓ — Pisces

Fases de la luna

- ☾ — Cuarto creciente.
- ☽ — Luna llena.
- ☾ — Cuarto menguante.
- ☾ — Luna nueva.

Cómputos Eclesiásticos

Ciclo lunar: 8 — Indicción Romana: 15
 Epacta: XVII — Letras dominicales E. D.
 Ciclo solar: 1 — Letra del Martirologio, 3

Quatro Témporas

Primeras: 19, 21 y 22 de Febrero.
 Segundas: 20, 22 y 23 de Mayo.
 Terceras: 16, 18 y 19 de Septiembre.
 Cuartas: 16, 18 y 19 de Diciembre.

Fiestas Mοvibles

Septuagésima: 26 de Enero.
 Sexagésima: 9 de Febrero.
 Quinquagésima: 9 de Febrero.
 Ceniza: 12 de Febrero.
 Ramos: 22 de Marzo.
 Pasqua: 29 de Marzo.
 Quasimodo: 5 de Abril.
 Letanias: 4, 5 y 6 de Mayo.
 Ascención: 7 de Mayo.
 Pentecostés: 17 de Mayo.
 Santísima Trinidad: 24 de Mayo.
 Santísimo Corpus Christi: 28 de Mayo.
 Prim. Dom. de Adviento: 19 de Noviembre.

Obliquidad aparente de la Eclíptica

Enero 1º	23°27'33"8
Abril 1º	23°27'34"9
Julio 1º	23°27'34"3
Octubre 1º	23°27'35"4
Diciembre 1º	23°27'34"8

Eclipses de sol y de luna

"..... Cœlique vias et sidera monstrent Defectus Solis varios, Luneque labores".

En este año habrá seis eclipses, quatro de sol y dos de luna. 1º el 12 de Febrero: Eclipse de sol invisible en el Observatorio y en el Reyno. La conjunción verdadera a 3 h. 3' 18" de la tarde, en la longitud de 10, sig. 23 grad. 2 minut. 15 seg. boreal.

2º El 26 de Febrero; Eclipse total de luna visible en el Observatorio y en el Reyno. El principio, medio, y fin están indicados en la tabla siguiente para todas las ciudades principales del N. R. de Granada. Las horas se cuentan a estilo astronómico.

Cálculo del eclipse total de luna del 26 de Febrero

Santafé	10.57	11.42	12.55	13.47	14.53
Quito	10.40	11.25	12.38	13.30	14.36
Popayán	10.47	11.32	12.45	13.37	14.43
Guayaquil ..	10.13	11.18	12.11	13.23	14.29
Panamá	10.11	11.16	12.09	13.21	14.27
Cartagena ..	10.51	11.36	12.49	13.41	14.47
Sta. Marta..	10.54	11.39	12.52	13.44	14.50
Antioquia ...	10.50	11.35	12.48	13.40	14.46
Caracas	11.26	12.11	13.24	14.16	15.22

3º El 12 de Marzo eclipse de sol invisible en el Observatorio y en el Reyno. La conjunción verdadera a las 13 h. 25' 23", en la longitud de 11 sig. 22 grad. 19 minut. 30 seg. austral.

4º El 6 de Agosto: Eclipse de sol invisible en el Observatorio y en el Reyno. La conjunción verdadera a las 11h. 58' 00" en la longitud de 4 sig. 14 grad. 19 minut. 30 seg. y la latitud de la luna 1 grad. 19 minut. 30 seg. austral.

5º El 22 de Agosto: Eclipse total de Luna invisible en el Observatorio y en el Reyno. La oposición a las 22h. 1' 45".

6º El 5 de Septiembre: Eclipse de sol invisible en el Observatorio y en el Reyno. La conjunción verdadera a 2h. 24' 43" en la longitud de 5 sig. 13 grad. 0 minut. 30 seg. y la latitud de la Luna 1 grad. 16 minut. 30 seg. boreal (1).

NOTA DE LA DIRECCION.—Hemos procurado reproducir en el artículo que antecede lo seleccionado de Caldas que dé mejor idea de sus aficiones y capacidades científicas —esté ello reproducido muchas veces o sea de pocos conocido— porque queremos en este número de la Revista dejar clara impresión de la personalidad del Prócer, cuya biografía, escrita por su discípulo don Lino de Pombo, figura también en la presente entrega, en la "Sección de Notas".

Críticamente hablando y desde un punto de vista estrictamente científico, Caldas no puede considerarse como un genio analítico: sus matemáticas son poco profundas, y carece en sus escritos de la precisión del análisis lógico necesario para alcanzar verdaderas conquistas en el ramo de la matemática pura. Empero, ¡qué intuición la suya! Genio esencialmente intuitivo, Caldas fue, ante todo, un físico, en el sentido estricto de la palabra; y como tal es un modelo. Así, si lo consideramos a través de las páginas de su Memoria sobre la presión atmosférica y el agua hirviendo, se nos revela provisto de todas las condiciones necesarias para efectuar grandes descubrimientos en el campo de la experiencia, al seguir guiado por su intuición maravillosa, un camino lleno de luz, tal como lo hizo Ampère al descubrir los fundamentos del electromagnetismo.

Y hay que agregar, en el caso de Caldas, a la intuición admirable que lo guiaba en sus investigaciones, la destreza manual que le permitía fabricar por sí solo sus propios instrumentos. Si él hubiera carecido de esta preciosa facultad, de nada le habría servido su genio intuitivo, pues no tuvo la suerte de nacer en un país de recursos mecánicos e industriales que le permitieran ordenar la fabricación perfecta de los instrumentos que iba necesitando en sus experiencias. Como él mismo lo decía, forzosamente tuvo que ser su propio artífice, su propio creador de cuanto necesitó, ya que en este medio colonial y atrasado todo había de faltarle.

Pero, suceso providencial, precisamente por esta circunstancia adversa, inventó el hipsómetro. ¡Qué admirable intuición la suya, que lo condujo, al tratar de fabricarse un termómetro con los restos de otro que había roto, al descubrimiento de la tensión de ebullición del vapor de agua, que muchos años después Regnault llevó a la más alta precisión científica!

Totalmente distinto de Garavito, ese otro genio de la Ciencia colombiana, Caldas observaba directamente a la naturaleza para arrancarle sus secretos (por eso fue naturalista, al par que físico) y se dejaba llevar por los arranques de una imaginación tan poderosa como lo era su intuición, para aparecerse en ciertas circunstancias con caracteres de poeta descriptivo de primer orden.

Estableciendo un paralelo entre Caldas y Garavito, podríamos decir que si el primero suplió con la habilidad de sus manos los recursos que le faltaban, el segundo lo hizo con la capacidad matemática de su cerebro prodigioso. Caldas para remendar un termómetro roto inventó el hipsómetro; Garavito, para emplear un teodolito topográfico en la determinación precisa de la latitud, ideó uno de los mejores métodos que se conocen entre los de alturas iguales. Garavito avanzó prodigiosamente en la Mecánica celeste mediante el análisis matemático más lógico de que tengamos noticia en América latina, y Caldas fue ingeniero y naturalista como pocos, gracias a su intuición privilegiada. Pero si el uno se diferenciaba del otro como se diferencian un geómetra y un analítico, ambos gozaron de una mentalidad sobresaliente y siempre viva que pusieron al servicio de la investigación, en beneficio de la Patria.

Explicamos esto en la presente nota para dar razón de la multiplicidad de objetos que figuraron en los extractos de Caldas, que publicamos, y que sirve para dar idea al lector del método especial del Prócer payanés y del alcance de sus aspiraciones científicas.

Tal como lo hemos venido haciendo con Garavito lo haremos con Caldas, al procurar que estos dos genios de la Ciencia colombiana sean conocidos del público a través de sus obras respectivas.

Si a esto sólo alcanzara la acción de esta Revista, nos daríamos por satisfechos.

(1) Reproducimos por primera vez parte pertinente de este curioso almanaque, porque folletos como éste, destinados al público literado e ignorante en su generalidad, permiten considerarse, como si nos transportáramos al lugar y a la época, los prejuicios, las necesidades, el estilo y el grado de los conocimientos de entonces.—Nota de la Dirección.

CONTRIBUCION A LA METEOROLOGIA COLOMBIANA

ESTUDIO TOMADO DE LOS ANALES DEL SEGUNDO CONGRESO CIENTIFICO PANAMERICANO DE WASHINGTON.

JORGE ALVAREZ LLERAS

Director del Observatorio Astronómico Nacional y ex-Jefe del Servicio Meteorológico del mismo Establecimiento.

El presente estudio tiene por objeto resumir lo hecho hasta ahora por el Observatorio Nacional de Bogotá en el campo de la Meteorología.

Este Observatorio es astronómico y meteorológico, por consiguiente, en él se han efectuado observaciones meteorológicas tendientes a obtener un conocimiento completo del clima del país. Hasta ahora se ha logrado determinar exactamente el clima de Bogotá, según las variaciones periódicas que presentan una ley definida, anotando las anomalías que se presentan; mas, en lo que respecta a otras regiones, sólo se ha podido formar, agrupando datos diversos, una descripción somera, referente a altitudes, temperaturas y lluvia media.

Creemos que ya se ha llegado al conocimiento completo del clima de Bogotá, por cuanto las observaciones del barómetro no podrán suministrar ningún otro dato útil a la investigación de las causas de las variaciones de presión en la oscilación diurna o dinámica, y en la nocturna o elástica, ni en la previsión del cambio de tiempo. Las observaciones conducentes a la determinación de la humedad relativa, por medio del sicómetro o del evaporómetro, han suministrado ya cuanto podían dar de sí; la temperatura media está conocida, lo mismo que los límites entre los cuales oscilan la máxima y la mínima, el régimen general de los vientos reinantes da a conocer los movimientos de la zona de calmas, las peculiaridades referentes al descenso de la temperatura en julio y agosto, la existencia de lloviznas en estos meses y el retardo de la segunda época de lluvias, de suerte que, en términos generales, últimamente sólo se ha buscado una confirmación de las conclusiones halladas por el señor Director del Observatorio, en la primera serie de observaciones.

Ahora, nos proponemos determinar las características generales del clima, en todo el país, mediante la revisión de los datos tomados por los observadores que ya han trabajado en algunas poblaciones, y la centralización de los que se recojan en las estaciones meteorológicas que se funden con tal objeto.

Además de esto, el Observatorio se ocupará en la determinación de la radiación solar, por medio de un pirheliómetro Armstrong, de corriente; en la determinación de las variaciones diurnas y anuales de la aguja magnética; en hallar el valor de la

gravedad (hasta ahora, para las correcciones del barómetro, se ha hecho uso del valor calculado) y en el establecimiento de un servicio sismológico.

Así, pues, es necesario en este estudio dar una ligera idea de los trabajos que se han hecho hasta ahora, e indicar lo que falta por hacer, para obtener un conocimiento completo del clima del país.

En consecuencia, lo dividiremos en tres partes. En la primera se da una reseña histórica de los trabajos ejecutados en territorio colombiano, por observadores extranjeros o nacionales, poniendo de manifiesto la necesidad de continuar su obra. Esta reseña histórica no se había escrito hasta ahora, que sepamos; será, pues, de utilidad para valorar lo que se ha hecho en Colombia en la investigación de los fenómenos meteorológicos, para resolver los problemas con ellos relacionados, y que son los que de más cerca atañen al bienestar de los habitantes de un país. En la segunda parte se trata de dar una idea general de la distribución de las lluvias en todo el territorio, acopiando datos relativos a las diferentes regiones.

Esta idea será conveniente, por cuanto interesa despertar la atención al desarrollo de la Meteorología, e inclinar la acción oficial a la extensión de los centros de observación por toda la República. En los climas intertropicales no interesan las cuestiones relacionadas con el génesis y marcha de los ciclones, característicos de las zonas templadas, ni la previsión del tiempo para evitar siniestros marítimos o terrestres. En la mayor parte de las porciones habitadas del país no son de temer los huracanes destructores ni las fuertes granizadas, mas en cambio, el mayor número de sembreras es víctima de las irregularidades que se presentan en las estaciones lluviosas o secas. La determinación de la cantidad de lluvia caída y su distribución es, pues, el principal objeto de la Meteorología, en los países vecinos a la línea equinoccial, para proveer al establecimiento de oficinas de irrigación, estimular los cultivos de secano y fomentar el desarrollo del seguro agrícola.

En la tercera parte, se trata muy ligeramente de la fiijeza del barómetro en la zona ecuatorial, para insistir en la importancia que tienen, en la región, los instrumentos que miden la presión atmosférica y que prestan grandes servicios a la altimetría. En esa parte, se dan las curvas de las oscilaciones ba-

rométricas diurnas y anuales, con indicación de los métodos seguidos para determinarlas.

Además, para que se vea el servicio que el Observatorio presta a los ingenieros que se ocupan en medir las alturas de los innumerables pliegues del relieve orográfico del país, se describe un aparato construido personalmente por nosotros, y que sirve para reconocer los barómetros aneroides, corregirlos y patronarlos. Hasta la fecha del establecimiento de este servicios, los aparatos aneroides, grandemente usados por todos los ingenieros, daban lugar a frecuentes errores, por cuanto el transporte y el tiempo desarreglan poco a poco tales mecanismos, que entonces requieren ser enviados a la fábrica o patronados de nuevo. No es, pues, pequeña la utilidad del aparato, que permite comparar el instrumento antes y después de su empleo, y por consiguiente obtener una media de las lecturas hechas, que se aproxime, lo más posible, a la verdad.

Si el corto espacio de que disponemos, nos hubiera permitido extendernos en una cuarta parte, la habríamos dedicado a las observaciones actinométricas y al estudio de la nebulosidad por medio del heliógrafo.

HISTORIA

Fueron debidos a los esfuerzos del sabio naturalista don José Celestino Mutis, los primeros pasos dados en el Virreinato de Nueva Granada en el sentido de iniciar observaciones ordenadas de los fenómenos meteorológicos y estudiar el clima ecuatorial americano, a tiempo que en Europa Borda, Lavoisier y Laplace pensaban que era posible la pre-

Cuadro de las observaciones meteorológicas hechas en el año de 1808 por Don Francisco José de Caldas en el Observatorio Astronómico Nacional.

MESES	Barómetro		Temperatura	Pluviómetro
	Máxima	Mínima	media	metro
	Metros		Centígrados	Mm.
Enero	0.5617	0.5594	14°16	93.5
Febrero	0.5615	0.5594	14°14	42.3
Marzo	0.5618	0.5595	14°21	177.5
Abril	0.5618	0.5595	14°33	201.6
Mayo	0.5621	0.5599	14°30	139.0
Junio	0.5621	0.5598	14°31	42.3

NOTA.—Los datos de este cuadro vieron la luz pública en el "Semanario de Nueva Granada" y fueron reproducidos en los "Anales de Instrucción Pública" en 1886. La columna titulada temperatura media debe referirse a la temperatura media durante el día, o sea, al intervalo comprendido entre las 6 a. m. y las 6 p. m. Se ignora qué clase de correcciones hizo Caldas a sus observaciones, lo mismo que la calidad y procedencia de los instrumentos que usó.

Probablemente, comprometido ya en el movimiento de ideas políticas, iniciado por don Antonio Nariño, Caldas interrumpió sus observaciones hasta el año de 1810, año en que se publicaron las hechas en el mes de enero. Entonces estalló la revolución del 20 de julio, y arrastrado por los sucesos, hubo de interrumpir sus trabajos para siempre.

Durante la lucha por la independencia de la Corona y en los primeros tiempos, después del advenimiento de la República, los estudios del clima y de los fenómenos meteorológicos se abandonaron

completamente, tanto en Santa Fe de Bogotá, como en otros lugares, donde Caldas había logrado despertar afición a los estudios físicos, y donde se habían emprendido labores de investigación merced a la influencia ilustrada del Gobierno español.

Este abandono perduró hasta el año de 1823, cuando a instancias del Gobierno de la Gran Colombia, y por influjo del Barón de Humboldt, vinieron hombres de ciencia a establecer en Bogotá estudios de Física, Matemáticas y Ciencias Naturales. Entonces Rivero, Boussingault y Roulin efec-

visión del tiempo mediante la observación de los fenómenos atmosféricos. Preciosos debieron ser los datos recogidos por orden y disposición de Mutis, cuando se fundó el Observatorio de Santa Fe (Bogotá) y se coleccionaron los trabajos de la "Expedición Botánica". Desgraciadamente, si es cierto que parte importante de los trabajos de esta Expedición, en lo que se refiere a Zoología y estudio de la Flora, fueron aprovechados más tarde por los naturalistas Lagasca y Pabón, españoles, y por el ilustrado botánico granadino, señor José Triana (Triana y Planchón, "Flora Colombiana"), también lo es que, en cuanto a apuntes sobre fenómenos meteorológicos, la obra de la célebre "Expedición" puede darse por perdida, ya que en Madrid es punto menos que imposible revisar los Archivos coloniales, que carecen de índices convenientes. Según esto, las primeras observaciones anotadas que poseemos, se deben al prócer don Francisco José de Caldas, quien trabajó para establecerlas regularmente, no sólo en Santa Fe, sino en otros lugares del Virreinato. En 1807 hizo Caldas, en Bogotá, observaciones meteorológicas durante todo el año, según lo refiere Boussingault ("Annales de Chimie et Physique", 1826); mas de ellas no se pudieron encontrar sino extractos incompletos. En 1808 Caldas publicó en el "Semanario de la Nueva Granada", las observaciones hechas por él personalmente en el Observatorio de Santa Fe, observaciones que se extienden a los seis primeros meses de ese año, y que extractamos en el primer cuadro que acompaña a esta reseña histórica.



Placa de mármol colocada en el paramento occidental del salón central. (Observatorio Astronómico)



Busto de Caldas colocado en el salón central. Obra del escultor colombiano Rosas. Nótese el detalle con que el artista simbolizó la leyenda de "Oh! larga y negra partida!"

(Observatorio Astronómico)

tuaron observaciones meteorológicas, que se publicaron en Europa por Ferrussac, y que después reprodujo el General Joaquín Acosta (Viajes Científicos a los Andes Ecuatoriales — 1849), y completó Rivero en sus "Memorias Científicas" publi-

cadas en Bruselas en 1857. De las observaciones de Boussingault, que se refieren al lapso transcurrido de mediados de 1823 a mediados de 1824, copiamos un cuadro, a continuación de las observaciones de Caldas.

Cuadro de las observaciones meteorológicas hechas en los años de 1823 y 1824, por Mr. Boussingault, en la ciudad de Bogotá

Año de 1823—Meses	Barómetro		Año de 1824—Meses	Barómetro	
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima
	Metros	Metros		Metros	Metros
Agosto	0.5622	0.5600	Enero	0.5616	0.5593
Septiembre	0.5623	0.5597	Febrero	0.5617	0.5594
Octubre	0.5620	0.5694	Marzo	0.5619	0.5597
Noviembre	0.5616	0.5594	Abril	0.5624	0.5599
Diciembre	0.5633	0.5589	Mayo	0.5619	0.5595
			Junio	0.5622	0.5602
			Julio	0.5622	0.5597

Temperatura del aire, 15°3.

NOTA.—Se ignora la clase de instrumentos usados, lo mismo que la temperatura media absoluta. No hay datos del pluviómetro.

Cuadro de las observaciones hechas en Bogotá, por el Sr. Gral. Joaquín Acosta, en los años de 1833, 1834 y 1835, con un barómetro de Buntzen, de sifón, comparado con el del Observatorio de París, y un termómetro centígrado, del mismo fabricante

MESES	9 a. m. Barómetro	Tempe- ratura	3 p. m. Barómetro	Tempe- ratura
	Metros		Metros	
Año de 1833				
Enero	0.5620	13°30	0.5604	17°70
Febrero	0.5623	13°50	0.5604	17°50
Marzo	0.5618	16°50	0.5604	19°70
Abril	0.5618	15°90	0.5606	18°00
Mayo	0.5623	15°70	0.5607	17°40
1834				
Enero	0.5625	12°80	0.5607	18°10
Febrero .....	.....	.....	.....	.....
Marzo .....	.....	.....	.....	.....
Abril .....	.....	.....	.....	.....
Mayo	0.5628	16°40	0.5609	17°9
Junio	0.5623	17°70	0.5608	17°0
Julio	0.5628	17°17	0.5607	21°0
1835				
Enero	0.5619	14°70	0.5597	17°30
Febrero .....	.....	.....	.....	.....
Marzo	0.5619	15°60	0.5600	16°10
Abril	0.5624	16°70	0.5602	16°30

NOTA.—Estos datos se volvieron a publicar en los "Anales de Instrucción Pública", en el año de 1887. Las indicaciones señaladas en el cuadro están únicamente corregidas de temperatura. Deben corregirse de capilaridad y gravedad. No hay datos del pluviómetro.

En el año de 1828 publicó el doctor Benito Osorio unas observaciones verificadas en 1827, y desde el año de 1831, el General Acosta, deseoso de continuar la obra de Boussingault (véase la correspondencia de Humboldt), hizo observaciones en lugares distintos, con cuidado y prolijidad. Las que verificó en el Observatorio de Bogotá se debieron a la iniciativa del Gobierno del General Santander,

quien nombró a Acosta "Director del Museo y del Observatorio Nacional".

De los datos tomados por Acosta, sólo hemos visto los que se refieren a los años de 1833, 1834 y 1835, y que, en un cuadro incompleto, copiamos a continuación de las observaciones de Boussingault. Por aquella época las ideas de Humboldt respecto a las variaciones de la altura del barómetro y a las in-

fluencias de la latitud y la altitud en el trazado de las líneas isotérmicas, habían dado cierta resonancia en el mundo científico a los trabajos de los físicos conocedores de las regiones equinocciales. La circunstancia de que tanto Colombia, como el Ecuador, dilatán su territorio en la proximidad del ecuador, y poseen regiones situadas a alturas muy diversas sobre el nivel del mar, permitió fijar la atención en la influencia marcada de la altitud sobre la presión y en la fijeza relativa del barómetro en las regiones equinocciales. De esta suerte, no sólo tuvieron importancia especial los trabajos de Humboldt y Boussingault, sino que relacionados íntimamente con los de Caldas, Acosta y otros, granadinos y ecuatorianos, sirvieron de base para el estudio de la Climatología colombiana y de la zona tórrida americana, (A. Humboldt — "Viaje a los países equinocciales del Nuevo Continente"). Es de esta manera como se explica la cooperación de Bourdon, Gaudot, Roulin y Boussingault, que cediendo a los deseos de Humboldt, trabajaron en asociación de ingenieros americanos, en la determinación de las principales características de nuestros climas.

Después de Acosta, sólo hasta la Presidencia primera del ilustrado y progresista General Mosquera, los estudios meteorológicos merecieron atención de parte del Gobierno. En 1835 vieron la luz pública, en la "Crónica Semanal", varias observaciones esporádicas referentes al clima de Bogotá, mas sólo hasta el año de 1848 publicó el General Mosquera, en la "Gaceta Oficial" sus propias observaciones. En este año el Gobierno de Nueva Granada contrató el levantamiento de la Carta con el Coronel Codazzi, anexó el Observatorio al Colegio Militar, regentado por el Profesor Aimé Bergeron, dotó al Observatorio con algunos instrumentos, favoreció las expediciones científicas por distintas regiones, y no omitió esfuerzo en el sentido de obtener datos

referentes a Climatología, Geografía Física y Geología del territorio nacional.

Durante algún tiempo, después de la dirección del General Acosta, fueron Directores del Observatorio Astronómico y Meteorológico, don Benedito Domínguez y don Francisco Javier Matiz, sin dejar dato alguno relativo a observaciones practicadas entonces.

De los datos esporádicos, publicados por don José Caicedo Rojas en "El Pasatiempo" (año de 1852) y por P. Cornette, en el "Anuario Meteorológico de Francia" (sobre observaciones efectuadas en Bogotá, en 1856), no hemos podido tomar nota por carecer de los informes bibliográficos correspondientes.

Después del cuadro en que figuran los datos acopiados por el General Acosta, insertamos un compendio de las observaciones hechas en Bogotá, desde el 27 de mayo hasta el 30 de junio de 1857, por el ilustrado naturalista don Ezequiel Uricoechea, con el objeto de anotar el hecho de que las correcciones barométricas deben dar resultados dudosos en las medias de las presiones observadas en Bogotá hasta 1893.

NOTA DEL DR. URICOECHEA.—"Nos servimos del barómetro N° 165 de Frazer, de nivel constante. Tanto éste como nuestro termómetro han sido comparados con los del Observatorio Imperial de Francia, por nuestro malogrado amigo M. Genfon. Publicamos la presión atmosférica sin reducción a 0'. Anotamos dos obras excelentes, que tienen este objeto: "Meteorological Tables", por Guyot, Washington, 1831, y las tablas de Omans, 1833, que son generalmente usadas. El punto de agua hirviendo ha sido determinado en Bogotá por medio de un hipómetro de Regnault. Todas las observaciones han sido hechas de la misma manera que se hacen en el Real Observatorio de Bruselas, donde durante ocho meses tuvimos la honra de estudiar y practicar al lado de su Ilustre Director, M. Quelet. Hablémosenos rito en el transporte de Europa a Bogotá los termómetros de máxima y mínima y careciendo absolutamente de anemómetro, galvanómetro y aparatos para la inclinación y declinación de la aguja magnética, no nos ha sido posible observar otros fenómenos meteorológicos. Las divisiones de los termómetros son centesimales. El barómetro da los milésimos y sus fracciones. El agua hierve en Bogotá a los 99.32 c. Más tarde nos proponemos discutir la altura absoluta en Bogotá por los resultados obtenidos con el barómetro y el punto del agua hirviendo".

Cuadro de las observaciones meteorológicas hechas en Bogotá, desde el 27 de mayo hasta el 30 de junio de 1857, por Ezequiel Uricoechea

DIAS	Termómetro exterior		Termómetro del Barómetro		Barómetro				
	Grados		Grados						
27	16.2	12.0	12.7	14.8	14.6	11.6	0.56585	0.56440	0.56500
28	15.1	13.5	13.5	14.2	14.5	14.7	0.56530	0.56440	0.56380
29	17.0	13.1	12.6	14.8	14.5	14.6	0.56460	0.56280	0.56420
30	17.0	13.2	12.5	14.7	14.4	14.7	0.56480	0.56435	0.56490
31	17.1	13.3	12.6	14.0	14.5	14.6	0.56590	0.56440	0.56550
1	19.5	15.0	12.2	14.5	14.8	14.7	0.56470	0.56300	0.56400
2	17.3	14.1	12.8	14.7	15.0	14.7	0.56470	0.56300	0.56400
3	16.7	17.1	11.2	14.4	14.9	13.9	0.56440	0.56250	0.56430
4	16.5	17.0	9.9	13.6	13.5	13.5	0.56485	0.56300	0.56450
5	16.3	16.3	10.9	13.6	14.7	13.9	0.56480	0.56330	0.56410
6	15.6	16.4	12.9	13.7	15.0	14.2	0.56450	0.56270	0.56430
7	17.8	17.4	12.6	14.9	15.5	14.4	0.56380	0.56190	0.56345
8	17.5	15.5	12.0	14.9	15.5	15.0	0.56435	0.56265	0.56410
9	16.5	16.7	13.7	14.6	15.1	14.9	0.56397	0.56280	0.56370
10	17.0	17.8	12.1	14.7	15.4	14.8	0.56330	0.56145	0.56280

DIAS	Termómetro exterior			Termómetro del barómetro			Barómetro		
	Grados			Grados					
11	16.4	17.5	11.38	14.4	15.3	14.5	0.56275	0.56150	0.56245
12	18.3	17.1	12.9	14.7	15.4	14.9	0.56360	0.56300	0.56370
13	18.1	18.2	13.8	15.2	15.8	14.9	0.56410	0.56240	0.56370
14	16.7	17.4	13.9	14.8	15.5	15.1	0.56407	0.56210	0.56400
15	17.1	18.1	11.9	15.0	15.8	15.2	0.56380	0.56260	0.56310
16	17.2	20.0	14.0	14.8	15.6	15.1	0.56365	0.56265	0.56407
17	16.4	18.9	11.9	15.5	15.9	15.1	0.56410	0.56285	0.56495
18	16.5	19.5	14.4	14.9	16.6	15.3	0.56435	0.56310	0.56405
19	16.8	15.9	11.8	15.3	15.5	14.7	0.56410	0.56265	0.56460
20	12.8	15.9	12.4	14.3	15.0	14.6	0.56465	0.56265	0.56416
21	16.0	16.1	11.1	14.4	14.0	14.5	0.56510	0.56350	0.56500
22	18.0	17.5	11.0	14.0	15.4	14.4	0.56450	0.56305	0.56410
23	18.8	17.3	13.3	14.9	15.2	14.7	0.56423	0.56300	0.56330
24	19.1	18.9	13.2	15.0	15.2	14.7	0.56379	0.56205	0.56368
25	17.5	15.9	12.95	14.9	15.2	14.5	0.56380	0.56227	0.56380
26	16.0	16.8	11.8	14.8	15.4	14.5	0.56428	0.56256	0.56418
27	16.2	17.5	13.3	14.5	15.7	14.6	0.56476	0.56353	0.56426
28	14.0	17.3	13.9	13.7	15.5	14.8	0.56437	0.56307	0.56334
29	17.5	15.8	12.5	15.2	15.5	14.8	0.56606	0.56457	0.56417
30	16.4	18.0	12.6	14.7	15.3	14.1	0.56649	0.56296	0.56423

En el mismo año de 1858, M. Frisak practicó varias observaciones, conjuntamente con la determinación de la declinación de la aguja magnética; y en 1859 don José Cornelio Borda se encargó de la Dirección del Observatorio, sin que se sepa cuáles fueron sus trabajos en el campo de la Meteorología.

La guerra civil de 1860 paralizó no sólo la reorganización del Observatorio sino la continuación de los trabajos de la Comisión Corográfica, de la cual formaron parte, después de la muerte de Codazzi, los señores Manuel Ponce, Manuel María Paz e Indalecio Liévano, conocido matemático nacional, quien después de su regreso de la Costa Atlántica, determinó la altura del barómetro en Bogotá.

Esta determinación se hizo por medio de observaciones simultáneas: en Bogotá observó la columna barométrica, en el salón principal del Observatorio el señor Liévano, y en Cartagena, en un sitio colocado a una altura media sobre el nivel del mar, de 8.5^m, observó el señor William Chandless. En ambos lugares se tomó la temperatura del aire ambiente. El promedio de 18 observaciones simultáneas fue:

En Cartagena.—Agua hirviendo, 99°96, temperatura ambiente, 27°32.

En Bogotá.—Agua hirviendo, 91°73, temperatura ambiente, 15°40. Para la temperatura de ebullición en Bogotá dan las tablas de Regnault, para la altura de la columna barométrica, 561.01^{mm}.

Fuera de este trabajo, el señor Liévano dirigió algunas observaciones meteorológicas en 1862, observaciones que interrumpió por algún tiempo y continuó después en 1868, 1871 y 1872.

Realmente, donde se han verificado observaciones meteorológicas con alguna regularidad ha sido en Bogotá, ya que en otras poblaciones sólo se encuentran datos aislados, generalmente tomados por

viajeros que han atravesado rápidamente el territorio. Caldas comprendió la necesidad de extender el radio de acción a otros puntos y por eso trabajó con ahínco. En sus viajes por diversas regiones del país practicó observaciones barométricas, hipsométricas, higrométricas y de temperatura, y las acompañó con descripciones de los climas, llenas de viveza descriptiva y apuntes críticas ilustradas. Para poner un ejemplo, óigase cómo describe la época de lluvias en las feraces regiones del Chocó:

"Llueve la mayor parte del año. Ejércitos inmensos de nubes se lanzan en la atmósfera del seno del Océano Pacífico. El viento O, que reina constantemente en estos mares, las arroja dentro del Continente, los Andes las detienen en la mitad de su carrera. Aquí se acumulan y dan a esas montañas un aspecto sombrío y amenazador; el cielo desaparece, por todas partes no se ven sino nubes pesadas y negras que amenazan a todo ser viviente. Una calma sofocante sobreviene; éste es el momento terrible; ráfagas de viento dislocadas arrancan árboles enormes; explosiones eléctricas, truenos espantosos; los ríos salen de su lecho, el mar se enfurece, olas inmensas vienen a estrellarse sobre las costas; el cielo se confunde con la tierra y todo parece que anuncia la ruina del universo. En medio de este conflicto el viajero palidece, mientras que el habitante del Chocó duerme tranquilo en el seno de su familia. Una larga experiencia le ha enseñado que los resultados de estas convulsiones de la naturaleza son pocas veces funestos y que todo se reduce a luz, agua y ruido, y que dentro de pocas horas se restablece el equilibrio, y la serenidad".

Verdadero inventor del hipsómetro, Caldas fue uno de los primeros que notaron la estabilidad de la columna barométrica en la zona ecuatorial y las variaciones de la temperatura de ebullición del

agua a diversas alturas sobre el nivel del mar, por cuanto él se encontraba en condiciones favorables para hacer esta observación, ya que las variaciones accidentales de la presión atmosférica, en las zonas templadas, hacían imposible verificar esta experiencia sin ninguna idea preconcebida, a este respecto. Ni el mismo Humboldt, quien usaba en sus ascensiones un aparato termométrico que le recomendó Saussure y que le merecía poca confianza, pudo notar el fenómeno en Europa. En una conversación que Caldas tuvo con el viajero alemán, relativa a las experiencias de Herberden, conversación relatada por el mismo Caldas, se lee:

"En las primeras conversaciones le traté sobre la materia, y me dijo que Suñer había trabajado sobre el particular y había enseñado el método de medir las montañas sin el barómetro. Ya se deja ver con qué ansia oíría al Barón sobre este punto. Yo creí, ví mis ideas como una cosa que había nacido en mi espíritu a veinte años de agotada en Europa, y sólo traté de presentar unas ideas confirmatorias de la teoría de Suñer, apreciables por ser en grandes elevaciones y en la vecindad del Ecuador. Insté a este sabio viajero por el exponente y por las experiencias de Suñer, pero cuando quiso tomarlo de sus manuscritos, halló que Suñer no había pensado en el agua hirviendo y que este físico sólo era el perfeccionador del método de Herberden, que asigna 640 pies por un grado menos en el termómetro expuesto al aire, y vuelvo yo a entrar en posesión de mi pequeño descubrimiento".

En realidad, Humboldt ya había usado, en su ascensión al pico de Tenerife, el método empleado por Caldas, mas nada preciso había sentado sobre el particular. Habiendo Caldas efectuado varias expediciones, a todas las alturas sobre el nivel del mar, y habiendo residido largo tiempo en vecindades de la línea equinoccial, estuvo en aptitud para formular las leyes, que él tuvo como suyas, antes que el mismo Humboldt.

Por supuesto que a Humboldt debemos las nociones principales que se refieren a la Meteorología de las regiones intertropicales. Por tanto, la nación colombiana es la primera en reconocer los méritos de ese ilustre sabio. Con Colombia y sus hombres mantuvo siempre Humboldt relaciones amistosas, como lo prueba la correspondencia del General Acosta; a él se debió la venida de Boussingault y que, años después, el Gobierno de la República encargara el levantamiento de la Carta al Coronel Codazzi.

También este ilustre viajero y geógrafo contribuyó a la Meteorología del país, pues, en sus "Notas de viaje", consignó interesantes observaciones suyas, sobre el clima de las regiones que visitaba. Así, por ejemplo, para explicar el retardo de las lluvias en el valle del río Magdalena, cuando el sol pasa al hemisferio austral, en septiembre, Codazzi dice:

"Es sabido que la causa de los vientos está en la diferencia de temperaturas de dos países vecinos, lo cual produce una ruptura de equilibrio entre las capas atmosféricas. Si dos columnas de aire tienen

la misma temperatura y densidad en toda su altura, permanecen en equilibrio; pero si la tierra sobre la cual reposan se calienta diferentemente, el equilibrio no puede menos de perturbarse generándose vientos que irán del país cálido al país frío, por la parte superior; y produciéndose por la inferior una corriente inversa que rasará la superficie de la tierra. Cuando el sol regresa del Trópico de Cáncer y ejerce su influjo sobre las selvas del bajo Magdalena, éstas se calientan: la corriente superior de aire rarefacto, se dirige hacia el mar, y la inferior debería bañar el alto Magdalena; pero no llega a él, porque se halla balanceado con el aire de ese país calentado por el sol en su paso hacia el ecuador. Mas como dicho astro al llegar a éste, en su paso al hemisferio austral, calienta los países situados en la vertical de los puntos que recorre, las corrientes superiores se dirigen en consecuencia hacia el S. y las frías hacia el N., determinando las lluvias de octubre y noviembre, que suelen prolongarse también hasta mediados de diciembre".

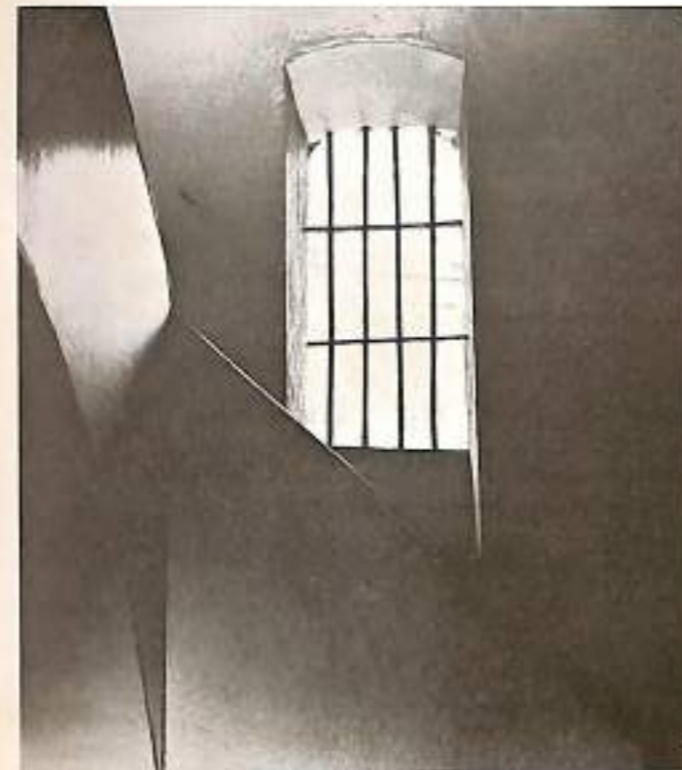
Después de la muerte de Codazzi y de la terminación de la Comisión Corográfica, el doctor Liévano, como ya se dijo, quedó en el Observatorio Nacional y practicó allí observaciones meteorológicas hasta 1872, coincidiendo su trabajo con el del doctor Juan de Dios Carrasquilla, quien inició observaciones pluviométricas en 1866. De los datos meteorológicos tomados por el doctor Liévano no hemos tenido noticia; en cambio, los debidos al doctor Carrasquilla, se conservan, en su mayor parte, publicados en el periódico denominado "El Agricultor".

El doctor Carrasquilla fue un investigador infatigable por muchos años, y a su propia costa practicó observaciones meteorológicas en un observatorio de su propiedad y suministró datos preciosos para la determinación del clima de la altiplanicie de Bogotá.

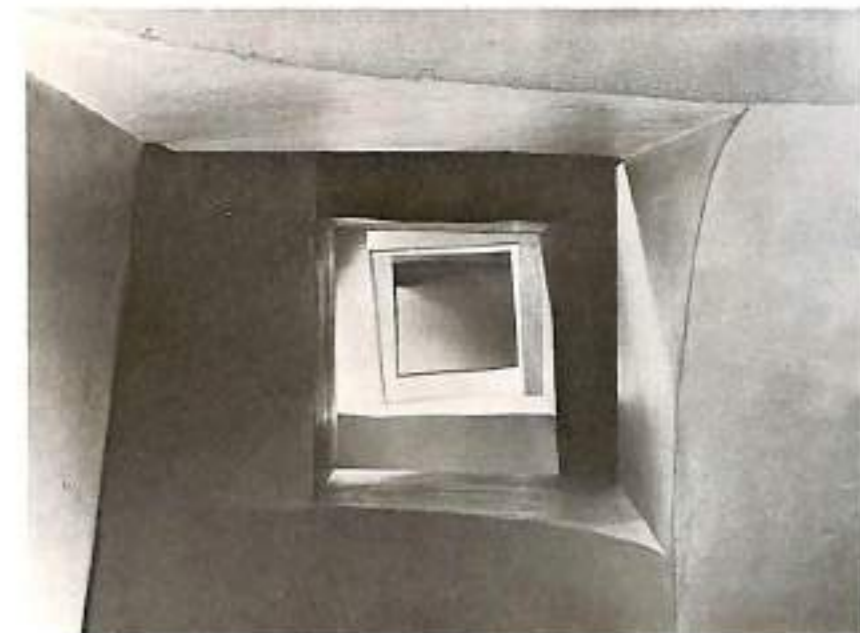
La relativa fijez del barómetro y la periodicidad de sus pequeñas variaciones, llamaron poderosamente la atención del doctor Carrasquilla; y al estudio de este fenómeno dedicó gran parte de su actividad científica.

Probablemente bajo la influencia de preocupaciones de la época, el doctor Carrasquilla atribuyó, al explicar la causa de las oscilaciones diurnas del barómetro, una importancia mucho mayor de la que tiene en realidad, a la acción atractiva del sol y de la luna. En un trabajo publicado en los "Anales de Ingeniería", bajo el título de "Datos para la Climatología en Colombia" dice:

"La regularidad misma de las oscilaciones horarias confirma suficientemente que la atracción solar es su causa, que este astro obra por atracción, por su masa, más que por sus propiedades calóricas, sobre el peso de la atmósfera. Al medio día, cuando el sol está más cerca del ecuador terrestre, ejerce la mayor atracción sobre los puntos del globo situados en la línea equinoccial y a ambos lados de ella". (En lugar de "ecuador" y "línea equinoccial" ha debido decirse: "meridiano"); pero como



Detalle de la escalera construida sobre arcos de tres centros, por tramos de cinco escalones. (Observatorio Astronómico)



Aspecto de los arcos de la escalera dicha, en espiral, vistos por debajo. (Observatorio Astronómico)



Detalles de los cronómetros de tiempos sidereo y medio y de los cronógrafos registradores. (Casilla meridiana - Observatorio Astronómico)



Péndulo (de la Synchronome Co. Ltd.) sincronizado con el "Short", que se encuentra en el jardín, y detalles de su instalación: corrector magnético, relevo para envío de señales etc. (Casilla meridiana - Observatorio Astronómico)

su acción no es instantánea, a causa de la naturaleza gaseosa de la atmósfera, se tarda algunas horas en hacerse sensible, y el barómetro no marca la menor altura de la columna mercurial hasta las tres o las cuatro de la tarde, así como las mareas oceánicas se hacen sentir con algún atraso y en relación con la posición del lugar".

A la explicación del doctor Carrasquilla se pueden presentar las siguientes objeciones:

Primero. Las oscilaciones horarias del barómetro no están bajo la dependencia de la atracción lunar, porque dichas oscilaciones se efectúan, según las observaciones, sensiblemente a unas mismas horas, durante todo el año.

Segundo. Siendo así, las oscilaciones tampoco están bajo la dependencia de la atracción solar, porque, a la distancia que de este astro nos separa, ésta es menor que la de la luna.

Tercero. La explicación del doctor Carrasquilla

no es suficiente para explicar la mínima, observada en las horas de la madrugada (1).

Estas objeciones pueden citarse a título de curiosidad, pues la causa única de las oscilaciones diurnas del barómetro es la variación de la temperatura. Kamz fue el primero que dio la explicación conveniente, con el objeto de no hacer intervenir las mareas atmosféricas en este fenómeno. No hay para qué atribuir la doble oscilación barométrica a las mareas, cuya influencia, en la presión atmosférica es insignificante, según lo demostró Laplace.

En la última época de observaciones del doctor Carrasquilla, el Presbítero Dr. Joaquín Gómez Otero, practicó también, al mismo tiempo, observaciones meteorológicas en el Observatorio anexo al Seminario Conciliar. De los datos acumulados por el doctor Gómez Otero copiamos un cuadro, correspondiente a 1886, que contiene el resultado anual de las indicaciones del barómetro, el termómetro, el sicómetro y el pluviómetro, sin que en él se hicieran las correcciones del barómetro.

Cuadro de las observaciones meteorológicas hechas en el Seminario Conciliar de Bogotá, en el año de 1886 por el Rector Joaquín Gómez Otero

MESES	Barómetro			Termómetro			Humedad Lluvia en	
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	relativa	milímetros
				Grados	Grados	Grados		
Enero	0.5609	0.5551	0.5590	22.0	7.0	14.0	81	101.9
Febrero	0.5612	0.5544	0.5584	22.0	6.0	14.5	78	51.3
Marzo	0.5611	0.5570	0.5593	22.0	7.0	15.0	79	87.9
Abril	0.5608	0.5567	0.5590	20.0	6.0	14.0	82	167.9
Mayo	0.5692	0.5550	0.5593	20.5	8.0	14.0	83	143.6
Junio	0.5614	0.5577	0.5593	22.0	5.5	14.0	84	55.1
Julio	0.5612	0.5576	0.5597	21.0	8.5	13.5	83	87.1
Agosto	0.5612	0.5572	0.5596	21.0	8.0	14.0	81	115.2
Septiembre	0.5609	0.5569	0.5589	20.5	8.5	14.5	81	139.9
Octubre	0.5618	0.5577	0.5582	20.5	7.0	14.0	85	164.1
Noviembre	0.5606	0.5555	0.5585	20.5	9.0	14.0	84	122.1
Diciembre	0.5604	0.5563	0.5586	20.0	8.0	14.0	84	125.0

Resumen anual: Barómetro—máxima, promedio mensual 0.5618; mínima, promedio anual 0.5544; media, promedio anual, 0.5591. Termómetro—máxima, promedio anual, 22°0; mínima, promedio anual, 5°5; media, promedio anual, 14°1. Pluviómetro—lluvia durante el año, 1°3609; humedad media, 82.

NOTA.—Se ignora la calidad de los instrumentos usados, lo mismo que los métodos que se emplearon. Este cuadro fue publicado en los "Anales de Instrucción Pública".

Hasta el año de 1893 practicó observaciones meteorológicas en el Observatorio Nacional, el señor don José M. González Benito, y de ellas se da una muestra en el cuadro correspondiente al año de

1890, y que copiamos con el objeto de establecer parangón entre los métodos usados hasta 1893 y los que ha empleado, de ese año para acá, el doctor Garavito, actual Director del Observatorio.

(1). En un opúsculo del Dr. Carrasquilla publicado en Bogotá, en 1897, con el título: "Memoria sobre las mareas atmosféricas e fluctuaciones de la presión", se sostuvo por este sabio naturalista, con profusión de argumentos, la tesis en cuestión, que no es otra distinta de la de Muller, tan encomiada por Caldas.

En su trabajo el Dr. Carrasquilla muy eruditamente agotó la materia sobre este punto, y por ello en ediciones posteriores de esta Revista volveremos a tratar el punto y, aún, reproduciremos partes importantes de la "Memoria sobre las mareas atmosféricas", para discutir conceptos tan respetables aceptando de ellos lo que en realidad debe aceptarse.—Nota de la Dirección.

Cuadro de las observaciones meteorológicas hechas en el Observatorio Astronómico Nacional en el año de 1890

MESES	Barómetro		Media	Humedad relativa	Termómetro			Lluvia en milímetros
	Máxima	Mínima			Máxima	Mínima	Media	
Enero	0.56174	0.55960	0.56076	72	18.58	8.78	13.18	178.9
Febrero	0.56200	0.56012	0.56106	68	17.69	8.43	13.06	076.7
Marzo	0.56204	0.56020	0.56112	64	17.59	8.67	13.13	068.0
Abril	0.56256	0.56038	0.56147	77	17.68	10.18	13.93	198.6
Mayo	0.56265	0.56064	0.56164	77	17.75	10.18	13.96	131.8
Junio	0.56259	0.56073	0.56166	63	18.17	9.97	14.07	026.0
Julio	0.56255	0.56105	0.56180	67	17.38	8.90	13.14	045.7
Agosto	0.56263	0.56087	0.56175	67	17.10	8.30	12.70	094.5
Septiembre	0.56250	0.56066	0.56158	62	16.91	8.89	12.90	035.7
Octubre	0.56207	0.55997	0.56102	76	17.42	8.66	13.04	204.4
Noviembre	0.56163	0.55957	0.56060	77	17.36	9.44	13.40	216.3
Diciembre	0.56221	0.56001	0.56112	74	17.40	8.80	13.10	058.9

Resumen anual: Barómetro, máxima, promedio anual, 0.56226; mínima, promedio anual, 0.56022; media, promedio anual, 0.56124. Termómetro, máxima, promedio anual, 17.67; mínima, promedio anual, 9.10; media, promedio anual, 13.38. Pluviómetro, lluvia durante el año, 1^m3355; humedad media, 70.43.

NOTA.—Este cuadro fue publicado en los "Anales de Instrucción Pública". Las observaciones se hicieron con instrumentos del Observatorio.

* * *

Termina aquí la reseña histórica que se refiere a la marcha de los estudios meteorológicos en el país, haciendo notar que, ahora, cuando merced a la colaboración de los ilustrados Padres Agustinos de Barranquilla y de las estaciones meteorológicas de las Universidades de Antioquia y del Cauca, se puede organizar un servicio central de Meteorología; y que los conocimientos del doctor Garavito, su práctica y lo acertado de su dirección, harán que los estudios meteorológicos en Colombia se pongan a la altura de los llevados a cabo en otras Repúblicas de América.

DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS EN LAS DIFERENTES REGIONES DEL PAIS

En el croquis cartográfico (1) que acompaña al presente estudio, se encuentran marcadas, con tinta negra sobre fondo azul, las diferentes regiones que presentan características pluviométricas diferentes, y que merecen estudio especial, pues del conocimiento completo de tales características y de sus modificaciones, se deducirá el clima general de la República, junto con algún plan que guíe el Ministerio de Agricultura, en sus concesiones sobre terrenos baldíos y en sus disposiciones sobre irrigación y legislación de aguas.

Hasta ahora, por mil causas independientes de la voluntad del Supremo Gobierno, aún no se ha organizado un servicio meteorológico centralizado convenientemente y que se proponga obtener los datos apuntados arriba. Por eso esta parte del presente estudio adolece de indeterminaciones inevita-

(1). Por razones tipográficas se omitió este croquis, que figuró en los Anales del Segundo Congreso Científico Panamericano de Washington.

bles, pues, en su desarrollo hemos tropezado con falta de observaciones ordenadas, precisas y, sobre todo, reducidas a un centro común. En la mayor extensión del país los resultados de las observaciones meteorológicas practicadas, se presentan aislados, esporádicamente dispersos, y en muchas ocasiones, ofrecen poco crédito. Sólo de Bogotá y de la Sabana de Bogotá, existe un acopio suficiente de datos pluviométricos fidedignos, que cubra un espacio de tiempo considerable; pues, aunque en algunas otras poblaciones, como Barranquilla, Popayán y Medellín, se han hecho observaciones regulares, éstas no son ni tan continuadas ni tan completas como las practicadas en Bogotá. Los datos que se refieren a otras regiones del país, como se acaba de decir, son muy escasos, y en su mayor parte se deben a viajeros que han recorrido de prisa el territorio.

Los observatorios permanentes, dotados de pluviómetros, que actualmente funcionan en Barranquilla, Popayán y Medellín son: en Barranquilla, uno a cargo de los RR. PP. Agustinos; en Popayán, otro a cargo de un profesor francés que depende de la Universidad, y en Medellín, el Observatorio Meteorológico de la Universidad de Antioquia.

En términos generales, podemos describir las condiciones de humedad y de lluvia del territorio de la República, diciendo que la precipitación acuosa es considerable, como corresponde a una comarca situada en la zona tórrida, aunque en algunas localidades la precipitación anual es más bien escasa, bajando en ciertos puntos por debajo de 500 mm., lo que parece poco para un clima tropical.

Son húmedas, con grandes precipitaciones casi continuas, las costas occidentales, sobre todo en la región comprendida entre los ríos Mira y Micay, por

toda la hoya baja del Patía, y de los ríos Sanguianga e Icuandé y la falda occidental de la Cordillera, hacia el occidente de Túquerres, Pasto y Popayán. Según estimaciones propias y del doctor Fortunato Pereira, la cantidad de lluvia en Altaquer, por ejemplo, pasa anualmente de tres metros. En Barbaças no hay estación seca y en Tumaco llueve continuamente, con intervalos sólo de unos tres o cuatro días secos.

Se presentan también grandes precipitaciones anuales en la hoya del río Atrato, por todo el centro del Chocó, en la vertiente N. de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la hoya del río Zulia y en las regiones de los grandes ríos, afluentes del Amazonas, más hacia el sur del río Ariari. En la falda septentrional de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la comarca que derrama sus aguas al lado de Maracaibo y en las costas sobre el Pacífico, las abundantes lluvias y la carencia de una estación seca definida pueden ser atribuidas a los vientos alisios reinantes; como se ve por el hecho de que, cuando las montañas se alejan de la costa o se hacen más bajas, disminuyen las precipitaciones atmosféricas hasta por debajo de 500 mm. por año. Así, pues, los valles formados por las cordilleras interiores, presentan peculiaridades locales que dependen, entre otras, de esta circunstancia. Generalmente las vertientes meridionales de los valles, al norte de la República ofrecen la característica de una precipitación escasa, como sucede en la vertiente S. E. de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la hoya del río César, en los alrededores de Riohacha y en toda la extensión de la Península de la Guajira.

Desde 1° hasta 12° de latitud norte no son iguales las estaciones, es decir, las épocas de sequedad y de lluvia, por cuanto influye la latitud así:

En la región comprendida, poco más o menos, entre los 8° de latitud norte y el ecuador, hay dos estaciones lluviosas y dos de sequía, mientras que más al norte no hay más que una estación seca y otra de lluvias. Esto, por supuesto, no es general, ya que en la vecindad del ecuador la fiijeza relativa de las estaciones depende, fuera de las variaciones de las líneas isotermas y de los movimientos de la zona de calmas, de las condiciones peculiares de cada localidad.

En Bogotá, a los 4° 36' de latitud norte, las estaciones secas duran de enero a febrero y de junio a septiembre, correspondiendo los máximos de lluvia a abril y a noviembre (o a octubre). En Medellín, a los 6° 8', la estación más seca es la correspondiente a enero y febrero, siendo mayo y octubre los meses de las grandes lluvias. En Cartagena, a los 10° 25' de latitud, cesan casi completamente las lluvias de enero a abril, extendiéndose la estación seca de diciembre a mayo, o sea por espacio de cinco meses. La época de lluvias tiene dos máximos, uno a fines de mayo y otro en octubre.

Teniendo cuenta de las condiciones locales, se puede decir que en las altiplanicies de Cundinamarca y Boyacá, y en la región central del valle del

Magdalena, se presentan dos estaciones lluviosas: la de marzo, abril y mayo y la de octubre, noviembre y diciembre. Los vientos que corren por sobre los Llanos de Casanare modifican sensiblemente estas estaciones: como sucede, por ejemplo, en Chocontá, lugar al norte de Bogotá, donde llueve poco en marzo y abril, con más persistencia en mayo y junio, mucho en julio y agosto y poco en septiembre, octubre y noviembre. En estos Llanos de Casanare, tal como sucede al norte, se presentan seis meses de sequía y seis de lluvia, cuya mayor intensidad coincide con el máximo de precipitación en Chocontá y otros lugares al norte, situados en valles secundarios de la Cordillera Oriental. En Cáqueza, población situada al S. E. de Bogotá, se hace sentir de parte de los Llanos de San Martín, la misma influencia que las llanuras de Casanare ejercen sobre la precipitación acuosa, en lugares próximos a la falda oriental de la Cordillera.

En los Llanos de las riberas del Meta y del Alto Orinoco se presentan dos estaciones claramente marcadas; extendiéndose la estación húmeda de fines de abril a fines de octubre; en tanto que al pie de la Cordillera, del río Ariari hacia el sur, llueve abundantemente casi todo el año, caracterizándose la región por extensísimas selvas, grandes ríos, y una precipitación abundante que, según Codazzi, no puede bajar de 2.50 a 3.00 metros por año. De estas regiones dice Felipe Pérez:

"Los vientos alisios del S. E., que comienzan a soplar cerca del paralelo de 30° a 35° S., también atraviesan oblicuamente el Atlántico e inciden perpendiculares sobre la costa suramericana, que se extiende desde el Cabo de San Roque hasta el Cabo de Hornos, penetrando en el interior cargados de nubes y nieblas, de las cuales se desprenden antes de pasar por encima de los Andes. La cantidad de agua que transportan a aquellos países de estupear fertilidad, puede calcularse por la que los ríos Plata y Amazonas devuelven al océano. En suma la tierra no presenta entre los trópicos ninguna región, que como éstas, tenga delante de sí y bajo el dominio de los veinte alisios, una extensión igual de mar; de donde resulta que no hay en el mundo país intertropical tan profusamente dotado de ríos como la vasta hoya del Amazonas".

"Los dos sistemas de vientos, el del N. E. y del S. E. coinciden en el interior de la América del Sur, entre el Ecuador y el istmo del Darién. En este lugar reinan las calmas y los grandes aguaceros".

"Las circunstancias mencionadas y otros agentes meteorológicos dividen las estaciones, en la parte septentrional de la América del Sur, en seis meses de aguaceros constantes y seis meses de tiempo sereno".

"No sucede así en la hoya del Amazonas, y menos todavía en el Caquetá, puesto que en él caen, durante algunos meses del año, continuos aguaceros, y lluvias ocasionales en los restantes, tanto por la configuración de las cordilleras de los Andes, cuanto porque la mayor parte de los terrenos bajos se encuentra en la zona de las calmas".

“Es bien sabido que las causas de los vientos son un efecto de la diferencia de temperatura de dos puntos próximos entre sí, pues entonces se establece una corriente inferior, que va de las partes más frías hacia los puntos cálidos, y otra superior que se dirige de éstos a las partes frías. De las altas cordilleras de Quito y Pasto bajan corrientes de aire, tanto del lado de occidente como del septentrión, hacia los terrenos que se encuentran cerca del ecuador, en la región de las calmas, calentados en extremo por los rayos perpendiculares del sol; ésta es la época del verano en Mocoa y sus inmediaciones, época de fuertes vientos que coincide con los meses de diciembre, enero y febrero, y una parte de marzo. Es en esa época, es decir, del 17 al 21 de marzo, que el sol pasa del hemisferio austral al hemisferio boreal, y su presencia, en el zenit de estos países calienta y enrarece continuamente la atmósfera;

rómperse, pues, el equilibrio a cada momento; condensanse los vapores suspendidos en el aire y caen lluvias copiosas, que en abril determinan las primeras crecientes de los grandes afluentes del Orinoco y del Amazonas. Los meses de mayo, junio, julio y agosto son la época de las fuertes lluvias en estos países. Del 18 al 28 de septiembre el sol ha pasado otra vez al hemisferio austral; entonces, en este mes y en los de octubre, noviembre y diciembre, hay lluvias interrumpidas por algunas semanas de buen tiempo, por razón de que los vientos de las cordilleras trastornan el equilibrio, soplando a veces en direcciones opuestas”.

Concretándonos a Bogotá y a la Sabana de su nombre, podemos estudiar las precipitaciones anuales desde el año de 1866 hasta el año de 1914, como se ve en el dibujo adjunto, que figura con el título “Gráfico de las lluvias en la Sabana

Cuadro que manifiesta las cantidades de lluvia caídas en la Sabana de Bogotá, en los años transcurridos de 1866 a 1914

Año	Cantidad	Año	Cantidad	Año	Cantidad
	mm.		mm.		mm.
1866.....	1.0208	1883.....	0.8128	1899.....	0.9286
1867.....	0.8894	1884.....	0.9454	1900.....	1.0327
1868.....	1.1614	1885.....	1.3109	1901.....	0.9323
1869.....	0.9506	1886.....	1.1387	1902.....	0.7744
1870.....	1.3856	1887.....	1.0797	1903.....	0.9370
1871.....	1.3659	1888.....	0.9280	1904.....	0.9067
1872.....	0.9451	1889.....	1.1747	1905.....	0.9900
1873.....	0.8819	1890.....	1.2322	1906.....	0.8945
1874.....	1.2205	1891.....	1.0982	1907.....	1.1393
1875.....	1.1762	1892.....	1.1850	1908.....	1.0751
1876.....	1.1646	1893.....	1.1580	1909.....	0.9316
1877.....	0.9133	1894.....	1.1192	1910.....	1.4548
1878.....	1.1927	1895.....	0.7908	1911.....	0.8848
1879.....	1.6337	1896.....	1.2710	1912.....	0.9476
1880.....	1.2396	1897.....	1.1711	1913.....	1.0886
1881.....	1.1396	1898.....	1.0397	1914.....	0.8193
1882.....	0.6949				

NOTA.—De estos años, el de mayor lluvia fue el de 1870, en que cayó la cantidad de 1 metro 633,7 mm., viniendo después el de 1910, con una cantidad de 1 m. 453 mm. (En este año se presentaron inundaciones en la Sabana de Bogotá y en el valle del Magdalena). El año de mayor sequedad fue el de 1882, pues solamente cayeron 695 mm. Por consiguiente, los años de 1879 y 1882 marcan los límites extremos dentro de los cuales oscila la cantidad de agua caída en la Sabana de Bogotá.

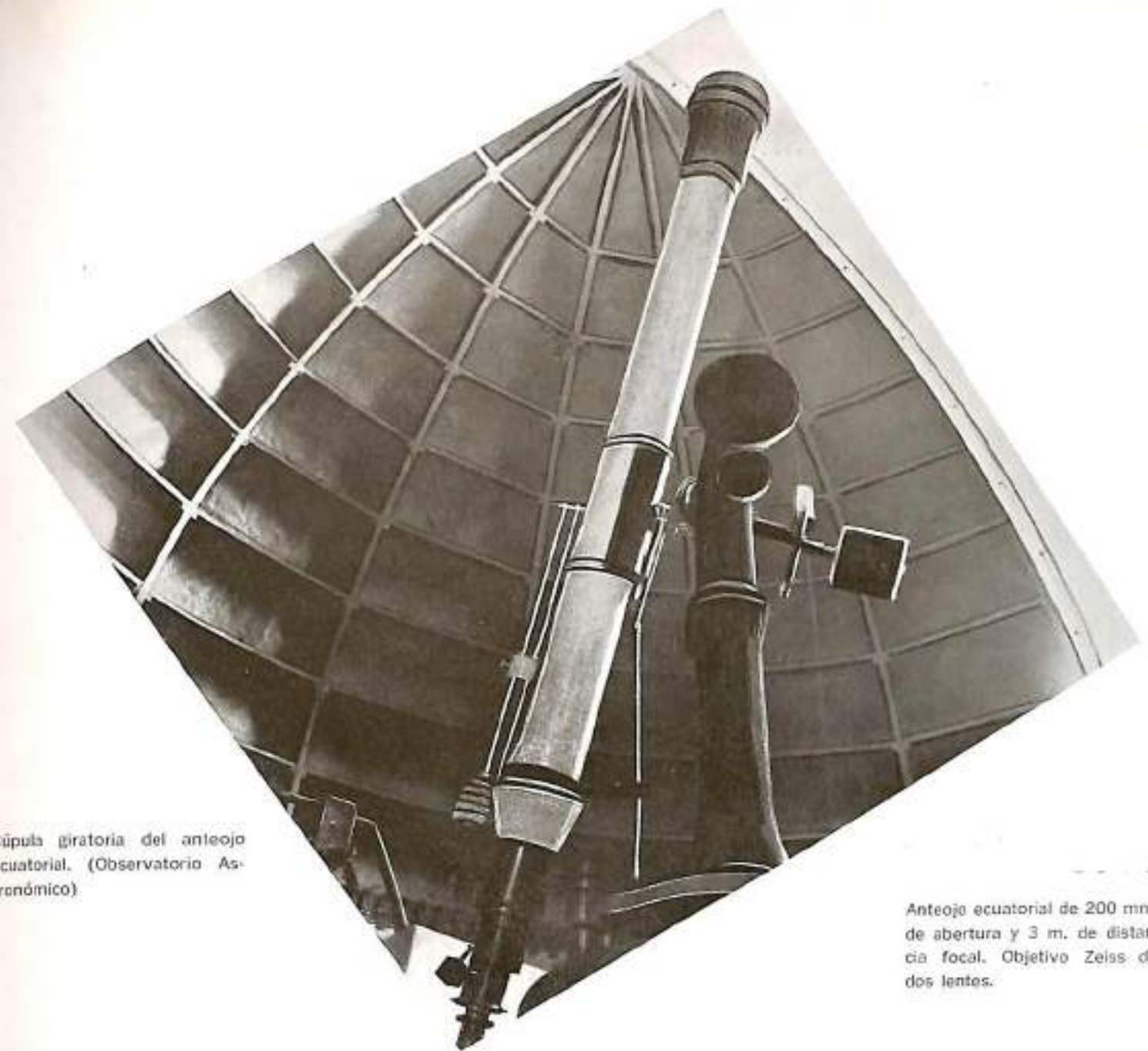
de Bogotá, en los años de 1866 a 1914”. En este dibujo se encuentran las cantidades de lluvia caídas, expresadas anualmente en milímetros, y figuradas por ordenadas a la escala de 1/10.

Los datos de 1866 a 1893 fueron tomados cuidadosamente por el señor doctor Juan de Dios Carrasquilla, en un lugar próximo a la ciudad de Bogotá, situado dentro de los límites de la altiplanicie, y en condiciones semejantes, de presión y temperatura, a las de Bogotá; en tanto que las correspondientes al intervalo comprendido entre 1894 y 1914 se deducen de observaciones practicadas en el Observatorio, con un mismo pluviómetro que fue comparado últimamente con otro de tipo diferente.

Durante los veintisiete años anotados por el doctor Carrasquilla, el promedio anual es de 1^m.1052,

en tanto, que de 1894 a 1914 este promedio es próximamente de 1^m.010. La diferencia apuntada puede atribuirse a condiciones locales o a diferencias ligeras en los instrumentos usados (no se sabe cuál fue el pluviómetro empleado por el doctor Carrasquilla). Parece que priva la primera causa, por cuanto el lugar de observación escogido por el doctor Carrasquilla queda en proximidad a la serranía occidental de la altiplanicie, donde la condensación es un poco mayor que en Bogotá.

De todas maneras, la diferencia es insignificante y demuestra que, para cualquier lugar de la altiplanicie, el promedio anual de la precipitación es próximamente de un metro, y que la poligonal trazada, desde 1866 hasta 1914, corresponde bastante bien a las cantidades de agua caídas en los lugares situa-



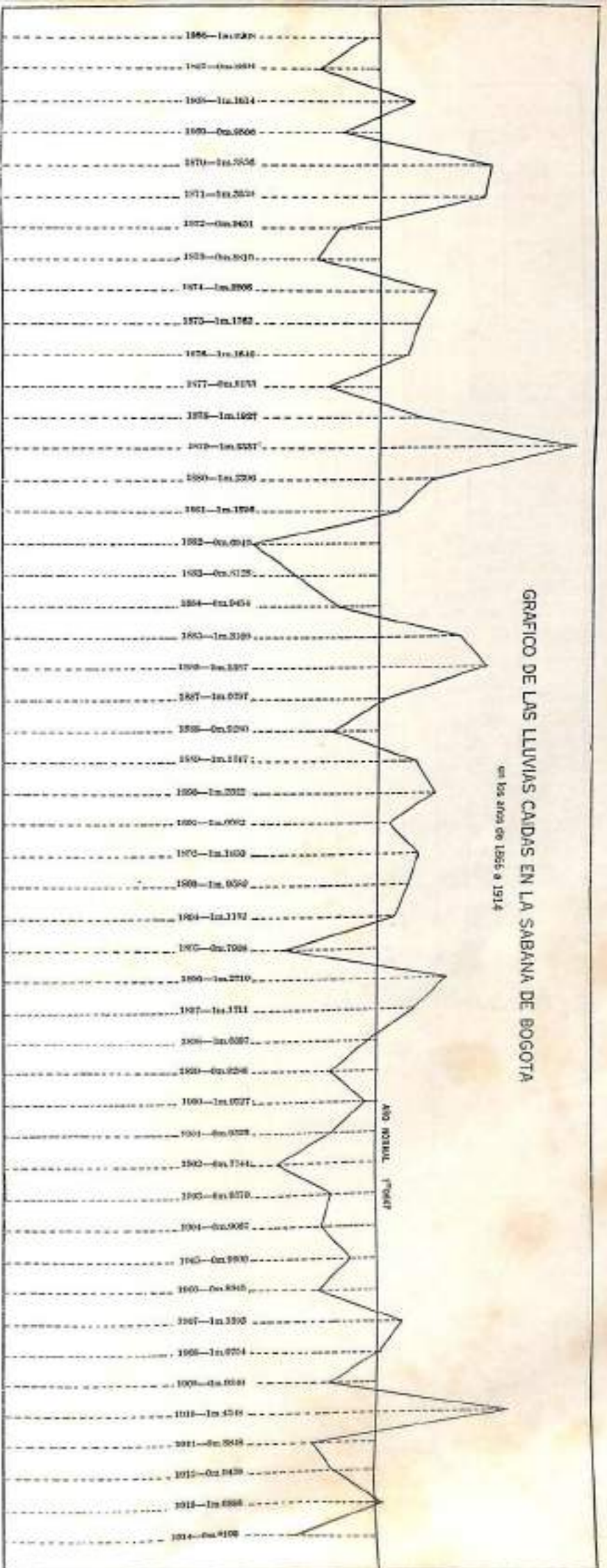
Cúpula giratoria del anteojo ecuatorial. (Observatorio Astronómico)

Anteojo ecuatorial de 200 mm. de apertura y 3 m. de distancia focal. Objetivo Zeiss de dos lentes.

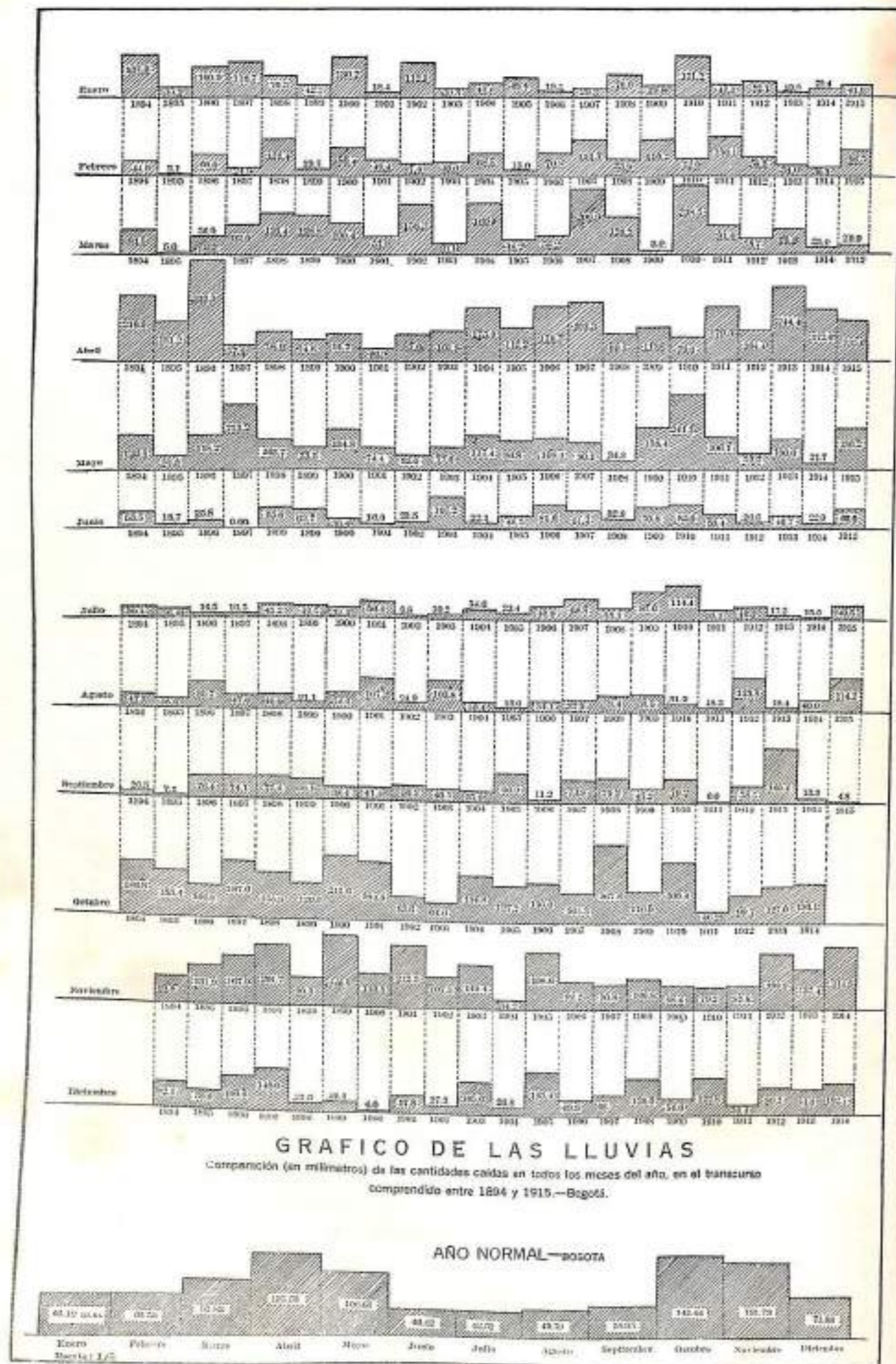


Aclímetro registrador Fuess, con termómetros conjugados. (Azotea del Observatorio Astronómico)





En este gráfico, los datos de la lluvia en milímetros se refieren, de 1866 a 1893, a observaciones practicadas en un lugar de la Sabana de Bogotá, cercano al Observatorio, y de 1894 hasta 1914 a observaciones efectuadas en el propio Observatorio; de suerte que, en rigor, el conjunto de tales datos no puede considerarse como homogéneo. Pero como es necesario extender las observaciones lo más posible en un lapso de tiempo considerable, no se creía en darles igual peso para establecer mejor el año normal y considerar los extremos posibles de máxima lluvia y de mínima seguridad. Naturalmente, que al agregar a este conjunto los datos tomados posteriormente en el Observatorio, desde 1915 hasta 1920, y de ese año hasta el presente, en la Oficina Meteorológica Central de San Bartolomé, se lepararía dar a los valores promedios y extremos una probabilidad más aceptable, según se verá en un escrito posterior de esta Revista. Pero ello no quiere decir que el año normal que figura en este gráfico pueda sufrir mayor alteración, ni que se pueda sacar de los datos pluviométricos de Bogotá información más precisa que la actual, para estudiar las relaciones existentes, entre las anomalías de la lluvia en la Sabana y los ciclos meteorológicos del globo aceptadas hoy por muchos meteorologistas. Claro está, como lo dijimos en otra parte del presente número, que al poseer observaciones continuas pluviométricas, desde los trabajos de Caldas hasta la fecha, hoy se podría, probablemente, llegar al establecimiento de alguna ley al respecto.—Nota de la Dirección.



dos en condiciones análogas, como Tunja, Ubaté, Sogamoso y demás poblaciones colocadas en la parte central de la Cordillera Oriental.

En el cuadro respectivo, se pone de manifiesto que durante el lapso comprendido entre 1866 y 1914 (un espacio de 48 años), el año más seco en la Sabana de Bogotá, es decir, el de menos precipitación, fue el de 1882, al cual corresponde una cantidad caída de 0 m. 695 y el de mayor lluvia, el de 1879, con una precipitación de 1 m. 635. De suerte que la diferencia de 0 m. 939 es casi una vez y media el minimum registrado.

Así, pues, los límites entre los cuales oscila la cantidad de lluvia registrada anualmente, se encuentran tan separados que, juntamente con la ninguna periodicidad (como se ve observando el gráfico respectivo), no permiten prever nada al respecto. A un año seco sucede otro más seco, u otro húmedo; pueden presentarse dos años seguidos con precipitación abundante, o un año muy seco y otro, a continuación de lluvias excepcionales, sin que en esto medie ley de ninguna clase, ni se encuentre período definido. Por estas razones la previsión del tiempo en las altiplanicies y vertientes de la Cordillera, que se encuentren en condiciones semejantes a las de la Sabana de Bogotá, parece prácticamente imposible.

Comprueba esta afirmación el hecho de que registrando en los cuarenta y ocho años dichos, las variaciones de la actividad solar, no se encuentre correspondencia entre los máximos y mínimos de

ésta (mayor o menor superficie manchada del sol), con las precipitaciones acuosas máximas o mínimas.

Según Flammarion, en los años de 1872, 1883, 1893 y 1904, que corresponden al ciclo hallado, de diez a doce años, se debe registrar el máximo de actividad solar, con mínimas correspondientes a los años de 1889 y 1901. Ahora bien, tales máximos de actividad no coinciden en manera alguna, con las mayores precipitaciones, ni los períodos de mínima con los años de menor precipitación; de suerte que, por lo menos, en las altiplanicies de la zona intertropical americana, nada tienen que ver las manchas solares con la precipitación anual. Esta es enteramente caprichosa y no se sujeta a ley ninguna conocida. Ni siquiera se comprueba la existencia del ciclo de Bruckner, de treinta y cinco años.

Conviene advertir que los años de más grandes lluvias y los de mayor sequedad, registrados en la Sabana de Bogotá, concuerdan con los mayores inviernos (épocas de lluvia) y con los grandes veranos (épocas secas) que se registran en los valles grandes, situados entre las cordilleras principales, tales como el valle del Magdalena, en su parte central. En los años de 1879 y 1910 ocurrieron grandes inundaciones, tanto en la Sabana de Bogotá, como en el Tolima y en el Bajo Magdalena.

Considerando ahora la distribución de la lluvia en todos los meses del año, veamos los dibujos que, bajo el título de "Gráfico de las lluvias en Bogotá", ponen de manifiesto las cantidades caídas mes por mes, desde 1894 hasta 1915.

Cuadro que manifiesta las cantidades de lluvia caídas en Bogotá en los años de 1894 a 1915

Años	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1894..	137.2	44.0	81.5	216.9	120.4	53.5	39.4	47.1	20.6	186.8	89.8	82.1
1895..	35.9	2.1	5.0	131.2	50.3	18.7	36.4	35.8	7.1	155.4	131.9	58.0
1896..	100.9	69.0	56.9	333.3	118.2	25.8	16.5	89.7	76.4	106.8	167.9	109.6
1897..	116.7	24.4	92.0	57.0	213.2	00.0	16.5	47.6	74.1	187.0	201.7	140.0
1898..	70.5	121.4	129.4	98.0	103.7	65.0	45.2	49.0	75.4	153.3	90.3	27.5
1899..	42.2	19.5	128.8	74.8	73.5	62.7	42.5	21.1	68.1	120.0	246.3	29.1
1900..	130.2	89.4	100.4	91.7	134.8	30.4	32.4	54.6	39.4	211.6	113.8	4.0
1901..	18.4	49.4	57.9	46.9	74.4	16.0	56.4	107.2	41.4	194.0	212.5	57.8
1902..	112.3	37.4	158.3	87.6	52.0	23.5	9.8	24.9	50.2	83.6	107.5	27.3
1903..	30.3	40.0	31.6	101.8	77.5	107.2	10.2	103.8	40.5	64.0	149.4	105.6
1904..	47.0	68.8	160.6	175.0	117.4	22.1	34.6	30.4	35.0	154.8	34.2	26.8
1905..	63.7	15.0	48.2	112.2	96.8	48.5	23.4	15.0	96.0	127.2	198.6	145.4
1906..	19.5	70.8	58.2	178.7	108.4	81.6	46.9	34.1	11.2	136.0	99.2	49.9
1907..	29.3	113.7	206.9	193.3	90.1	61.2	68.8	37.9	73.8	105.3	90.8	68.2
1908..	76.0	53.9	120.2	89.5	34.8	32.8	38.7	55.4	79.2	267.8	106.8	120.0
1909..	39.8	116.2	9.0	113.8	138.4	70.8	87.6	58.5	47.2	110.9	88.4	54.0
1910..	132.2	52.0	218.5	79.6	241.3	85.0	114.4	31.2	79.2	209.4	79.2	122.8
1911..	47.3	130.1	91.6	179.3	106.1	50.4	35.1	18.5	6.0	46.2	87.8	36.4
1912..	52.1	58.5	53.7	104.4	52.8	26.6	46.1	113.8	58.5	99.7	192.2	89.2
1913..	19.9	34.0	79.2	244.4	100.0	46.7	17.2	18.4	180.4	127.0	137.4	84.0
1914..	29.4	30.3	23.4	172.0	21.7	22.0	13.0	40.0	13.9	136.1	214.8	102.7
1915..	41.6	86.5	29.0	135.0	136.2	66.6	49.5	114.4	4.8	130.0	.....	.....

En esos dibujos las ordenadas representan con la escala de 1/10 la lluvia mensual, en milímetros, registrada en el Observatorio de Bogotá.

Como las cantidades correspondientes al mismo mes, se corresponden en línea vertical, es fácil, a simple vista, comparar un año cualquiera con el

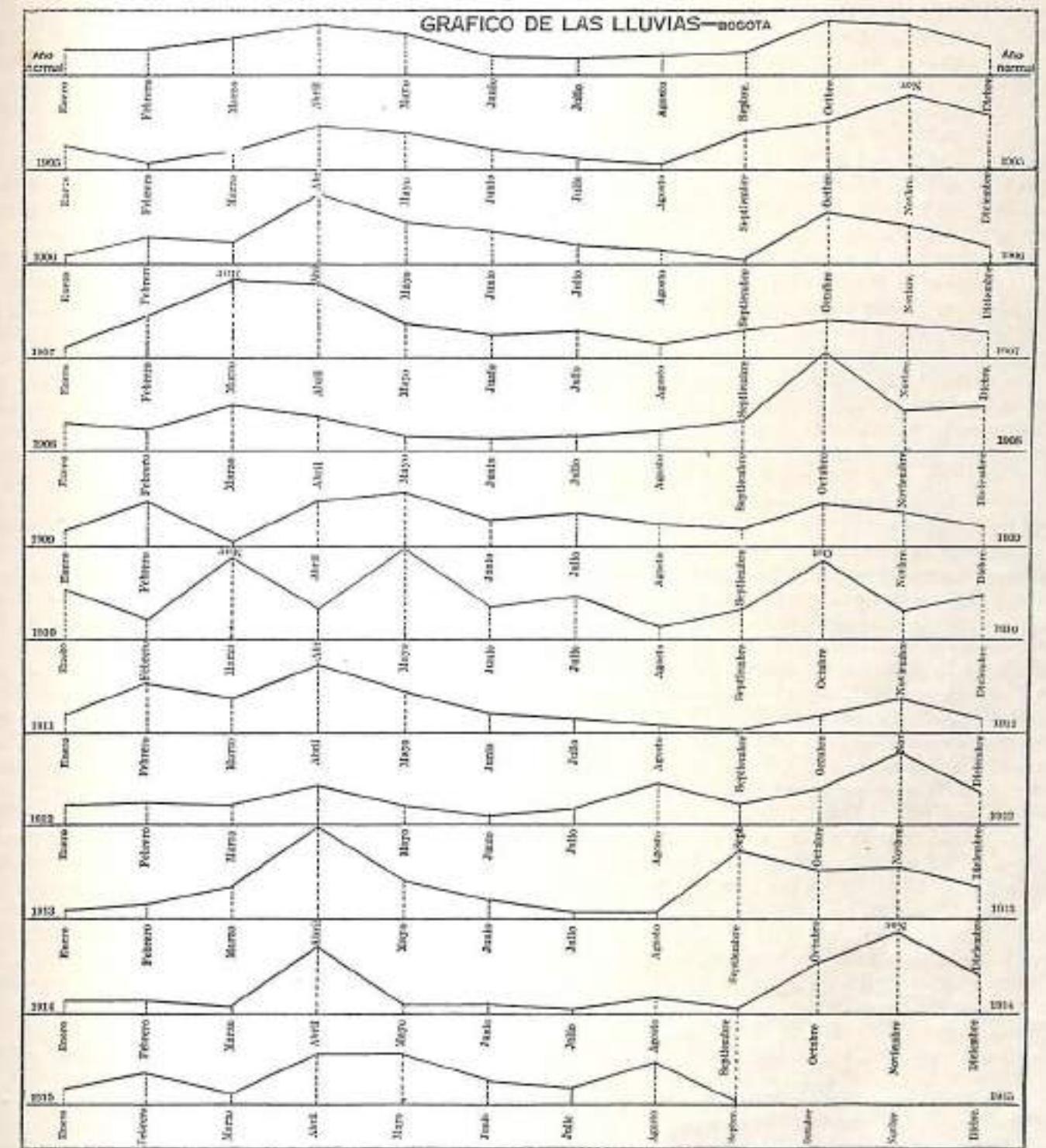
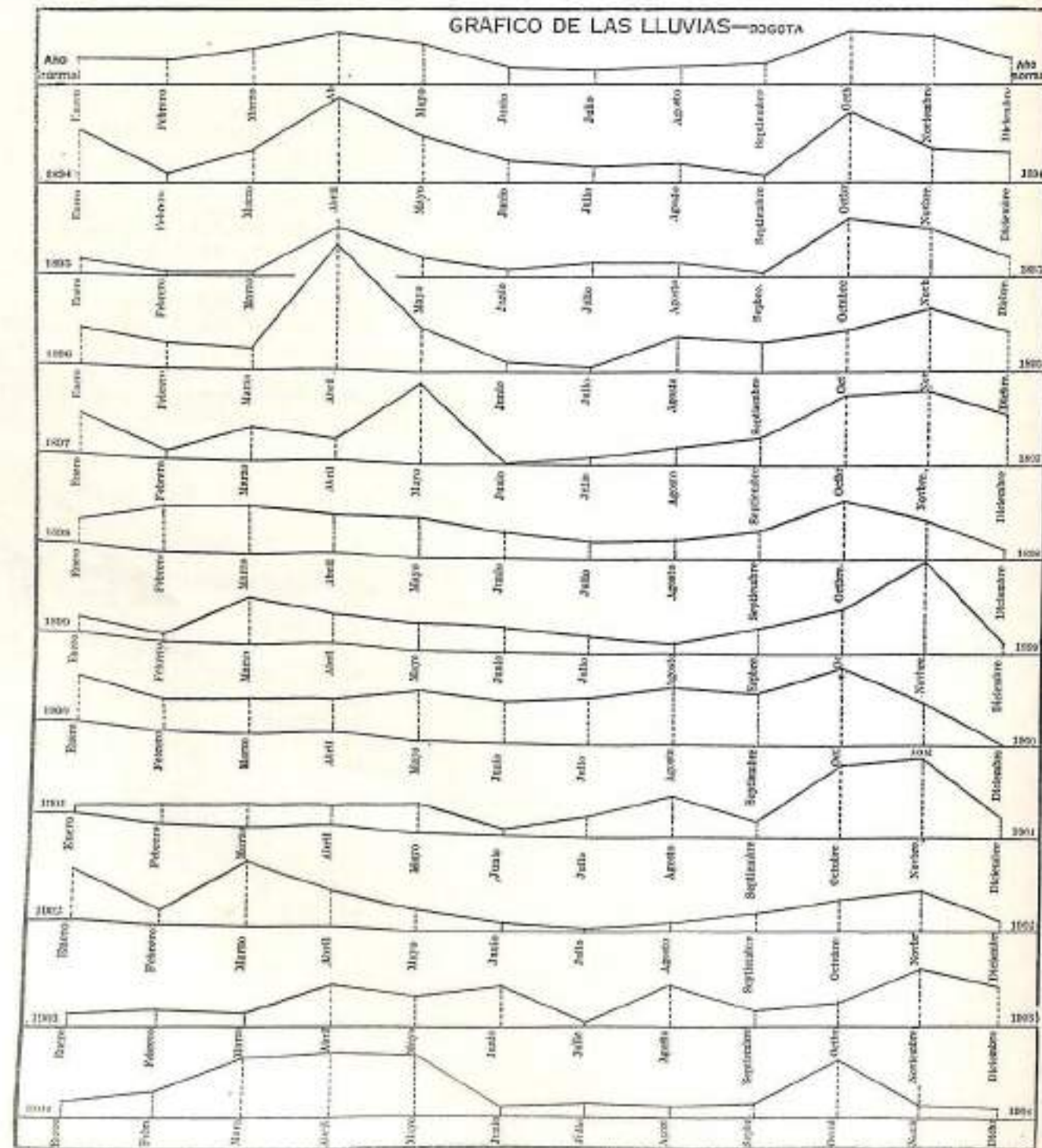
normal, cuya poligonal encabeza el cuadro. El año normal presenta dos estaciones lluviosas y dos secas.

De la inspección de las figuras aparece que es raro el año que en la distribución de la lluvia se aproxime al normal. A veces sucede que se presenta un avance en las estaciones, otras veces que ocurre un retardo y otras, como en el año de 1900 (en que los meses de marzo, abril y mayo fueron de menor lluvia que los restantes del año) en que se invierten las estaciones y se altera completamente el orden de los fenómenos meteorológicos.

Para juzgar de las alteraciones que pueden ocurrir en la distribución mensual de la lluvia, se di-

bujó el "Gráfico de las lluvias (comparación en milímetros) de las cantidades caídas en todos los meses del año, en el transcurso comprendido entre 1894 y 1915". (Página 218).

En el dibujo en cuestión, aparecen claramente marcadas las cantidades caídas en los doce meses del año, desde 1894 a 1915; allí se echa de ver que, si en las precipitaciones anuales hay irregularidad manifiesta, en las precipitaciones mensuales también se presentan irregularidades notables. Por ejemplo, durante los veintidós años a que se refiere el cuadro, el mes de abril varió de un mínimo de 46.9 mm. (en 1901) a un máximo de 333.3 mm. (en



1896); el mes de junio varió de un máximo (107.2 mm.) en 1903 a cero, en 1897. Las oscilaciones mensuales pueden, pues, ocurrir entre los dos límites extremos: 0 mm. y 333.3 mm. Dentro del mismo mes ocurren alteraciones frecuentes, presentándose la lluvia en grandes aguaceros (se han registrado aguaceros torrenciales que han pasado de 50 mm.) o en forma de lloviznas continuas.

Los hechos consignados hasta ahora demuestran, a nuestro modo de ver, que las previsiones que se refieren a la lluvia son infundadas. El mismo doctor Carrasquilla, quien había llegado a creer posible la previsión, por medio de un estudio detenido

de cada localidad, de la distribución de la lluvia, se convenció, después de treinta años de observaciones, de que esto era casi imposible. En 1894 escribía:

"Hasta hoy, por las observaciones practicadas, por el estudio de los cuadros meteorológicos, podemos decir que hay en el año dos estaciones lluviosas y dos secas, y explicarlas; pero de ahí no pasan nuestros conocimientos; al tratar de aplicarlos a determinado día, fracasamos. Para ello sería preciso estudiar mejor la meteorología de cada lugar; fijar con todo rigor la dirección e intensidad de cada viento local, y tener para ello en cuenta to-

das las circunstancias del meteoro que se estudia.

"Hay, sin embargo, datos que sirven para simplificar el problema y que tienden por consiguiente a su resolución. Hemos demostrado con observaciones precisas, que las variaciones de la presión no influyen directamente sobre las lluvias; podemos, pues, prescindir de las variaciones de la presión para el estudio de las lluvias.

"Las fases de la luna, que tanto han dado que decir, no ejercen la menor influencia sobre las lluvias, como ya varias veces lo hemos demostrado. En efecto, examinando los cuadros de observaciones meteorológicas, en que están anotados los días de lluvia y su cantidad, por una parte, y las fases de la luna, por otra, no es posible hallar ninguna relación que permita atribuir a la influencia lunar la causa de las lluvias.

"Podemos, pues, suprimir la influencia lunar en el estudio del problema de las lluvias, y concentrar toda la atención a los vientos, que a su turno son manifestaciones de las diferencias de temperatura que se hacen en la atmósfera. Este es el punto esencial, aquí está la solución del problema. Mientras no se hagan numerosos los observatorios meteorológicos, no se puede esperar nada, porque las observaciones aisladas no permiten llegar a un resultado satisfactorio. Conociendo la dirección del viento en distintas localidades, situadas a poca distancia unas de otras, se podría esperar este resultado; en una sola estación es casi imposible".

Se puede avanzar un poco más la tesis del doctor Carrasquilla, observando que, como la presión atmosférica varía muy poco y el barómetro no sirve, lo mismo que en las zonas templadas, para anunciar cambio de tiempo, en la zona ecuatorial quedan generalmente indeterminadas las relaciones de humedad y condensación en las altas regiones de la atmósfera.

La extremada movilidad de la atmósfera se hace sensible hasta en un recinto cerrado, en donde el aire esté aparentemente en reposo; allí un rayo luminoso pone de manifiesto partículas ligeras en suspensión, que se mueven en todos sentidos con velocidades variables, según corrientes del fluido, que obedecen a variaciones insignificantes de presión, volumen y temperatura. Estas variaciones son pequeñísimas y, sin embargo, pueden influir en la formación y la condensación del vapor de agua. Así, pues, aun en el caso de una atmósfera aparentemente en reposo, cuando el anemómetro no acusa la más ligera brisa, deben existir diversas corrientes que determinan fenómenos de condensación o evaporación, independientes de causas que se puedan registrar con nuestros instrumentos meteorológicos.

Además, una causa que produce un efecto determinado, como el caldeoamiento por los rayos solares de una porción definida de la atmósfera, que origina movimientos del aire circunvecino hacia dicha región, puede producir un efecto contrario, si se interpone la masa de nubes debida a la condensación de los vapores, por enfriamiento en una región más alta. De manera que, aun conociendo sobre la su-

perficie terrestre la velocidad y dirección de las corrientes aéreas, en lugares próximos, como lo quiere el doctor Carrasquilla, nada se puede adelantar.

Por la experiencia que se tiene del clima de la altiplanicie de Bogotá, podemos afirmar que sólo es posible conocer la distribución general de las lluvias (la que figura en los gráficos), siguiendo los movimientos del paralelo de mayor temperatura.

En la zona intertropical el aire caldeado por el sol, cuyos rayos inciden normalmente, se halla en continuo ascenso, y es reemplazado por el más frío que afluye de los hemisferios laterales, formando una faja, móvil con el paralelo de mayor temperatura, y al cual acompaña en su oscilación anual. Esa faja o zona de calmas, como se quiera llamar, es de lluvia permanente, porque el vapor de agua que contiene el aire se condensa hasta la saturación, al ascender a las altas regiones de la atmósfera, por el enfriamiento que allí sufre. El movimiento anual de esta zona de lluvias determina las estaciones, ya indicadas someramente, en las varias regiones del país, con las modificaciones anotadas, que se deben a influencias locales.

Siguiendo esta idea primordial y adaptándola a las condiciones locales de Bogotá, el actual Director del Observatorio, doctor Julio Garavito A., dio la explicación completa del fenómeno de las cuatro estaciones y de las irregularidades que éstas presentan en la Sabana, en un opúsculo que publicó en 1899, bajo el epígrafe de "Clima de Bogotá". Las observaciones practicadas desde entonces hasta la fecha, no han hecho sino comprobar lo afirmado allí por el doctor Garavito.

Por supuesto que, si es inútil pretender un conocimiento completo de la distribución de las lluvias y prever los cambios que ésta pueda sufrir, es conveniente conocer un promedio de las precipitaciones en cada región y las cantidades máximas y mínimas que caractericen su régimen pluviométrico. Utilísimo sería, sin duda, para la agricultura conocer de antemano las épocas de verano o invierno, mas ya que esto no es posible, por lo menos, se debe tener una idea del clima de cada región, llevando un registro pluviométrico en varias regiones del país y una anotación de los vientos reinantes.

Si mes por mes se toman todos los datos recogidos y se colocan en la Carta de la República, es probable que muchas irregularidades queden explicadas dentro de un término de diez años. Ya se conoce completamente el clima de Bogotá, mas falta por determinar el del resto de la comarca, y el medio que indicamos para ello es el más sencillo.

La conducción de una estación pluviométrica es sencilla: puede encargarse de ella a un individuo cualquiera y no requiere mayor atención, sobre todo si se hace uso en ella de un pluviómetro registrador. Una estación pluviométrica debe componerse de un pluviómetro, un anemómetro y una veleta.

En el Observatorio de Bogotá se recibirían, una vez erigido en estación central, al establecerse este servicio meteorológico, los datos referentes a la cantidad de lluvia caída, dirección predominante

del viento y velocidad media del mismo, datos provenientes de regiones diversas y sometidas a influencias locales distintas. Así, tal vez, se llegarían a conocer mejor las perturbaciones en la distribución de la lluvia.

Además de lo dicho, los datos pluviométricos prestan servicios importantes para elaborar los proyectos de irrigación, de acueductos, de canales, etc., en dondequiera que sea necesario conocer la cantidad media de lluvia, en cierto tiempo y las máximas precipitaciones.

Para terminar esta parte del presente estudio, indicamos las poblaciones de la República en donde convendría establecer estaciones pluviométricas, e insinuamos la mejor manera de organizar un Servicio Meteorológico centralizado.

En este sentido se podría, por medio de algún decreto orgánico, disponer:

Primero.—Que el Observatorio Nacional sea Estación Meteorológica central, provista de instrumentos registradores;

Segundo.—Que los Observatorios meteorológicos de Popayán, Barranquilla y Medellín envíen mensualmente a éste, los datos que recojan y la descripción de los aparatos usados;

Tercero.—Que se establezcan estaciones meteorológicas en los siguientes lugares (véase el mapa):

Cartagena, Santa Marta, Riobacha, Valledupar, Chiriguana, Turbo, Quibdó, Magangué, Cúcuta, Manizales, Puerto Berrío, Montería, Aicandí, Honda, Bucaramanga, Tunja, Arauca, Orocué, Támara, Girardot, Florencia, Ibagué, Neiva, Cartago, Cali, Buenaventura, Mocoa, Pasto, Túquerres, Barbaças y Tumaco. (Estas estaciones se reparten así porque creemos que su situación relativa es conveniente, ya por cuanto presentan facilidades para el establecimiento de las estaciones, ya porque dan las condiciones locales de toda la región en donde se encuentran, y

Cuarto.—Que en las estaciones pluviométricas presten el servicio los maestros de escuela, mediante un pequeño sobresueldo, y que la organización del Servicio Meteorológico quede a cargo del Ministerio de Instrucción Pública.

• • •

FIJEZA RELATIVA DE LA PRESION ATMOSFERICA — ALTIMETRIA POR MEDIO DEL BAROMETRO

Para poner de relieve la diferencia esencial que existe entre las variaciones del barómetro en las zonas templadas y en la vecindad del ecuador, copiamos a continuación el cuadro siguiente, debido al doctor Carrasquilla:

Paralelo entre la presión de Bogotá y la de Paris en 1897

MESES	BOGOTA				PARIS			
	Término medio	Mínimo	Máximo	Diferencias	Término medio	Mínimo	Máximo	Diferencias
Enero	560.77	558.56	563.28	4.72	753.98	737.07	770.82	33.75
Febrero	561.17	560.10	563.45	3.35	762.58	742.18	774.49	32.23
Marzo	560.78	560.10	563.28	4.82	754.11	744.24	763.10	18.86
Abril	561.15	559.19	563.58	4.29	754.82	732.23	766.74	34.51
Mayo	561.12	559.18	563.68	4.40	756.63	744.25	766.50	22.25
Junio	561.39	559.23	563.98	4.35	758.92	752.63	763.33	14.40
Julio	561.27	559.19	563.32	4.13	758.49	749.35	765.57	16.22
Agosto	561.41	559.78	563.98	4.20	756.34	749.84	760.57	10.73
Septiembre ..	561.37	559.18	563.58	4.40	758.88	747.95	767.68	19.73
Octubre	560.99	559.18	563.58	4.40	762.03	749.62	768.79	19.17
Noviembre ...	560.20	559.03	561.88	2.85	763.29	745.82	774.54	28.72
Diciembre ...	560.34	558.63	562.48	3.85	753.29	746.94	771.52	24.58
Promedios ...	560.99	559.14	563.29	4.15	757.78	745.17	768.13	22.95

La simple inspección del cuadro anterior, llama la atención por las diferencias tan notables que presenta. Es por eso que el barómetro pierde, en la zona ecuatorial, su importancia como instrumento meteorológico y la gana como instrumento de ingeniería, máxime en países montañosos como Colombia. La altimetría por medio del barómetro de mercurio, del hipsómetro o del barómetro aneróide es mucho menos complicada, en las regiones situadas dentro de los trópicos, que en las regiones de las zonas templadas, donde las observaciones de altura deben ser siempre simultáneas. Así, pues, como lo

había previsto Caldas, el estudio de las variaciones periódicas de la presión atmosférica tiene importancia capital para las medidas de las alturas, en las nivelaciones barométricas, que ordinariamente se emplean para los reconocimientos, pues la regularidad y falta de amplitud en la oscilación periódica de la presión atmosférica permite usar el barómetro como instrumento suficientemente exacto en gran número de aplicaciones de esta clase.

Por estas razones es que una de las principales preocupaciones del Observatorio ha sido determinar muy bien la curva indicadora de las dobles os-

citaciones del barómetro, lo mismo que hallar la altura barométrica completamente corregida. También nos hemos propuesto facilitar, por cuantos medios se ha podido, a los ingenieros del país la confrontación y patronaje de sus barómetros, hipsómetros y aneroides.

En desarrollo de esta idea, durante mucho tiempo se han practicado las observaciones horarias del barómetro, primeramente cada dos horas y cada tres últimamente, para determinar de una manera absoluta las variaciones diurnas y las anuales. Estas observaciones se han hecho con un barómetro de "Fortin", de cubeta, con fondo movable, un tubo de 8 mm. de diámetro y han dado los siguientes resultados, como valores medios, en cerca de veinte años.

Variaciones diurnas:

- 8 horas a. m., 0.561.0 m.m.
- 9 horas a. m., 0.561.2 m.m. (máx.)
- 10 horas a. m., 0.561.0 m.m.
- 12 horas m., 0.560.0 m.m.
- Máxima nocturna, a las 10 p. m., 0.560.8 m.m.:
- 2 horas a. m., 0.559.3 m.m.
- 4 horas p. m., 0.558.8 m.m.
- 6 horas p. m., 0.559.3 m.m.
- 8 horas p. m., 0.560.2 m.m.
- Mínima nocturna, 3 horas 30^m p. m., 0.559.4 m.m.

La presión media, sacada de estos datos, resulta ser de 0.^m 569.1, y debe ser corregida del error índice del barómetro. La determinación de este error índice la hicimos por medio de un catetómetro "Pereaux", arreglado personalmente por nosotros, y que se empleó en determinar la distancia del enlace del mercurio a la división 550^{mm} de la escala. Después de cierto número de lecturas, hechas con todas las precauciones usadas, sacamos como error medio de la escala = 0.35^{mm} = 0.05^{mm} por exceso; de donde se deduce que la presión media verdadera es de 0.^m559.5 o 0.559.8 metros.

Esta altura asignada a la columna barométrica

	Media mensual	Oscilación		Media mensual	Oscilación
Enero	0.55995	2.5	Julio	0.56040	1.9
Febrero	0.56020	2.2	Agosto	0.56025	2.7
Marzo	0.55980	2.3	Septiembre	0.56020	2.7
Abril	0.55995	2.6	Octubre	0.55980	2.7
Mayo	0.56010	2.5	Noviembre	0.55945	2.6
Junio	0.56035	2.1	Diciembre	0.55950	2.5

Este cuadro y el gráfico de las variaciones diurnas muestran cuál es la amplitud máxima de la oscilación. Según esto, los valores anotados por el doctor Carrasquilla son demasiado grandes.

Concluyamos esta parte estudiando brevemente el aparato para corrección de barómetros aneroides, cuyo dibujo se acompaña. Compónese en sus partes esenciales, de una caja de palastro de doble

difiere de la que corresponde, en las tablas de Regnault, a la temperatura de ebullición del agua en Bogotá, según Liévano, en la cantidad de 1.^m126.

La marcha seguida para la reducción de las observaciones del barómetro ha sido la siguiente:

Si B_0 es la altura barométrica, reducida a cero, se pone: $B_0 = B_1 - \epsilon + c - \gamma - \theta$. Fórmula en la cual B_1 es la altura barométrica observada a t' , ϵ es el error índice, determinado como se dijo, c la corrección de capilaridad para un tubo de 8 milímetros de diámetro interno, θ la corrección de temperatura, por dilatación cúbica aparente del mercurio y dilatación lineal de la escala y γ la corrección de la gravedad. Esta corrección ha sido calculada por la fórmula de Clarke.

Pongamos

$$g = \frac{G}{1 + 0.002606 \cos 2l} \frac{1}{1 + \frac{2h}{r}}$$

en la cual g es la intensidad de la gravedad a la latitud l y a la altura h sobre el nivel del mar, G la intensidad de la gravedad al nivel del mar y a la latitud de 45° y r radio de la tierra correspondiente al lugar.

Si llamamos B'_0 la altura barométrica corregida de los tres primeros errores se pone:

$$\frac{B_0}{B'_0} = \frac{g}{G} = \frac{1}{1 + 0.002606 \cos 2l} \frac{1}{1 + \frac{2h}{r}}$$

y como

$$\gamma = B'_0 - B_0 = B'_0 \left[1 - \frac{1}{1 + 0.002606 \cos 2l} \frac{1}{1 + \frac{2h}{r}} \right]$$

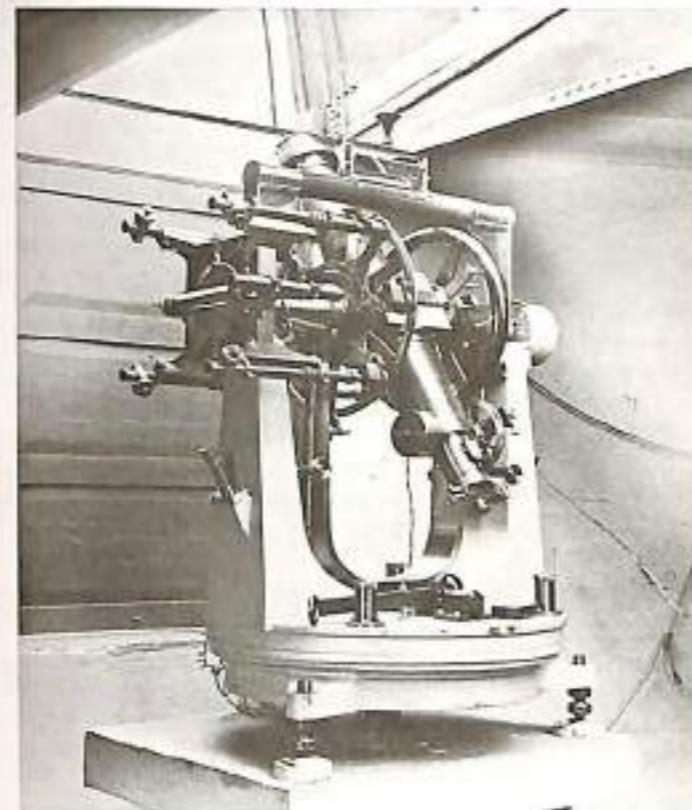
se tendrá, para

$$l = 4^{\circ}35'55''2 \quad h = 2640 \text{ metros}$$

$$r = 6\,378\,000 \text{ metros:} \quad \gamma = 0.0034 B'_0$$

Las oscilaciones anuales, dadas mes por mes, del barómetro corregido, son:

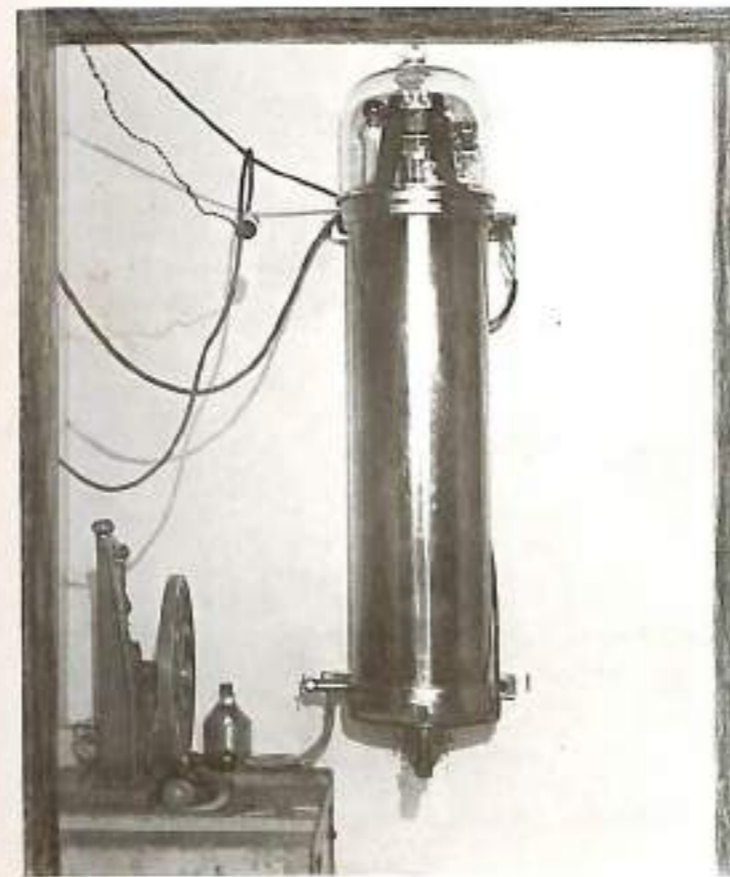
fondo G provista de un aro, al cual se sujeta, entre arandelas de goma elástica, y por medio de fuertes tornillos de presión, un vidrio grueso. En el interior de la caja se colocan los instrumentos que se van a patronar, sobre un soporte de pies de corcho, en el cual se coloca también un termómetro. El tubo T de acceso a la caja, viene de un depósito de palastro D donde se comprime el aire por medio de una bomba de mano B . El depósito está provisto de un manómetro de resorte y de dos llaves, para



Círculo meridiano de "la Filotécnica" de Milán, de 80 mm. de abertura y 90 cm. de distancia focal con micrómetro impersonal (Casilla meridiana, Observatorio Astronómico)



Anteojo de pasos Hayde (tipo Bamberg), con escala micrométrica especial para el método de Talcott. (Observatorio Astronómico)



Péndulo libre, al vacío, de "Shortt", con sus accesorios. Este péndulo está conectado eléctricamente con el que se encuentra en la casilla meridiana. (Observatorio Astronómico)



Péndulo sidereal y aparato radiotelegráfico para el recibo de señales horarias. Casilla meridiana (Observatorio Astronómico)

cerrar o abrir las comunicaciones con la caja o con la bomba de compresión. El tubo 7^a provisto de su llave respectiva, termina en un manómetro de mercurio *M*.

Para elevar gradualmente la temperatura, entre el doble fondo de la caja *C* se calienta agua lentamente por medio del hornillo *H* agua que se puede enfriar por medio de hielo machacado.

La lectura de la columna de mercurio se hace con el catetómetro. Este aparato, así descrito sirve para hacer marcar al aneroide que se ensaya, presiones crecientes desde 560 mm. hasta 800 mm. de mercurio. De centímetro en centímetro, se lee el aneroide y la altura de la columna en el manómetro. Después se lee el barómetro de Fortin, y a la altura barométrica se agrega la manométrica. La suma representa la altura de la columna para la presión indicada, una vez hechas las correcciones de capilaridad, temperatura y gravedad.

La diferencia entre este resultado y la lectura del aneroide, a la temperatura marcada por el termómetro interior, da el error del aparato a esa presión.

CONCLUSION

Una lectura atenta de la presente *Memoria*, en donde he procurado historiar de la mejor manera el desarrollo de los estudios meteorológicos en Colombia, y donde he puesto de manifiesto el estado actual de este Servicio oficial en la República, llevará al espíritu la idea de que en este terreno se presenta un campo de investigación inexplorado aún. Relativamente mucho se ha hecho en este sentido, mas queda todavía gran parte por hacer, tratando de extender los estudios climatológicos a todas las regiones del país que hasta ahora son casi desconocidas para la Meteorología.

El fin práctico de este trabajo es, en consecuencia, indicar la necesidad de ampliar el radio de las observaciones organizando un Servicio Meteorológico Nacional que continúe la obra del Observatorio de Bogotá, siguiendo las indicaciones que en él día son fruto de una experimentación relativamente larga y cuidadosa.

Natural parece, pues, terminar el estudio que presento con el siguiente proyecto de ley, que puede someterse a la aprobación del próximo Congreso:

"1^o—Por el Ministerio de Instrucción Pública se procederá a la organización del Servicio Meteorológico del país, tan pronto como esta ley sea promulgada. Tal organización se hará en detalle, consultando las necesidades de la Nación y la marcha de servicios similares en otras repúblicas americanas.

"2^o—El Director del Observatorio Astronómico Nacional será el Jefe de este Servicio; y en cuanto a plan científico de observaciones, se seguirán desarrollando los métodos empleados hasta ahora por el Observatorio, con las modificaciones que consulten mejor las necesidades de la Estadística agrícola y de la fluviometría del territorio.

"3^o—Por el Ministerio de Instrucción Pública se darán los pasos conducentes a obtener la colaboración eficaz, en esta obra, de los Observatorios Meteorológicos de la Universidad de Antioquia, de los RR. PP. Agustinos de Barranquilla y de la Universidad del Cauca.

"4^o—Por el mismo Ministerio se encargará, mediante un sobresueldo mensual, a los señores profesores de Física de los establecimientos enumerados a continuación, la colección de datos diarios relativos a cantidad de lluvia caída, dirección predominante en intensidad de las corrientes atmosféricas y cambios de temperatura. Estos profesores serán de la Universidad de Cartagena, del Colegio de Boyacá, de la Universidad del Cauca, de las Escuelas Normales de Manizales, Neiva, Santa Marta, Cúcuta, Pamplona, San Gil, Cali y Montería, del Colegio de "San Simón" de Ibagué, del Colegio de "Jesús María y José" de Chiquinquirá, del Colegio de "San Pedro Claver" de Bucaramanga, de la Universidad de Nariño, del Instituto Pedagógico de Tumaco y de las Escuelas Públicas de Quibdó.

"5^o—Por el Ministerio de Obras Públicas se obtendrán datos semejantes y en las mismas condiciones, del F. C. del Pacífico, en Buenaventura; del F. C. de Cúcuta, en Puerto Villamizar; del F. C. de Antioquia, en Puerto Berrio y Cisneros; del F. C. de Puerto César, en Puerto César y Turbo; del F. C. de Puerto Wilches, en Puerto Wilches y Puerto Santos; del F. C. de Girardot, en Girardot y La Esperanza; del F. C. de La Dorada, en Honda y La Dorada.

"6^o—Se establecerán Oficinas Meteorológicas especiales, que tomen diariamente los mismos datos, en Calamar del Vaupés, Mocoa, Arauca y Riohacha.

"7^o—Los empleados del Servicio Meteorológico en Riohacha, Calamar del Vaupés, Mocoa y Arauca, dependerán de los Jefes Políticos de cada lugar y devengarán del Tesoro Nacional un sueldo equitativo.

"8^o—Los pluviómetros y termómetros usados por los encargados de coleccionar los datos meteorológicos, serán suministrados por el Observatorio Nacional bajo un patrón rigurosamente uniforme.

"9^o—Cada ocho días se remitirán a la Oficina Meteorológica Central los datos recogidos, sin perjuicios de comunicar telegráficamente aquellos fenómenos (tempestades, súbitos cambios de temperatura, granizadas, etc.) que requieran un registro especial.

"10.—En Bogotá, Medellín, Barranquilla y Popayán, donde existan Observatorios meteorológicos ya organizados, se registrarán las variaciones del barómetro a horas determinadas.

"11.—Todos los datos recogidos en el país serán dispuestos dos veces al mes, por la Oficina Central del Observatorio, en cartas y gráficos convenientes, según las últimas Convenciones Meteorológicas. Estas cartas, gráficos, cuadros respectivos, etc., junto con las observaciones practicadas en Bogotá sobre el actinómetro, la superficie solar y el potencial eléctrico, verán la luz pública en un "Boletín Men-

sual del Observatorio Nacional", editado en la Imprenta Nacional y que se enviará a todas las capitales de los Departamentos, a los Institutos de Agricultura, a las Empresas de Navegación, a las Compañías de Seguros Agrícolas, etc., y se canjeará con todas las publicaciones similares del Exterior.

"12.—El Director del Observatorio Nacional tendrá bajo su inmediata dependencia un ingeniero graduado encargado de la ordenación de datos, dibujo de los gráficos respectivos, organización de las observaciones, patronamiento de los aparatos, publicación del Boletín, etc., etc.

"13.—Los nombramientos en el ramo del Servicio Meteorológico se harán por el Ministerio de Instrucción Pública, de ternas presentadas por el señor Director del Observatorio.

"14.—Los empleados del Servicio Meteorológico y los Institutos que remitan datos al Observatorio gozarán de franquicia telegráfica y postal.

"15.—Los gastos que ocasione el cumplimiento de la presente ley serán de cargo del Tesoro Nacional y quedan incluidos en el presupuesto en vigencia, etc."

Las siguientes razones motivan la presentación de este proyecto de ley que, como se dijo, es de importancia notoria para el progreso industrial y agrícola del país:

1º En el artículo 1º del proyecto se enuncia claramente. Esta razón es de peso, si se considera que no debe tardar el día en que se convoque a una Conferencia Internacional Meteorológica, en alguna de las repúblicas hispanas. Vergonzoso sería para Colombia aparecer con las manos vacías en un certamen de trascendencia, cuando todos los países

han organizado u organizan en la actualidad su Servicio Meteorológico, y cuando, precisamente, en el privilegiado territorio de Colombia, tuvo origen la ciencia meteorológica, con las observaciones de Humboldt, Boussingault, Bourdon, Gaudot, Roulin y otros (entre ellos Caldas).

2º Los datos meteorológicos que se han tomado en Bogotá, desde el tiempo de Caldas, y en Medellín, Barranquilla y Popayán, en épocas recientes, son elementos aislados que a lo sumo hacen conocer el clima de cada localidad, con las leyes a que obedecen sus variaciones, pero que nunca permitirán verificar el conocimiento del clima general del país, ni mucho menos prestar servicio efectivo a la agricultura nacional.

3º Las estadísticas agrícolas, que hoy sirven en todo el mundo para las Compañías de Seguros, prestando a la agricultura inmensos servicios con un ramo especial de seguro, tienen su fundamento en las estadísticas meteorológicas y en el conocimiento de los climas regionales.

4º En muchas circunstancias, las empresas de acueductos urbanos, las compañías de navegación fluvial; las empresas de canalización; las sociedades de agricultura, etc., necesitan indispensablemente de las estadísticas meteorológicas. Esta necesidad se hará sentir de una manera imperiosa cuando se organice un servicio de irrigación eficaz, se extiendan los cultivos de secano y la agricultura nacional, abandonando procedimientos rutinarios, deje de ser un juego de suerte y azar.

5º El establecimiento del Servicio Meteorológico en Colombia será útil a la Meteorología universal, pues contribuirá al mejor conocimiento de las leyes que rigen los fenómenos meteorológicos en las regiones equinocciales.

PROBLEMAS ACTUALES DE LA ANTROPOLOGIA

JOSE PEREZ DE BARRADAS

Director del Museo Prehistórico Municipal de Madrid-España
y Arqueólogo del Ministerio de Educación-Bogotá.

(Conclusión)

PROBLEMAS ACTUALES DE LA ARQUEOLOGIA

I.—Mundo Antiguo

A pesar de todos los ataques de que fue objeto por sus contemporáneos, el tipo característico de los arqueólogos del final del siglo pasado fue Schlieman. Todos eran como él: románticos, apasionados, llenos de entusiasmo para arrostrar dificultades y para soportar una vida dura. Pero al mismo tiempo de este heroísmo, el desconocimiento de la técnica ocasionó la destrucción de mucho de aquello que se anhelaba salvar y conocer.

El progreso actual de la Arqueología no es otra cosa que el fruto de los adelantos de la técnica de las excavaciones y del método de trabajo. Lo esencial no es sacar objetos bonitos de la tierra, sino el saber cómo estaban colocados. Las circunstancias del hallazgo son de tal importancia, que, por muy hermosa que sea una pieza arqueológica, carece de valor científico si se ignora la procedencia y su situación.

La principal atención de un excavador debe ser deslindar los distintos estratos arqueológicos y reconocer su situación para evitar la mezcla de objetos de distinta edad, pues es sabido que los procedentes de las capas inferiores son más antiguos que los de las superiores. Pero hay que tener presente que esta superposición estratigráfica no siempre es paralela, sino que puede ser angular, o en bolsadas o en relleno de grietas. La excavación de una ciudad o de poblados prehistóricos puede revelar restos de otros más antiguos e igualmente las necrópolis. En los poblados se han podido reconocer las huellas de los postes de madera carbonizados por las manchas negras del terreno; se ha llegado a saber de qué madera eran por el estudio microscópico. Se han estudiado los pozos de las vasijas y se ha llegado a saber su contenido. El arqueólogo moderno no se precipita en limpiar las vasijas, puesto que considera más interesante saber su contenido que su forma y decoración.

Era queja corriente de las excavaciones el hallazgo de objetos de hueso, madera, metal o tejidos que se deshacían al tocarlos. Ahora se poseen elementos para salvar todas estas piezas. Citaremos como ejemplo, que en las magistrales excavaciones, tanto por la técnica como por los hallazgos, de la tumba de Tutankamen se logró salvar hasta un ramo de flores, ofrenda que se hubiera deshecho con un simple soplo.

El fin de los arqueólogos antiguos era lograr el mayor número posible de piezas para enriquecer las colecciones de los museos o las privadas; hoy se excava y se restaura al mismo tiempo; se deja sobre el

terreno lo más posible y se reconstruye el monumento de tal forma que puede decirse que se le vuelve a la vida. Sirvan de ejemplo las modernas excavaciones de Pompeya en que todo hallazgo, lo mismo los frescos, que el mobiliario, que los esqueletos, quedan en el lugar que han sido hallados, previa restauración, sin que una sola pieza pase a enriquecer las colecciones del Museo de Nápoles.

Esto trae consigo un trabajo de excavación lento pero ordenado. Poco importa que se empleen los nuevos medios de movimiento de tierras en niveles absolutamente estériles, pero no se deja de anotar ningún detalle, puesto que pudiera ser importante después. Puedo citar ejemplo: excavaba yo una necrópolis visigoda en San Pedro de Alcántara (Marbella, Málaga), situada cerca del mar, apercibí que en unas sepulturas aparecía una capa pequeña de arena fina de playa que sólo pudo infiltrarse allí acarreada por el agua. Más adelante supe que en un marremoto, una ola gigantesca arrasó todas las poblaciones del litoral, entre ellas aquella cuya necrópolis excavaba. Y una capa de arena insignificante me dio la clave, mejor que los objetos, para separar los sepulcros anteriores y posteriores a la fecha citada.

La Arqueología en Europa ha dejado de ser capricho de diletantes desocupados o presa del vendedor de antigüedades, guiados unos por vanidad personal y otros por lucro, para pasar al rango de ciencia, que requiere un largo y penoso aprendizaje universitario. Pero lo más curioso es que estos elementos acientíficos son los que por ignorancia niegan a la Arqueología el rango de ciencia y la consideran como un conjunto de hipótesis y de fantasías. La audacia de su ignorancia no les permite creer que haya algo más de lo que han sabido por cuatro libros anticuados —de divulgación literaria la mayoría de las veces— y mal digeridos. Ni museos, ni cátedras, ni centros de investigación, ni una copiosa bibliografía de libros y revistas existen para ellos y menos aún una serie de hechos fundamentales a que hay que atenerse. Nuestros conocimientos sobre el desarrollo prehistórico del mundo antiguo podrán ser modificados en detalle, pero sus grandes líneas fundamentales pueden considerarse como firmes y seguras.

* * *

No se sabe con entera seguridad en qué fase geológica apareció el hombre sobre la superficie de la tierra, pero los estudios más modernos permiten afirmar que sus primeros vestigios coinciden con los albores del Cuaternario, o, más concretamente, con la primera glaciación. No hay hasta la fecha ninguna prueba segura sobre el hombre terciario.

El Cuaternario, que es la última fase de la historia geológica de la tierra, se caracteriza por la alternancia de cuatro periodos glaciales con tres interglaciales. En aquéllos hubo un enfriamiento general, según la teoría de Penck, o alternativo, según la de migración de los polos, de Wegener. En Europa los hielos descendieron de las montañas 1.200 metros por debajo del nivel actual y los hielos polares avanzaron considerablemente. Con estos periodos glaciales hubo una fauna fría de renos, gamuzas, toros almizclados, leming, etc., es decir, de animales polares, alpinos o esteparios. Muy característicos del Paleolítico superior fueron el mamuth y el rinoceronte tichorrino. Ambos animales tenían una gruesa capa de pelo que los resguardaba del frío.

Por el contrario, en los periodos interglaciales el clima era cálido en Europa, parecido al actual de las estepas sudanesas. En Europa vivieron entonces elefantes, parecidos al actual africano pero de 5 metros de altura, rinocerontes, hipopótamos, bisontes, ciervos, jabalíes, caballos y toros salvajes y otros muchos animales cuya caza fue la base de la alimentación humana.

La fase más antigua de la cultura humana es el Paleolítico, o sea la Edad de la Piedra tallada, que se caracteriza, en oposición al Neolítico (Edad de la Piedra pulimentada) porque la industria era de piedra tallada, hueso, asta o marfil y se desconocía la cerámica, la agricultura y la ganadería. El hombre era nómada y cazador. Del Paleolítico se hacen dos grandes divisiones: el Paleolítico antiguo o inferior, y el Paleolítico reciente o superior.

En el comienzo de esta fase, o mejor aún, en el primer período interglacial se pueden distinguir en el Viejo Mundo dos grandes culturas humanas, las cuales ocupaban regiones claramente delimitadas. En el N. de China, Siberia y el N. de Europa se desarrolló una cultura de lascas, o sean porciones pequeñas de piedra, generalmente de sílex, con caracteres indiscutibles del trabajo humano, y que sirven de base para la talla de los verdaderos instrumentos. Al mismo tiempo, en el S. del Himalaya y de otros macizos del Centro de Asia, del Cáucaso, montañas bálticas y de los Alpes, hubo una cultura que tenía como elemento típico el hacha de mano tallada en piedra. Al primer grupo pertenecen las culturas cromeriense, elactoniense, languedoniense, levalloisiense, tayaciense y musteriense, y al segundo las chelense, achelense y micoquiense. La invasión de los hielos en las glaciaciones sucesivas trajo consigo la migración de las culturas de lascas hacia terrenos meridionales.

Al grupo de las culturas antiguas de lascas pertenecen, por una parte, el *Sinanthropus pekinensis*, descubierto en Chou-kou-tieng (cerca de Peking, China) con una industria de asta, hueso y piedra llamada por el profesor H. Breuil *Chou-kou-tiense*; y por otra el *Homo heidelbergensis* hallado en Mauer, cerca de Heidelberg (Alemania). Se trata de una mandíbula primitiva, aparecida a 24 metros de pro-

fundidad con fauna correspondiente al segundo período interglacial, o, según los nuevos puntos de vista, al primero.

Con este primer período interglacial coincide el desarrollo del Chelense (llamado así por ser su localidad típica la de Chelles (Seine-et-Marne, Francia). La fauna contemporánea es la propia de clima cálido. Los instrumentos característicos son las hachas de mano de piedra, talladas a grandes golpes, de forma de almendra, apenas sin retoques y con bordes sinuosos.

Del Chelense se deriva la etapa siguiente, el Acheulense (su nombre deriva del de Saint-Acheul, alrededores de Amiens, Francia), que cronológicamente corresponde una parte al segundo período interglacial y otra más moderna al tercero. Tiene el Acheulense como elemento cultural característico el hacha de mano finamente trabajada, de bordes rectos y de forma elegante. Entre los escasos restos humanos de este tiempo se destacan los del *Boanthropus Dawsoni*, descubiertos en Piltdown (Inglaterra), que ofrecen como característica el tener una bóveda craneana parecida a la del hombre europeo actual y una mandíbula inferior muy primitiva y semejante a la del chimpancé.

Derivada de las culturas más antiguas (Tayaciense) se extendió por Europa, al final del tercer período interglacial, obligada por el progresivo desarrollo de los hielos de la última glaciación, la cultura musteriense llevada por hombres de la raza de Neandertal (*Homo neandertalensis*). De éste se conocen numerosos esqueletos completos y bien conservados por los cuales sabemos que tenía caracteres arcaicos: era robusto, con hocico saliente, arcos superciliares muy desarrollados, frente huida, mandíbula sin mentón, etc.

Culturalmente el Musteriense se caracteriza por la industria de piedra de pequeño tamaño y fino trabajo y retoque. De este tiempo se conocen ya las primeras sepulturas; comienzan las manifestaciones artísticas y el trabajo en hueso. También empezaron entonces a utilizarse las cuevas como viviendas; antes se prefirieron las márgenes de los ríos.

Con la última invasión de los hielos que cubrieron casi toda Inglaterra, Holanda, Escandinavia, N. de Alemania, tres cuartas partes de Rusia y enormes extensiones de Siberia, coincide el desarrollo de las culturas del Paleolítico superior. Hubo en sus comienzos la invasión de la cultura aurifiaciense portada por raza más perfecta, claramente ya humana (las anteriores son antropinas y homoninas), procedente del Asia, que se extendió por Europa por el valle del Danubio y por la costa mediterránea del norte de Africa. Mientras que las culturas del Paleolítico inferior pueden ser consideradas como primitivas, las del Paleolítico superior hay que interpretarlas de acuerdo con el profesor O. Menghin, como pertenecientes al círculo cultural totemista o de la gran caza. El Aurifiaciense presenta grandes adelantos en el armamento y en la industria. Se hacen puntas de flecha e instrumentos de pequeño tamaño

y de fino trabajo, en piedra y especialmente en hueso y hasta en marfil. Con estas materias se labran las primeras estatuillas, que representan con frecuencia mujeres gruesas que hay que interpretar como figuras de una diosa de la fecundidad. Con el Aurifiaciense comienza el arte rupestre, primero en simples dibujos lineales y signos, y después en sencillas figuras de contorno que representan animales o seres míticos semibestiales y semihumanos. La magia hace su aparición y todo anuncia una raza y una cultura más fecundas, puesto que dan nacimiento a variadas formas regionales.

La teoría ologenética, a la que hemos hecho referencia en el escrito anterior, nos explica mejor que ninguna el por qué dentro del territorio europeo hubo durante el Paleolítico superior, no una raza indiferenciada, sino tipos humanos de razas negroides, esquimoides y europoides, antecesoras de las razas puras, pero todavía con los caracteres típicos atenuados. La renombrada raza de Cromagnon, sobre cuya repartición geográfica tanto se ha exagerado, era de gran talla, de cráneo dolicocefalo, de cara baja y protoeuropoide.

En Europa Central el desarrollo de la cultura aurifiaciense se ve cortado por el desarrollo de la cultura solutrense, que se originó en Hungría y que se propagó hacia Francia y España. Este solutrense, que carece al parecer de arte, tiene una industria de piedra de talla maravillosa. Las piezas más típicas son hojas finas en forma de hoja de laurel o de sauce, talladas y retoçadas con esmero, y que sirvieron como puntas de flecha y azagayas.

Esta invasión no tuvo arraigo, pues en focos montañosos de los Pirineos, grupos aurifiacienses dieron origen a la cultura magdalenense de las cuevas de Cantabria y del S. de Francia. En la industria adquiere su máximo desarrollo el trabajo del hueso, pero lo más notable es el florecimiento artístico.

Notables son las pequeñas obras de arte, ya en forma de esculturas, ya de grabados sobre toda clase de utensilios, y de extraordinaria perfección artística, como por ejemplo, la cabecita de caballo relinchiando de la cueva francesa de Mas-d'Azil que puede colocarse al lado de los caballos del frontón del Partenón ateniense.

Pero más aún: la cumbre artística la alcanzan los grabados y la pintura rupestres. El artista, perdido en la oscuridad de las cuevas que apenas podía disipar con una lámpara de grasa, trazaba con un buril de sílex sin titubear, siluetas perfectas de animales salvajes, en las que no se sabe qué admirar más, si la perfección de la línea o la gracia con que se ha sabido captar la silueta del animal. Pero en ocasiones, además de la línea, se ha modelado el cuerpo del animal con color, se ha acertado en el juego de sombras por raspado y difuminado, y se ha alcanzado el alto nivel artístico de las figuras de ciervos, jabalíes y bisontes del gran techo de la cueva de Altamira, que ha sido llamado por el gran prehistoriador J. Déchelette "la Capilla Sixtina del Arte Cuaternario". Solamente el que esté ciego para apreciar

la belleza del arte de todos los tiempos podrá despreciar esta maravilla, tan valiosa para el tesoro artístico de la humanidad como el gran templo de Luxor como el San Marcos de Venecia, o como los Caprichos de Goya.

Sin embargo, justo es advertirlo, el gran arte rupestre cuaternario no es debido a ideas puramente decorativas, sino que es fruto de la magia. El hombre grababa o pintaba en las cuevas los animales que deseaba cazar y realizaba una serie de conjuros con el fin de tener el éxito deseado en la cacería.

Tanto en Asia como en Africa se desarrollaron en el Paleolítico culturas distintas de las europeas, especialmente en el Paleolítico superior. En Siberia aparece una industria de piedra de reminiscencias musterienses pero con útiles de hueso; en Palestina, del Aurifiaciense típico se pasa a una industria de piedras de pequeño tamaño con obras de arte llamada Natufiense; y en Egipto los sílex diminutos de la cultura Sebiliense se combinan hacia el final del Paleolítico con morteros de piedra y hogares.

El desarrollo prehistórico del Sahara y de los territorios de Túnez, Argelia y Marruecos ha sido estudiado con detalle y gracias a los trabajos de conjunto de mis buenos amigos el director del Museo del Bardo (Argel), M. M. Reygasse y del abate Henry Breuil, profesor del College de France y del Instituto de Paleontologie Humaine de Paris, tenemos conclusiones muy firmes.

Las primeras culturas de hachas son iguales a las de Europa, pero después se origina el Acheulense una cultura de hojas finas talladas por ambas caras, pero diferentes a las solutrenses. La invasión de los musterienses hace que esta cultura, llamada Sbaikiense, efectúe su migración hacia el Desierto, que entonces era una región fértil. El Musteriense dio origen a otra cultura peculiar del N. de Africa, llamada Ateriense, que con anterioridad a la invasión aurifiaciense se propagó por estas regiones desde su foco originario, que parece ser el Sahara. Pero después fue obligada a refugiarse en el Desierto para mezclarse con la Sbaikiense y originar una cultura mixta y por lo tanto vigorosa, llamada provisionalmente Sbaiko-Ateriense. La industria en que los tipos de ambas culturas aparecen mezclados, se propagó, por una parte, por la Península Ibérica, pues sus huellas se encuentran en los yacimientos paleolíticos de Madrid y en el Levante español, y por otra, se siguen sus huellas por Abisinia y Africa oriental hasta el Sur del Continente Negro.

Pero lo más curioso es que probablemente corresponde a esta cultura otro arte rupestre de carácter naturalista, distinto del de las cuevas franco-cantábricas y del que se encuentran manifestaciones en regiones tan apartadas como los dos extremos de la migración sbaiko-ateriense. En ambos lugares las pinturas —los grabados son raros— aparecen en rocas al aire libre, apenas protegidas de los agentes atmosféricos por ligeros salientes de las peñas y representan animales aislados, pero también figuras humanas, que faltan en el arte franco-cantábrico, y

escenas de caza, guerra, danzas, etc. Por lo que respecta al arte levantino, su edad es seguramente cuaternaria. Es arte de línea y movimiento con audacias que pudieran pasar por modernistas. Los animales, de pequeño tamaño por lo general, están representados en la carrera y en el salto, así como en posiciones escorzadas de fino sentido estético. Lo mismo sucede en las figuras de guerreros y de cazadores, que llevan marcados sus armas y adornos y que aparecen corriendo al vuelo o disparando sus arcos. Aparecen danzas ceremoniales, como la de Cogul (Lérida) en la que nueve mujeres con torso desnudo y faldas acampanadas que parecen bailar alrededor de un cazador desnudo, o simples escenas de la vida corriente, como la madre con su hijo, de la roca de Minateda (Albacete). En realidad, no se pudo soñar siquiera hace treinta años en que algún día se pudiera lograr — como dice mi maestro el profesor H. Obermaier — una información gráfica del hombre fósil, debida a él mismo.

El arte rupestre del S. de Africa, impropioamente llamado bosquiman, ofrece las mismas características del arte levantino. Como él es arte sensorial, de representaciones de animales, aisladas o combinadas con figuras humanas. Se han resuelto con éxito problemas de perspectiva como los animales con la cabeza vuelta o vistos de espaldas. La policromía da a estas figuras caracteres de modernidad inaudita, tanto por la gracia de la línea como por la sensación de movimiento.

Las escenas de caza y de guerra son notables en extremo, como sucede por ejemplo en el cazador, que disfrazado de avestruz se acerca a un grupo de estas aves corredoras de la roca de White Bergen ("Colonial Native Review", El Cabo), o la gran lucha por un rebaño de ganado del abrigo Christol (El Cabo).

Es casi segura la relación de las etapas más antiguas de este arte con la cultura sbaiko-ateriense, de la cual se han encontrado huellas con el mismo arte rupestre en la región del Tanganika y en Abisinia, pero, sin embargo, puede dudarse de que esta cultura haya llegado al extremo meridional africano en época cuaternaria. Es posible que el arte rupestre llamado bosquiman haya comenzado en la época geológica actual y que haya perdurado hasta el siglo pasado. No puede afirmarse con seguridad la raza del pueblo sbaiko-ateriense, pero sí se piensa que el hombre fósil de Asselar se relaciona con el esqueleto negroide de Grimaldi por un lado, y por otro con los otentotes, es factible que fuese una raza diferenciada protobosquimana-protonegroide.

Falta por mencionar todavía la cultura capsense, que tiene su origen en la región de los schotts argelinos, que produjo una industria de instrumentos microlíticos y que se propagó por Africa y el S. de Europa, al final de la época cuaternaria.

* * *

Al retirarse los hielos cuaternarios hacia su posición actual, tanto en los casquetes polares como en las altas montañas hubo cambios climáticos que tu-

vieron gran importancia para el desarrollo y migraciones de la cultura humana. Más que un tránsito gradual al clima actual hubo una serie de oscilaciones, registrándose épocas más cálidas que ahora, otras más frías, unas más secas y otras más húmedas. Unas y otras no fueron generales para toda la tierra, sino locales. De todos modos, a partir de entonces fue cuando se aclararon las selvas y se desecaron los desiertos.

Es muy posible que el cambio climático determinó que el hombre dejara de ser exclusivamente cazador y que la mujer, a quien estaba encomendada hasta entonces la recolección de vegetales, descubriera la agricultura. Lo cierto es que desde el Epipaleolítico, etapa de tránsito entre el Paleolítico y el Neolítico, la vida humana se asienta sobre nuevas bases económicas y se desarrollan las culturas hortícola-matriarcal y la de los pastores nómadas.

El desarrollo se hizo en unas partes sumamente rápido, especialmente en Mesopotamia y en Egipto, donde en el transcurso de pocos siglos se pasó a la creación de los grandes imperios históricos, basados en la agricultura del arado y en la cría de animales domésticos.

Las grandes excavaciones realizadas en Oriente tienen extraordinario interés no sólo para la historia sino también para la prehistoria europea. Son la base firme de la cronología absoluta, en la cual la tendencia general es la reducción de fechas. Así, no parece cierto que el calendario en Egipto comience en el año 4241 a. de J. C., sino en el solsticio siguiente de Sirio, o sea en el año 2776 a. J. C.

En Mesopotamia aparecen profundas estratos prehistóricos en todas las grandes ciudades. Tanto en Babilonia como en Lagasch, Ur y Susa se encuentran indicios de una población con hachas de piedra pulimentada y cerámica tosca que poco a poco se perfeccionan. Los estilos de la cerámica pintada florecen y se propagan tanto hacia la India, donde se ha excavado en Mohenjo-Dhara y Harappa, ciudades pre-arias en relación con Sumeria y Susa, como hacia Occidente. En la ciudad prehistórica de Mohenjo-Dhara ha aparecido el cráneo mongoloide más antiguo que se conoce. Hacia occidente las relaciones de comercio, a base de cerámica, de materias preciosas, de oro y de cobre, que son los primeros metales que empleó el hombre, se extienden como anillos de una cadena desde Mesopotamia a Palestina, Anatolia, los Estrechos, Beocia, Tesalia y el valle del Danubio.

Por otra parte, Egipto con sus primeras culturas del Badari, Tesa y del Fayún, nos da clave cronológica de todo el Mediterráneo, puesto que hay cultura predinástica del Nilo que proviene del Sahara y de cuyas migraciones en todos sentidos, es causa de la sucesiva desecación de este desierto. La cultura del Sahara, correspondiente a pueblos camitas, deriva de la sbaiko-ateriense cuaternaria que se propaga por Egipto hasta Nubia por Occidente hasta Canarias y por el Norte por la Península Ibérica, donde constituye la llamada cultura de Almería. Hay la teoría de que las tumbas protodinásticas llamadas

mastabas derivan de los sepulcros megalíticos de Africa del Norte.

A pesar del reconocimiento de estas relaciones del mundo prehistórico con Oriente ya no se cae en el error antiguo de atribuir a él toda la cultura. Europa en el Neolítico estuvo ocupada por tres grandes círculos culturales: el nórdico, el del Danubio y el occidental, en los que se reconocen una serie de culturas locales.

El primero ocupa Escandinavia y el Norte de Alemania y se caracteriza por los sepulcros megalíticos hechos con grandes piedras y la cerámica incisa de formas y decorados característicos, sobre los cuales no podemos ocuparnos aquí. La del Danubio ocupa esta gran cuenca fluvial con derivaciones hacia el Sur y Occidente. Los esqueletos están acurrucados en fosas; los poblados fortificados y la cerámica de espirales y meandros son sus notas características.

De la cultura occidental, que tiene formas locales variadas, no podemos ocuparnos más que de las de la Península Ibérica. Aquí en el Neolítico pleno tenemos una cultura de sepulcros megalíticos que desde Portugal se ha propagado por Andalucía, Galicia y la costa cantábrica; otra que ocupa el centro de España desde Gibraltar hasta los Pirineos cuyo elemento cultural característico es la cerámica incisa, especialmente el vaso campaniforme que se propagó después por toda Europa occidental, oriental y central; y, por último, por la cultura de Almería, derivada de la del Sahara, que se propaga por Levante para extenderse después en la Edad del Bronce por casi toda la Península y ser la madre de los iberos históricos.

Hemos dejado aparte ex profeso un problema capital: los pueblos indogermánicos. Los viejos estudios lingüistas, correspondientes al tiempo de la teoría de la mitología de la naturaleza, en el campo de la Historia de las Religiones, atribuían a los indogermánicos un origen oriental. La reacción nacionalista alemana defendió acaloradamente su origen en el Norte de Europa y creía que a ellos se deben las culturas nórdica y danubiana. Modernos estudios lingüísticos de los profesores Feist y Karsten, entre otros, etnológicos del profesor Koppers, y prehistóricos, han reconocido la posibilidad de que el foco originario sean las estepas del Sur de Rusia, desde donde el grupo de lenguas de *centum* emigró hacia el centro y Oriente de Europa, mientras que el grupo de lenguas de *satem* comenzó la migración que había de llevarlos hasta la India.

Las migraciones de los pueblos indogermánicos originaron en Europa una serie de desplazamientos de las culturas indígenas, su mezcla mutua o la desaparición de ellas. Una época de intensos movimientos de pueblos fue aquella que tuvo como fecha inicial, poco más o menos, el año 2500 a. de J. C., o sea la llamada Edad del Cobre, en la cual se conoció, además de la piedra, el cobre puro y el oro, es decir, dos metales blandos que se pudieron trabajar por percusión con el martillo.

Siglos después, o sea al principio del segundo mi-

lenario, comenzó la Edad del Bronce, que había empezado tiempo antes en Oriente. Como los yacimientos de minas de estaño no son abundantes, la búsqueda de este metal tan necesario produjo un intenso intercambio comercial entre las apartadas comarcas, pero no por largos viajes, sino por pequeñas etapas entre numerosos intermediarios.

Si las culturas neolíticas caen especialmente dentro de los círculos matriarcales, las de la Edad del Bronce pertenecen a las culturas secundarias y arcaicas según el grado de adelanto.

Llama la atención que hubiera un fuerte contraste entre las culturas del Egeo, de un adelanto extraordinario por sus relaciones con las culturas orientales y el resto de Europa, bárbaro y primitivo. Sin embargo, aquí progresa considerablemente la técnica y la vida material. De bronce se construyó un armamento eficaz, consistente en hachas de variados tipos, espadas, puñales, puntas de lanza y de flecha. Los instrumentos de trabajo fueron de bronce y de formas parecidas a las actuales, como cincelos, hoces, rejas de arado, cuchillos, navajas de afeitar, etc. La cerámica era mejor cocida y en sus formas y decoración imitó tipos de metal. El arte se convirtió en geométrico y sólo en regiones aisladas (Galicia, en España; Norte de Italia y Escandinavia) perduró el arte rupestre, pero de muy distinto carácter que el de épocas anteriores. La religión fue muy diferente, puesto que predominaron los cultos naturalistas sobre el animismo matriarcal neolítico; los indogermánicos, aparte de un Dios Supremo, adoraron a una serie de divinidades, encarnadas en fuerzas naturales, que fueron las antecesoras de los dioses de las mitologías griega, romana, celta, germana, etc.

Los círculos geográficos culturales de este tiempo en Europa fueron el nórdico (Escandinavia y Norte de Alemania), el centro de Europa con una serie de modalidades regionales, el Occidente de Europa, Irlanda, Italia, y las islas del Mediterráneo occidental. En Siberia hubo una cultura floreciente y de características propias.

Un fenómeno interesante de la prehistoria europea lo constituyen las culturas egeas. En las innumerables islas del archipiélago griego y especialmente en Creta se desarrolló considerablemente la cultura por la vecindad con Oriente, floreciendo extraordinariamente la técnica y el arte. Mal puede darse idea, sin ilustración gráfica, de los suntuosos palacios de Pheistos y de Knossos con almacenes, talleres, patios, escaleras, salas de recepción, salones del trono, habitaciones privadas para los reyes, baños y servicios higiénicos de un grado de adelanto extraordinario. Los palacios eran de dos pisos y las habitaciones principales estaban decoradas con frescos, con escenas de fiesta, flores, animales marinos, etc., de un sentido ornamental moderno, de un colorido vivo y de líneas graciosas y movidas. Los objetos metálicos están cincelados primorosamente y los ornatos filigranas, granulados e incrustaciones de metales nobles. La cerámica es de forma esbelta y

elegante y su decoración de colores armoniosamente combinados, le presta un aire de extrema modernidad. Por su arte los cretenses han sido considerados por el profesor Glotz como los japoneses de Occidente.

El poderío de Creta, que mantuvo relaciones comerciales con los estados de Asia Menor y especialmente con Egipto, terminó un día por la invasión de pueblos indogermánicos, que adoptaron parte de la cultura minoica o cretense. Entonces se desarrolló en el continente griego la cultura micénica, cuyos monumentos más importantes son los palacios de Micenas y Tirinto. La invasión de los dorios en los principios del primer milenio, puso fin a las culturas egeas e inició la marcha briosa de la nacionalidad griega.

La Edad del Hierro, que comprende desde la fecha últimamente indicada hasta las conquistas romanas se caracteriza étnicamente por los progresos de los pueblos indogermánicos en la formación de estados. Tales fueron el griego y el romano, en cuanto a un grado máximo cultural y en menor escala, el ilirio, el germano y el celta. Pueblos no indogermánicos que desarrollaron una fuerte civilización, gracias al soplo vivificador de la Hellade fueron el etrusco y el ibero.

Aquél, originario de Asia Menor, se estableció en Toscana, donde fundó ciudades importantes, como Tarquinia, Cervetii, Populonia, Caere, Volterra, Chiusi, etc., rodeadas de murallas ciclópeas, con templos de tipo antecesor del romano y con grandes sepulturas ornadas de frescos. En la estatuaria las estatuas funerarias, mezcla de arcaísmo griego y de arte bárbaro, es el germen de lo único original del arte escultórico romano: el retrato.

Igual desarrollo tuvieron los iberos de la costa sur y oriental de España, que levantaron ciudades fortificadas con murallas ciclópeas, como las de Tarragona, erigieron templos como el del Cerro de los Santos (Albacete) y labraron estatuas como las de este último lugar y la prodigiosa Dama de Elche.

Del adelanto de una y de otra cultura, en las que hay una fuerte fondo bárbaro, se da una misma explicación, que justifica a su vez los numerosos puntos de contacto entre una y otra. Ambas fueron producto de la acción de las colonias griegas, especialmente por lo que respecta a Etruria las de Kyme (Cumae, cerca de Nápoles) y Massalia (hoy Marsella) y a España las de Mainake (Málaga), Hemeroskopeión (Dénia), Emporion (Ampurias) y Rhode (Rosas) (Estas dos últimas en la costa de la provincia de Gerona). Como huellas de esta viva relación tenemos en terreno etrusco e ibero los hallazgos de numerosos bronceos griegos arcaicos, cerámica y toda clase de manifestaciones artísticas.

La labor conjunta de especialistas dedicados a la arqueología y filología griega por una parte, y por otra a la Arqueología prehistórica ha permitido llegar a conclusiones firmes sobre el problema de la Atlántida en donde la fantasía ha hecho escribir tan maravillosos disparates.

Del estudio de la colonización griega del Mediterráneo, se afirma que los helenos hasta el siglo VIII a. de J. C. no pasaron del Mediterráneo oriental. Sus primeras colonias en éste fueron las de Sicilia y así hay una cierta justificación en los trabajos de A. Hermann, quien coloca la Atlántida en la costa de Túnez en la Gran Syrte. En la entrada de ésta estaban las columnas y al Sur la ciudad de Poseidon, o sea la Atlántida. De esta manera puede justificarse las noticias que sobre ésta recibió Solón de los sacerdotes griegos. Más adelante, cuando los griegos conocieron la región del Estrecho de Gibraltar traspasaron allá los nombres geográficos y creció como la espuma la fama de la gran ciudad de Tartessos, cuyas huellas, a pesar de los detenidos estudios del profesor A. Schulten, no se ha podido localizar. Sin embargo, los griegos apenas pudieron conocer personalmente las costas e islas del Atlántico, puesto que no tuvieron colonias en ellas, y hacia el siglo VI a. de J. C. los cartagineses destruyeron la colonia griega de Mainake y cerraron el paso del Estrecho con el fin de acaparar el comercio del cobre de Huelva y del estaño gallego.

La cultura griega se reflejó también en la celta, que tuvo su origen en el SW. de Alemania. De aquí este pueblo emigró hacia Francia, formándose los galos, base de la nacionalidad francesa. Hacia Bélgica marcharon los belgas y hacia Inglaterra los britones.

En la Península Ibérica penetraron los primeros celtas hacia el 800 a. de J. C., pero en el 600 tuvo lugar la gran invasión que ocupó Portugal, Galicia, Centro de España, y que arrinconó a los antecesores de los iberos entre las costas mediterráneas y el sistema ibérico; en Andalucía, los celtas llegaron a ocupar, aunque en breve tiempo, parte de las provincias de Huelva, Sevilla y Málaga. El crecimiento rápido del poderío ibérico y la facilidad de absorción de este pueblo, trajo consigo el que siglos después se fundieran los indígenas ibéricos con los celtas y se originaran los celtíberos, base de la nacionalidad española y portuguesa, cuya bravura y heroísmo dejaron un monumento perdurable en la resistencia de Numancia, frente a las regiones romanas.

Los celtas invadieron también a Italia hasta llegar a las puertas de Roma, ocuparon el valle del Danubio, invadieron a Grecia y saquearon a Delfos, y pasaron a Asia Menor, donde fundaron el reino de Galacia.

La causa productora de estos movimientos de pueblos fue la presión de los germanos, con cultura adelantada, pero que había de florecer especialmente en las postrimerías del Imperio Romano, al cual aniquilaron para edificar sobre sus ruinas los estados germánicos medievales.

Tales son las líneas fundamentales del desarrollo prehistórico del Mundo Antiguo, especialmente de Europa, que podrán sufrir modificaciones de detalle, pero que hay que considerar como firmemente establecidas.

Bibliografía

Reallexikon der Vorgeschichte. Herausgegeben M. Ebert. Berlin. 1923—1929. (Quince volúmenes).

Hoernes (M.): Prehistoria. Manuales Labor. Madrid—Barcelona. 3ª edic. 1934.

Idem: Vorgeschichte der bildete Kunst in Europa. Viena, 1925.

Menghin (O.): Weltgeschichte der Steinzeit. Viena, 1931.

Mac Curdy: Human origins. A manual of Prehistory. New York, 1924.

Déchelette (J.): Manuel d'Archeologie prehistorique, protohistorique et gallo-romaine. 4 tomos. París. A partir de 1908.

Sollas (J. W.): Ancient Hunters. 3ª edic. Londres, 1924.

Obermaier (H.): El hombre fósil. (2ª edición). Madrid, 1925.

Idem: El hombre prehistórico y los orígenes de la Humanidad. Revista de Occidente. Madrid, 1930.

Pérez de Barradas (J.): La infancia de la Humanidad. Madrid, 1929.

Boule (M.): Les hommes fossiles. París, 1924.

Laquet (L.): L'art et la religion de l'homme fossile. París, 1926.

Kühn (H.): Der Kunst der Primitiven. Munich, 1923.

Idem: Die Malerei der Eiszeit. Munich, 1923.

Idem: Vorgeschichtliche Kunst Europas. Berlin, 1935.

Idem: Kunst und Kultur der Vorzeit Europas. Das Palaeolitikum. Berlin, 1929.

Obermaier (H.): Der Mensch der Vorzeit. Berlin, 1912.

Schuchhart (C.): Alteuropa. Berlin, 1919.

Idem: Vorgeschichte von Deutschland. München—Berlin, 1928.

Bossert (H. Th.): Altkreta. Berlin, 1923.

Childe: La prehistoire orientale. París, 1935.

Nogara (B.): Les étrusques et leur civilisation. París, 1936.

Tomp (F. V.): Die Bandkeramik in Ungarn. Budapest, 1929.

* * *

I.—América

Mientras que los pasados ensayos debían haberse titulado "resultados", puesto que se trata de algo logrado que puede considerarse como seguro, por lo menos en sus líneas fundamentales, de donde arrancan las nuevas investigaciones, versa este verdaderamente sobre problemas, es decir, sobre cuestiones en las que actualmente se trabaja sin haberse logrado aún un resultado indiscutible. Y esto es efecto de que la Arqueología americana no ha logrado ser sistematizada como la del mundo antiguo. Lejos de la severa disciplina de ésta, ha caído en manos, en innumerables casos, de dilettantes sin preparación universitaria, amigos de las más fantásticas teorías, o de científicos desaprensivos o teorizantes. Véase un ejemplo significativo: Samuel Hubbard anunció en 1927 grabados en las rocas del ca-

ñón de Hava Supai (Arizona), que representan siluetas del Diplodocus, de un elefante que ataca a un hombre de enorme tamaño, un diente humano de grandes dimensiones en una roca eocena, la huella de una bota en la caliza tirásica, esculturas representando un Dinosaurio, petroglifos con caracteres chinos de la época terciaria, y otros muchos disparates más. En Europa, puedo afirmar que tales cosas absurdas sólo se hubieran considerado como muestras de enajenación mental o como testimonio de una falta de enseñanza primaria.

Pero esta serie de disparates ahoga y desacredita la verdadera investigación, tanto más cuanto hay una falta grande de investigaciones regionales, que son a su vez la base de los grandes estudios de conjunto. Por eso, al plantearse éstos se tropieza con enormes dificultades, que conducen a discutir cuestiones verdaderamente fundamentales.

Tal es, por ejemplo, el de si los indios americanos forman una sola o varias razas.

Para la escuela antropológica norteamericana, cuyos adalides principales son Brington, Holmes y Hrdlicka, el hombre entró en el Nuevo Mundo por el Estrecho de Behring, en fecha relativamente reciente, y constituye una sola raza que se caracteriza por los elementos siguientes: piel amarilla parduzca; cabellos negros, espesos, rectos; piloridad muy reducida; falta de olor racial característico; pulso lento; volumen de la cabeza y capacidad craneana ligeramente menores que en la raza blanca; cráneo un poco más grueso que el de la raza blanca; ojos de color pardo oscuro, de conjuntiva azulada en los niños, blanca en los adolescentes, amarillo sucio en los adultos y con el ángulo exterior un poco más alto que el interior; puente nasal bastante prominente; nariz robusta, frecuentemente aquilina en el sexo masculino; mesorhinia; región malar prominente; boca ancha lo mismo que el paladar; labios más gruesos que los blancos; prognatismo medio entre los blancos y los negros; barbilla cuadrada muchas veces más voluminosa y menos prominente que la de los blancos; dientes más fuertes que en el blanco; los incisivos superiores en forma de pala (en su cara interna presentan una concavidad rodeada de un reborde); cuello grueso; senos cóncavos; la anchura de la pelvis no es desproporcionada en relación a los hombros como el blanco; curvatura lumbar moderada; sin esteatopigia; extremidades inferiores delgadas; relaciones radio-humeral y crurofemoral idénticas en todo el Continente; platibraquia, platipteria y platiememia. En cuanto a su constitución hay grandes semejanzas: son presa fácil del alcohol, sufridos, pero no excepcionalmente fuertes, apenas sufren ciertas enfermedades como cretinismo, cáncer y locura, pero les atacan con facilidad otras como tuberculosis, tracoma, sífilis, sarampión y viruela.

Sin embargo, tales caracteres ofrecen entre los distintos pueblos americanos diferencias muy considerables. En el índice cefálico se pasa desde la dolicocefalia extrema a la hiperbraquicefalia; hay es-

taturas elevadas hasta tipos pigmoides. La piel no es roja —como se admitió en un principio, pues este color se debe a la pintura corporal— sino que ofrece tonos diversos, etc., etc. Estas variaciones son las que han servido de base a las teorías plurirraciales americanas, entre las que hay que destacar la de Haddon, sobre la cual apenas insistiremos, puesto que el ologénismo ha dado una explicación más razonable e intermedia entre ambas. El hombre, al entrar en América, era indiferenciado y pertenecía a un tronco amer-eur-asiático, con lo que se explican no sólo los casos de convergencia con tipos blancos, sino también el parecido encontrado por Hrdlicka de tipos americanos con otros mongoloides de Filipinas, Formosa, etc.

Uno de los antropólogos modernos más geniales, el barón Egon von Eickstedt, distingue en América las razas siguientes, previa separación de los esquimales:

América del Norte

Raza pacífica.—Braquicéfalos del NW. Su núcleo más puro son los Tlingit.

Raza silvícola.—Mesocéfalos de las selvas canadienses. El pueblo más característico es el algonquino.

Raza márgida.—Dolicocéfalos de las zonas marginales. Actuales pueblos californianos. Esta raza es la más antigua y restos de ella se encuentran además de la costa atlántica, en la cultura de los cesteros (basket-makers).

Raza centralida.—Braquicéfalos de las mesetas de la América Central. Aztecos y mayas. Chibchas pero con influencias ándidas.

América del Sur

Raza ándida.—Braquicéfalos de la zona andina. Aimaras y quichuas.

Raza pámpida.—Braquicéfalos de las estepas meridionales.

Raza brasilida.—Dolicocéfalos de la selva amazónica. Arawacos. Caribes. Tupi-guaraní.

Raza lágida.—Dolicocéfalos de la meseta brasileña y zonas marginales. Ges (botocudos). Es la raza paleoamericana de muchos autores.

Es interesante destacar que, según el mismo autor la raza brasilida, y de manera especial los arawacos, es una forma de transición europeidomongólica con fuertes semejanzas europoides y con algunos caracteres infantiles. Las mujeres taulipang, una tribu caribe del Orinoco venezolano, pueden ponerse, según Koch-Grünberg, entre las más hermosas del mundo.

Más adelante, al tratar del problema del origen del hombre americano, volveremos a ocuparnos del papel histórico de estas razas, así como de su intervención en el desarrollo cultural. Ahora hemos de ver cómo la escuela histórico-cultural explica y ordena los pueblos del Nuevo Mundo.

Ya en una ocasión mencionamos que el P. W. Schmidt había aplicado a Sudamérica el método que tantos beneficios ha prestado a la Etnología. Ahora resumiremos brevemente sus resultados.

A la cultura primitiva pertenecen los ges (boto-

culos) del Brasil y los onas, alacaluf y yaganes de la Tierra del Fuego. Los primeros pertenecen antropológicamente a una raza primitiva, que tal vez quepa dentro de la pigmoide. Los fueginos suscitan una serie de cuestiones, por sus caracteres australoides, sumamente complicadas y sobre las cuales no podemos ocuparnos. Ambos grupos se alimentan a base de recolección, caza y pesca; su vivienda consiste en mamparas y cabañas; la navegación es desconocida o los tipos de embarcación se han tomado de otros círculos; sus armas consisten en la maza sin abultamiento final, arco sencillo y flechas con plumas tangenciales; los sepulcros están cavados en el suelo; la familia es matriarcal monógama y la religión es monoteísta.

Con mucha probabilidad hay que incluir en este grupo de pueblos, a varios que viven en las fuentes del Orinoco y del río Branco, o sean los anaqués, los calianas, los macus y especialmente los shirishanas.

Las primeras referencias de éstos las debemos a R. Schombuck. Más amplias son las de Koch-Grünberg, mas éste, que no vivió entre ellos, debe las noticias a los indios caribes maquiritares.

Según Koch-Grünberg, el pueblo de los shirishanas vive en los afluentes de ambas vertientes del Arariquera, en la vertiente meridional de los montes Maritani, en ambas vertientes de la cordillera de Parima y especialmente en las fuentes del Orinoco. Ofrece características de interés científico extraordinario. Por una parte, su lengua es independiente de la de todos los pueblos vecinos, por lo cual no se sabe cuántas sorpresas puede proporcionar su estudio. Por otra, pertenecen a una etapa cultural muy baja y por último sus caracteres antropológicos corresponden a una capa primitiva de la población americana.

Los anaqués son, según Koch-Grünberg, un pueblo que vive dependiente de los shirishanas, en las fuentes del Paraná. Aquí viven también los calianas. Los macus, que no deben relacionarse con los macus del grupo piaroa, ni con los macús del grupo puinave, ni con otra tribu del grupo cofane, se hallan en el río Anary, afluente izquierdo del alto Orariquera. Tanto los anaques como los macus son de rasgos agradables. Los macus se ocupan del comercio.

El mismo explorador alemán sostiene la independencia lingüística y de pequeños vocabularios.

Si nos extendemos en esta cuestión, es porque tenemos interés en dar a conocer los resultados obtenidos por el explorador español Félix Cardona, quien desde 1924 ha realizado varios viajes de exploración por el valle del Orinoco. En el que llevó a cabo en 1930 los shirishanas le asaltaron el campamento y la obligaron a regresar. Con este motivo pudo recoger numerosos datos nuevos para la ciencia.

Así, por ejemplo, el nombre de shirishana es el que le dan sus tradicionales enemigos los maquiritares; ellos se llaman sambarari. Viven especialmente en la región del Parima llamada *Parurujuá* (montaña-plátano).

Físicamente los shirishanas son interesantes, pues son de piel bastante clara, tienen ojos verdes y muchos el cabello castaño. Son bajos de estatura, muy anchos de espalda, fuertes y musculosos. Es de sumo interés el comprobar si se trata de un grupo pigmoide y con caracteres indiferenciados, puesto que sería el resto de una de las capas más primitivas de la población americana.

Caracteres etnológicos que parecen comprobar esta primitividad son el desconocimiento de la agricultura, de la construcción de canoas y de chozas para dormir. Son sumamente ágiles en la carrera y trepan a los árboles con la rapidez de los monos. Por esta causa los indios maquiritares llegan a decir que los shirishanas tienen cola y son monos. Además, ríen con exceso y saltan y gesticulan mucho cuando hablan.

Comen mucha fruta y siempre tienen en la boca una pepa de fruta para masticar sin cesar.

El arco es más alto que ellos. Van desnudos completamente, lo mismo mujeres que hombres. Estos se atan el miembro viril hacia arriba. Se adornan con collares de dientes de animales y el tabique de la nariz se lo atraviesan con un argolla o un palito.

Los pequeños grupos sociales, según Cardona, están gobernados por una mujer vieja; por lo menos, así ocurrió en los shirishanas que encontró en su viaje de 1930.

La cultura de los arawacos, caribes y tupi-guaraní pertenece al círculo matriarcal y tiene como elementos característicos el arco de sección plano-convexa, la flecha sin plumas y el palafito; el remo con mango con travesaño y con la hoja ensanchada hacia abajo; la cerámica de técnica en espiral; la hamaca; la herencia materna; las fiestas de la primera menstruación; las casas comunales; los entierros en urnas; el culto al cráneo y las sociedades secretas.

El ciclo de los pastores nómadas falta en América, pero el exógamo-patriarcal aparece en Sudamérica en las vertientes occidentales de los Andes. El P. Schmidt incluye en este círculo cultural a los goajiros y a los hororós. Sus elementos principales son: la casa cuadrada de doble vertiente, la canoa hecha de un tronco vaciado, la lanza, el propulsor, el corset o faja de corteza, la funda del pene, la circuncisión, la iniciación femenina, etc.

En la zona andina se originó una cultura mixta totemista-matriarcal que va desde la presencia conjunta de chozas cuadradas totemistas y redondas matriarcales, hasta la fusión de cultos solares con otros lunares. A esta cultura mixta pertenecen los chibchas y los incas.

El P. Schmidt cree que influyeron sobre Sudamérica las culturas melanésica y la patriarcal libre austronésica (culturas polinésica e indonésica) que llegaron por mar a la costa del Pacífico, lo cual estaría de acuerdo con ciertos hechos antropológicos.

En lo que respecta a Norteamérica, se puede atribuir al círculo primitivo pueblos con economía rudimentaria, pretotemista y con religión monoteísta, tales como los californianos, los selish, los esquima-

les, etc. Totemistas son los kwakiutl, los algokinos (en ciertos aspectos, especialmente en el religioso son primitivos), los sioux (con mezcla de matriarcal), los pueblos, etc. A los círculos matriarcales pertenecen los iroqueses, los atapascos, los esquimales asiáticos y algunos pueblos de Centro América. A las culturas secundarias —más propiamente a las terciarias— pertenecen los pueblos cultos mexicanos, mayas e incas, puesto que su cultura sólo adelantó en ciertos y determinados sectores, quedando otros por el contrario retrasados.

Una vez establecido que el indígena americano actual pertenece a un antiguo tronco racial amer-eur-asiático, en el que por un proceso de diferenciación se han acentuado determinados caracteres que han dado origen, en el transcurso del tiempo a distintas razas, como las señaladas por el profesor Eickstedt, debemos averiguar la fecha en que el hombre apareció en el territorio americano.

No puede negarse que ésta corresponde a una antigüedad muy remota, que seguramente corresponde al principio de los tiempos geológicos actuales, o sea a la transición del Paleolítico a la Edad de la Piedra pulimentada. El problema reside en saber si en el Cuaternario o en el Terciario hubo una población humana en el Nuevo Mundo.

Volvemos a encontrar una serie de hipótesis y de fantasías que han complicado el problema y ha hecho que se acoja con desconfianza y con extremo escepticismo. Mucho han contribuido a ello las teorías del sabio argentino Florentino Ameghino, que obtuvo verdadera fama por sus magníficos estudios paleontológicos y geológicos de las Pampas.

El error de Ameghino fue el construir una teoría sobre el origen del hombre y el pretender después que los hechos apoyaran la hipótesis de que el hombre se había originado en la Argentina y había evolucionado durante el Terciario.

Los hallazgos principales que Ameghino consideró como terciarios fueron: un atlas y un fémur fósil procedente de Monte Hermoso, que clasificó como pertenecientes al *Tetraprothomo*, los cuales son considerados por la mayoría de los antropólogos, el uno como idéntico al hombre actual y el otro como perteneciente a un felino; un cráneo hallado en un dique seco del puerto de Buenos Aires, que atribuyó al *Diprothomo platensis* y que hay unanimidad en considerar como un cráneo moderno mal orientado; un cráneo de Miramar y otros restos de Necochea, que clasificó como el *Homo panpens*, y que, según Hrdlicka son recientes por estar deformados y tener mentón la mandíbula inferior.

Paralelamente a Ameghino otros antropólogos de Norteamérica señalaron otros hallazgos humanos de supuesta edad terciaria. El más célebre ha sido el cráneo de Calaveras, hallado en el pozo de una mina de la Sierra Nevada de California. Años después el profesor Whitney, que sostuvo la autenticidad del hallazgo en capas terciarias, tuvo que confesar que había sido engañado por los obreros.

Las mismas críticas han merecido los hallazgos numerosos de restos humanos de edad cuaternaria realizados en las dos Américas. Hrdlicka ha insistido sobre dos puntos esenciales: la falta de estratigrafía segura y el ofrecer características iguales a la de los indios modernos. Los únicos restos humanos de América, que Hrdlicka cree que pudieran ser cuaternarios son parte de un fémur y un fragmento de un parietal hallados por Volk en Trenton.

En Sudamérica los restos humanos más posiblemente cuaternarios —y seguramente representantes de la primera capa de población, como afirmó en 1879 Quatrefages— son los de Lagoa Santa (Brasil) descubiertos por Lund en 1843, junto con animales extinguidos. Según el estudio de 17 cráneos de Soeren Hansen, son "dolicocefalos hipsistenocéfalos, prognatos, mesofaciales, megasenos, mesorhinos y fenozigos". Se ha identificado esta raza con los botocudos; con restos esqueléticos de los concheros del Brasil; con cráneos, considerados como cuaternarios de Fontezuelas, Arrecife, Miramar y Malacara (Argentina); con patagones y fueguinos (onas); con los cráneos hallados por Rivet en los abrigo de Paltacalo (Ecuador); con esqueletos de los basket-makers (cesteros) del SW. de los Estados Unidos, etc.

Según el profesor Eickstedt hay en Lagoa Santa dos tipos humanos, uno perteneciente a la raza lágida, que es el típico de la localidad, y otro más primitivo, con cara baja, prognatismo, arcos superficiales salientes y frente huida, es decir, con semejanzas australianas que denomina tipo puninoide. Su representante más característico es un cráneo hallado en 1923 en Punin (cerca de Riobamba, Ecuador), en una capa probablemente pleistocena. Es dolicocefalo, de bóveda y cara bajas y con arcos superficiales fuertes.

Se han señalado numerosos yacimientos arqueológicos en toda América atribuidos al Paleolítico, pero en realidad no hay en ello seguridad completa. En la mayoría de los lugares el nivel de procedencia de los objetos es dudoso; en otros puede explicarse su aparición por haberse deslizado por grietas; y en varios de ellos se puede discutir la antigüedad geológica por el hecho de que la fauna acompañante ha podido extinguirse en la actualidad geológica. Otro motivo justificable del escepticismo es que, a pesar de la gran antigüedad que se atribuye a los objetos, éstos son idénticos a los de los indios que, en tiempos modernos, han vivido en la región.

Aparecen, es cierto, tipos casi iguales a los del Paleolítico europeo, pero en ocasiones mezclados. Así, por ejemplo, en los lugares de los cazadores de Kansas, se mezclan los tipos del Paleolítico antiguo con otros del reciente.

En realidad, está justificada la actitud de mi maestro el profesor H. Obermaier de que el problema del Paleolítico americano debe ser estudiado de nuevo, en localidades inexploradas, por personas que conozcan la técnica con que estas investigaciones se realizan en Europa. Es probable que nuevos estu-

dios sistemáticos, realizados así, logren esclarecer cuestión tan discutida, máxime cuando algunos yacimientos norteamericanos, por ejemplo el del nivel inferior de Trenton, es posible que sean ciertamente paleolíticos. Lo mismo sucedería en la Argentina.

Es seguro que el hombre entró en América al final del último período glacial, pero de admitirse una mayor antigüedad, entonces pudo realizarse, de acuerdo con Eickstedt en el último período glacial. Sostiene la hipótesis de que las oscilaciones repetidas de los períodos Iowa y Wisconsin "actúan a manera de bomba empujando las oleadas de gentes que emigraban hacia el N. de Asia con buen clima y hacia los territorios meridionales americanos, cuando veían otra vez el frío". Por otra parte, es admisible la tesis del doctor C. Bertrand Schulz, de que la primera población humana de América, contemporánea del Paleolítico del Mundo Antiguo, se extinguió a continuación de una catástrofe desconocida, al mismo tiempo que los mamuths, perezosos gigantes, camellos y caballos salvajes que cazaron con los utensilios de piedra encontrados ahora en Folsom y Yuma. Según esto, hubo una primera migración en el Paleolítico cuyos hombres perecieron, y una segunda posterior claramente de amerindios.

La prehistoria americana ofrece otra nueva dificultad. Fuera del Paleolítico, el Neolítico ocupa una extensión temporal enorme, puesto que los pueblos amerindios no salieron de la Edad del Cobre. El bronce de estaño, hay duda de que fuera conocido. Los metales, principalmente usados por las grandes culturas, fueron el cobre y el oro, es decir, dos metales que se pueden trabajar con la misma técnica de la piedra.

En algunas regiones como en Patagonia y el SW. de los Estados Unidos, se puede distinguir un protoneolítico. Aquí, prescindiendo de hallazgos menos claros, tenemos primero la "cultura de las fumarolas", caracterizada por ser de cazadores nómadas, que tenían instrumentos de cuarcita de tipo musteriense.

Después comienza la cultura de los cesteros (basket-makers), cuya primera etapa desconoce aún la cerámica, la piedra pulimentada y las puntas de flecha, pero sí empezaba la agricultura del maíz y de la calabaza y la cestería. Los comienzos de esta cultura los coloca Renard hacia el 2000—1500 a. de J. C. Después de la de los cesteros viene la cultura de los Pueblos, que empieza alrededor del 500 a. de J. C.

El interés de los arqueólogos se orienta ahora de manera especial hacia el estudio de la cultura arcaica. En México en este tiempo se conocía, aunque en pequeña escala la agricultura, el tejido, y se construían montículos que en la etapa de Teotihuacan se desarrollan formándose las pirámides. En realidad, en México la cultura arcaica propiamente es una cultura media, que contiene en germen todo el desarrollo ulterior. Parece ser así, puesto que la cul-

tura verdadera arcaica se propaga por Centro América y según el profesor Spinden, se extiende por Colombia, Ecuador, N. del Perú y valle del Orinoco y la desembocadura del Amazonas. En esta parte, tanto la cultura de Marajó, como la cultura arcaica de Venezuela y la de Colombia, es posible que se deban a los arawacos. Es notable la coincidencia de la cultura arcaica con la distribución de la agricultura, y puede considerarse que la cultura arcaica fue la propagadora de ciertas plantas cultivadas (maíz en el N.; manioc en el S.), de la cerámica y de un tipo de figurillas de barro muy primitivo.

En el Perú y en general en toda la costa del Pacífico, la primera población parece ser de pescadores y cazadores a los que pertenecen los pescadores de Taena y Arica y la cultura de Taltal. Surge el problema de si las migraciones arawacas llevaron a la zona andina la cultura arcaica, lo cual es probable por el hecho de que los uros del lago de Titicaca pertenecen a ese gran grupo étnico. En Bolivia y Perú la primera gran cultura es la arcaica megalítica andina; de ella la fase moderna es la de Tiahuanaco, y la más antigua la de Chavín de Huantar. Las fechas extremas dadas por Tello son el 200 a. de J. C. y el 800 d. de J. C. Etnicamente parece deberse a los aimaras. Después viene la época en que florecen las culturas costeras (chimu, ica y nazca) y por último la cultura incaica.

Fuera pretencioso el dar a conocer con acierto en poco espacio las culturas superiores de México, Yucatán y Perú, por todos conocidas, aunque su sistematización, cronología y concordancias sea un tema extraordinariamente complejo. Sólo queremos plantear dos cuestiones importantes: ¿Cuál es el valor que han tenido las grandes culturas americanas? ¿Qué les hubiera sucedido si América no hubiera sido descubierta hasta varios siglos después?

A la primera, la investigación serena e imparcial tiene en cuenta que no hubo un adelanto uniforme ni en lo material, ni en lo espiritual. Los conquistadores exageraron tanto en lo que a la organización social se refiere, como a la fuerza militar. En México, Colombia y Perú el Estado era más bien una confederación o si se quiere, un pueblo dominador de otros, que un verdadero imperio. Los mayas, a pesar de su arquitectura, de su ciencia astronómica y de los jeroglíficos, tenían una cultura baja en otros aspectos. Tales son, por ejemplo —extensivos a toda América— el desconocimiento de la rueda y del vidrio, la falta de animales de carga, etc. Los incas, a pesar de su organización social, desconocían la escritura. Todo esto hace que haya necesidad de colocarlos, desde un punto de vista etnológico, al nivel de los imperios negros del Sudán, como, por ejemplo, el de Benín.

No creemos que la conquista española destruyera en germen culturas que habían de florecer más tarde, puesto que los mayas estaban, no en los comienzos de su desarrollo cultural, sino a su término; los chibchas carecían de una base económica; y a los incas les faltaban los elementos culturales neces-

rios para salir del arcaísmo y pasar a una cultura superior. Lo más probable es que hubieran seguido vegetando, pues carecían de los bríos necesarios para elevarse y progresar. La prueba es que grupos reducidos de conquistadores rompieron toda resistencia, en gran parte porque la vida social y política no era demasiado firme, ya que, prácticamente, el Estado no existía, sino un conglomerado de pueblos que era fácil deshacer.

* * *

Réstanos, para terminar, el ocuparnos de la Arqueología colombiana, la que si bien tuvo un florecimiento al final del pasado siglo con Carlos Cuervo Márquez y Vicente Restrepo, sufrió después una decadencia lamentable.

Hay que lamentar, por ejemplo, la pérdida de las valiosas necrópolis prehistóricas del Quindío, saqueadas impunemente por gaaqueros ignorantes que sólo deseaban el oro. Se ignoran los tipos de las sepulturas, cómo estaba colocado el ajuar, cómo aparecían los restos humanos, en fin, todo lo que puede interesar a un arqueólogo. Para éste, es necesario decirlo, tiene mucho más valor un montón de tios de cerámica que den algún dato estratigráfico o cronológico, que no objetos de oro sobre los cuales se ignora la procedencia y cómo han sido hallados.

Y esta verdadera sed de oro ha ocasionado a la Arqueología colombiana males sin cuento. Tenemos referencias de haberse hallado en el Quindío una sepultura que dio catorce arrobas —unos 150 kgs.— de objetos de oro, que fueron fundidos en una joyería de Medellín. Hay que pensar que si hubiera sido excavada por un arqueólogo consciente de sus deberes científicos, hubiera sido un descubrimiento de resonancia internacional y que el museo que poseyera tal tesoro —tesoro por su valor científico más que por su valor material— sería un centro de atracción de los americanistas.

Cuando se piensa en tales destrozos, realizados en momentos que habían de esclarecer las primeras páginas de la historia colombiana, no podemos menos de sentir una inmensa tristeza. Sólo puede consolarnos la esperanza de que en lo futuro no vuelva a repetirse nada semejante.

Y tanto más lamentable es lo sucedido, que ni siquiera hay por el momento materiales para trazar un cuadro esquemático de la Prehistoria colombiana, puesto que parece como si ésta empezara con el descubrimiento de América y terminara con la conquista. Los hallazgos son atribuidos, apenas sin excepción, a los pueblos que habitaban el país en el momento de la Conquista, sin que se tengan en cuenta ni la estratigrafía, ni los movimientos de pueblos y culturas.

Pero todavía hay otro hecho más lamentable. Cuando se describe una pieza notable, de oro especialmente, se la considera como egipcia, asiria, india; en otros casos como azteca o peruana, en algunos como un vestigio de la Atlántida, pero nunca o casi nunca se dice que es un producto netamente colombiano.

Por estas razones es sumamente difícil el trazar, aun a título provisional, un esquema del desarrollo de las culturas prehistóricas colombianas.

Es muy posible que la cultura prehistórica sea la de pueblos cazadores con una cultura parecida a la de Taltal, y pertenecientes a una raza puninoide. Como tales consideramos varias puntas de flecha halladas en El Espinal e Ibagué (Tolima) y en el Departamento del Cauca.

Después de 3.000 a. de J. C. aparecería la cultura arcaica, con la agricultura y el matriarcado. No puede afirmarse si esta cultura es desde los primeros tiempos arawaca, pero sí es muy probable el que la mayor parte de Colombia estuvieron en época lejana ocupada por estos pueblos y que su cultura alcanzó un nivel alto.

Hay en la cerámica del Departamento del Atlántico piezas idénticas a otras del río Gurupy (Amazonas) y ciertos tipos de vasos, considerados como "chibchas" de Cundinamarca y Boyacá, son netamente arawacos.

El carácter arawaco de la cultura del valle del Cauca resulta cada vez más probable, puesto que incluso hay la tendencia de los americanistas en no considerar a los taíronas, zenúes y quimbayas como pueblos chibchas, sino como restos de una población autóctona. Esto se aclara si comparamos los vasos naviformes con adornos incisos y con cabecitas en los bordes, con vasos del Amazonas, Nicaragua y Puerto Rico; si ponemos al lado las figurillas de barro antiguas del Cauca y Tierra Adentro con las de la isla de Santo Domingo y Venezuela; y si comparamos, en unión de E. Nordenskiöld las figurillas de barro sentadas sobre taburetes, con otras del Amazonas y Venezuela.

Hay un hecho que merece destacarse de esta cultura arawaca del Cauca, y es el que posiblemente haya sido la descubridora del trabajo del oro en Sudamérica en época muy antigua. "La técnica de trabajar el oro —dice el profesor Preuss— y la forma de los objetos hechos de este metal, en la región de los quimbayas, en el valle del Cauca, están muy relacionadas, tanto con los hallazgos correspondientes de Costa Rica, como con los de toda la costa norte de Colombia a Venezuela, y... Colombia se debe considerar como el país de origen desde el cual el trabajo del oro, con distintas proporciones de cobre, pudo extenderse quizá hasta la civilización peruana". La técnica de fundición del oro a forma (cera) perdida "debió llegar a México, partiendo de Colombia después de haberse perfeccionado en este país. Todo ello hubo de suceder en tiempo muy antiguo".

Nos es imposible entrar en más detalles sobre la cultura del Cauca, que por la costa del Pacífico recibió indudables influencias de las culturas de la costa del Perú y muy probablemente de México. Lo que nos parece posible es que su máximo apogeo fuese del siglo X al XII, en cuyo tiempo se propagó hacia el S., y que las invasiones de los pueblos chibchas ocasionaron su decadencia o por lo menos cor-

taron sus bríos progresos. Las excavaciones dirán la verdad sobre estas hipótesis provisionales.

A una época antigua corresponde la cultura de San Agustín, sobre la cual, desde los estudios del profesor K. Th. Preuss, realizados en 1914, hasta las excavaciones que dirigimos el año pasado por encargo del Ministerio de Educación Nacional, no se ha publicado nada nuevo que aclare sus muchos misterios y problemas. Y es curioso que quienes no se molestan en estudiarlos, sean los que reprochen al director del museo de Etnología más importante de Alemania, el que en su libro no da una solución satisfactoria, ni discute teorías tan descabelladas como el atribuir la cultura agustiniana a los mayas o a los atlantes.

Dado el estado de la investigación, es comprensible que el profesor K. Th. Preuss, con la prudencia del verdadero especialista, se limite a decirnos que la cultura de San Agustín es de carácter arcaico y que ofrece los mayores paralelismos con la cultura Chavín de Huantar y en menor grado con otras culturas, como la Protochimu, la Protonarca y especialmente con Tiahuanaco. Es, como dice en otro lugar, el "punto central de una capa cultural profunda que en tiempo antiguo se extendió sobre vastas regiones", llegando sus influencias por el S. al Perú y Bolivia, por el N. hasta el lago de Nicaragua, México y el país maya, y por el E. hasta el río Trompetas.

Posiblemente hay que atribuírle a los pueblos andinos. J. C. Tello la considera como la rama norte de la cultura megalítica andina, mientras que la rama meridional es Chavín y Tiahuanaco. Como fechas extremas da de los años 200 a. de J. C. al 800 d. de J. C.

Resulta muy probable el que la fase final de la cultura de San Agustín coincida con su propagación por el Alto Magdalena, valle de La Plata, Tierra Adentro, alrededores de Popuyán, Nariño y valles altos del Caquetá y Putumayo, la cual tuvo lugar aproximadamente hacia el 700 d. de J. C.

En Tierra Adentro la cultura más antigua es la agustiniana, con estatuas muy características. Tanto aquí como en Salado-Blanco y en San Agustín, aparece después una cultura con sepulcros y cerámica de origen caucano, que indica una cultura que destruye la agustiniana, o la hace emigrar, posiblemente en el siglo IX. En Tierra Adentro hay sepulcros que permiten seguir, por el estudio de su planta, su ornamentación y su cerámica, el desarrollo cultural desde esa fecha, hasta la invasión de una cultura de tipo quimbaya, que se desarrolla allá desde comienzos del siglo XIII al final del XIV, en que creemos que tuvo lugar la invasión de los paeces.

Llegamos ahora al problema más difícil de la Arqueología colombiana, el del origen y migraciones de los pueblos chibchas.

Hasta ahora la cuestión está planteada desde un punto de vista lingüístico por H. Benchat, P. Rivet y W. Lehmann. Según éstos, hay cuatro dialectos chibchas: talamanca - barbacoa, dorasque - guaimí,

chibcha-aruaic y paez. Este no se habla actualmente en el Istmo, pero de los demás hay pueblos en aquella región que justifican la hipótesis de que los pueblos meridionales hayan sido como desgajados de un tronco común.

Es posible que los chibchas —mejor dicho, la gran familia de pueblos con lengua chibcha— hayan habitado primitivamente la región del Istmo y que alrededor del 700 d. de J. C., por la presión de pueblos toltecas, iniciaron su marcha hacia el Sur. Los chibchas que primero entraron en Colombia sería la rama chibcha-aruaic que se replegaron contra la Cordillera Oriental para ocupar después los aruaicos la Sierra Nevada de Santa Marta; los chibchas propiamente dichos las sabanas de Cundinamarca y Boyacá, y los andaquíes, territorios más al Sur. Posterior sería la invasión de pueblos con dialecto talamanca-barbacoa que llegaron al S. de Colombia y parte del Ecuador, y por último los paeces, que presionaron hacia el S. a los andaquíes. El estudio de la Arqueología de Colombia no permite seguir estas migraciones por la falta de estratigrafía y de estudios regionales. Los textos no nos dicen nada en tanto no se estudien con cuidado.

Muy dudoso es todo lo que se refiere a los chocóes. Según una versión del profesor W. Lehmann se formaron por la unión de un pueblo conquistador con los cuevas que pertenecían a la gran familia chibcha. En otro lugar, el mismo autor considera que este pueblo invasor fue el caribe que cortó las relaciones comerciales costeras entre México y Perú.

Dos acontecimientos tuvieron lugar poco tiempo antes de la Conquista: la invasión caribe que no tuvo la importancia que le asignó Cuervo Márquez y la conquista por los incas del sur del Departamento de Nariño.

BIBLIOGRAFIA

Krickeberg: Amerika. En: Buschan: Illustrierter Voelkerkunde. 2ª edic. 1923.

Wessler (C.): The American Indian. 3ª edic. New York, 1926.

Luschan (V. von): Voelker, Rassen Spragen, Berlin, 1927.

Verril (A. H.): The American Indian North, South and Central America. New York—London, 1930.

Kroeber (A. L.): Anthropology. New York—London. 2ª edic., 1930.

Eickstedt (E. von): Rassenkunde und Rassengeschichte der Menschheit. Stuttgart, 1933.

Imbelloni (J.): La Esfinge india. Buenos Aires, 1926.

Sullivan (L. R.): The frequency and distribution of some anatomical variations in American crania. Anthropological Paper of the American Museum of Natural History. Vol. XXIII, parte V, págs. 252 y sigs. New York, 1922.

Hrdlicka (A.): The origin and antiquity of the american indian. Washington. (Smithsonian Institution), 2ª edic., 1928.

Handbook of American Indians North of Mexico.

Washington (Smithsonian Institution), 2ª edic., 1913.

Pericot (L.): América indígena. T. I. El hombre americano. Los pueblos de América. T. I de la Historia de América y de los pueblos americanos, dirigida por Antonio Ballesteros Beretta. Barcelona, 1936.

Hrdlicka (A.): Skeletal remains suggesting or attributed to the early man in North America. Bureau of American Ethnology. Bull. 33. Washington, 1907.

Lehmann-Nitsche (R.): Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine. Revista del Museo de La Plata, 1907.

Hrdlicka (A.): Early man in South America. Bureau of American Ethnology. Bull. 42. Washington, 1912.

Outes (F. F.): La Edad de la Piedra en Patagonia. Anales del Museo Nacional de Historia Natural. T. XII. Buenos Aires, 1905.

Sullivan (L. H.) y Hellmann (M.): The Panin calvarium. Anthropological papers of the American Museum of Natural History. T. XXIII, part. VII. New York, 1925.

Soeren Hansen: Lagoa Santa Races. Samling af Afhandlinger e Museo Lundii. T. I. Copenhagen, 1888.

Vernean (R.) et Rivet (P.): Ethnographie ancienne de l'Equateur. Mission du Service Géographique de l'armée. T. VI, fasc. 1. Paris, 1912.

Weyer (E. M.): The eskimos: their environment and folkways. London—New Haven, 1932.

Morice (P. A. G.): The Great Dene race. Anthropos. T. I y sigs. Saint Gabriel Moeling, bei Wien, 1906 y sigs.

Hrdlicka (A.): Catalogue of human crania in the United States National Museum Collections. The Algonkin and related Iroquois, siouan, caddoan, salish and sahaptin, shoshonean and Californian Indians. Proceedings. U. S. National History Museum. T. LXIX. New York, 1927.

Genet (J.): Histoire des peuples shoshones-astèques. Paris, 1929.

Kroeber (A. L.): Tribes of the Pacific coast of North America. Washington, 1917.

Kroeber (A. L.): Handbook of the Indians of California. Bureau of American Ethnology. Bull. 78. Washington.

Krause (F.): Die Kultur der kalifornischen Indianer. Leipzig, 1921.

Lehmann (W.): Zentral Amerika. Berlin, 1920. (Obra importantísima).

Orozco Berra (M.): Geografía de las lenguas y carta etnográfica de México. México, 1864.

Thomas (C.) y Swaton (J. R.): Indian languages of Mexico and Central America and their geographical distribution. Bureau of American Ethnology. Bull. 44. Washington, 1911.

Steggerda (M.): Anthropometry of adult maya indians. Carnegie Instit. of Washington, 1932.

Genet (J.) et Chelbatz: Histoire des peuples mayas-quichés. Paris, 1927.

Chavin (A.): Anthropologie bolivienne. 3 vols. Paris, 1907—1908.

Jahn (A.): Los aborígenes del occidente de Venezuela. Su historia, etnografía y afinidades lingüísticas. Caracas, 1927.

Rivet (P.): Les indiens jibaros. Etude géographique et ethnographique. L'Anthropologie, 1907 y 1908.

Koch-Grünberg (Th.): Zwei Jahre unter den Indianern. Berlin, 1909. (Edición compendiada, Stuttgart, 1921).

Idem: Indianertypen aus dem Amazonasgebiet. Berlin, 1908—1911.

Idem: Von Roraima zum Orinoco. Berlin, 1916—1926.

Steinen (von den): Unter der Naturvoelker Zentral Brasiliens. Berlin, 1894.

Koch-Grünberg (Th.): Abschluss meiner Reise durch Nordbrasilien zum Orinoco, mit besonderer Berücksichtigung der von mir besuchten Indianerstämme. Zeitschrift für Ethnologie. T. XLV, págs. 448 y sigs. Berlin, 1913.

Serrano (A.): Los primitivos habitantes del territorio argentino. Buenos Aires, 1930.

Ploetz (H.) y Metraux (A.): La civilisation matérielle et la vie sociale et religieuse des indiens Zé. Revista del Instituto de Etnología de la Universidad Nacional de Tucumán, 1930.

Karsten (R.): Indian tribes of Argentina and Bolivian Chaco. Helsingdorf, 1932.

Krieg (H.): Chaco-Indianer. Stuttgart, 1934.

Gusinde (M.): Die Feuerland-Indianer. S. Gabriel. Moedlin, bei Wien, 1926.

Bollinder (G.): Ijca-Indianernas Kultur. Allingsas, 1918.

Idem: Die Indianer der tropischen Schneegebirge. Stuttgart, 1925.

Preuss (K. Th.): Forschungsreise zu den Kágaba. Beobachtungen, Textaufnahmen und Sprachliche Studien. St. Gabriel. Moedling, bei Wien, 1926.

Nordenskiöld (E.): Indianernapa Panamariaset. Stockholm, 1928.

Idem: Comparative Ethnographical Studies. Goteborg, 1921 y 1924.

Severino Santa Teresa: Creencias, usos y costumbres de los indios catios. Bogotá, 1924.

Preuss (K. Th.): Religion und Mythologie der Utoto. Textaufnahmen und Beobachtungen. Quellen der Religionsgeschichte. Vols. X y XI. Goettingen, 1921—1923.

Vergara y Vergara (J. M.) y Delgado (E.): Los andaquies. Popayán, 1855. (Edición inglesa: The Indians of Andaquí. Bull. of American Ethnology. New York, 1860—61).

Rochereaux (H.): El Sararé. Cúcuta, 1914.

Fabo (Fr. P.): Idiomas y etnografía de la región oriental de Colombia. Barcelona, 1911.

Wassen (H.): Notes on southern groups of Chocó Indians in Colombia. Ethnological Studies, I, págs. 35—182. Goteborg, 1935.

Beuchat: Manuel d'Archeologie americaine. Paris, 1912.

Joyce: Mexican Archeology. Londres, 1914.

Idem: Central America and West Indies. Archeology. New York, 1916.

Idem: South American Archeology. Londres, 1912.

Seler (E.): Gesammelte Abhandlungen zur amerikanischen Sprach und Altertumskunde. 5 vols. Berlin, 1902—1903.

Lehmann (W.): Altmexikanische Kuntsgeshichte. Berlin, 1921.

Krickeberg (W.): Los Totonaca. México, 1933.

Gamio (M.): La población del valle de Teotihuacán. 3 vols. México, 1922.

Spinden (H.): Ancient civilizations of Mexico and Central America. New York, 1922.

Idem: A study of Maya art, its subject matter and historical developments. Cambridge, 1913.

Jijón y Caamaño: Estudios de Prehistoria americana. Madrid, 1914.

Mead (Ch.): Old civilizations of Inka land. New York, 1924.

Tello (J. C.): Antiguo Perú, Primera época. Lima, 1929.

Lehmann (W.): Altperuanische Kunstgeschichte. Berlin, 1924. (Hay edición española ya citada).

Nordenskiöld: L'Archeologie du bassin de l'Amazonie. Art Americana I. Paris, 1930.

Means (Ph. A.): Ancient civilization of the Andes. New York, 1931.

Cuervo Márquez (C.): Estudios arqueológicos y etnográficos americanos. Madrid, 1920.

Restrepo (V.): Los chibchas antes de la conquista. Bogotá, 1895.

Restrepo y Tirado (E.): Ensayo etnográfico y arqueológico de la provincia de los Quimbaya, en el Nuevo Reino de Granada. Sevilla, 1912.

Preuss (K. Th.): Monumentale Vorgeschichtliche Kunst. Ausgrabungen in Quellgebiet des Magdalena. Goettingen, 1929.

Linné (S.): Darien in the past. Goteborg.

Mason (J. A.): Archeology of Santa Marta, Colombia. The Tairona Culture. Anthropological series. Field Museum of Natural History. Vol. XX, 1 y 2. Chicago, 1931 y 1936.

Pérez de Barradas (J.): Estudio de un mito chibcha. Revista de las Indias. Núm. IV. págs. 12-16. Bogotá, 1936.

Idem: Máscara de oro de Iuzá. Ibidem, Núm. V. págs. 3—7. Bogotá, 1937.

Idem: Arqueología y Antropología de Tierra Adentro (Cauca). Publicaciones de la Sección de Arqueología del Ministerio de Educación Nacional. Núm. I. Bogotá, 1937.

Idem: Arqueología de San Agustín. Las culturas de San Agustín (Huila) y sus relaciones con las culturas prehistóricas suramericanas. Revista de las Indias. Núm. VIII. Págs. 35—50. Bogotá, 1938.

Wassen (H.): An archeological study in the western colombian cordillera. Ethnological Studies, 2, págs. 30—67. Goteborg, 1936.

UNA EXPOSICION ELEMENTAL DEL METODO DE OLBERS PARA EL CALCULO DE UNA ORBITA COMETARIA

JULIO GARAVITO A.

Director del Observatorio Astronómico Nacional, de 1893 a 1916.

Nota de la Dirección.—El presente trabajo forma parte de un opúsculo titulado "El Cometa de 1901" que contiene los cálculos numéricos para la determinación de la longitud del perihelio, de la inclinación de la órbita, de la distancia perihelia, de la época del paso por el perihelio y de la longitud del nodo ascendente de ese astro —observado en el Observatorio de Bogotá, con un simple teodolito Troughton and Sims— y se reproduce en este número de la Revista de Ciencias sin los cálculos numéricos dichos, porque él constituye la introducción, por decirlo así, de posteriores trabajos de Garavito referentes la Mecánica celeste y que culminaron con sus ecuaciones finales para el cálculo de unas nuevas tablas de la luna, que publicaremos en números posteriores.

Introducción.

La presente publicación contiene una primera aproximación de los elementos parabólicos de la órbita del brillante cometa de abril y mayo de 1901, calculada sobre tres observaciones efectuadas con un teodolito y un cronómetro de bolsillo. Ella pudo ser útil para los que quisieron hacer el cálculo definitivo de la órbita basado sobre el conjunto de las observaciones de precisión efectuadas en el mundo.

Aprovechamos, por otra parte, esta oportunidad para hacer una exposición elemental y metódica del método de Olbers referente al cálculo de los elementos de una órbita cometaria, que creemos sirva a los que deseen conocer esta clase de operaciones sin necesidad de hacer largos estudios.

* *

Ecuaciones de movimiento de un cuerpo celeste.

La fuerza motriz de los cuerpos celestes es la gravitación, descubierta por Newton como consecuencia de las leyes de Kepler, y de la cual la gravedad es un caso particular.

La ley de la gravitación se enuncia así: *la materia atrae a la materia en razón directa de las masas e inversa del cuadrado de la distancia.*

Esta ley se puede resumir en la fórmula $F = \frac{f \cdot m \cdot m'}{r^2}$ (a) En la que m y m' son las masas de dos puntos materiales separados por la distancia r y f un factor cuyas dimensiones nos son desconocidas, pero cuyo valor numérico se puede hallar después de elegidas las unidades de espacio, tiempo y masa.

La proporcionalidad de la fuerza a las masas depende de que ella es común a todas las partículas de la materia ponderable; la variación de la fuerza en razón inversa del cuadrado de la distancia quizás proviene de que esta acción debe tener como centro activo cada partícula material y se propaga en algún medio, por ondas cuya energía total se conserva y, por tanto, disminuye en cada unidad superficial, en razón inversa de la superficie de la onda, es decir, en razón inversa del cuadrado de la distancia; pero según esto, presentaría fenómenos análogos a la aberración y a la refracción, que no han sido indicados aún por la discusión de los movimientos celestes. Hasta hoy hay que considerar la transmisión instantánea de la fuerza.

Con la fórmula (a) se demuestra lo siguiente:

a) La acción de una capa esférica homogénea sobre un punto exterior, es la misma que ejercería sobre este punto toda la masa de la capa concentrada en su centro.

b) La acción de una esfera homogénea o compuesta de capas esféricas homogéneas concéntricas, sobre un punto exterior, es la que ejercería sobre éste toda la masa de la esfera concentrada en su centro.

c) La acción de dos esferas homogéneas o compuestas de capas homogéneas concéntricas, es la misma que la que resultaría de concentrar las masas de las esferas en sus centros.

d) La acción mutua de los cuerpos celestes entre sí es la misma que resultaría si se concentrasen sus masas en sus centros de figura, puesto que la mayoría de los cuerpos celestes son de forma casi esférica, y deben estar compuestos de capas homogéneas, concéntricas y de densidad creciente desde la superficie hasta el centro. Respecto de los cometas se considera el núcleo en vez del centro de figura.

e) La atracción de la tierra sobre un cuerpo situado en su superficie es $\varphi = \frac{f M m}{r^2}$ en que M es la masa de la tierra, m la del cuerpo y r el radio terrestre correspondiente al lugar. Componiendo esta fuerza con la centrífuga que resulta de la rotación de la tierra se obtiene el peso del cuerpo. Llamando a el radio ecuatorial de la tierra y $p = mg'$ el peso del cuerpo en el ecuador, se tendrá:

$$mg^1 = \frac{fMm}{a^2} - m \frac{4\pi^2}{(86164)^2} a \quad \text{de donde} \quad = \frac{a^2}{M} \left[g^1 + \frac{4\pi^2 a}{(86164)^2} \right]$$

y como este valor resulta igual al que se obtiene por el movimiento de la luna, queda identificada la gravitación con la gravedad.

Consideremos un sistema $(O \xi \eta \zeta)$ de coordenadas fijo en el espacio; sean $S(\xi \eta \zeta)$ el sol y $p_o(\xi_o \eta_o \zeta_o), p_1(\xi_1 \eta_1 \zeta_1), \dots, p_l(\xi_l \eta_l \zeta_l), p_k(\xi_k \eta_k \zeta_k), \dots, p_n(\xi_n \eta_n \zeta_n)$, los planetas y demás cuerpos del sistema solar; $M, m_o, m_1, \dots, m_l, m_k, \dots, m_n$ sus masas; $r_o, r_1, \dots, r_l, r_k, \dots, r_n$ las distancias de $p_o, p_1, \dots, p_l, p_k, \dots, p_n$ al sol; $\rho_o, \rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_{l-1}, \rho_l, \dots, \rho_{l-1}, \rho_l, \dots$ las distancias $p_o, p_1, p_2, \dots, p_{l-1}, p_l, \dots, p_{l-1}, p_l, \dots$ entre los planetas.

Imaginemos por el centro S del sol otro sistema coordinado de ejes paralelos a los ejes fijos, y sean $p_o(x_o y_o z_o), p_1(x_1 y_1 z_1), \dots, p_l(x_l y_l z_l), p_k(x_k y_k z_k), \dots, p_n(x_n y_n z_n)$ las coordenadas con relación al sol. Las fórmulas de transformación de coordenadas nos dan:

$$x_o = \xi_o - \xi \quad y_o = \eta_o - \eta \quad z_o = \zeta_o - \zeta \quad \text{y en general:} \quad x_j = \xi_j - \xi \quad y_j = \eta_j - \eta \quad z_j = \zeta_j - \zeta$$

Las ecuaciones de movimiento del sol son:

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} = f \sum_{j=1}^n m_j \frac{x_j}{r_j^3} \quad \frac{d^2 \eta}{dt^2} = f \sum_{j=1}^n m_j \frac{y_j}{r_j^3} \quad \frac{d^2 \zeta}{dt^2} = f \sum_{j=1}^n m_j \frac{z_j}{r_j^3}$$

Las ecuaciones de movimiento absoluto del cuerpo p_k serán:

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = -fM \frac{x_k}{r_k^3} + \sum_{j=1}^{(k)} m_j \frac{x_j - x_k}{\rho_{jk}^3} \quad \frac{d^2 y_k}{dt^2} = -fM \frac{y_k}{r_k^3} + \sum_{j=1}^{(k)} m_j \frac{y_j - y_k}{\rho_{jk}^3} \quad \frac{d^2 z_k}{dt^2} = -fM \frac{z_k}{r_k^3} + \sum_{j=1}^{(k)} m_j \frac{z_j - z_k}{\rho_{jk}^3}$$

en las que el signo $\sum_{j=1}^{(k)}$ significa suma de términos análogos al que sirve de modelo, desde el índice o hasta n exceptuando el índice k .

$$\text{Ahora,} \quad \frac{d^2 x_k}{dt^2} = \frac{d^2 \xi_k}{dt^2} - \frac{d^2 \xi}{dt^2} \quad \frac{d^2 y_k}{dt^2} = \frac{d^2 \eta_k}{dt^2} - \frac{d^2 \eta}{dt^2} \quad \frac{d^2 z_k}{dt^2} = \frac{d^2 \zeta_k}{dt^2} - \frac{d^2 \zeta}{dt^2}$$

De donde

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{x_k}{r_k^3} + f \sum_{j=1}^{(k)} m_j \left[\frac{x_j - x_k}{\rho_{jk}^3} - \frac{x_j}{r_j^3} \right] \quad \frac{d^2 y_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{y_k}{r_k^3} + f \sum_{j=1}^{(k)} m_j \left[\frac{y_j - y_k}{\rho_{jk}^3} - \frac{y_j}{r_j^3} \right]$$

$$\frac{d^2 z_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{z_k}{r_k^3} + f \sum_{j=1}^{(k)} m_j \left[\frac{z_j - z_k}{\rho_{jk}^3} - \frac{z_j}{r_j^3} \right]$$

Si ponemos: $R_k = f \sum_{j=1}^{(k)} m_j \left[\frac{1}{\rho_{jk}} - \frac{x_j x_k + y_j y_k + z_j z_k}{r_j^3} \right]$ las ecuaciones de movimiento relativo del cuerpo p_k se reducirán a la forma:

$$\frac{d^2 x_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{x_k}{r_k^3} + \frac{dR_k}{dx_k} \quad \frac{d^2 y_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{y_k}{r_k^3} + \frac{dR_k}{dy_k} \quad \frac{d^2 z_k}{dt^2} = -f(M + m_k) \frac{z_k}{r_k^3} + \frac{dR_k}{dz_k}$$

Estas ecuaciones no se han podido integrar de un modo completo sino por aproximaciones sucesivas. Las masas $m_o, m_1, \dots, m_l, m_k, \dots, m_n$ son muy pequeñas con relación a la masa M del sol, de donde resulta que los segundos términos de las ecuaciones son muy pequeños con relación a los primeros; si se suprimen, obtendríamos lo que se llama las ecuaciones del movimiento no turbado, puesto que serían las ecuaciones de movimiento en el caso de que no hubiese más cuerpos que el sol y aquel cuyo movimiento se busca. Estas ecuaciones son, suprimiendo el índice k y poniendo $\mu = f(M + m)$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\mu \frac{x}{r^3} \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = -\mu \frac{y}{r^3} \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = -\mu \frac{z}{r^3}$$

Movimiento no turbado.

Acabamos de ver que las ecuaciones de movimiento se reducen a la forma

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\mu \frac{x}{r^3} \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = -\mu \frac{y}{r^3} \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = -\mu \frac{z}{r^3} \quad (1)$$

Tracemos por el centro del sol otros tres ejes rectangulares (s, u, v, w) y llamemos $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ los nueve cosenos de los ángulos que hacen los tres ejes primitivos sx, sy, sz , respectivamente con los su, sv, sw . Tendremos para fórmulas de transformación:

$$u = a_1 x + a_2 y + a_3 z \quad v = b_1 x + b_2 y + b_3 z \quad w = c_1 x + c_2 y + c_3 z \quad (2)$$

Entre estos nueve cosenos existen doce relaciones conocidas sin que ellas formen por esto doce ecuaciones diferentes. Estas doce relaciones sólo expresan las condiciones necesarias y suficientes para que los dos sistemas de ejes sean rectangulares separadamente.

Si derivamos dos veces sucesivamente las ecuaciones (2) y ponemos para abreviar $u' \ v' \ w' \dots \ z'$ y

$u'' \ v'' \ w'' \dots \ z''$ en vez de $\frac{du}{dt} \ \frac{dv}{dt} \ \frac{dw}{dt} \dots \ \frac{dz}{dt}$ y $\frac{d^2 u}{dt^2} \ \frac{d^2 v}{dt^2} \dots \ \frac{d^2 z}{dt^2}$ tendremos:

$$u' = a_1 x' + a_2 y' + a_3 z' \quad v' = b_1 x' + b_2 y' + b_3 z' \quad w' = c_1 x' + c_2 y' + c_3 z'$$

$$u'' = a_1 x'' + a_2 y'' + a_3 z'' \quad v'' = b_1 x'' + b_2 y'' + b_3 z'' \quad w'' = c_1 x'' + c_2 y'' + c_3 z''$$

Pero en virtud de las ecuaciones de movimiento (1), las que serían aplicables a las nuevas coordenadas, resulta que las tres últimas ecuaciones se obtienen de las tres primeras (2) multiplicadas por $-\frac{\mu}{r^3}$.

Vamos a ver cómo podemos determinar tres de los nueve cosenos por la condición de que una de las tres nuevas coordenadas permanezca constantemente nula; sea ésta por ejemplo w . Tendremos, pues $w=0 \ w'=0$.

Vamos a ver cómo se obtienen valores constantes para los tres cosenos $c_1 \ c_2 \ c_3$. Tendremos las ecuaciones:

$$\frac{c_1}{c_3} x + \frac{c_2}{c_3} y = -z \quad \frac{c_1}{c_3} x' + \frac{c_2}{c_3} y' = -z' \quad \text{de donde} \quad \frac{c_1}{c_3} = \frac{\left| \frac{y z}{y' z'} \right|}{\left| \frac{x y}{x' y'} \right|} \quad \frac{c_2}{c_3} = \frac{\left| \frac{z x}{z' x'} \right|}{\left| \frac{x y}{x' y'} \right|}$$

$$\text{Pero} \quad \frac{d}{dt} \left| \frac{x y}{x' y'} \right| = \left| \frac{x' y'}{x' y'} \right| + \left| \frac{x y}{x' y'} \right| = 0 \quad \text{De igual modo} \quad \frac{d}{dt} \left| \frac{z x}{z' x'} \right| = 0 \quad \frac{d}{dt} \left| \frac{y z}{y' z'} \right| = 0$$

Por tanto

$$\left| \frac{x y}{x' y'} \right| = \text{constante} = \left| \frac{x_o y_o}{x'_o y'_o} \right| = \alpha \quad \left| \frac{z x}{z' x'} \right| = \text{constante} = \left| \frac{z_o x_o}{z'_o x'_o} \right| = \beta \quad \left| \frac{y z}{y' z'} \right| = \text{constante} = \left| \frac{y_o z_o}{y'_o z'_o} \right| = \gamma$$

$$\text{Y poniendo} \quad \sigma^2 = \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 \quad \text{tendremos} \quad c_1 = \frac{\gamma}{\sigma} \quad c_2 = \frac{\beta}{\sigma} \quad c_3 = \frac{\alpha}{\sigma}$$

La trayectoria está, pues, situada en el plano $\alpha z + \beta y + \gamma x = 0$ (3) que pasa por el centro del sol. Los valores $x_o, y_o, z_o, x'_o, y'_o, z'_o$ en función de los cuales se dan α, β y γ son las coordenadas del móvil y sus velocidades a un momento dado $t = t_o$.

Hay un caso en que este plano queda indeterminado, y es aquel en que la velocidad $v_o = \sqrt{x_o'^2 + y_o'^2 + z_o'^2}$ siga la dirección del radio vector $r_o = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2}$. En efecto, elevando al cuadrado los valores α, β y γ y sumándolos tendremos:

$$\sigma^2 = x_o^2 (v_o^2 - x_o'^2) + y_o^2 (v_o^2 - y_o'^2) + z_o^2 (v_o^2 - z_o'^2) - 2x_o x_o' y_o y_o' - 2x_o x_o' z_o z_o' - 2y_o y_o' z_o z_o'$$

$$= r_o^2 v_o^2 - (x_o x_o' + y_o y_o' + z_o z_o')^2 = r_o^2 v_o^2 \left[1 - \left(\frac{x_o}{r_o} \frac{x_o'}{v_o} + \frac{y_o}{r_o} \frac{y_o'}{v_o} + \frac{z_o}{r_o} \frac{z_o'}{v_o} \right)^2 \right]$$

$$= r_o^2 v_o^2 [1 - \cos^2(r_o, v_o)] = r_o^2 v_o^2 \text{sen}^2(r_o, v_o) \quad \text{Por tanto} \quad \sigma = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2} = r_o v_o \text{sen}(r_o, v_o)$$

Si, pues, en un momento dado, t_o , la velocidad sigue la dirección del radio vector, se tendrá $\text{sen}(r_o, v_o) = 0$ y, por tanto $\sigma = 0$ y $\alpha = \beta = \gamma = 0$ y el plano (3) queda indeterminado.

3-En este caso la trayectoria es rectilínea, y esta recta es la que une la posición inicial x_o, y_o, z_o con el centro del sol. Tomemos esta recta por eje de las u . Y estudiemos este caso antes que el general.

Las ecuaciones (1) se reducirán a $\frac{d^2 u}{dt^2} = -\mu \frac{u}{r^3}$ o bien $\frac{d^2 r}{dt^2} = -\mu \frac{1}{r^2}$ pues $r = u$.

$$\text{Multiplicando por} \quad dr = \frac{dr}{dt} dt \quad \text{tendremos:} \quad \frac{dr}{dt} \frac{d^2 r}{dt^2} dt = -\mu \frac{dr}{r^2}$$

$$\text{De donde} \quad d \left[\frac{dr}{dt} \right]^2 = 2\mu d \frac{1}{r} \quad \text{Por tanto} \quad \left[\frac{dr}{dt} \right]^2 = \frac{2\mu}{r} - H \quad (4)$$

La velocidad $\frac{dr}{dt}$ se anula para $r = \frac{2\mu}{H}$

Hagamos primero la hipótesis de $H = 0$ se tendrá:

$$r^{1/2} dr = \pm \sqrt{2\mu} dt \quad \text{de donde} \quad \frac{2}{3} r^{3/2} + C = \pm \sqrt{2\mu} t \quad (A)$$

El signo \pm depende del sentido del movimiento. Supongamos en segundo lugar $H > 0$. La velocidad se anulará a la distancia $r_o = \frac{2\mu}{H}$.

Multiplicando por r^2 tendremos: $r \frac{dr}{dt} = \pm \sqrt{2\mu r - Hr^2}$ o bien: $r \frac{dr}{dt} = \pm \sqrt{\frac{\mu^2}{H} - \left[\frac{\mu^2}{H} - 2\mu r + Hr^2 \right]}$

es decir: $r \frac{dr}{dt} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{H}} \sqrt{1 - \frac{Hr}{\mu} \left[\frac{\mu}{H} - r \right]}$ y, por tanto $dt = \pm \frac{r dr}{\frac{\mu}{\sqrt{H}} \sqrt{1 - \frac{Hr}{\mu} \left[\frac{\mu}{H} - r \right]}}$

Pongamos: $\cos \varphi = \frac{H}{\mu} \left[\frac{\mu}{H} - r \right]$ De donde $r = \frac{\mu}{H} (1 - \cos \varphi)$ y $dr = \frac{\mu}{H} \operatorname{sen} \varphi d\varphi$

De donde $dt = \pm \frac{\frac{\mu^2}{H^2} (1 - \cos \varphi) \operatorname{sen} \varphi d\varphi}{\frac{\mu}{\sqrt{H}} \operatorname{sen} \varphi}$ o bien: $dt \frac{H\sqrt{H}}{\mu} = \pm (1 - \cos \varphi) d\varphi$

Y, por tanto $\frac{H\sqrt{H}}{\mu} (t - \epsilon) = \pm (\varphi - \operatorname{sen} \varphi)$. (B)

El signo \pm depende de la dirección del movimiento. Obtendremos la duración de una oscilación haciendo variar a φ en 2π . Llamándola T tendremos: $T = \frac{2\pi\mu}{H\sqrt{H}}$

Finalmente: supongamos $H < 0$ y poniendo explícito el signo, la ecuación será: $\left[\frac{dr}{dt} \right]^2 = \frac{2\mu}{r} + H$

o bien $dt = \pm \frac{r dr}{\sqrt{2\mu r + Hr^2}}$ Lo cual se puede poner bajo la forma $dt = \pm \frac{r dr}{\frac{\mu}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{Hr^2}{\mu^2} + r + \frac{\mu}{H}}}$

y poniendo $\frac{H}{\mu} \left[r + \frac{\mu}{H} \right] = \frac{1}{\cos \varphi}$ se obtiene $r = \frac{\mu}{H} \frac{1}{\cos \varphi} - 1$ y por tanto $dr = \frac{\mu}{H} \frac{\operatorname{sen} \varphi}{\cos^2 \varphi} d\varphi$

Y sustituyendo se tendrá: $dt = \pm \frac{\frac{\mu}{H} \left[\frac{\mu}{H} \frac{1}{\cos \varphi} - 1 \right] \frac{\operatorname{sen} \varphi}{\cos^2 \varphi} d\varphi}{\frac{\mu}{\sqrt{H}} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1}}$ o bien: $dt = \pm \frac{1}{\sqrt{H}} \left[\frac{\mu}{H} \frac{1}{\cos \varphi} - 1 \right] \frac{d\varphi}{\cos \varphi}$

o aun $dt = \pm \frac{\mu}{H\sqrt{H}} d \operatorname{tang} \varphi \pm \frac{1}{\sqrt{H}} d \operatorname{Log. tang} \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right]$

Por tanto $t - \epsilon = \pm \left[\frac{\mu}{H\sqrt{H}} \operatorname{tang} \varphi + \frac{1}{\sqrt{H}} \operatorname{Log. tang} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \right]$ (C)

* * *
Movimiento curvilíneo.

Vimos que la trayectoria, en el caso general, es plana, y que este plano tiene por ecuación $\alpha x + \beta y + \gamma z = 0$ siendo $\alpha = x_0 \left[\frac{dy}{dt} \right]_0 - y_0 \left[\frac{dx}{dt} \right]_0$, $\beta = z_0 \left[\frac{dx}{dt} \right]_0 - x_0 \left[\frac{dz}{dt} \right]_0$, $\gamma = y_0 \left[\frac{dz}{dt} \right]_0 - z_0 \left[\frac{dy}{dt} \right]_0$

Tomando el plano de la trayectoria por plano coordenado de (ξ, η) las ecuaciones de movimiento serán:

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} = -\frac{\mu}{r^3} \xi \quad \frac{d^2 \eta}{dt^2} = -\frac{\mu}{r^3} \eta$$

Multiplicando la segunda por $i = \sqrt{-1}$ y sumándola con la primera, se tendrá, llamando ζ la variable imaginaria $\zeta = \xi + \eta i$

Poniendo: $\zeta = r e^{\theta i}$ se tendrá $\frac{d^2 [r e^{\theta i}]}{dt^2} = -\frac{\mu}{r^3} e^{\theta i}$ (5)

Ahora: $\frac{d [r e^{\theta i}]}{dt} = \frac{dr}{dt} e^{\theta i} + r e^{\theta i} \frac{d\theta}{dt}$ y $\frac{d^2 [r e^{\theta i}]}{dt^2} = \frac{d^2 r}{dt^2} e^{\theta i} + \left[2e^{\theta i} \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} + r e^{\theta i} \frac{d^2 \theta}{dt^2} \right] + r e^{\theta i} \left[\frac{d\theta}{dt} \right]^2$

Sustituyendo en (5) y dividiendo por $e^{\theta i}$ se tendrá: $\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left[\frac{d\theta}{dt} \right]^2 + \left[2 \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} + r \frac{d^2 \theta}{dt^2} \right] + \frac{\mu}{r^3} = 0$

Igualando a cero separadamente la parte real y la imaginaria, tendremos:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left[\frac{d\theta}{dt} \right]^2 + \frac{\mu}{r^3} = 0 \quad (a) \quad \text{y} \quad 2 \frac{dr}{dt} \frac{d\theta}{dt} + r \frac{d^2 \theta}{dt^2} = 0 \quad (b)$$

Consideremos primero la ecuación (b). Pongamos $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ y tendremos $2 \frac{dr}{dt} \theta' + r \frac{d\theta'}{dt} = 0$

De donde $\frac{2}{r} \frac{dr}{dt} + \frac{1}{\theta'} \frac{d\theta'}{dt} = d \log r^2 + d \log \theta' = 0$ y por tanto $\log r^2 + \log \theta' = \text{constante} = \log K$

o bien $r^2 \theta' = K$, $r^2 d\theta = K dt$ (c) que es la integral de las áreas. Podemos ver fácilmente que el valor K es la constante σ que hemos hallado atrás. En efecto $\sigma = r v \operatorname{sen}(r, v)$.

Llamando p la perpendicular bajada del origen de coordenadas a la tangente a la trayectoria, tendremos: $p = r \operatorname{sen}(r, v)$ De donde $p v = p \frac{ds}{dt} = \sigma$ o bien $p ds = \sigma dt$. Pero llamando $2d\omega$ el doble del área descrita en la unidad de tiempo, se tendrá:

$$2d\omega = p ds = r^2 d\theta \quad \text{Y por tanto} \quad K dt = \sigma dt \quad \text{o bien} \quad K = \sigma.$$

Consideremos ahora la ecuación (a). Eliminando en ella a $d\theta$ por medio de (c) tendremos:

$$\frac{d^2 r}{dt^2} - \frac{K^2}{r^3} + \frac{\mu}{r^3} = 0 \quad \text{Multiplicando por } dr \text{ e integrado, se tendrá:} \quad \left[\frac{dr}{dt} \right]^2 + \frac{K^2}{r^2} - \frac{2\mu}{r} + H = 0 \quad (d)$$

en la cual H es una nueva constante de integración. La integral (d) se reduce a la de las fuerzas vivas al reemplazar el valor de K sacado de la integral de las áreas.

Multiplicando por r^2 se tendrá: $r^2 \left[\frac{dr}{dt} \right]^2 = -H \left[r^2 - \frac{2\mu}{r} + \frac{K^2}{H} \right]$ (e)

Vamos a demostrar que H no puede tomar nunca un valor mayor que $\frac{\mu^2}{K^2}$. En efecto, pongamos: $\alpha = \frac{\mu^2}{K^2} - H$ Y sustituyendo los valores de las constantes H y K a saber: $H = \frac{2\mu}{r} - v^2$, $K = r v \operatorname{sen}(r, v)$

se tendrá: $\alpha = \frac{\mu^2}{r^2 v^2 \operatorname{sen}^2(r, v)} - \frac{2\mu}{r} + v^2 = \frac{\mu^2}{r^2 v^2} \cot^2(r, v) + \left[\frac{\mu}{r v} - v \right]^2$ cantidad esencialmente positiva por ser la suma de dos cuadrados. La diferencia α de H y $\frac{\mu^2}{K^2}$ puede llegar a ser nula cuando se tiene a la vez: $\text{ángulo}(r, v) = \frac{\pi}{2}$ $v^2 = \frac{\mu}{r}$.

La velocidad radial $\frac{dr}{dt}$ se anula para los valores de r que anulen el segundo miembro de (e). Pero r no puede tomar sino valores positivos. Llamemos r' y r'' los valores de r que anulen al trinomio

$$r^2 - \frac{2\mu}{r} + \frac{K^2}{H} \quad \text{es decir, las raíces de la ecuación} \quad r^2 - \frac{2\mu}{r} + \frac{K^2}{H} = 0. \quad \text{Estas raíces son:}$$

$$r' = \frac{\mu}{H} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} \right] \quad \text{y} \quad r'' = \frac{\mu}{H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} \right] \quad \text{Y la ecuación (e) podrá escribirse así:}$$

$$\left[r \frac{dr}{dt} \right]^2 = -H(r - r')(r - r''). \quad (e')$$

Como la constante H no está sujeta a otra condición que la de ser menor que $\frac{\mu^2}{K^2}$ podremos hacer las hipótesis siguientes:

1.ª Que $\frac{\mu^2}{K^2} > H > 0$. En este caso los valores de r' y r'' son reales y positivos y r admitirá un máximo y un mínimo.

2.ª Que $H = 0$. En este caso $r' = \infty$ y $r'' = \frac{\mu}{H} \frac{d \left[1 - \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} \right]}{dH}$ o bien $r'' = \frac{K^2}{2\mu}$

y r sólo admitirá un mínimo que es r'' .
3.ª Que $H < 0$. El valor r' será negativo en este caso y por tanto, inadmisibles; pero $r'' > 0$ y r admitirá un mínimo que es r'' .

Primer caso: $\frac{\mu^2}{K^2} > H > 0$. Podremos poner la ecuación (e') bajo la forma $\left[r \frac{dr}{dt} \right]^2 = H(r' - r)(r - r'')$ en la que, como H es positiva, la variable r estará comprendida entre:

$$r' = \frac{\mu}{H} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} \right] \quad \text{y} \quad r'' = \frac{\mu}{H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} \right]. \quad \text{Pongamos para simplificar} \quad \frac{\mu}{H} = a \quad \sqrt{1 - \frac{K^2 H}{\mu^2}} = e$$

$$\text{y tendremos:} \quad r' = a(1+e) \quad \text{y} \quad r'' = a(1-e).$$

Para facilitar la integración haremos un cambio de variable. Como r debe estar comprendida entre r' y r'' pongamos: $r = a(1 - e \cos u)$ (I) De donde $dr = ae \sin u du$ Además $r' - r = ae(1 + \cos u)$ $r - r'' = ae(1 - \cos u)$ Sustituyendo en (e) y despejando a dt se tendrá:

$$dt = \pm \frac{a}{\sqrt{H}} (1 - e \cos u) du.$$

Tomando el signo (+) que corresponde al caso en que r crece con t y sustituyendo el valor de

$$H = \frac{\mu^2}{a} \quad \text{se tendrá:} \quad dt = \frac{a\sqrt{a}}{\mu} (1 - e \cos u) du.$$

Integrando y llamando ε otra constante, tendremos: $\frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}} (t - \varepsilon) = u - e \sin u$. (I')

A la variable u se le llama *anomalía excéntrica*.

Segundo caso: $H = 0$. En este caso la ecuación de movimiento se reduce a $\left[r \frac{dr}{dt} \right]^2 = 2\mu r - K^2$ (f)

Para integrarla haremos un cambio de variable. La elección de esta variable auxiliar la hacemos en atención a que r no puede hacerse menor que $\frac{K^2}{2\mu}$ y que, por el contrario, puede crecer indefinidamente.

Pondremos, pues, $r^2 = \frac{K^2}{2\mu \cos^2 u}$ (II) Sustituyendo en la ecuación (f) y despejando dt se tendrá:

$$dt = \frac{r dr}{\sqrt{2\mu r - K^2}} = \frac{K^2}{2\mu} \frac{K^2 \sin u du}{\cos^3 u} = \frac{K^2}{2\mu^2} \frac{\sin u du}{\cos^3 u} \quad \text{O bien} \quad dt = \frac{K^2}{2\mu^2} (1 + \tan^2 u) d \tan u$$

$$\text{E integrando} \quad t - \varepsilon = \frac{K^2}{2\mu^2} (\tan u + \frac{1}{3} \tan^3 u) \quad (II')$$

Tercer caso: $H < 0$. Pongamos explícito el signo de H y para esto hagamos $H = -H_1$. La ecuación (e) se hará:

$$\left[r \frac{dr}{dt} \right]^2 = H_1 (r - r') (r - r'') \quad \text{o mejor} \quad \left[r \frac{dr}{dt} \right]^2 = H_1 \left[r^2 + \frac{2\mu}{H_1} r - \frac{K^2}{H_1} \right] = H_1 \left[\left(r + \frac{\mu}{H_1} \right)^2 - \frac{\mu^2 + K^2 H_1}{H_1^2} \right]$$

$$\text{Pongamos:} \quad r + \frac{\mu}{H_1} = \frac{1}{H_1} \sqrt{\mu^2 + K^2 H_1} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \quad (III) \quad \text{De donde} \quad \frac{dr}{dt} = \frac{1}{H_1} \sqrt{\mu^2 + K^2 H_1} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} \frac{d\varphi}{dt}$$

Sustituyendo, tendremos:

$$\left[-\frac{\mu}{H_1} + \frac{1}{H_1} \sqrt{\mu^2 + K^2 H_1} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} \right]^2 \left[\frac{1}{H_1} \sqrt{\mu^2 + K^2 H_1} \cdot \frac{\sin \varphi}{\cos^2 \varphi} \right]^2 \left[\frac{d\varphi}{dt} \right]^2 = \frac{\mu^2 + K^2 H_1}{H_1} \left[\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1 \right] = \frac{\mu^2 + K^2 H_1}{H_1} \frac{\sin^2 \varphi}{\cos^2 \varphi}$$

$$\text{De donde} \quad \frac{H_1 \sqrt{H_1}}{\mu} dt = \pm \left[\sqrt{1 + \frac{K^2 H_1}{\mu^2}} \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} - \frac{d\varphi}{\cos \varphi} \right]$$

$$\text{Pongamos para simplificar:} \quad e = \sqrt{1 + \frac{K^2 H_1}{\mu^2}} \quad \text{y tendremos:} \quad \frac{H_1 \sqrt{H_1}}{\mu} dt = \pm \left[e \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} - \frac{d\varphi}{\cos \varphi} \right]$$

$$\text{La cual, integrada, da:} \quad \frac{H_1 \sqrt{H_1}}{\mu} (t - \varepsilon) = \pm \left[e \tan \varphi + \log \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (III')$$

Ecuación de la trayectoria. Volvamos a la ecuación (e) y pongámosla bajo la forma

$$\left[\frac{dr}{dt} \right]^2 + \frac{K^2}{r^2} + H - \frac{2\mu}{r} = 0 \quad \text{O bien} \quad \left[\frac{dr}{dt} \right]^2 = \frac{\mu^2}{K^2} - H - \left[\frac{K}{r} - \frac{\mu}{K} \right]^2$$

$$\text{De donde} \quad \frac{dr}{dt} = \pm \sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H} \sqrt{1 - \frac{\frac{K}{r} - \frac{\mu}{K}}{\sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H}}}$$

Si ahora eliminamos a dt por medio de la ecuación de las áreas ($K dt = r^2 d\theta$) tendremos: $dt = \frac{r^2 d\theta}{K}$

Y sustituyendo en (g) obtendremos:

$$\frac{K dr}{r^2 d\theta} = \pm \sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H} \sqrt{1 - \frac{\frac{K}{r} - \frac{\mu}{K}}{\sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H}}}$$

Poniendo

$$\eta = \frac{\frac{K}{r} - \frac{\mu}{K}}{\sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H}}$$

$$\text{sacamos:} \quad \frac{d\eta}{d\theta} = -\frac{K}{\sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H}} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{dr}{d\theta} \quad \text{Por tanto} \quad \frac{d\eta}{d\theta} = \pm \sqrt{1 - \eta^2} \quad \text{O bien} \quad d\theta = \pm \frac{d\eta}{\sqrt{1 - \eta^2}}$$

Y llamando ω una nueva constante, tendremos: $\theta - \omega = \pm \text{arc. cos } \eta$ ó $\eta = \cos(\theta - \omega)$

$$\text{Y por tanto} \quad \frac{K}{r} - \frac{\mu}{K} = \sqrt{\frac{\mu^2}{K^2} - H} \cos(\theta - \omega) \quad \text{O bien} \quad r = \frac{\frac{K^2}{\mu}}{1 + \sqrt{1 - \frac{HK^2}{\mu^2}} \cos(\theta - \omega)} \quad (IV)$$

La cual representa una sección cónica referida a uno de los focos, cuya excentricidad es

$$e = \sqrt{1 - \frac{HK^2}{\mu^2}} \quad \text{la cual no puede ser imaginaria, pues } H \text{ no puede ser mayor que } \frac{\mu^2}{K^2}.$$

Esta sección cónica será elipse, parábola o hipérbola según que $H > 0$ $H = 0$ ó $H < 0$. Pasaremos de nuevo revista a estos tres casos:

1.º caso: $H > 0$ (Movimiento elíptico).

$$\text{Se tiene en este caso:} \quad r = a(1 - e \cos u) \quad (I) \quad \text{y} \quad \frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}} (t - \varepsilon) = u - e \sin u \quad (I')$$

y finalmente

$$r = \frac{\frac{K^2}{\mu}}{1 + \sqrt{1 - \frac{HK^2}{\mu^2}} \cos(\theta - \omega)} \quad (IV)$$

En las cuales, llamando r' y r'' el mayor y el menor valor de r se tiene: $r' = a(1+e)$ $r'' = a(1-e)$. Así, como en este caso, la ecuación (IV) representa una elipse referida al foco, se deducirá:

$$e = \sqrt{1 - \frac{HK^2}{\mu^2}} \quad a = \frac{\mu}{H} \quad \text{que representarán respectivamente la excentricidad y el semieje mayor.}$$

La variable auxiliar u (anomalía excéntrica) ligada al radio vector por la ecuación (I) y al tiempo por la (I') servirá para relacionar con el tiempo, tanto el radio vector como la anomalía verdadera $\theta - \omega$ que representamos por V .

La anomalía excéntrica u es desarrollable por la serie de Lagrange cuando $e < 0,6627434$. Y para este mismo límite se pueden desarrollar el radio vector r y la anomalía verdadera V en series ordenadas según los cosenos y los senos de los múltiplos de la variable M llamada anomalía media y cuyo valor es

$$M = \frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}} (t - \varepsilon) \quad \text{que es una función lineal del tiempo. Así se obtiene:}$$

$$\begin{aligned} \frac{r}{a} &= 1 + \frac{1}{2} e^2 - (e - \frac{3}{8} e^3 + \frac{5}{192} e^5 - \frac{7}{10368} e^7) \cos M - (\frac{1}{2} e^2 - \frac{1}{8} e^4 + \frac{1}{16} e^6) \cos 2M - (\frac{3}{8} e^3 - \frac{43}{128} e^5 + \\ &+ \frac{267}{5120} e^7) \cos 3M - (\frac{1}{8} e^4 - \frac{2}{5} e^6) \cos 4M - (\frac{125}{288} e^5 - \frac{4375}{4224} e^7) \cos 5M - \frac{21}{40} e^6 \cos 6M - \frac{18807}{46080} e^7 \cos 7M \dots \\ V &= M + (e - \frac{1}{4} e^3 + \frac{3}{96} e^5 + \frac{107}{4608} e^7) \sin M + (\frac{5}{4} e^2 - \frac{11}{24} e^4 + \frac{17}{192} e^6) \sin 2M + (\frac{13}{12} e^3 - \frac{43}{64} e^5 + \frac{95}{512} e^7) \sin 3M \\ &+ (\frac{103}{96} e^4 - \frac{431}{480} e^6) \sin 4M + (\frac{1007}{960} e^5 - \frac{5857}{4928} e^7) \sin 5M + (\frac{1223}{960} e^6 \sin 6M + \frac{47573}{22200} e^7 \sin 7M \dots \end{aligned}$$

En que los desarrollos sólo se extienden hasta las séptimas potencias de la excentricidad. En el caso en que la excentricidad e pasara del límite 0,6627434 los desarrollos anteriores no serían aplicables y habría que apelar a la resolución ordinaria de la ecuación de Kepler. Para órbitas muy alargadas no se obtiene la anomalía verdadera, por el método ordinario, con una aproximación suficiente; pero Gauss ha referido, en este caso, el problema a una forma análoga al de las órbitas parabólicas.

2.º caso: $H=0$ (Movimiento parabólico).

En este caso tendremos:
$$r = \frac{K^2}{2\mu \cos^2 u} \quad (II) \quad t - \varepsilon = \frac{K^2}{2\mu^2} (\text{tang } u + \frac{1}{3} \text{ tang}^3 u) \quad (III)$$

Y como $H=0$
$$r = \frac{K^2}{\mu (1 + \cos(\theta - \omega))} \quad (IV)$$

Como se ve, el ángulo auxiliar u es, en este caso, la mitad de la anomalía verdadera $V = \theta - \omega$ y la distancia perihelia q tiene por valor
$$q = \frac{K^2}{2\mu}$$

Las ecuaciones de movimiento pueden, pues, ser puestas bajo la forma

$$r = \frac{q}{\cos^2 \frac{1}{2} V} \quad (V) \quad \text{y} \quad t - \varepsilon = \frac{\sqrt{2} q^3}{\sqrt{\mu}} (\text{tang } \frac{1}{2} V + \frac{1}{3} \text{ tang}^3 \frac{1}{2} V) \quad (VI)$$

Esta fórmula final ha sido reducida a tablas bajo el supuesto de $q=1$ y $\mu=fM$. Estas tablas son de Barker y se hallan respectivamente en la obra de Gauss *Theoria Motus* y en la *Determinación de Órbitas* de M. Oppolzer (traducción francesa), etc.

3.º caso: $H < 0$ (Movimiento hiperbólico).

En este caso se tiene, haciendo como antes $H = -H_1$
$$r = \frac{K^2}{1 + \sqrt{1 + \frac{H_1 K^2}{\mu^2} \cos(\theta - \omega)}}$$

Llamando e la excentricidad de la hipérbola y a el semieje transversal, se tendrá:

$$e^2 = 1 + \frac{H_1 K^2}{\mu^2} \quad a(e^2 - 1) = \frac{K^2}{\mu} \quad \text{De donde} \quad H_1 = \frac{\mu}{a} \quad \text{y} \quad K^2 = (e^2 - 1)\mu a$$

Sustituyendo estos valores, se tendrá la ecuación de la hipérbola bajo la forma
$$r = \frac{a(e^2 - 1)}{1 + e \cos(\theta - \omega)}$$

Y la ecuación (III) que relaciona el radio vector r con el ángulo auxiliar φ se hará
$$r = a \left[\frac{e}{\cos \varphi} - 1 \right]$$

De estas dos, resulta:
$$\text{tang } \frac{\theta - \omega}{2} = \sqrt{\frac{e+1}{e-1}} \text{ tang } \frac{\varphi}{2} \quad (V) \quad \text{Y como el ángulo } \varphi \text{ está expresado en función del tiempo por la ecuación}$$

$$\frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}} (t - \varepsilon) = e \text{ tang } \varphi + \log. \text{ tang. } \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right] \quad (III')$$

demostrada atrás, se tendrán expresados r y θ en función de φ y ésta en función del tiempo, es decir, se tendrá completamente definido el movimiento hiperbólico. El ángulo auxiliar φ es análogo a la anomalía excéntrica y se calcula por tablas.

EL COMETA DE 1901.—DETERMINACION DE UNA ORBITA PARABOLICA

Las órbitas de los cometas son, por lo general, elipses muy excéntricas, parábolas o hipérbolas de excentricidad muy próxima a la unidad.

Las elipses muy excéntricas y las hipérbolas de excentricidad muy próxima a la unidad se separan poco de la parábola de igual parámetro, situada en el mismo plano y cuyo eje y vértice coinciden con los de la elipse o hipérbola considerada; de igual modo, el movimiento en aquellas curvas sigue una ley muy próxima de la que rige el movimiento parabólico. Se debe, pues, en una primera aproximación y cuando sólo se dispone de un número de observaciones apenas suficiente, calcular la órbita del cometa como si fuese una parábola. El objeto de esto es, en primer lugar, el de comparar los elementos hallados, que deben diferir poco de los de la órbita real, con las órbitas cometarias catalogadas; la igualdad o semejanza de éstos con los de otro cometa podría conducir al descubrimiento de un nuevo cometa periódico en el caso de que no hubiese sufrido fuertes perturbaciones. En segundo lugar, la órbita aproximada sirve para corregir todas las observaciones de aberración y paralaje con el objeto de determinar los elementos definitivos. No exponemos aquí sino el cálculo de los elementos parabólicos.

1.—Elemento de una órbita.—Hemos visto que la integración de las tres ecuaciones diferenciales del movimiento no turbado introduce las seis constantes arbitrarias c_1, c_2, c_3 ($K = \sqrt{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}$), H, ω, ε .

Estas constantes son reemplazadas por otras seis que les son equivalentes, las cuales están ligadas con las primeras por relaciones que hemos indicado atrás; estas constantes son en el caso de elipse o hipérbola, $a, e, N, I, \omega, \varepsilon$ que significan: a = semieje mayor (elipse), semieje transversal (hipérbola); e = excentricidad; N = longitud del nodo ascendente; I = inclinación de la órbita sobre la eclíptica; ω = longitud del perihelio = longitud del nodo, más ángulo del nodo al perihelio, y ε = época del paso del astro por el perihelio.

En el caso de parábola, como $e=1$ los elementos se reducen a cinco, a saber: $q, N, I, \omega, \varepsilon$ en que N, I, ω y ε tienen la misma significación que antes, pero a ha sido reemplazada por q que significa la distancia perihelia.

2.—Constante de Gauss.—Además de las seis constantes arbitrarias que hemos indicado, figura en las fórmulas otra constante, dependiente de la ley de la gravitación, que hemos representado por μ ó $f(M+m)$ en que f es la atracción de la unidad de masa sobre la unidad de masa a la unidad de distancia, M la masa del sol y m la masa del planeta o cometa.

Cuando se trata de un cometa, su masa es siempre despreciable frente a la masa solar; y la constante μ toma el valor $\mu_1 = fM$ o, lo que es lo mismo, el valor de f cuando se toma por unidad la masa solar.

El valor de $\sqrt{\mu_1} = \sqrt{fM}$ es lo que se llama constante de Gauss.

Si se toma la ecuación
$$\frac{\sqrt{\mu}}{a\sqrt{a}} (t - \varepsilon) = u - e \text{ sen } u \quad (I)'$$
 referente a la anomalía excéntrica, y se hace crecer a u en 2π , t crecerá en T o sea en la duración de la revolución alrededor del sol en el caso de movimiento no turbado, y se tendrá:

$$\frac{\sqrt{\mu}}{a^{\frac{3}{2}}} T = 2\pi \quad \text{De donde} \quad \sqrt{\mu} = \frac{2\pi}{T} a^{\frac{3}{2}} = \pi a^{\frac{3}{2}}$$
 En que $n = \frac{2\pi}{T}$ es el movimiento medio.

Gauss aplicó esta ecuación al movimiento del sistema de la tierra y la luna alrededor del sol. Llamando m y m' las masas de estos dos cuerpos, se tendrá:

$$\mu = f(M + m + m') = \mu_1 \left[1 + \frac{m + m'}{M} \right] \quad \text{Y por tanto} \quad \sqrt{\mu_1} = \pi a^{\frac{3}{2}} \left[1 + \frac{m + m'}{M} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Bajo esta forma haciendo $a=1$ dando a n el valor observado y sustituyendo los valores admitidos para m y m' fue como Gauss fijó en $\sqrt{\mu_1} = 0.017202099$ el valor de la constante que lleva su nombre.

Este valor no es correcto, puesto que, por una parte, presupone que la tierra no tenga perturbaciones en su movimiento, y por otra, que los valores de las masas m y m' que introdujo en el cálculo, fuesen exactas. Esto no tiene mayor inconveniente, puesto que se puede aceptar la constante de Gauss y modificar la unidad de distancia. Llamemos n_1 el valor del movimiento medio de la tierra en el caso de que no hubiera perturbaciones planetarias y $\left[\frac{m+m'}{M} \right]_1$ el valor exacto de las masas, se tendrá:

$$\sqrt{\mu_1} = n_1 a^{\frac{3}{2}} \left[1 + \left(\frac{m+m'}{M} \right)_1 \right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{Hagamos} \quad \sqrt{\mu_1} = \pi \left[1 + \left(\frac{m+m'}{M} \right)_1 \right]^{-\frac{1}{2}} = 0.017202099$$

puesto que Gauss hizo $a=1$. Se tendrá:
$$n_1 a^{\frac{3}{2}} \left[1 + \left(\frac{m+m'}{M} \right)_1 \right]^{-\frac{1}{2}} = \pi \left[1 + \left(\frac{m+m'}{M} \right)_1 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

De donde
$$a = \sqrt[3]{\frac{\pi^2}{n_1^2} \frac{1 + \left(\frac{m+m'}{M} \right)_1}{1 + \frac{m+m'}{M}}} = 1.00000129.$$

Así, la distancia media de la tierra al sol valdrá 1.00000129 de la unidad de longitud adoptada en la Mecánica celeste.

3.—Problema general de la determinación de una órbita.—Los elementos de una órbita, no siendo otra cosa que las seis constantes de integración de las ecuaciones diferenciales del movimiento, podremos imaginar expresadas las coordenadas del móvil por ecuaciones de la forma

$$x = f_1(t, a, e, N, I, \omega, \varepsilon) \quad y = f_2(t, a, e, N, I, \omega, \varepsilon) \quad z = f_3(t, a, e, N, I, \omega, \varepsilon) \quad (1)$$

en que, para mayor claridad, hemos supuesto las coordenadas rectangulares.

Si, por otra parte, se han observado en tres fechas determinadas t_0, t_1 y t_2 las posiciones geocéntricas, ascensión recta y declinación o longitud y latitud del astro, se podrán escribir las seis ecuaciones de las tres visuales dirigidas de la tierra al astro, a saber:

$$\begin{aligned} x &= \alpha_0 z + \gamma_0 & y &= \beta z + \delta_0 & \text{para } t &= t_0 \\ x &= \alpha_1 z + \gamma_1 & y &= \beta z + \delta_1 & \text{,, } t &= t_1 \\ x &= \alpha_2 z + \gamma_2 & y &= \beta z + \delta_2 & \text{,, } t &= t_2 \end{aligned}$$

Sustituyendo en éstas los valores (1) después de hacer sucesivamente $t=t_0, t_1$ y t_2 se obtendrán seis ecuaciones entre los seis elementos. Conociendo, pues, tres posiciones geocéntricas del astro, se podrá deducir los seis elementos de la órbita. Desgraciadamente no es fácil reducir las ecuaciones de movimiento a la forma (1) y se ha tenido que apelar a métodos más o menos complicados para la solución del problema.

El caso de parábola es el más sencillo; pero puede dar lugar a incompatibilidad si la órbita no es en realidad parabólica, pues se presupone conocido uno de los elementos, la excentricidad, y el problema queda reducido a la solución de seis ecuaciones con cinco incógnitas. Esta incompatibilidad se hace tanto más notable cuanto más se separa la órbita real de la forma parabólica.

La solución del problema de que tratamos requiere la resolución de varios problemas particulares que estudiaremos sucesivamente.

4—Supongamos que se hayan observado tres posiciones geocéntricas del cometa, correspondientes a las fechas t , t' y t'' y que hayan sido reducidas a coordenadas (longitud y latitud) con relación a la eclíptica. Representemos por α , α' y α'' las longitudes, y por β , β' y β'' las latitudes geocéntricas. Estas cantidades son los seis datos que nos suministra la observación. Representemos por Δ , Δ' y Δ'' las distancias del cometa a la tierra, correspondientes a las fechas de las observaciones, y por ρ , ρ' y ρ'' sus proyecciones respectivas sobre la eclíptica, es decir

$$\rho = \Delta \cos \beta \quad \rho' = \Delta' \cos \beta' \quad \text{y} \quad \rho'' = \Delta'' \cos \beta''$$

Llamemos θ , θ' y θ'' las longitudes geocéntricas del sol, y R , R' y R'' sus distancias a la tierra, las cuales se pueden obtener fácilmente con las tablas del sol o sirviéndose del *Connaissance des Temps*, o de cualquiera otro almanaque náutico.

Sean, finalmente r , r' , r'' los radios vectores, las latitudes y las longitudes heliocéntricas del cometa, correspondientes a las tres posiciones observadas, y x, y, z , x', y', z' y x'', y'', z'' las coordenadas heliocéntricas rectangulares referidas a la eclíptica como plano de las xy y a la perpendicular hacia el norte por dirección positiva del eje de las z de modo que el eje de las x sea una recta dirigida del sol al equinoccio vernal y el de las y una perpendicular al anterior hacia el este. Se tendrá:

$$(2) \quad \begin{aligned} x &= r \cos \lambda \cos L & x' &= r' \cos \lambda' \cos L' & x'' &= r'' \cos \lambda'' \cos L'' \\ y &= r \cos \lambda \sin L & y' &= r' \cos \lambda' \sin L' & y'' &= r'' \cos \lambda'' \sin L'' \\ z &= r \sin \lambda & z' &= r' \sin \lambda' & z'' &= r'' \sin \lambda'' \end{aligned}$$

y también

$$(3) \quad \begin{aligned} x &= \rho \cos \alpha - R \cos \theta & x' &= \rho' \cos \alpha' - R' \cos \theta' & x'' &= \rho'' \cos \alpha'' - R'' \cos \theta'' \\ y &= \rho \sin \alpha - R \sin \theta & y' &= \rho' \sin \alpha' - R' \sin \theta' & y'' &= \rho'' \sin \alpha'' - R'' \sin \theta'' \\ z &= \rho \tan \beta & z' &= \rho' \tan \beta' & z'' &= \rho'' \tan \beta'' \end{aligned}$$

5—Problema 1—Relaciones entre las coordenadas del cometa, correspondientes a las tres fechas t , t' y t'' y las áreas triangulares formadas por esas tres posiciones tomadas de dos en dos y el centro del sol.

Sea $c_3 X + c_2 Y + c_1 Z = 0$ el plano de la órbita.

Sustituyendo en ésta sucesivamente las coordenadas correspondientes a las tres posiciones, se tendrá:

$$c_3 x + c_2 y + c_1 z = 0 \quad c_3 x' + c_2 y' + c_1 z' = 0 \quad c_3 x'' + c_2 y'' + c_1 z'' = 0$$

Y como c_3 , c_2 y c_1 no pueden ser nulas a la vez, se deberá tener:

$$\begin{vmatrix} x & y & z \\ x' & y' & z' \\ x'' & y'' & z'' \end{vmatrix} = 0$$

Y desarrollando por los elementos de cada columna, se tendrá:

$$(4) \quad \begin{aligned} (y' z'' - z' y'') x - (y z'' - z y'') x' + (y z' - z y') x'' &= 0 \\ (x' z'' - z' x'') y - (x z'' - z x'') y' + (x z' - z x') y'' &= 0 \\ (x' y'' - y' x'') z - (x y'' - y x'') z' + (x y' - y x') z'' &= 0 \end{aligned}$$

Consideremos el sol S y las tres posiciones C , C' y C'' del cometa, y llamemos A , A' y A'' las tres áreas triangulares CSC , CSC' y CSC'' respectivamente. Es evidente que los paréntesis de las ecuaciones (4) son las proyecciones de los duplos de los áreas triangulares A , A' y A'' sobre los planos yz , xz y xy . Podremos, en consecuencia, reemplazar dichos coeficientes por las mismas áreas, y escribir:

$$Ax - A'x' + A''x'' = 0 \quad Ay - A'y' + A''y'' = 0 \quad Az - A'z' + A''z'' = 0$$

Reemplazando x, y, z , x', y', z' , x'', y'', z'' por sus valores (3) después de dividir por A se tendrá:

$$(4)^* \quad \begin{aligned} \frac{A}{A'} \rho \cos \alpha - \frac{A'}{A} \rho' \cos \alpha' + \rho'' \cos \alpha'' &= \frac{A}{A'} R \cos \theta - \frac{A'}{A} R' \cos \theta' + R'' \cos \theta'' \\ \frac{A}{A'} \rho \sin \alpha - \frac{A'}{A} \rho' \sin \alpha' + \rho'' \sin \alpha'' &= \frac{A}{A'} R \sin \theta - \frac{A'}{A} R' \sin \theta' + R'' \sin \theta'' \\ \frac{A}{A'} \rho \tan \beta - \frac{A'}{A} \rho' \tan \beta' + \rho'' \tan \beta'' &= 0. \end{aligned}$$

6—Problema 2—Sustitución de la relación $\frac{A}{A'}$ por la relación $\frac{t''-t'}{t'-t}$ de los tiempos.

Las áreas triangulares son desconocidas, pero sus relaciones son próximamente iguales a las de los sectores parabólicos descritos por el radio vector que une el centro del sol al centro de la masa del cometa. Veamos con qué grado de aproximación nos será permitido sustituir las unas relaciones por las otras.

Para el efecto aplicaremos la serie de Taylor a las coordenadas del cometa partiendo de la época t' . Tendremos:

$$\begin{aligned} x &= x' - \frac{dx'}{dt}(t-t') + \frac{d^2x'}{dt^2} \frac{(t-t')^2}{1.2} - \frac{d^3x'}{dt^3} \frac{(t-t')^3}{1.2.3} + \dots \\ x'' &= x' + \frac{dx'}{dt}(t''-t') + \frac{d^2x'}{dt^2} \frac{(t''-t')^2}{1.2} + \frac{d^3x'}{dt^3} \frac{(t''-t')^3}{1.2.3} + \dots \end{aligned}$$

Eliminando a $\frac{dx'}{dt}$ y sustituyendo los valores de $\frac{d^2x'}{dt^2}$ y $\frac{d^3x'}{dt^3}$

$$\text{a saber} \quad \frac{d^2x'}{dt^2} = -\mu \frac{x'}{r^3} \quad \frac{d^3x'}{dt^3} = -\frac{\mu}{r^3} \left[\frac{dx'}{dt} - \frac{3x'}{r} \frac{dr'}{dt} \right]$$

$$\text{se obtiene:} \quad \frac{x''-x'}{t''-t'} + \frac{x'-x'}{t'-t'} = -\frac{\mu x'}{2r^3} (t''-t') \left[1 - \frac{1}{x'} \left(\frac{dx'}{dt} - \frac{3x'}{r} \frac{dr'}{dt} \right) (t''+t'-2t') \right]$$

Llamando ds la diferencia del arco de trayectoria correspondiente al incremento dt el término sustractivo dentro del paréntesis del segundo miembro se podrá escribir así: $\frac{1}{x'} \frac{ds}{dt} \left[\frac{dx'}{ds} - \frac{3x'}{r} \frac{dr'}{ds} \right] (t''+t'-2t')$

$$\text{O bien, llamando } v \text{ la velocidad del cometa} \quad \frac{1}{x'} v (t''+t'-2t') \left[\frac{dx'}{ds} - \frac{3x'}{r} \frac{dr'}{ds} \right]$$

Representando por $\left| \frac{dx'}{dt} \right|$, $\left| \frac{x'}{r} \right|$ y $\left| \frac{dr'}{ds} \right|$ los módulos de esas cantidades, se tendrá evidentemente

$$\left| \frac{dx'}{dt} \right| < 1, \quad \left| \frac{x'}{r} \right| < 1, \quad \left| \frac{dr'}{ds} \right| < 1 \quad \text{Y por tanto se ve que} \quad \frac{dx'}{ds} - \frac{3x'}{r} \frac{dr'}{ds} \text{ será en todo caso menor que 4, en valor absoluto.}$$

Por otra parte el factor $v(t''+t'-2t')$ es el espacio descrito por el cometa en un intervalo igual a la diferencia de los intervalos $t''-t'$ y $t'-t$ de las observaciones. Finalmente $\frac{1}{x'}$ es del orden del inverso del radio vector. El término en cuestión es, pues, muy pequeño cuando los intervalos $(t''-t')$ y $(t'-t)$ difieren poco, y es rigurosamente nulo cuando dichos intervalos son iguales. Despreciando ese término, se obtendrá:

$$\frac{x''-x'}{t''-t'} + \frac{x'-x'}{t'-t'} = -\frac{\mu x'}{r^3} (t''-t') \quad \text{Y, de igual modo,}$$

$$\frac{y''-y'}{t''-t'} + \frac{y'-y'}{t'-t'} = -\frac{\mu y'}{r^3} (t''-t') \quad \text{y} \quad \frac{z''-z'}{t''-t'} + \frac{z'-z'}{t'-t'} = -\frac{\mu z'}{r^3} (t''-t')$$

$$\text{Eliminando a} \quad -\frac{\mu}{r^3} (t''-t') \quad \text{se tendrá:} \quad \frac{y''-y'}{t''-t'} - \frac{y'-y'}{t'-t'} = \frac{x''-x'}{t''-t'} - \frac{x'-x'}{t'-t'} \text{ etc.}$$

Y por tanto

$$\frac{A}{A''} = \frac{t''-t'}{t'-t'}$$

Se puede, pues, reemplazar $\frac{A}{A''}$ por $\frac{t''-t'}{t'-t'}$ cuando estos intervalos difieren poco entre sí. No sucede lo mismo con $\frac{A'}{A''}$ la cual no sería asimilable a $\frac{t''-t'}{t'-t'}$ sino con errores de primer orden, como se vería al aplicar la serie de Taylor, tomando a t' por origen del tiempo.

Debemos, por consiguiente, considerar a $\frac{A'}{A''}$ como una incógnita. Para eliminarla en las ecuaciones (4) multiplicaremos la segunda de éstas por $\cos \theta''$ y la primera por $\sin \theta''$ y restaremos la una de la otra; de donde

$$\frac{A}{A''} \rho \sin (\theta'' - \alpha) - \frac{A'}{A''} \rho' \sin (\theta'' - \alpha') + \rho'' \sin (\theta'' - \alpha'') = \frac{A}{A''} R \sin (\theta'' - \theta) - R'' \sin (\theta'' - \theta'')$$

$$\text{De la tercera ecuación de las (4) se saca} \quad \frac{A'}{A''} \rho' = \frac{A}{A''} \rho \frac{\tan \beta}{\tan \beta'} + \rho'' \frac{\tan \beta''}{\tan \beta'}$$

$$\text{Sustituyendo en la anterior y notando que} \quad \frac{A}{A''} = \frac{t''-t'}{t'-t'} = \frac{R' R'' \sin (\theta'' - \theta')}{R R'' \sin (\theta'' - \theta)}$$

$$\text{se obtendrá} \quad \frac{A}{A''} \rho \left[\sin (\theta'' - \alpha) - \frac{\tan \beta}{\tan \beta'} \sin (\theta'' - \alpha') \right] = \rho'' \left[\frac{\tan \beta''}{\tan \beta'} \sin (\theta'' - \alpha) - \sin (\theta'' - \alpha'') \right]$$

$$\text{Pongamos} \quad M = \frac{\rho''}{\rho} \quad m = \frac{\tan \beta''}{\tan (\theta'' - \alpha')} \quad (5) \quad \text{Y sustituyendo éstos y el valor de} \quad \frac{A}{A''}$$

$$\text{se tendrá:} \quad M = \frac{t''-t'}{t'-t'} \frac{m \sin (\theta'' - \alpha) - \tan \beta}{\tan \beta'' - m \sin (\theta'' - \alpha'')} \quad (5')$$

7—Problema 3—Expresión de los radios vectores r y r'' del cometa y de la cuerda c que une los extremos de estos radios, en función de la distancia acortada ρ .

Sustituyendo en (3) el valor de $\rho'' = M\rho$ tendremos:

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \alpha - R \cos \theta & y &= \rho \sin \alpha - R \sin \theta & z &= \rho \tan \beta \\ x'' &= M\rho \cos \alpha'' - R'' \cos \theta'' & y'' &= M\rho \sin \alpha'' - R'' \sin \theta'' & z'' &= M\rho \tan \beta'' \end{aligned}$$



Ahora, se tendrá evidentemente $r^2 = x^2 + y^2 + z^2 = \rho^2 (1 + \tan^2 \beta) - 2R\rho \cos(\theta - \alpha) + R^2$

o bien $r^2 = R^2 - 2R \cos(\theta - \alpha) \cdot \rho + \frac{\rho^2}{\cos^2 \beta}$ Y de igual modo $r'^2 = R'^2 - 2R' M \cos(\theta' - \alpha') \cdot \rho + \frac{M^2 \rho^2}{\cos^2 \beta'}$

La cuerda c será dada por la expresión $c^2 = (x'' - x)^2 + (y'' - y)^2 + (z'' - z)^2$ en la cual, sustituyendo los valores de x, y, z y x'', y'', z'' y haciendo las reducciones, se obtiene:

$c^2 = R^2 + R'^2 - 2RR' \cos(\theta'' - \theta) + 2(M[R \cos(\theta - \alpha') - R' \cos(\theta'' - \alpha')]) + R'' \cos(\theta'' - \alpha) - R \cos(\theta - \alpha) \rho + [1 + M^2 - 2M \cos(\alpha'' - \alpha) + (M \tan \beta'' - \tan \beta)^2] \rho^2$ Estas expresiones podemos escribirlas así:

(6) $r^2 = A - B\rho + C\rho^2$ $r'^2 = A'' - B''\rho + C''\rho^2$ $c^2 = E + F\rho + G\rho^2$ en las cuales

(6)' $A = R^2 \therefore B = 2R \cos(\theta - \alpha) \therefore C = \frac{1}{\cos^2 \beta} \therefore A'' = R'^2 \therefore B'' = 2R' M \cos(\theta'' - \alpha') \therefore C'' = \frac{M^2}{\cos^2 \beta'}$
 $E = A + A'' - 2RR' \cos(\theta'' - \theta) \therefore F = 2MR \cos(\theta - \alpha') + 2R' \cos(\theta'' - \alpha) - BB'$
 $G = 1 + M^2 - 2M \cos(\alpha'' - \alpha) + (M \tan \beta'' - \tan \beta)^2$

8-*Problema 4-Relación entre los radios vectores r y r' la cuerda c y el intervalo transcurrido $t'' - t$. (Fórmula de Euler).*

Euler halló la relación que existe entre dos radios vectores r y r' la cuerda c que une sus extremos y el intervalo $t'' - t$ transcurrido entre las dos posiciones del astro.

La ecuación de movimiento en la parábola nos da $\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t - \epsilon) = \tan^{-1} \frac{1}{2} v + \frac{1}{3} \tan^{-3} \frac{1}{2} v$

Aplicándola a las dos épocas t y t'' y restando la una de la otra resulta:

$\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t'' - t) = \tan^{-1} \frac{1}{2} v'' - \tan^{-1} \frac{1}{2} v + \frac{1}{3} (\tan^{-3} \frac{1}{2} v'' - \tan^{-3} \frac{1}{2} v)$

O bien $\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t'' - t) = \tan^{-1} \frac{1}{2} v'' - \tan^{-1} \frac{1}{2} v [1 + \tan^{-1} \frac{1}{2} v'' \tan v + \frac{1}{3} (\tan^{-1} \frac{1}{2} v'' - \tan^{-1} \frac{1}{2} v)^2]$

Y como $\tan^{-1} \frac{1}{2} v'' - \tan^{-1} \frac{1}{2} v = \frac{\text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v)}{\cos \frac{1}{2} v'' \cos \frac{1}{2} v} = \frac{\sqrt{rr''}}{q} \text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v)$

y $1 + \tan^{-1} \frac{1}{2} v'' \tan v = \frac{\sqrt{rr''}}{q} \cos \frac{1}{2} (v'' - v)$

se tendrá $\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t'' - t) = \frac{\sqrt{rr''}}{q} \text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v) \left[\frac{\sqrt{rr''}}{q} \cos \frac{1}{2} (v'' - v) + \frac{1}{3} \frac{rr''}{q^2} \text{sen}^2 \frac{1}{2} (v'' - v) \right]$

O aun $\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t'' - t) = \frac{rr''}{q^2} \text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v) \cos \frac{1}{2} (v'' - v) + \frac{1}{3} \left(\frac{\sqrt{rr''}}{q} \right)^3 \text{sen}^3 \frac{1}{2} (v'' - v)$ (7)

Por otra parte, $c^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(v'' - v)$ Por tanto $2rr' \cos(v'' - v) = r^2 + r'^2 - c^2$

Y como $2rr' \cos(v'' - v) = 2rr' [2 \cos^2 \frac{1}{2} (v'' - v) - 1]$ Por tanto $4rr' \cos^2 \frac{1}{2} (v'' - v) = r^2 + r'^2 - c^2$

O bien $4rr' \cos^2 \frac{1}{2} (v'' - v) = (r + r' + c)(r + r' - c)$ Pongamos $P^2 = (r + r' + c) \therefore Q^2 = (r + r' - c)$

y tendremos $2\sqrt{rr'} \cos \frac{1}{2} (v'' - v) = \pm PQ \therefore r + r' = \frac{1}{2}(P^2 + Q^2)$

Por otra parte, desarrollando a $\text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v)$ elevando al cuadrado y sustituyendo los valores de $\cos \frac{1}{2} v$ y $\cos \frac{1}{2} v''$ se tendrá:

$\text{sen}^2 \frac{1}{2} (v'' - v) = \frac{q}{r} + \frac{q}{r'} - 2 \frac{q}{\sqrt{rr'}} \cos \frac{1}{2} (v'' - v) = q \left[\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} - \frac{2}{\sqrt{rr'}} \cos \frac{1}{2} (v'' - v) \right]$

Por consiguiente $2\sqrt{rr'} \text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v) = \pm \sqrt{2q} (P \mp Q)$

Llevando los valores de $\text{sen } \frac{1}{2} (v'' - v)$ y $\cos \frac{1}{2} (v'' - v)$ a la ecuación (7), se tendrá:

$\sqrt{\frac{\mu}{2q^3}}(t'' - t) = \pm \frac{\sqrt{2q}}{4q^2} PQ (P \mp Q) + \frac{\sqrt{2q}}{3 \cdot 4 \cdot q^2} (P \mp Q)^3$

de donde $6\sqrt{\mu}(t'' - t) = [(P \mp Q)^2 \pm 3PQ]^2 (P \mp Q) = (P \mp Q) [P^2 \mp 2PQ + Q^2 \pm 3PQ] = (P \mp Q) [P^2 + Q^2 \pm PQ] = P^3 \mp Q^3$

Es decir $6\sqrt{\mu}(t'' - t) = (r + r' + c)^{\frac{3}{2}} \mp (r + r' - c)^{\frac{3}{2}}$

Tal es la fórmula de Euler. El signo - corresponde al caso en que $\cos \frac{1}{2} (v'' - v) > 0$ ó $\frac{1}{2} (v'' - v) < 90^\circ$ O bien $v'' - v < 180^\circ$

Esta fórmula se puede poner bajo la forma: $t'' - t = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2}{\mu}} \left[\left(\frac{r + r' + c}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \mp \left(\frac{r + r' - c}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$ (8)

en la cual $\frac{1}{3} \sqrt{\frac{2}{\mu}} = 27.403895$ como se deduce al sustituir el valor de la constante de Gauss.

9-*Problema 5-Determinar a ρ y a la distancia Δ del cometa a la tierra al instante t . Sustituyendo los valores de r, r' y c en función de ρ en la ecuación de Euler, se obtendrá:*

$t'' - t = 27.403895 \left[\left(\frac{\rho + q\rho + s\rho^2}{2} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{\rho' + q'\rho' + s'\rho'^2}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$

Esta ecuación no contiene más incógnita que ρ y se resuelve fácilmente por tanteos. Se dará a ρ sucesivamente la serie de valores 0, 1, 2, ... y se obtendrá para el segundo miembro los valores respectivos T_0, T_1, T_2, \dots Supongamos que $t'' - t > T_0$ y $t'' - t < T_1$ Es claro que ρ estará comprendido entre 0 y 1 En seguida se dará a ρ el valor 0.5, y sea T_0 el valor del segundo miembro y que se obtenga:

$T_0 < t'' - t$ $T_1 < t'' - t$ $T_2 > t'' - t$

Es evidente que ρ estará comprendido entre 0.5 y 1. Continuando así, podremos llegar fácilmente a un valor de ρ que esté comprendido entre dos ρ_1 y ρ_2 que no difieren sino en un centésimo. Sean T_1 y T_2 los valores del segundo miembro correspondientes a ρ_1 y ρ_2 Se tendrá con mucha aproximación

$\frac{\rho - \rho_1}{t'' - t - T_1} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{T_2 - T_1}$

Llamando Δt la diferencia entre $t'' - t$ y el segundo miembro de la ecuación, se calculará $\Delta \rho$ es decir, lo que debemos agregar a ρ por la fórmula: $\Delta \rho = \frac{d\rho}{d(t'' - t)} \Delta t$ en la cual $\frac{d\rho}{d(t'' - t)}$

es la derivada de ρ con relación a $t'' - t$ sacada de las ecuaciones (8)'. De este modo se puede sacar a ρ con el grado de aproximación que se quiera. Conocida ρ se hallará la distancia Δ a la tierra por la ecuación $\Delta = \frac{\rho}{\cos \beta}$

Ahora como $\rho^* = M\rho$ y $\Delta^* = \frac{\rho^*}{\cos \beta^*} = \frac{M\rho}{\cos \beta^*}$ se obtendrá un valor medio de la velocidad radial relativa del cometa a la tierra por la fórmula $\frac{\Delta^* - \Delta}{t'' - t}$ la cual puede ser comprobada aproximadamente por observaciones espectroscópicas.

Conocida ρ se obtiene inmediatamente r, r' y c por las fórmulas (6) y (6)' del Problema 3.

10-*Problema 6-Conocidos los radios vectores r y r' y la cuerda c hallar las anomalías verdaderas v y v' del cometa correspondientes a las fechas t y t' y la distancia perihelia q .*

Se tiene $c^2 = r^2 + r'^2 - 2rr' \cos(v'' - v)$ De donde $\text{sen}^2 \frac{1}{2} (v'' - v) = \frac{c + r' - r}{4rr'}$ (9)

Por otra parte $\cos \frac{1}{2} v = \frac{\sqrt{q}}{r} \therefore \cos \frac{1}{2} v'' = \frac{\sqrt{q}}{r'}$ Y como $\frac{\cos \frac{1}{2} v - \cos \frac{1}{2} v''}{\cos \frac{1}{2} v + \cos \frac{1}{2} v''} = \tan^{-1} \frac{1}{4} (v'' - v) \tan^{-1} \frac{1}{4} (v'' + v)$

se tendrá: $\tan^{-1} \frac{1}{4} (v'' + v) = \frac{r'' - r}{r' + r + 2\sqrt{r'r''}} \cot^{-1} \frac{1}{4} (v'' - v)$. (Se deberá tomar $v'' \leq v$ según que $r'' \leq r$.) (10)

Finalmente, conocidos v, v', r y r' se deducirá la distancia perihelia q por las fórmulas

$q = r \cos^2 \frac{1}{2} v'' = r' \cos^2 \frac{1}{2} v'$ (11)

11-*Problema 7-Conocidas las anomalías verdaderas v y v' y la distancia perihelia q hallar la época ϵ del paso por el perihelio.*

Tomando la ecuación de movimiento en la parábola y sustituyendo en ella los valores hallados para v y q y para v' y q se obtendrán $t - \epsilon$ y $t' - \epsilon$ y, por tanto ϵ . Los dos valores deben ser iguales, como verificación. La ecuación citada es

$t - \epsilon = 27.403895 q^{\frac{3}{2}} (3 \tan^{-1} \frac{1}{2} v + \tan^{-3} \frac{1}{2} v)$ (12)

12-*Problema 8-Conocidas las posiciones geocéntricas α, β, ρ y α', β', ρ' del cometa y los radios vectores r y r' que lo unen con el centro del sol hallar sus latitudes λ y λ' y las longitudes L y L' heliocéntricas, correspondientes a las fechas t y t' respectivamente.*

Hemos visto que las coordenadas rectangulares del cometa se expresan en función de sus coordenadas esféricas heliocéntricas y geocéntricas por las fórmulas

$$x = r \cos \lambda \cos L = \rho \cos \alpha - R \cos \theta \qquad y = r \cos \lambda \sin L = \rho \sin \alpha - R \sin \theta$$

$$z = r \sin \lambda = \rho \operatorname{tang} \beta \qquad \text{De donde} \qquad \operatorname{sen} \lambda = \frac{\rho}{r} \operatorname{tang} \beta$$

La cual aplicada a las fechas t y t' nos da $\operatorname{sen} \lambda = \frac{\rho}{r} \operatorname{tang} \beta \qquad \operatorname{sen} \lambda' = \frac{M \rho}{r'} \operatorname{tang} \beta'$ (13)

Dividiendo y por x y aplicando esa relación a las fechas t y t' tendremos:

$$\operatorname{tang} L = \frac{\rho \operatorname{sen} \alpha - R \operatorname{sen} \theta}{\rho \cos \alpha - R \cos \theta} \qquad \operatorname{tang} L' = \frac{M \rho \operatorname{sen} \alpha' - R' \operatorname{sen} \theta'}{M \rho \cos \alpha' - R' \cos \theta'}$$

El signo del numerador es el del seno y el del denominador es el del coseno de L ó L' y, por tanto, no hay ambigüedad en la determinación de esos arcos. Esas fórmulas tienen el inconveniente de no ser calculables por logaritmos; pero si hacemos $\psi = \pi + \theta - L$ se tendrá: $\frac{\operatorname{sen} \psi}{\rho} = \frac{\operatorname{sen}(\alpha - \theta)}{r \cos \lambda}$

la cual aplicada a las fechas t y t' nos da $\operatorname{sen} \psi = \frac{\rho \operatorname{sen}(\alpha - \theta)}{r \cos \lambda} \qquad \operatorname{sen} \psi' = \frac{M \rho \operatorname{sen}(\alpha' - \theta')}{r' \cos \lambda'}$ (14)

Y por tanto $L = \pi + \theta - \psi \qquad L' = \pi + \theta' - \psi'$ (15)

13—Problema 9—Conocidas λ , λ'' y L , L'' hallar la longitud N del nodo ascendente y la inclinación I de la órbita.

Consideremos sobre una esfera, cuyo centro coincida con el centro del sol, el triángulo esférico formado por el nodo ascendente N , el cometa C y el polo C_1 del círculo de latitud. En este triángulo rectángulo en C_1 sus lados son:

- $CC_1 = \lambda =$ latitud heliocéntrica del cometa
- $CN = u =$ argumento de latitud
- $C_1N = L - N =$ longitud del cometa, menos longitud del nodo.

Respecto de los ángulos, el ángulo C_1 es decir CC_1N es recto; el $CNC_1 = I$ es la inclinación de la órbita, y el NCC_1 no tiene importancia en el problema. Se tendrá, pues,

$$\operatorname{sen}(L - N) = \operatorname{cotg} I \operatorname{tang} \lambda \qquad (16)$$

Aplicando estas relaciones a las posiciones del cometa correspondientes a las fechas t y t' y dividiendo la primera por la segunda, se tendrá:

$$\frac{\operatorname{sen}(L - N)}{\operatorname{sen}(L'' - N)} = \frac{\operatorname{tang} \lambda}{\operatorname{tang} \lambda''} \qquad \text{De donde} \qquad \operatorname{tang} \left[\frac{L'' + L}{2} - N \right] = \frac{\operatorname{sen}(\lambda + \lambda'')}{\operatorname{sen}(\lambda - \lambda'')} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(L - L'') \qquad (17)$$

$$\text{De (16) se saca:} \qquad \operatorname{tang} I = \frac{\operatorname{tang} \lambda}{\operatorname{sen}(L - N)} \qquad (18)$$

la que, como verificación, deberá aplicarse a L'' y λ'' .

14—Problema 10—Conocidas λ , λ'' y L , L'' , N ó I hallar los argumentos u y u'' de latitud y las longitudes L_0 y L_0'' del cometa en su órbita, correspondientes a las fechas t y t'' .

En el triángulo que hemos considerado, se tiene: $\cos I = \operatorname{cotg} u \operatorname{tang}(L - N)$ La cual aplicada a las fechas t y t'' nos da $\operatorname{tang} u = \frac{\operatorname{tang}(L - N)}{\cos I} \qquad \therefore \operatorname{tang} u'' = \frac{\operatorname{tang}(L'' - N)}{\cos I}$ (19)

Las longitudes del cometa en su órbita serán: $L_0 = N + u \qquad L_0'' = N + u''$ (20)

15—Problema 11—Conocida la longitud del cometa en su órbita y la anomalía verdadera v hallar la longitud ω del perihelio.

La anomalía verdadera es la diferencia entre la longitud en la órbita y la longitud del perihelio. Como verificación deberá deducirse ω de las dos posiciones correspondientes a las fechas t y t'' . Se tendrá:

$$\omega = L_0 - v \qquad \omega = L_0'' - v'' \qquad (21)$$

(16) Hallados los elementos parabólicos se deberá calcular con éstos la posición geocéntrica del cometa correspondiente a la fecha t' para compararla con la observada. La diferencia que resulte da una idea del grado de aproximación con que se han obtenido los elementos de la órbita.

Reproducimos el anterior escrito de Garavito que fue publicado en 1901, y figuró como introducción al cálculo numérico de la órbita del cometa brillante que apareció ese año y pasó por su perihelio el 24 de abril, y no reproducimos los cálculos numéricos que condujeron al astrónomo bogotano a la determinación de los elementos parabólicos provisionales de la órbita del mismo, porque sólo queremos, como se dijo atrás, con esta reproducción introducir al lector en el proceso que siguió el sabio Garavito al iniciarse en los fundamentos de la Mecánica celeste, familiarizándolo, al propio tiempo, con los métodos seguidos por este investigador admirable.

Estos métodos son los mismos que le condujeron al desarrollo del método Hill-Brown que le sirvió, a la postre, para establecer sus fórmulas definitivas del movimiento de la luna, a que hicimos referencia en la conferencia inserta atrás, con el título "La obra de Garavito y el Observatorio Astronómico." (Pág. 264).

Sin duda alguna uno de los procesos más interesantes de la Mecánica celeste, aun en el caso del movimiento continuo no turbado, es la determinación de los elementos de una órbita cometaria, elementos que enumeramos a continuación, para mejor inteligencia del trabajo de Garavito.

Estos elementos son: La inclinación de la órbita plana con respecto al plano de la eclíptica. Esta inclinación puede ser cualquiera, de 0° a 180° , siendo menor que 90° si el movimiento del cometa, visto desde el polo norte de la eclíptica, es directo, y mayor de 90° si el movimiento es retrógrado. La longitud del nodo: esto es, la longitud heliocéntrica del punto donde el cometa corta la eclíptica cuando va de la región sur (de un lado de la eclíptica) a la norte (nodo ascendente). El semieje mayor de la órbita del mismo. Su movimiento medio diario. La excentricidad, que frecuentemente se expresa por el ángulo de excentricidad. El argumento del perihelio que es el ángulo medido sobre el plano de la órbita en la dirección del movimiento del cometa, entre el nodo ascendente y la posición de la línea de los ápsides dirigida hacia el perihelio, y el tiempo o fecha del paso del cometa por su perihelio.

Para la determinación de estos elementos se han inventado varios métodos, debidos principalmente a Newton, Laplace, Lagrange y Gauss. Entre uno de estos métodos está el de Olbers, de que se ocupa Garavito, en el estudio anterior.

Posteriormente a este trabajo de Garavito se han desarrollado los métodos de Leuschner y de Merton. El primero se basa sobre una modificación de Harzer al método de Laplace (Publications of the Lick Observatory 1911), y el segundo es la última modificación que se conozca, del método de Gauss ("Monthly Notices, Royal Astronomical Society" 1925). Pero, indudablemente, uno de los más sencillos de estos métodos es el de Olbers, expuesto por Garavito de modo admirable.

La exposición de Garavito, a nuestro modo de ver, es la más completa de todas, pues parte, en el establecimiento de las ecuaciones de movimiento, de la fórmula fundamental que resume la gravitación newtoniana, y, para el movimiento no turbado, llega de la manera más breve a la ecuación de la trayectoria para una órbita elíptica, parabólica o hiperbólica.

La aplicación directa al cometa de 1901, la hace Garavito, concretando el problema a la determinación de una órbita parabólica, y para ello da las siguientes razones:

"Las órbitas de los cometas son, por lo general, elipses muy excéntricas, parábolas o hipérbolas de excentricidad muy próxima a la unidad.

Las elipses muy excéntricas y las hipérbolas de excentricidad muy próxima a la unidad se separan poco de la parábola de igual parámetro, situada en el mismo plano y cuyo eje y vértice coinciden con los de la elipse o hipérbola considerada; de igual modo, el movimiento en aquellas curvas sigue una ley muy próxima de la que rige el movimiento parabólico. Se debe, pues, en una primera aproximación y cuando sólo se dispone de número de observaciones apenas suficiente, calcular la órbita del cometa como si fuese una parábola. El objeto de esto es, en primer lugar, el de comparar los elementos hallados, que deben diferir poco de los de la órbita real, con las órbitas cometarias catalogadas; la igualdad o semejanza de éstos con los de otro cometa podría conducir al descubrimiento de un nuevo cometa periódico en el caso de que no hubiese sufrido fuertes perturbaciones. En segundo lugar, la órbita aproximada sirve para corregir todas las observaciones de aberración y paralaje con el objeto de determinar los elementos definitivos".

La Dirección.



VOCABULARIO DE TERMINOS VULGARES EN HISTORIA NATURAL COLOMBIANA

HERMANO APOLINAR MARIA

Director-Fundador del Museo de Ciencias Naturales del Instituto de la Salle-Bogotá
Profesor en el mismo Instituto.

(Continuación)

159.—*Alagua; Cstillo; Jipijapa; Lucaica; Murra-po; Palmiche; Rabiahorcado.*
Carludovica palmata R. et P.—Familia de las *Cicantáceas*.

El presente género consta de unas 34 especies propias de la América meridional e Indias occidentales. Fue dedicado al rey Carlos IV de España y a la reina Luisa.

Hablando de esta planta dice el Prof. Enrique Pérez Arbeláez lo siguiente:

"Es planta nativa del Continente Americano y es una de las más interesantes para nuestras industrias nativas.

Con las hojas jóvenes, todavía blancas, se fabrican los sombreros de Suaza, Pasto, Panamá o Jamaica y se hacen multitud de otros objetos tejidos para uso doméstico. Esta industria se ha desarrollado muchos en ciertas regiones del país.

El *palmiche* recibe también otra aplicación porque las hojas muy jóvenes llamadas *Nacuna*, se comen como ensalada. Tienen un sabor semejante al del espárrago".

En Europa se cultivan, con una docena de otras especies, como planta de ornato.

160.—*Alamo negro; Chopo.*
Populus nigra Lin.—Familia de las *Salicáceas*.

Populus (de *paipallein*, agitar; alusión al movimiento continuo de las hojas. El género consta de unas 18 especies de Europa, Montes de Asia meridional y boreal y de la América septentrional. Lo dividen de ordinario en dos secciones: Sec. I—*Leuce Diosc.*, de *Leuce* nombre griego del *P. alba*; y Sec. II—*Aigeiros Diosc.*, de *Aigeiros* nombre griego del *P. nigra*.

Según parece, las dos especies son de reciente introducción ("Plantas útiles de Colombia", Tomo I, p. 33. Prof. Enrique Pérez Arbeláez).

El álamo negro tiene propiedades medicinales. Según el autor del libro "*La salar por las plantas medicinales*", p. 78, la corteza puede emplearse como materia astringente, pues tiene un 3 por 100 de tanino y es un febrífugo excelente. Las hojas tienen un sabor amargo, astringente; son diuréticas y vermífugas.

Las yemas, antes de que se abran, se usan en infusión, como diuréticas, sudoríficas y desinflamantes al interior. Es preciso observar que tengan la mayor cantidad posible de resina.

También se emplean en decocción, contra los catarros.

Se cuenta que un normando compraba caballos llenos de muermos y los curaba en poco tiempo. El secreto era que les daba a beber agua en la cual se había macerado raíz de álamo.

No será difícil hacer la prueba.

Estas yemas son también recomendadas contra las afecciones crónicas del pulmón.

El *Populus alba L.* tiene más o menos las mismas cualidades.

161.—*Alamo* (Antioquia); *Eucalipto de salón* (Cundinamarca).

Euphorbia lathyris Lin.—Familia de las *Euforbiáceas*.

El género *Euphorbia* fue dedicado a *Euphorbe*, médico de Juba, rey de Mauritania, porque fue el primero en emplear esta planta en la práctica médica; consta de unas 635 especies esparcidas en todas las regiones templadas y cálidas del globo.

Las semillas contienen hasta 40 por 100 de un aceite de un color amarillo claro que tiene propiedades purgativas. Tiene olor y sabor desagradables como el aceite de croton; se distingue, sin embargo, éste por no ser soluble en el alcohol. A causa de los peligros que puede presentar el empleo de este remedio, no se debe emplear para uso interno sino con la mayor prudencia. El envenenamiento producido por *Euph. lathyris* produce un abatimiento que puede tener como consecuencia la muerte (1).

162.—*Alazano.*

Calycophyllum candidissimum (Vahl) D. C.
Familia de las *Eubiáceas*.

Calycophyllum (*Calice y Hoja*); uno de los lobos del calice se desarrolla en una especie de hoja cordiforme y de un color rosado.

El género consta de unas 2 ó 3 especies propias de la América tropical.

163.—*Albahaca; Albahaca blanca; Ocimo.*

Ocimum basilicum (L.) Willd.—Familia de las *Labiadas*.

El género *Ocimum*, nombre que ciertos autores escriben *Ocymum* consta de unas 45 especies propias de las zonas cálidas del globo.

Ocimum (de *ozoo*, desprender olor; alusión al aroma penetrante de la planta).

Ocimum basilicum (L.) Willd. es planta originaria

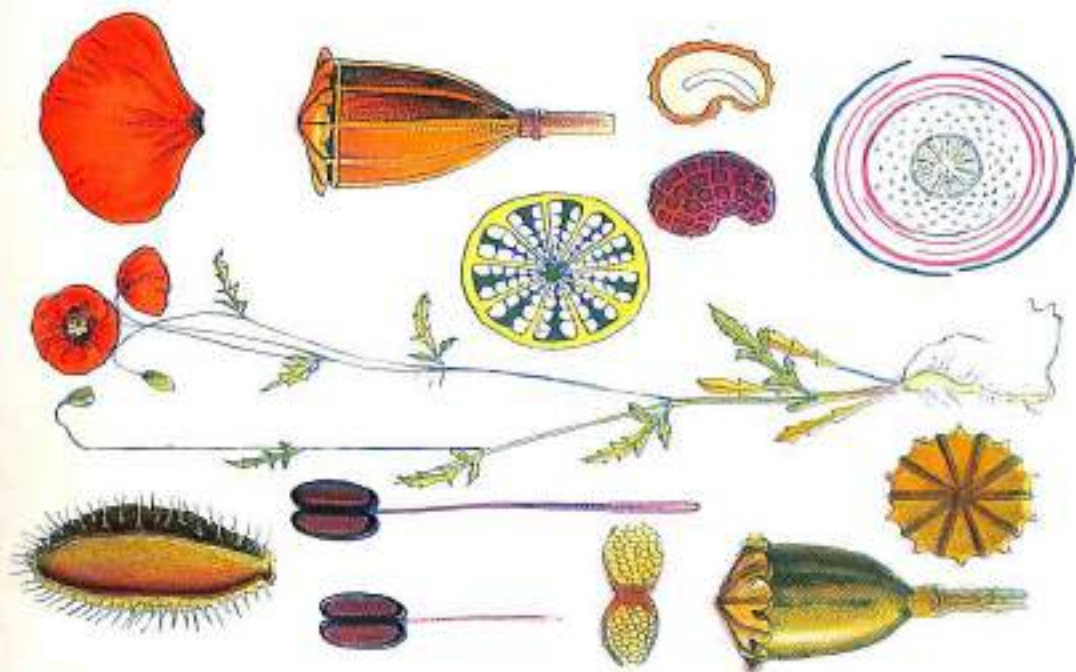
(1) Datos tomados de "Fisiología vegetal, etc." por A. L. Marchand y A. Goujon, p. 2387.



ALAMO NEGRO o CHOPO

Populus nigra L.—Salicáceas.

- 1.—Hojas de un verde brillante por ambas caras.
- 2.—Flores femeninas.
- 3.—Fruto.
- 4.—Semillas.
- 5 y 5'. Yemas.
- 6.—Diagrama de la flor masculina.
- 7.—Diagrama de la flor femenina.



AMAPOLA ABABOL

Papaver Rhoeas Lin.—Papaveráceas.

Ref.— Véase descripción de esta planta en la pág. 195 del No. 3 de esta Revista. (Número 1).

ria de las Indias orientales. Pulverizada se suele usar como condimento de algunos manjares. Su sabor picante y aromático la hace agradable al paladar y al olfato.

Según el autor del libro "*La salud por las plantas medicinales*", la infusión de sus hojas y flores, alivia el dolor de cabeza; la misma infusión es diurética, estimulante, carminativa y emenagoga.

Las abejas buscan mucho la flor de la albahaca.

Las semillas administradas en la misma forma que las hojas son calmantes y refrigerantes.

Para el uso externo tiene una aplicación clásica en los dolores de los oídos, y para ello se introduce un pequeño brote en el oído. El efecto es mejor si se moja dicho brote en leche. Lo mejor es extraer el zumo, se empapa en él una bolita de algodón y se introduce en el oído.

En la costa dan el nombre de albahaca a dos especies distintas: *Ocimum basilicum* (L.) Willd y *O. americanum* Lin. Con este mismo nombre designan ciertas regiones a *O. gratissimum*.

164.—*Albahaca cimarrona*:

Don Santiago Cortés, en su "Flora de Colombia" p. 158, indica como correspondiente al mencionado nombre vulgar un *Ocimum* indeterminado del Cauca.

165.—*Albahaca de limón*: *Ocimum citriodorum* (Dr. Emilio Robledo, "*Botánica Médica*", 1ª edición, pág. 365).

166.—*Albahaca de monte* (Barranquilla); *Toronjil* (Antioquia); *Ocimum micranthum* Willd. Especie espontánea en nuestros climas templados y calientes.

Con el mismo nombre de *Albahaca de monte* se conoce en ciertas regiones otra labiada: *Brunella equinoctialis* y no *Brunella vulgaris* que es especie europea.

167.—*Albarico*.

Desmoncus polyacanthus Mart.—Familia de las Palmas.

El género *Desmoncus* consta de unas 22 especies que se encuentran entre México meridional y Bolivia. Son palmas trepadoras y flexibles cuyos tallos se usan como sogas incorruptibles. Según Ernst, citado por H. Pittier, el albarico "es el mejor y más duradero de todos los bejuco de amarrar".

168.—*Albaricoque* (Véase *Abridor*, *Abridero*).

169.—*Albaricoque de Santo Domingo* (Antioquia); *Mamey*.

Mammea americana Lin.—Familia de las Guttíferas.

El género *Mammea* (del latín *Mamma*; alusión a la forma del fruto), consta de unas 5 especies de la América, Asia y África tropicales.

M. americana Lin es un árbol grande, indígena en la América tropical, pero conocido solamente en el estado de semicultivo. El fruto es grande, redondeado, con un pericarpio dulce y aromático que entra en la preparación de dulces y refrescos. Con las flores se prepara, por destilación, una loción aromá-

tica que se usa para entonar el estómago; los brotes o renuevos y la almendra de la fruta también tienen sus aplicaciones medicinales, y la gomaresina que mana de la corteza sirve para matar y extraer las niguas. La madera es escasa; tiene color blanquecino; no es muy dura y no se utiliza sino para trabajos interiores. (Véase H. Pittier, "*Plantas usuales de Venezuela*", pág. 283).

Por otra parte, Carlos Cuervo Márquez, en su "*Tratado Elemental de Botánica*", pág. 281, completa los datos anteriores con los que a continuación se expresan: "Las hojas tienen, según se dice, propiedades febrífugas bastante pronunciadas, y en tal caso se usan en decocción. Las flores se usan para preparar licores. El fruto maduro es muy agradable para comer y tiene propiedades estomacales. Las semillas son antihelmínticas y su infusión se usa en baños para combatir la sarna, pero se debe emplear con precaución, porque, principalmente cuando hay úlceras, puede producir accidentes de gravedad y hasta la muerte. En algunas tierras calientes, y también en Venezuela, preparan con las almendras molidas y mezcladas con manteca, un cerato que se usa para combatir, con magnífico éxito, la sarna y las niguas; la decocción de las almendras se emplea también para regar las habitaciones invadidas por las pulgas y otros insectos, que mueren inmediatamente".

170.—*Albarina*; *Azulejos*; *Botón de soltero*.

Centaurea cyanus Lin.—Familia de las Compuestas.

Centaurea (de *Kentauros*, Hierba del Centauro Chiron, quien descubrió las propiedades).

El género, dividido en 23 secciones consta de unas 400 especies esparcidas en las Américas extratropicales, Europa, Asia, África septentrional y Australia. Ciertos autores reducen el número de especies a 350.

Centaurea cyanus es una planta común en los campos de cereales en Europa. Tiene propiedades antioftálmicas.

Según el doctor Henri Leclere en la Revista "Benjamin", del mes de agosto de 1926, los antiguos parecen haber ignorado por completo las virtudes de nuestra planta. No es sino en el siglo XV cuando encontramos algunos datos a este respecto.

Camerarius recomienda la decocción de albarinas contra las palpitaciones; el agua destilada de las flores mezclada con el zumo de un cangrejo vivo de río se aplica con gran éxito sobre las encías de los niños en la época de la dentición, sobre todo si las encías son duras o espesas; pero la propiedad principal es la de ser un antioftálmico de uso corriente. Se emplea sobre todo bajo la forma de agua destilada de albarina. Dicha agua constituye un remedio eficaz en la mayor parte de las dolencias de los ojos, sobre todo cuando vienen acompañadas de inflamación. También produce buen efecto para fortalecer y aclarar la vista en los ancianos.

En nuestras tierras frías la cultivan como planta de ornato.

171.—*Albarrano verde*.

Hyptis sp?—Familia de las Labiadas.

Don Santiago Cortés, en su "*Flora de Colombia*" ("*Índice de nombres vulgares*", pág. 158) menciona como *Albarrano verde* una labiada del Alto Magdalena, Mariquita, Espinal que designa con el nombre de *Xyptis*; se trata, ciertamente, de una falta del cajista.

El género *Hyptis*, que consta de unas 250 especies, es propia de la América tropical y subtropical.

172.—*Albarracín; Cura-arador; Trompeta; Zarcilejo; Sarno*.

Bocconia frutescens Lin.—Familia de las Papaveráceas.

El género *Bocconia*, dedicado a Bocconi, botánico siciliano, 1740, consta de 3 especies propias de la América tropical, China y Japón.

De nuestro *Trompeta* dice Carlos Cuervo Márquez lo siguiente, en su "*Tratado Elemental de Botánica*", pág. 190: "Especie común a las Antillas, a Méjico, al Perú y a Colombia, en donde vive en todo el país, entre los 2.400 y 3.000 metros sobre el nivel del mar; sobre todo en la vecindad de las quebradas y riachuelos.

Este bonito arbusto, cultivado ya en los jardines de los antiguos emperadores mejicanos, contiene en abundancia un jugo lechoso, amarillo y acre, que tiene propiedades vermífugas y purgativas muy poderosas; según Descourtils una gota de él disuelta en una cucharada de caldo de pollo, constituye un tónico muy bueno. También se prepara con dos gotas de esta leche, disueltas en una cucharada de agua, un colirio muy usado para curar las úlceras de los párpados. La infusión de la raíz se usa con ventaja contra la hidropesía y la ictericia; aplicada en cataplasmas sobre las úlceras y otras heridas cuya curación ha sido retardada por la presencia de fungosidades, surte muy buen efecto.

La tintura de las hojas se usa como vulnerario resolutorio; y el cocimiento, para curar las úlceras de mal carácter. Las semillas contienen un aceite que en Antioquia se usa para destruir los piojos y el sarcopto de la sarna llamado *arador*, de donde le viene a la especie el nombre vulgar con que es conocida en ese Departamento".

173.—*Albérchigo; Durazno*.

Persica vulgaris Mill.—Familia de las Rosáceas.

Prunus persica Stoke; *Amigdalus persica* Lin.

La especie se consideraba como originaria de Persia, de donde se suponía que los griegos y romanos la recibieron. Según De Candolle, el durazno es originario de la China, donde lo cultivan desde la más remota antigüedad. Después de su introducción a Persia, Egipto y Rodas pasó a Italia al principio de la era cristiana. En Francia, durante muchos siglos el fruto era de calidad muy inferior. A fines del siglo XVI se principió un estudio serio de la especie, y por sembrados y selecciones obtuvieron, en menos de cuatro siglos, una fruta que ocupa, en la

actualidad, uno de los primeros puestos entre los frutos de hueso de los países templados.

Algunas variedades se cultivan como plantas de ornato por sus flores abundantes más grandes y más bellas, como por ejemplo, las variedades siguientes: *P. sinensis*, *flor plena* (variedad que dio las aberraciones: *rosiflora*, *cameliaflora*, *caryophylliflora*), *P. stellata* y *P. pendula*.

174.—*Alberjilla* (Caquetá).

Nombre vulgar aplicado a una especie del género *Desmodium*.

175.—*Aicachofa*.

Cynara scolymus Lin.—Familia de las Compositas.

El género *Cynara* (de *Kynara*, nombre griego de la planta. Ciertos autores escriben *Cinara-Kinara*), consta de unas 6 especies propias a las regiones del Mediterráneo e Islas Canarias.

La especie principal *Cynara scolymus* no se encuentra en ninguna parte al estado espontáneo. Se piensa que se trata de una forma modificada del *Cynara cardunculus* Lin. Esta última forma cubre en Argelia miles de hectáreas. Los indígenas recogen los capítulos florales para la mesa.

Las diferencias entre las dos plantas son de mínimo carácter. El tipo silvestre tiene todas las hojas penni-partidas y los folíolos del involucre se terminan con una espina.

Según todas las probabilidades la forma cultivada se obtuvo en Italia.

En Francia conocieron la planta desde los principios del siglo XVI, pero durante mucho tiempo era un alimento reservado a los ricos.

Según Alquier, citado por D. Bois ("*Les plantes alimentaires*", etc. Tome I, pag. 280), la composición química de la parte comestible es la siguiente: materias grasas 0.25; mat. nitrogenadas 2.65; mat. hidrocarbonadas 15.04.

Como se sabe, en la achofa no se come sino la base de las brácteas que forman el involucre de las flores y el receptáculo carnoso.

176.—*Alcalde; Cucha-pitiro* (Magdalena).

Loricaria filamentosa Steiad.—Familia de los Silúridos.

Una especie de pez común en el Magdalena. La especie es propia de nuestro gran río.

177.—*Alcalde; Dentón; Molón; Perro*.

Hoplias malabaricus Bloch.—Familia de los Charácidos.

La especie se encuentra en las aguas de alguna importancia, desde el río La Plata hasta el Magdalena.

Una especie de tanta extensión geográfica y por otra parte algo variable, estaba expuesta a recibir muchos nombres; en efecto, si consultamos la sinonimia encontramos lo siguiente: *Esox malabaricus* Bloch; *Hoplias malabaricus* (Bloch) Gill; *Erythrinus thakira* Spix; *Erythrinus macrodon* Agassiz; *Erythrinus microcephalus* Agassiz; *Erythrinus brasiliensis* Spix; *Macrodon auritus* Cuv. et Val.; *Ma-*

crodon teres Cuv. et Val.; *Macrodon patana* Cuv. et Val.; *Macrodon aimara* Cuv. et Val.; *Macrodon ferrox* Gill; *Macrodon intermedius* Gauth.

178.—*Alcalde; Caballitos del diablo; Cortanariz; Matacaballos; Matapiojos*.

Con estos nombres vulgares se conocen las diversas especies de libélulas, especialmente las de mayor tamaño.

En la Sabana de Bogotá designan con los nombres de *Alcalde* y *Matapiojos* a *Eschna Marschali*; es una especie grande de vuelo rápido y sostenido que persigue las moscas hasta en las habitaciones de la capital.

En todos sus estados, las libélulas persiguen a los mosquitos. Las larvas (que son acuáticas) se alimentan de las larvas de los *anopheles* y *stegomyias*, etc. Los insectos adultos persiguen a los mosquitos alados.

179.—*Alcanfor de monte* (Barranquilla); *Botón morado; Clavito; Mastrantillo; Mastranto de perro; Yerba de las muclas; Yerba de reuma; Hyptis suaveolens* Lin.—Familia de las Labiadas.—Véase No. 171.

180.—*Alcaparro* (Bogotá).

Cassia tomentosa Mutis (*C. multiglandulosa* Jacq.)—Familia de las Cesalpiniáceas.

Es un arbusto de la Sabana de Bogotá; dicen que tiene propiedades febrífugas. Entre los folíolos se notan glándulas pedunculadas.

181.—*Alcaparro* (Antioquia)

Cassia aplonata André.—Familia de las Cesalpiniáceas.

182.—*Alcaparro; Taparera*.

Capparis spinosa Lin.—Familia de las Caparidáceas.

Capparis (de *kapparis*, nombre griego de la planta). El género consta de unas 135 especies esparcidas en todas las regiones templadas y cálidas del globo.

Cap. spinosa Lin., es originario de Europa; crece entre las rocas. Los botones de las flores debidamente preparados sirven de alimento al hombre; se conocen con el nombre de *alcaparras*. Tienen propiedades antiescorbúticas y aperitivas muy pronunciadas. La corteza de la raíz pasa por diurética.

183.—*Alcaraván* (Antioquia).

Vanellus cayennensis (Gmel.)—Familia de los Charadriiformes.

La especie fue descrita por Gmelin en 1789 con el nombre de *Parra cayennensis*. Wyatt, en 1871, volvió a describirla imponiéndole el nombre de *Vanellus cayennensis*; por fin, en 1899, Stone la describió con el nombre de *Belonopterus cayennensis*.

La especie se encuentra en toda la zona cálida de la América del Sur; sube a veces hasta la zona templada.

184.—*Alcaravana; Chilaco* (1); *Pedratonzo*.

(1) El nombre de *Chilaco* se aplica generalmente a *Himantopus mexicanus* Müll.

Barkinus bistratus Wagl.—Familia de los Edicnénidos.

En los antiguos autores se encuentra descrita la presente especie con el nombre genérico de *Edicnacus* y *Charadrius*.

El ave se encuentra desde México y América Central, hasta Colombia, Venezuela y las Guayanas.

185.—*Alcaravancito*.

Ivobrychus exilis bogotensis Chapm.—Familia de los Ardeidos.

La especie indicada en el catálogo "*Nomenclator Avium Neotropicalium*", con el nombre de *Ardeta exilis* Gm. Se encuentra desde México y América Central hasta el Brasil.

Mr. F. M. Chapman encontró en la Sabana de Bogotá una forma local que describe con el nombre *Ivobrychus bogotensis*. (Véase "*The Distribution of Bird Life in Colombia*", 1917, pág. 231).

186.—*Alchucha*. Véase *Achocho*.

187.—*Alcohol*.

Aplican el nombre citado al *Orido oligiato de hierro*, en la región de Tenza; y a la *galena* en la de Ubaté.

188.—*Alcornoque*.

Bowdichia virgilioides HBK.—Familia de las Papilionáceas.

De Humboldt y Bonpland describen la especie de Venezuela ("*Voyage de Humboldt et Bonpland. Sixieme partie: Botanique*"); esta publicación forma el "*Tomus quartus*" del "*Synopsis Plantarum Equinoctialium Orbis Novi*" de C. S. Kunth. Véase página 70.

Hé aquí lo que dice el doctor Pittier en su obra "*Las Plantas usuales de Venezuela*", pág. 101 acerca de la presente especie:

"En Venezuela el *alcornoque* es exclusivamente un árbol de sabana que crece en terrenos enjutos y áridos. Se extiende hasta el corazón del Brasil y allí es árbol forestal y de gran porte, de no escasa importancia.

La madera, que es ligeramente más pesada que el agua (1.08) tiene un duramen de color oscuro punteado de gris, durísimo, difícil de labrar y prácticamente eterno en toda clase de construcciones, sea en el aire o bajo tierra o agua. Es inmejorable para durmientes de ferrocarriles y se emplea también en obras de sillería y carrocería. La corteza es tanante y astringente. Como remedio casero se usa la decocción, adicionada con vinagre y sal, para prevenir los efectos de malas caídas y choques; también se ha recomendado contra la tisis.

Troncos petrificados que suponen sean de alcornoque, se usan para *pedras de moler*. De la tifa que crece en el mismo árbol, y que aún no se ha podido identificar (*Loranthas* sp., según el doctor Alvarado), se extrae la *resina de alcornoque*, que es realmente una goma y se usa en la confección de parches parecidos, en sus efectos, al llamado *parche poroso*.

189.—*Alcornoque antillano; Mamey doméstico*.

Véase No. 169.

190.—Alcatraz; Pelicano.

Pelecanus fuscus Lin.—*P. occidentalis* Lin.
Familia de los Pelecanídeos.

La especie se encuentra en toda la América tropical y la América Central. En otros tiempos era la especie más numerosa de las que por sus excrementos y cadáveres contribuyeron a la formación de los depósitos de guano, y las numerosas colonias de pelicanos que mencionan los navegantes de los siglos pasados ya no existen; sin embargo, parece que en la isla Lobos de Afuera existe todavía una colonia que Mr. Murphy estima en unos 200.000 individuos.

Según una reciente publicación de Mr. Murphy "Oceanic Birds of South America", Vol. II, pág. 810, el nombre legítimo de nuestro Alcatraz es *Pelecanus occidentalis* Lin. La especie recibió, según los autores, los nombres siguientes: *fuscus*, *californicus*, *albicollis* y *relictus*.

191.—Alchonchas; Chayota; Cidrayota; Huisquilla.
Sechium edule Sw.: *Chayota edulis* Jacq.—Familia de las Cucurbitáceas.

Chayota: palabra derivada del nahuatl de México: *Chayotl* o *Chayotli*.

El género *Sechium* no comprende sino una sola especie originaria de México y de la América Central; de ahí pasó a las Antillas, al Brasil y a casi todos los países de la América tropical y subtropical; llegó hasta la isla de la Reunión y Argelia.

Se comen los frutos; los brotes tiernos, que se preparan como las espinacas y el rizoma que es muy nutritivo y puede alcanzar el peso de 0.500 kg. a varios kgs. Los rizomas tienen, según el Prof. D. Bois ("Plantes Alimentaires", etc., Tomo I, pág. 222), de 10 a 15 por 100 de almidón y 2.5 de materias nitrogenadas.

El fruto, según M. de Sornay, citado por D. Bois, contiene 90 a 92 por 100 de agua; 0.8 a 0.22 de materias grasas; 3.17 a 3.39 de materias azucaradas; 1.75 a 3.59 de materias no nitrogenadas; 0.66 a 1.16 de materias nitrogenadas. De los tallos se saca una fibra resistente, usada por los hortelanos.

192.—Alegria; Cidrón; Luisa de Chile.
Lippia citriodora Kunth.—Familia de las Verbenáceas.

Del presente género, dedicado a Ang. Lippi, botánico francés, se conocen unas 90 especies propias de las regiones cálidas del globo. *L. citriodora* es originario de Chile. Las hojas sirven para una preparación teiforme y para aromatizar las cremas.

193.—Alegrías; Véase *Ale de ángel*.

194.—Alejandría de monte (Medellín).
Pavonia speciosa HBK.—Familia de las Malváceas.

El género *Pavonia*, dedicado al botánico Pavon, consta de unas 90 especies propias a las regiones cálidas del globo.

P. speciosa HBK., que fue descrita también con los nombres de *P. polymorpha* Ad Jus.; *P. grisea* A. S. H.; *P. scabra* Benth., es una planta de los Llanos orientales sobre todo, pero tiene una era geográfica bastante extensa: Colombia, Venezuela y Brasil. De

Humboldt y Bonpland la recogieron a orillas del Orinoco

195.—Alelí.

Cheiranthus cheiri Lin.—Familia de las Crucíferas.

Cheiranthus (de *keiri*, nombre árabe de la planta, con la terminación griega *anthos*, flor; o también de *keir*, mano; *anthos*, flor; es decir, un ramillete en la mano).

El género consta de unas 12 especies de Europa, Asia, Africa y América septentrional.

Cheiranthus cheiri Lin. es originario de Europa y se cultiva en Europa como en nuestras tierras frías por el perfume de sus flores.

Ordinariamente se admiten dos variedades: *Ch. fruticosus*, de tallos sub-leñosos, de pétalos amarillos casi sin vetas pardas; crece de preferencia sobre los muros viejos, entre los intersticios de las piedras; a veces desarrolla flores dobles (Botón de oro); *Ch. hortensis*, con los pétalos más grandes y con abundantes vetas pardas.

196.—Alelí.

a) *Matthiola incana* Lin.—Familia de las Crucíferas.

El género *Matthiola*, dedicado a P. A. Matthioli, médico italiano, consta de unas 36 especies propias de la hoya europea del Mediterráneo y del Asia occidental.

M. incana Lin. se encuentra en el estado silvestre a orillas del mar. Por el cultivo se obtuvieron variedades de flores dobles; el color puede ser rojo, blanco o abigarrado.

b) *Matthiola annua* Lin. Especie muy parecida a la anterior; ciertos autores la consideran como una variedad de *M. incana*. Como la anterior se encuentra a orillas del mar. En cuanto a color de las flores, se pueden observar, flores blancas, rojas, moradas, de color de carne, rosadas, lilas y pardas.

Las flores de las dos especies están desprovistas de perfume.

197.—Alelí; Gatico.

Silene armeria Lin.—Familia de las Cariofiláceas.

Es planta de la Europa meridional, donde crece en las florestas y entre las rocas.

Silene (de *Sileneus*, alusión a la forma inflada del cáliz de la especie principal, recordando al dios *Sileneus*).

Ciertos autores admiten en el presente género hasta 480 especies que otros reducen a 250, esparcidas en Europa, Asia y Africa extratropicales y América del Norte.

La especie se cultiva como planta de ornato. Fuera de *S. armeria* se encuentra con abundancia en los cultivos y terrenos vagos otra especie, común en los campos de Europa, *Silene gallica* Lin.

198.—Alelí (Antioquia).

Plumeria sp.—Familia de las Apocíneas.

El género, dedicado al R. P. Plumier, el cual publicó varias obras sobre la flora de América, consta de unas 45 especies.

199.—Alelí calentano; caracol de jardín.

Cleome (Gynandropsis D. C.) speciosa HBK.
Familia de las Caparidáceas.

Cleome (de *kleioo*, cerrar, también *terminar*; alusión a la disposición de las partes de la flor).

Gynandropsis (de *gynandria* *opsis*: apariencia de ginandria, es decir, estambres insertados sobre el ovario).

Unos autores admiten los dos géneros: *Cleome* con unas 90 especies, y *Gynandropsis* con unas 10, todas propias de la zona tropical del globo. Otros comprenden el centenar de especies en el único género *Cleome*.

En lo tocante a la especie que nos ocupa, se trata de *Cleome speciosa* HBK y entra en sinonimia la clasificación de De Caudolle *Gynandropsis speciosa* D. C.

Es planta espontánea en nuestras tierras calientes. De Humboldt y Bonpland la cogieron cerca de Cartago, Schlim en Ocaña, etc. Se la cultiva hoy en todas las regiones cálidas y templadas hasta 1.200 metros sobre el nivel del mar.

200.—Aleluya. Véase *Accederilla*.

201.—Alfaja; Alfajía.

Trichilia tuberculata (Triana y Pl.) ODC.
Familia de las Meliáceas.

El presente género que consta de unas 112 especies es propia de América y Africa tropicales.

T. tuberculata es un árbol que suministra buena madera para carpintería y ebanistería. Es, dice don Santiago Cortés, semejante al *Trompillo* (*Guarea trichilioides* C. D. C.) de Ocaña y al *Tigre* (*Guarea gigantea* Tr. et P.) de Villavicencio.

202.—Alfalfa.

Medicago sativa Lin.—Familia de las Papilionáceas.

Medicago (de *Medike*, nombre dado por Teofrasto a la especie principal originaria de Media).

El género consta de unas 40 especies de Europa, Asia y Africa.

Medicago sativa Lin. parece originaria del Asia Central y se piensa que los griegos, después de las guerras médicas la introdujeron a Europa, la llamaban *Planta Médica*, nombre que conservaron los romanos cuando la introdujeron a Italia; en la época de la conquista de las Galias la llevaron a Francia, primero en las provincias meridionales, y luego, poco a poco, en las del Este y del Norte. Siempre queda algo sensible al frío, y las heladas tardías la perjudican mucho.

203.—Alfileres; Pico de cigüeña; Alfilerillo (Antioquia).

a) *Erodium cicutarium* (L.) L'Hérit.—Familia de las Geraniáceas.

El género *Erodium* (de *Erodios*, garza; alusión a la forma del fruto que figura el pico de una garza), consta de unas 160 especies, todas propias del antiguo mundo; una o dos se hicieron cosmopolitas.

E. cicutarium es planta europea que crece en los lugares vagos, sobre escombros, etc.

En la medicina casera usan la infusión de hojas

que es ligeramente astringente, antiespasmódica y diaforética.

b) *Erodium moschatum* Willd; es planta europea que crece en los sitios arenosos; está cubierta de glándulas y desprende un olor de almizcle. Tiene las mismas propiedades que la anterior.

204.—Alfileres; Pomas.

Nombres vulgares de las diversas especies del género *Scabiosa* cultivadas en el país.

La especie que ordinariamente se puede observar en la Sabana de Bogotá es:

Scabiosa atropurpurea Lin.—Familia de las Dip-sáceas.

Scabiosa (de *scabies*, lepra; alusión a la propiedad de curar la lepra que se atribuye a estas plantas). El género consta de unas 110 especies de Europa, Asia occidental y tropical y Africa.

Sc. atropurpurea es originaria del medio día de Europa.

Por el cultivo se obtuvieron numerosas variedades, por lo menos en cuanto al color de las flores.

205.—Alfombra (Costa Atlántica); *Verrugosa* (Chocó); *Rieca* (Villavicencio).

Lachesis mutus Lin.—Familia de los Crotálicos.

El género *Lachesis* no comprende sino una sola especie que se encuentra en la América tropical desde el Pacífico hasta el Atlántico. Es la serpiente venenosa que alcanza mayores dimensiones de todas las especies conocidas. En el museo del Instituto de La Salle existe un ejemplar, cogido en Villavicencio, que pesaba 13 kg. El príncipe de Wied habla de riecas de más de 3 metros de longitud, de un diámetro igual al del muslo de un hombre. Se mantiene de preferencia en los bosques sombríos y frescos.

Es una de las serpientes más venenosas de la América del Sur.

El peligro reside sobre todo en la abundancia de veneno que puede inocular. Sin embargo, según experiencias hechas en los laboratorios de Samper Martínez por el doctor A. Peña, el veneno de la *Taya equis* (*Bothrops atrox*), en cantidad igual, es más activo; las experiencias demostraron que es tres veces más activo que el veneno de nuestra *cascabel*.

206.—Alfombra; Llantén del Páramo.

Plantago linearis? Kunth.—Familia de las Plantagináceas.

El género *Plantago* (de *planta* de los pies, alusión a la forma de las hojas en algunas especies) consta de más de 200 especies; los autores modernos tienen tendencia a reducir este número.

Pl. linearis, dice don Santiago Cortés "Flora de Colombia", pág. 159, crece en el páramo de Herveo. Contiene un alcaloide febrífugo: la *plantagina*, como el *Pl. major*.

207.—Alfombra de agua.

Azolla filiculoides Lam.

Un pequeño helecho que cubre las aguas estancadas.

208.—*Algalia; Almezillo; Candia; Gombo; Guicombo; Lagarto; Monitos* (en la región de Mocoa): *Okra najú*.

a) *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.—Familia de las *Malvaceas*.

El género encierra unas 180 especies de las regiones templadas y cálidas del globo.

A. esculentus es una planta anual que puede alcanzar una altura de 1.50 m., las hojas son palmatolobuladas; las cápsulas y las semillas son velludas.

Los botones florales y los frutos verdes sirven para preparar una sopa agradable y sana; los frutos verdes se preparan también como verdura o ensalada. Las semillas secas se usan a veces en lugar de café. Los tallos suministran una fibra utilizable como textil.

La planta parece originaria del alto Egipto, pero cultivada en todas las tierras calientes de ambos hemisferios.

b) *Abelmoschus moschatus* Moench.

Es planta originaria de Asia, y dice C. Cuervo M. ("Tratado Elemental de Botánica", pág. 242), crece espontánea en la región del Meta. Como la especie anterior, se cultiva en todas las regiones cálidas. Las semillas se usan mucho en perfumería; tienen, además, propiedades estimulantes y antiespasmódicas. Según el señor Bonastre, citado por C. Cuervo M., tienen la composición química siguiente: mucílago y goma, 90; substancia albuminosa, 14; resina, 16; parénquima y humedad, 130; un aceite fijo y líquido y resina.

209.—*Algarrobilla; Chiminango; Gallinazo o Payandé*.

a) *Pithecolobium parvifolium*.—Familia de las *Mimosáceas*.

Según el señor J. M. Duque, la madera de la presente especie es apenas de regulares pesos y resistencias. Es árbol de los climas ardientes.

b) *Pithecolobium macrostachyum* Benth.

Como la especie anterior es de los climas ardientes. En el Magdalena lo conocen con el nombre de *Payandé* y en el Socorro lo llaman *Gallinero*. La madera es de gran dureza y bastante fina para el pulimento. (Santiago Cortés).

210.—*Algarrobillo; Nazareno*.

a) *Hymenaea floribunda* HBK.—Familia de las *Cesalpiniáceas*.

Del género *Hymenaea* se conocen unas ocho especies, todas de la América tropical.

H. floribunda crece en los climas ardientes. La madera roja, de grano fino, muy duro y fuerte, con peso específico de 1.08, es propia para ebanistería y obras de carpintería. Según el señor J. M. Duque, la madera de la presente especie es artículo de exportación; además de la madera, el árbol suministra resina y productos tánicos.

b) *Hymenaea splendida* Tr.

La madera es de un hermoso color morado con vetas del mismo color, pero más subido. El grano es tenue y la hebra muy fina, por lo que es susceptible

de mucho pulimento. En tal estado presenta la apariencia del pórvido color violeta (1).

En cuanto a lo demás, se asemeja a la especie anterior.

211.—*Algarrobillo*.

Inga martha.—Familia de las *Mimosáceas*.

212.—*Algarrobillo; Nazareno; Cananeo*.

Peltogyne paniculata Benth.—Familia de las *Cesalpiniáceas*.

El género *Peltogyne* comprende 3 a 4 especies propias de la América tropical.

P. paniculata Benth., es un árbol elegante que alcanza de 20 a 25 metros. Las flores rosadas forman amplias panículas. La madera de corazón tiene el color morado característico del género. Crece en las selvas pluviales del Zulia.

213.—*Algarrobo; Guapinal; Nazareno; Jataí; Jotobá; Jutahí*.

Hymenaea courbaril L.—Familia de las *Cesalpiniáceas*.

Árbol corpulento, de unos 25 metros de altura por 1 metro y más de diámetro; de copa ordinariamente deprimida y extensa.

La legumbre es gruesa, leñosa e indehiscente; las semillas están envueltas en un polvo seco y comestible.

El doctor H. Pittier, en su "*Manual de las Plantas usuales de Venezuela*", págs. 103 y 104, se extiende mucho sobre esta especie; dice, entre otras cosas, lo siguiente:

"El algarrobo que se llama todavía con su nombre indígena de *corobore* (*coubaril*, nombre de la Guayana francesa), es el *Guapinol* de los centroamericanos, el *jutahy* de los brasileros, y no debe confundirse con el algarrobo blanco de Texas y Méjico, que es *Prosopis juliflora* D. C. (*cuji yaque*, en Venezuela: *Algarrobo argentino, Manca-caballo* en Colombia). Es esencialmente un árbol de los bosques claros que acompañan las sabanas y nunca se encuentra en selvas húmedas y tupidas; se encuentra desde Méjico hasta el Brasil.

"La madera es resinosa, dura y compacta aunque no muy pesada, resistente, de fibra recta, de color amarillento oscuro con vetas y manchas más claras. Según Valdés (Ernst), se emplea poco como material de construcción porque se alabea y raja al aire, pero otros autores la recomiendan para obras corrientes y navales, como curvas de naves, postes, durmientes, carrocerías, etc. Se emplea también en la fabricación de muebles finos, los cuales con el tiempo adquieren el color de la caoba.

"Según varias autoridades, el peso específico de esta madera varía de 0.857 a 1.191, la resistencia a la flexión es de 1.315, al aplastamiento 758 kgs. con carga paralela y 626 kgs. con carga perpendicular por centímetro cuadrado (Correa).

"La corteza se usaba por los indios para hacer canoas; también proporciona fibras. Según Ernst, en algunas partes del interior de Venezuela, se usan las

(1) J. M. Ruzales, "Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia", año 1, No. 2, pág. 103.

legumbres del algarrobo, ricas en resina, en cambio del incienso en las iglesias.

"Otro valor económico de no escasa importancia lo da al algarrobo la resina que mana principalmente del tronco y de las raíces. Se conoce en el comercio con los nombres de *copal americano, resina copal o resina de courbaril*. No se extrae directamente de los árboles, sino que se encuentra en el suelo al pie de los troncos viejos, o en sitios en donde hayan existido tales árboles, en pedazos que alcanzan a veces un peso considerable. Se usa principalmente en la fabricación de barnices y charoles, pero su calidad se considera como muy inferior a la del copal de Zanzibar".

Fuera de la resina copal, produce una goma-resina llamada *anime*. La corteza es astringente y se usa para combatir la diarrea y como vermífugo. La resina es pectoral y tiene varias aplicaciones en la medicina.

El algarrobo es común en la región de los Llanos de Casanare y San Martín y de todas las tierras calientes, hasta 400 metros sobre el nivel del mar.

214.—*Algarrobo argentino; Manca-caballo*.

Prosopis juliflora D. C.—Familia de las *Mimosáceas*.

El género *Prosopis* consta de unas 16 especies propias de las regiones tropicales y subtropicales del globo.

Según el doctor H. Pittier, *P. juliflora* es un árbol común en las llanuras arenosas del litoral, de tronco generalmente bajo. Las legumbres contienen de 25 a 30 por 100 de azúcar de uva. Sirve para la alimentación del ganado, y en ciertas regiones para la del hombre. De la corteza mana una goma parecida a la del tragacanto. La madera se usa para leña.

(Continuará)

BIBLIOGRAFIA

Véase pág. 361 del número 4 de esta Revista.

Además:

H. Eigenmann. Varias obras sobre peces de agua dulce.

Ph. L. Slater y O. Salvin. "Nomenclator avium tropicalium".

J. Vilanova y Piza. "Historia Natural".

J. Tricou y E. Planchon. "Prodromus Florae Novo Granatensis".

A. Pasada A. "Estudios científicos".

LA OBRA DE GARAVITO Y EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

CONFERENCIA DICTADA EN LA FACULTAD DE MATEMÁTICAS E INGENIERÍA EL 2 DE NOVIEMBRE DE 1934

JORGE ALVAREZ LLERAS
Director del Observatorio Astronómico Nacional.

Señores:

Por circunstancias conocidas y que no es del caso explicar en este momento, me veo precisado, como Director del Observatorio Astronómico Nacional, a exponer ante el público, breve y sucintamente, la razón de ser del plan científico que se está desarrollando actualmente por ese Instituto, y que debe ser conocido por los profesores y alumnos de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería, antes que nadie, por razones obvias. Hé aquí la explicación de la presente conferencia que traigo escrita y leo ante vosotros, porque quiero dejar constancia clara y permanente de mis palabras.

Para entrar en materia debo exponer que de la obra de Garavito, el sabio astrónomo que me antecedió en la Dirección del Observatorio, y que, de una vez por todas, me apresuro a declarar sin segundo, no sólo en Colombia sino en toda la América latina, sólo se conoce por los ingenieros parte mínima y precisamente la menos importante.

Esa parte se refiere a los trabajos de Garavito en el Observatorio para determinar la longitud del mismo por medio de ocultaciones de estrellas, según sistemas que no tienen nada de original, y para hallar su latitud, siguiendo el método que ideó el sabio para emplear un simple teodolito en el uso combinado del método de Talcott y distancias circunmeridianas, o sea, para usar un procedimiento que cabe dentro de la denominación general de los métodos de alturas iguales de dos estrellas, preconizados desde tiempo atrás, por insignes matemáticos hispanoamericanos, como Díaz Covarrubias.

Así, considero que el método de Garavito —de Talcott y tiempo, como se le ha llamado—, no fuera mérito suficiente para alcanzar la inmortalidad, y que si él apareciera, a pesar de ser original, como único título del sabio astrónomo a la gloria que todos convenimos en atribuirle, no sería posible el colocarlo al lado de los grandes matemáticos como Newcomb, Gauss o Poincaré.

Y esto es claro, porque son varios los métodos inventados, de tiempo atrás, para la determinación de coordenadas geográficas con instrumentos portátiles, y son muchos los ingenieros que aún pretenden haber hallado nuevas soluciones de tan viejos problemas. Así, es preciso convenir en que la gloria de Garavito, contra lo que ahora se quiere sostener,

nunca estuvo en la determinación aproximada de las coordenadas geográficas del Observatorio de Bogotá.

Para mí tengo que el mérito extraordinario e innegable de Garavito está fundamentado en su inmensa capacidad analítica y filosófica, que siempre le colocó frente a los grandes problemas de la Mecánica con instrumentos de crítica absolutamente personales, genuinamente propios e incomprensidos por el medio cultural en donde actuó.

Se revela esta personalidad principalmente en los conceptos dispersos que nos legó con sus charlas familiares, y que yo me permití recoger para la posteridad en el ensayo publicado dentro del libro consagrado a la memoria de Mutis con el título "La Mecánica en la Filosofía natural".

Son estos conceptos el *alma mater* de su labor reconstructiva de la Óptica matemática y animan ellos esa crítica rigurosa que hizo de las Geometrías no euclídeas y de las más sonadas hipótesis físicas, con ánimo de restaurar los viejos principios de la Mecánica, y probablemente fueron ellos los que le inspiraron en sus últimos días, cuando quiso legar al Observatorio Astronómico Nacional su gran esfuerzo en favor de las teorías clásicas de Newton: *Las ecuaciones finales para la construcción de unas nuevas tablas de la luna*.

Quiero referirme especialmente a este trabajo monumental, en esta conferencia, porque la labor del Observatorio Astronómico, que tanto se critica ahora, tiene forzosamente que estar ligada al esfuerzo máximo del genio matemático de Garavito, que aún permanece inédito, y que únicamente puede cobrar brillo para el mundo científico mediante cierta tarea de comprobación, sólo factible para el Establecimiento a mi cargo.

Y es demostrando tal afirmación como voy a extenderme en esta conferencia, pues dejo para otra ocasión el estudio detenido de esa portentosa labor que coloca a Garavito entre los grandes investigadores y críticos científicos y que le da, juntamente con sus estudios sobre los movimientos de la luna, tan justo título para la inmortalidad.

Entro, pues, en materia, explicando la razón de ser de los estudios de Garavito respecto de los muy complejos movimientos de la luna y la que tienen los planes actuales del Observatorio para comple-

mentarlos con la precisa observación, y para ello me permito leer algunos párrafos del gran astrónomo colombiano y que sirven como antecedentes a la cuestión.

"La ley de la gravitación, dice Garavito, ha podido generalizarse a otros sistemas lejanos a las estrellas dobles. Hé aquí cómo se ha llegado a ello".

"La observación ha demostrado que la estrella satélite describe alrededor de la central una elipse aparente según la ley de las áreas, pero en la cual la estrella principal no ocupa ni el centro ni el foco. La órbita que observamos no es sino la proyección de la órbita real sobre un plano perpendicular a la línea que va de la tierra a la estrella central. Se sabe que la proyección del centro de una elipse sobre un plano cualquiera es centro de la elipse de proyección, mientras que la proyección del foco no es el foco de la proyección".

"Ahora bien: no hay sino dos leyes en el valor de la fuerza como función de la distancia, capaces de dar trayectoria elíptica. Estas dos leyes son, como lo han demostrado Halphen y Darboux: la una que da un valor proporcional a la distancia, lo cual conduce al caso en que la estrella principal ocupa el centro de la elipse; la otra es la ley newtoniana que corresponde al foco. La observación no corresponde al primer caso sino al segundo, luego la ley de la gravitación es universal".

"Así, la Astronomía de posición ha venido, en síntesis, a reducirse a un problema de análisis matemático".

Más adelante agrega el sabio Profesor:

"Como se ve, la ley de la gravitación rige los movimientos de las estrellas dobles y es así una ley general. Pero si se tratara de estudiar las formas que habrá de ir afectando el conjunto de estrellas que forman la vía láctea, por ejemplo, desde el punto de vista cuantitativo y después de conocidas todas esas estrellas, el problema resulta superior al entendimiento humano. Supuesta conocida la forma exacta del universo, es decir, las masas y las coordenadas de todas ellas a un instante dado, evidentemente la solución del problema sería inabordable para el hombre. Pero, en todo caso, las ecuaciones diferenciales podrían ser escritas en su forma general, y las integrales: conservación de la energía, invariabilidad del plano de las máximas áreas y mínima acción, se verificarían en el sistema entero".

Esta afirmación fundamental es uno de los conceptos básicos de Garavito, a que me referí atrás, de alto valor filosófico, pues él lo extendía a la evolución del universo entero sustituyendo biológicamente la teoría spenceriana por los dos principios de Gauss y Maupertuis, según puede verse en el escrito que inserté en el libro consagrado a la memoria de Mutis, y del cual ya hablé.

Más adelante volveré a llamar la atención sobre este punto, y ahora continúo esta exposición afirmando que el descubrimiento de la ley de la gravitación se debió especialmente a ciertas circunstancias favorables, a saber: a) Pequeñez de las masas pla-

netarias en comparación con la masa enorme del sol; b) Imperfecciones de los instrumentos empleados por los primeros observadores, entre los cuales se cuenta Tycho Brahe; y c) Sencillez de la ley que se trataba de descubrir.

Sin concurrir la primera circunstancia favorable, las influencias planetarias entre sí, y en relación con el sol, habría complicado de tal manera los movimientos del sistema solar, que hubiera sido imposible deducir de la observación ninguna ley geométrica semejante a la ley de las áreas.

Sin la segunda, esto es, si Tycho Brahe y sus contemporáneos, hubieran dispuesto de círculos meridianos y de cronómetros siderales, el número de observaciones hubiera sido mucho mayor y ellas habrían sido mucho más precisas. Así, Kepler habría en realidad verificado el sistema de Copérnico, pero no hubiera hallado sus famosas leyes, pues las irregularidades del movimiento producidas por las perturbaciones planetarias, tal como ellas ocurren en realidad, se habrían manifestado claramente sin poder atribuírlas a errores de observación.

Finalmente, si la ley de la fuerza hubiera sido una función complicada de las distancias, Newton quizá no habría podido deducirla, aun cuando hubieran ocurrido las dos primeras circunstancias favorables.

Por lo que acabo de decir se comprende fácilmente cuántas son las dificultades que ahora se han presentado a los investigadores modernos, que poseen enorme cúmulo de datos de gran precisión sobre el sistema solar y tratan de arrancar sus secretos a la naturaleza, o sea descubrir las leyes primordiales que sirven de base a un conjunto de hechos del mismo carácter de aquellos que dieron a Newton elementos para descubrir la gravitación, pero infinitamente más complejos.

Por eso dijo Garavito, hablando del descubrimiento de la ley de la gravitación: "El problema ha podido abordarse felizmente gracias a la pequeñez de las masas planetarias respecto a la masa solar, lo cual permitió separar el efecto de la acción de un solo cuerpo y poner de manifiesto la ley. La solución completa de los movimientos bajo la sola acción de la gravitación, no está aún resuelta de una manera perfecta, lo cual da margen a que se continúen los estudios en ese orden. Cuando se haya llegado a resolver el problema mediante series muy convergentes, será cuando las causas colaterales que deben influir sobre los movimientos se pongan de manifiesto por las diferencias entre la observación y el cálculo. La investigación se dedicará entonces a las nuevas causas perturbadoras".

Antes de entrar de lleno en el corazón del asunto, permítidme historiar un poco el avance que han tenido las ideas de los astrónomos al respecto, copiando para ello parte pertinente de la introducción puesta por Newcomb a su maravilloso trabajo: "Desarrollo de la función perturbatriz". Dice así: "Uno de los desiderátum de la Mecánica celeste en los tiempos presentes, consiste en un desarrollo de la función perturbatriz que deba ser aplicable a todos

los casos en los cuales se busca un desarrollo general de las desigualdades planetarias en función del tiempo, y que permita obtener prontamente las derivadas de esa función. Una idea sobre su alcance en la aplicación puede obtenerse comparando este estudio con otros desarrollos que tengan el mismo objeto general, limitando nuestra comparación a aquellos métodos que se han usado más, hasta ahora, en investigaciones prácticas referentes a los movimientos celestes, y que se hayan propuesto obtener expresiones generales para las desigualdades planetarias, en función del tiempo.

"Naturalmente, es necesario pasar en silencio numerosos trabajos de los más notables matemáticos de los tiempos modernos, que se han ocupado del asunto, porque queremos confinarnos al caso de la acción mutua de los planetas, dejando a un lado los desarrollos pertinentes a la teoría del movimiento de la luna o de los cometas. El primer esfuerzo en este sentido es el hecho por Laplace en su "Mecánica celeste". Este desarrollo es el más sencillo en su concepción, puesto que consiste simplemente en sustituir en lugar de las coordenadas de los planetas, sus expresiones en función de los elementos y longitudes medias y desarrollar en serie exponencial de excentricidades e inclinaciones. La cantidad requerida se expresa así como una función explícita del tiempo y de los elementos. Las derivadas con respecto al tiempo y a esos elementos se obtienen así con gran facilidad por diferenciación directa. Este desarrollo tiene la ventaja de ser un trabajo analítico general y en el cual los valores de los constantes pueden sustituirse a voluntad.

"El desarrollo general de Laplace se extendió solamente a las terceras potencias de las excentricidades e inclinaciones. Desde luego, en su forma original, es enteramente inadecuado para los propósitos de la Astronomía en los tiempos presentes; pero, con todo, ha sido extendido por diferentes investigadores.

"De Pontécoulant, en su "Sistema del mundo" (*Système du monde*) extendió el desarrollo hasta términos de sexto orden en potencias de las excentricidades e inclinaciones. Un desarrollo del mismo orden, pero en forma más condensada, se publicó después por el Profesor Pierce en el primer volumen de "The astronomical Journal". Finalmente, Leverrier, en el volumen I de sus Memorias (*Annales de l'Observatoire*) llevó el desarrollo hasta los términos del séptimo orden y, aún más, mejoró su trabajo dando todos los valores de los coeficientes explícitamente, y suministrando tablas que permitían efectuar prontamente las sustituciones numéricas.

"La característica distintiva de este método de desarrollo consiste en que por él la función perturbatriz se expresa como función explícita de los elementos y el tiempo. De aquí que esta forma es la que mejor se adapta a investigar en la teoría de los movimientos planetarios; pero cuando se emplea en cálculos numéricos tiene la desventaja de conducir a expresiones excesivamente complicadas. Además, aun cuando las derivadas con respecto a los ele-

mentos pueden obtenerse por diferenciación directa, aquellas que se refieren a las coordenadas sólo se obtienen por transformaciones que hasta ahora no se han explicado por completo. En consecuencia, este método ha caído en desuso entre aquellos que se ocupan en esta clase de trabajos.

"Así, posteriormente se propuso el desarrollo puramente numérico, como lo hizo Hansen en sus Memorias sobre las perturbaciones mutuas entre Júpiter y Saturno. Por este método se computan las potencias impares negativas de la distancia mutua entre los dos planetas, para un cierto número de combinaciones de las anomalías medias, y por medio de esto se obtienen valores especiales de los coeficientes en múltiplos de la anomalía media en el desarrollo general, por un proceso de eliminación. Así, la función perturbatriz y sus derivadas se expresan en función de estas potencias negativas, y los valores numéricos requeridos se obtienen por un proceso que llamó Hansen "multiplicación mecánica". Esta no es sino una multiplicación algebraica de dos series de términos, en la cual cada producto de senos o cosenos se reemplaza por su equivalente en términos de la suma y de la diferencia de dos senos o cosenos. Este método tiene la desventaja común a todos los métodos puramente numéricos —los cuales no son muy elegantes— de presentar dificultades para determinar cualesquiera cambios que sean producidos por corrección de los elementos.

"Como intermedio entre esos dos métodos se presenta el que pudiéramos llamar el método de Cauchy-Hansen. Su inventor original fue Cauchy, quien primero lo explicó en 1845, para presentar un ejemplo notable de sus ventajas, al informar sobre la obra de Leverrier respecto a las desigualdades de largo período entre Palas y Júpiter. Una sistemática exposición de este método se ha dado por Puisseux, en sus "Annales de Leverrier" (tomo VII), en donde, sin embargo, no aparece aplicado al desarrollo general de la función perturbatriz, sino solamente al cómputo de los términos particulares que pueden dar lugar a desigualdades de largo período.

"El carácter distintivo de este método consiste en que el desarrollo se efectúa, no en términos de la anomalía media, sino de la anomalía excéntrica; y su principio fundamental, sobre el cual descansa su sencillez, es como sigue: *Suponiendo que se ha dado la posición de un planeta, el cuadrado de su distancia a otro planeta se puede expresar como una función entera y racional del seno y el coseno de la anomalía excéntrica de este último*".

Hasta aquí me he permitido transcribir lo dicho por Newcomb, en el prólogo de su obra monumental: "Desarrollo de la función perturbatriz", porque ningún autor más autorizado para dar idea concreta de los esfuerzos que la Mecánica celeste ha venido haciendo para penetrar en la esencia misma de la gravitación, que el sabio astrónomo americano, quien llenó ocho gruesos volúmenes de los "Papeles Astronómicos" preparados para el uso del Almanaque Náutico y de las Efemérides Americanas (*Astrono-*

mical papers prepared for the use of the American Ephemeris and Nautical Almanac), en los siguientes estudios: Perturbaciones periódicas de las longitudes y radios vectores de los cuatro planetas interiores; Coeficientes para la corrección de los elementos planetarios; Desigualdades lunares debidas a la forma de la tierra; Desigualdades lunares debidas a la acción de Júpiter; Teoría de las desigualdades en el movimiento de la luna debidas a la acción de los planetas; Variaciones seculares de las órbitas de los cuatro planetas interiores; Tablas de Júpiter y tablas de Saturno; Nueva teoría sobre las perturbaciones de Júpiter, Saturno y Urano, etc.

No es vano alarde de erudición libresca lo que me mueve a presentar esta reseña histórica ante vosotros, sino el sincero deseo de hacer aparecer la obra de Garavito en su justo valor, ante aquellas personas que por la índole de sus estudios no están en capacidad de comprender la importancia inmensa que para nuestro país debe tener el reconocimiento de ella por las academias científicas extranjeras que aún se ocupan y, por largos años continuarán ocupándose de las cuestiones planteadas al entendimiento humano por los excelentes métodos precisos de observación con que hoy cuenta la Astronomía de posición.

Esta reseña histórica, por tal motivo, merece ampliarse en el caso particular del movimiento de la luna, al cual se han dedicado en el siglo XIX innumerables esfuerzos, por la sencilla razón de que, antes de ahora, antes del invento de la telegrafía inalámbrica, era la luna el principal, y tal vez único elemento para la determinación de las longitudes terrestres.

Evidentemente la teoría de Newton sobre la gravitación tuvo su origen en la comparación del movimiento de la luna con el de los cuerpos pesados que caen hacia el centro de la tierra. Desde un principio Newton probó con éxito que las principales desigualdades periódicas, como también los movimientos medios del perigeo y del nodo, eran debidos a la acción del sol sobre la luna, y así añadió algunas otras desigualdades que no habían sido deducidas previamente por la observación. El resultado que él obtuvo para el movimiento medio del perigeo fue solamente cerca de la mitad del valor observado. Los resultados de Newton se dieron en forma geométrica, aunque es probable que él los obtuviera por el método de las fluxiones.

Después de la obra de Newton no se efectuó ningún avance sustancial en este sentido, hasta que Clairaut desarrolló su teoría analítica sesenta años más tarde. A Clairaut sucedieron D'Alembert y Euler, en el siglo XVIII, pero sin llevar novedad al estudio de la cuestión: hasta cuando Laplace inició una nueva época, como ya se dijo, en esta clase de estudios, con el método analítico.

Así, como lo vimos atrás al tratar del problema en general, para el caso de la luna, los métodos analíticos que se han usado pueden clasificarse en tres clases: 1º Laplace y sus sucesores inmediatos, espe-

cialmente Plana, efectuaron la integración expresando el tiempo en función de la verdadera longitud de la luna. Después invirtiendo las series, la longitud se expresaba en función del tiempo.

2º Por el segundo método general las coordenadas de la luna se obtienen en función del tiempo, por la integración directa de las ecuaciones diferenciales de los movimientos de este astro, conservando con el carácter de símbolos algebraicos los valores de los varios elementos. La mayor parte de estos elementos son fracciones numéricas pequeñas: e la excentricidad de la órbita de la luna, cerca de 0.055; e' la excentricidad de la órbita de la tierra, cerca de 0.017; γ el seno de la mitad del ángulo de inclinación de la órbita de la luna, cerca de 0.046; m la relación de los movimientos medios de la tierra y la luna, cerca de 0.075. Las expresiones de la longitud, la latitud y la paralaje aparecen como series trigonométricas indefinidas, en las cuales los coeficientes de los senos y cosenos son ellos mismos series infinitas de acuerdo con las potencias de las pequeñas cantidades que acabo de indicar. Este método, como lo expresó Newcomb, se usó con éxito por Pontécoulant, Lubbock y Delaunay.

3º El tercer método trata de evitar las dificultades grandes que se presentan por el segundo que se acaba de indicar, usando, como en el caso de las perturbaciones planetarias, el valor numérico de los elementos en lugar de sus símbolos algebraicos. Este método tiene la ventaja de conducir a una determinación más rápida y segura de las cantidades numéricas requeridas, pero tiene el inconveniente de dar la solución del problema sólo para un caso particular y así es inaplicable para aquellas investigaciones en las cuales hay que recurrir a las ecuaciones generales de la Dinámica. Así lo observa Newcomb, como lo dije atrás; pero para el caso de la luna conduce a resultados aceptables, como lo demostró de manera brillante Delaunay.

Entre las aplicaciones del tercer método tienen un lugar predominante las investigaciones de Hansen, que aparecieron publicadas en 1838, con el título "Fundamenta nova". Durante los veinte años subsiguientes Hansen dedicó sus esfuerzos en gran parte al cómputo numérico de las desigualdades de la luna, la nueva determinación de las constantes del movimiento y la preparación de unas tablas para la posición de este astro. En 1857 el Almirantazgo inglés publicó estas tablas por consejos de Airy; siendo una peculiaridad del método de Hansen, que simplifica un poco los cálculos, el agregar las perturbaciones angulares en el plano de la órbita a la anomalía media, en una elipse auxiliar. Estas tablas se usaron desde 1862 por el Almanaque Náutico para computar las posiciones de la luna y desde 1883 sufrieron las correcciones de Newcomb hechas, en parte, por observación, y en parte por la teoría, de acuerdo con los principios del método de Cauchy y Hansen, a que me referí atrás.

Estando las cosas en este estado, el Profesor Brown, de la Universidad de Yale, a principios de

este siglo, empleó un nuevo método que vamos a describir pormenorizadamente, pues sobre él fundamentó Garavito sus deducciones.

En el método de Brown se emplean las cantidades indicadas anteriormente: e excentricidad de la órbita de la luna; e' excentricidad de la órbita de la tierra; γ igual a $1/2 \alpha$ (ángulo de inclinación del plano de la órbita de la luna) y m relación entre los movimientos medios de la tierra y la luna; necesitando expresarse las coordenadas de la luna en función de las potencias y productos de estos elementos. Euler fue el primero que concibió la idea de iniciar la investigación con una solución preliminar del problema suponiendo que la órbita de la luna coincidiera con el plano de la eclíptica y que esta órbita no tenga excentricidad alguna, lo mismo que la del sol, a la cual se supone circular. Con estos supuestos y alcanzada la primera solución, se encontraban los términos adicionales que dependían de la primera potencia de las excentricidades y de la inclinación. Después, en una segunda operación, se encontraban los términos de segundo orden, y así sucesivamente. En 1908 Hill mejoró considerablemente el método de Euler agregando un proceso matemático muy elegante para determinar el movimiento del perigeo. A esto se agregó el trabajo de Adams para determinar el movimiento del nodo en una forma singular. Entonces Brown emprende su admirable trabajo para basarse en este método con el propósito de construir una teoría completa de los movimientos lunares sobre los elementos e , e' , γ y m y siguiendo los pasos de Hill y de Adams.

Es este, por último, el método de Hill-Brown, que sirvió a Garavito para establecer sus fórmulas definitivas del movimiento de la luna.

Refiriéndose a él y a los elementos dichos, dice Garavito:

"Los valores de los elementos deberán ser deducidos de un gran número de observaciones, las que deben abrazar largos intervalos de tiempo. Será entonces necesario determinar las influencias perturbadoras de los otros planetas sobre el movimiento del cuerpo celeste que se trata de calcular. Estas perturbaciones se pueden considerar desde dos puntos de vista distintos. Desde uno de ellos se parte de una época dada; esto es, de la posición del cuerpo en dicha época. Para esa posición se podrán calcular las acciones de los otros planetas y sus efectos se integrarán sucesivamente por el método llamado de las cuadraturas mecánicas. O bien, considerando las derivadas de los elementos se integrarán dejando al tiempo indeterminado (según lo hizo Plana, como lo indiqué atrás), y luego se compararán los resultados de la observación con los del cálculo partiendo de elementos osculadores aproximados e incrementos de sus errores, y estableciendo un gran número de ecuaciones de condición, las que se tratarán por el método de los menores cuadrados, a fin de determinar los valores exactos para una época dada".

"En Astronomía matemática se estudia la manera

de formar los desarrollos de los elementos y de las coordenadas de manera de satisfacer a las ecuaciones de movimiento. Estos desarrollos son series cuyo término general es de la forma:

$$A \mu^a M^m \cos(vt + b)$$

"En estos términos A y B son constantes; μ es un pequeño factor dependiente de la relación de las masas perturbadoras a la masa central o cualquiera otro parámetro especial; M es un monomio que contiene potencias enteras de cantidades pequeñas del orden de las excentricidades y de las inclinaciones; y, finalmente, v es un número de la forma $k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots$, en donde k_1, k_2, \dots son números enteros, positivos o negativos, y n_1, n_2 son los movimientos medios de los planetas. Estos términos contienen cuatro caracteres que sirven para definir su importancia, a saber: 1º el orden, definido por el exponente a del pequeño factor μ ; 2º El grado del monomio M respecto de las cantidades que figuran en él; 3º La clase, la cual depende de los pequeños divisores en el denominador, debidos a las integrales sucesivas, y 4º El rango, o sea la diferencia entre el exponente a y el exponente m del tiempo ($a - m$). Resulta de esto que cuando ($a - m$) es pequeño para términos de orden elevado, la potencia m del tiempo es muy grande, y el término crece rápidamente con el tiempo, haciéndose, al fin, divergente la serie".

"Los términos del desarrollo pueden clasificarse, además, en términos periódicos, que son aquellos en donde el exponente m del tiempo es cero, esto es, en donde el tiempo no figura fuera de los signos seno o coseno; términos mixtos, en donde el tiempo figura como en el modelo, tanto fuera como dentro de las funciones circulares seno o coseno; y, finalmente, los términos seculares, que son aquellos en donde $v = 0$ y el tiempo no figura sino en el factor externo".

"Los términos de pequeño rango son los que producen desigualdades que van creciendo con el tiempo. Las tablas astronómicas fundadas sobre los elementos osculadores de una fecha dada, y en cuya conformación no se han tenido en cuenta sino los términos hasta cierto orden, principiarán, al fin de cierto tiempo, a dar divergencias tales que se hace necesario cambiarlas, fundándolas de nuevo sobre elementos osculadores correspondientes a otra fecha posterior".

"M. Poincaré ha demostrado (*Mecanique celeste* tomo I, Cap. X) que los desarrollos de las coordenadas y de los elementos pueden, por procedimientos especiales, ser transformados de manera de hacer desaparecer en ellos los términos seculares. Tal descubrimiento es de gran importancia para el desarrollo futuro de la Astronomía".

"En el caso en que se trata del movimiento de la luna en relación con la tierra, esta última hace las veces de astro central, en tanto que el sol, de masa enorme, desempeña el papel de cuerpo perturbador. El coeficiente μ de la función perturbatriz está

constituido por la relación de la masa del sol a la masa del sistema de la tierra y la luna multiplicadas por el cubo de la relación de las distancias de la tierra a la luna y al sol. Este factor tiene un valor muy superior al que corresponde a las perturbaciones planetarias. Si se aplicase al movimiento de la luna el método de Lagrange, los desarrollos a que se llegaría serían tan poco convergentes que no podrían prestar servicio alguno. Tal es la dificultad que ha presentado, desde un principio, el movimiento de la luna".

Ahora pasemos, abusando un poco de vuestra paciencia, a la obra que el Observatorio Astronómico, actualmente a mi cargo, puede realizar para obtener las comprobaciones precisas de que hablé atrás, y que vendrían a servir de admirable complemento a ese trabajo extraordinario e incomprendido de Garavito, que me sirve de motivo para esta conferencia; y para ello nada mejor que leerlos a continuación partes pertinentes del informe que se presentó por el Observatorio de Bogotá a propósito del eclipse total de sol del 3 de febrero de 1916, observado en Puerto Berrio por el sabio astrónomo colombiano, por el ingeniero doctor Aparicio Vásquez y por el que os habla. Este informe, que fue firmado por el doctor Garavito y por mí, apareció publicado en los números 285 y 286 de "Anales de Ingeniería" (noviembre y diciembre de 1916), y sus partes pertinentes dicen:

"Las observaciones de los eclipses, desde el punto de vista de la Astronomía de posición, presentan un interés especial fácil de comprender.

"Las desigualdades de las coordenadas de la luna, tal como se deducen de la teoría de la gravitación, teniendo sólo en cuenta la acción perturbadora del sol, son de la forma:

$$C_n \sin(p_n D + p'_n F + q_n I + q'_n I')$$

en la cual C es una constante dependiente de las excentricidades de las órbitas de la tierra y la luna, del semieje de la órbita de la luna, de su inclinación sobre la eclíptica y de la relación de los movimientos medios del sol y de la luna: p_n y p'_n ; q_n y q'_n son números enteros. D y F son las de distancias medias de la luna al sol y al nodo; I y I' las anomalías medias de la luna y del sol. En muchos de estos términos se tiene $q_n = 0$ y se reducen a términos de la forma.

$$(a) \quad C_n \sin(p_n D + p'_n F)$$

mientras los otros afectan la forma:

$$(b) \quad \begin{matrix} C_n \sin \left[p_n D + p'_n F \right] \cos \left[q_n I \right] \sin \left[q'_n I' \right] \\ C_n \cos \left[p_n D + p'_n F \right] \sin \left[q_n I \right] \cos \left[q'_n I' \right] \end{matrix}$$

"En los eclipses de la misma clase, de sol o de luna, referentes al mismo nodo, los argumentos D y F toman sensiblemente los mismos valores; el cambio, pues, en la longitud de la luna entre las dos épocas de los eclipses citados sólo depende del movimiento medio de ésta y de los términos de la forma (b). Ade-

más, escogiendo eclipses convenientemente separados, se podrán eliminar también los términos que contengan el argumento I o el I' o ambos a la vez.

"En el catálogo de las observaciones de todos los eclipses se tendrá un conjunto de datos útiles para la determinación del movimiento medio de la luna, elemento muy interesante, en atención a que no se ha podido determinar de una manera rigurosa por la sola teoría. Además, dichos datos sirven también para determinar el movimiento medio del nodo.

"No sólo los eclipses del sol sirven para determinar la ley de variación del movimiento medio de la luna, sino también para hallar el error del sol en longitud.

"En las observaciones meridianas las declinaciones de los astros pueden determinarse con la precisión que permite la incertidumbre de la refracción atmosférica y la fiatura del instrumento; la ascensión recta se determina por el instante del paso por el meridiano, esto es, por medio del tiempo. Ahora bien: dada la rapidez relativa de la rotación de la tierra, un error de dos décimos de segundo en los contactos con los hilos produciría un error de tres segundos de arco en la ascensión recta.

"Las observaciones meridianas del sol no sólo están afectadas de esa falta de precisión, sino que no pudiendo observarse estrellas antes ni después de un intervalo de tiempo de seis horas, es necesario computar la marcha del reloj en ese intervalo, asignándole el valor que resulta de la marcha media en veinticuatro horas.

"Al contrario, las observaciones de los contactos internos en un eclipse de sol son datos de alta precisión, pues un error de un kilómetro en la posición del lugar produciría un error inferior a seis décimos de segundo de arco en la línea que une el centro de la tierra al de la luna, con relación a la línea que va del centro de la tierra al sol.

"En lo que respecta a Colombia, la observación del eclipse de sol de 1916 presentaba un interés particular como medio de verificación de las posiciones astronómicas recientemente tomadas por la Oficina de Longitudes, pues las diferencias entre la observación y el cálculo han sido las mismas próximamente en los lugares en que la observación de los instantes se ha hecho con precisión, lo cual demuestra que las posiciones relativas están muy exactas. Como las longitudes se han referido al Observatorio de Bogotá, y el valor de la longitud absoluta de este Observatorio no es aún definitivo, la observación del eclipse servirá para establecer la ecuación de los errores entre las posiciones del sol, la luna y el error en longitud de Bogotá".

Por lo que acabo de leer, se ve claro que, de tiempo atrás, la obra matemática de Garavito se perfilaba íntimamente unida al valor de las observaciones que podía intentar este Observatorio, y que en vida del sabio Profesor tenían —por falta de elementos— que ser necesariamente muy limitadas; pero que hoy, por causa de la telegrafía inalámbrica, pue-

den alcanzar los más extremos límites de precisión con que pudiera él soñar, cuando ya en su mente se formulaba el gran problema.

En esa observación del eclipse de febrero de 1916, se presentaba la necesidad de establecer la ecuación de los errores entre las posiciones del sol, la luna y el error de longitud de Bogotá. Hoy puede decirse que este último error está prácticamente eliminado y que las posiciones del sol han mejorado extraordinariamente merced al concurso de los contadores de tiempo modernos que son simplemente asombrosos. Así, sólo nos queda, para cuando se observen nuevos eclipses, el error de la luna por determinar. Hé ahí, pues, la ocasión maravillosa que va a tener este Observatorio, si se sigue un plan científico y acordado para tal efecto, de comprobar las ecuaciones finales de Garavito de manera definitiva.

Pero antes de entrar a la exposición detallada del plan que he elaborado de tiempo atrás, para prestar por este Observatorio un positivo servicio a la Ciencia universal y un contingente inmenso para la Patria, cuya gloria deberá forzosamente crecer con la fama del sabio astrónomo, quiero interesar aún más en el asunto a quienes me hacen el honor de oírme, volviendo al principio de esta exposición mediante explicaciones sencillas que refresquen las ideas de aquellos que no están familiarizados con estos asuntos.

Los antiguos se dieron cuenta del movimiento mensual de la luna según el cual aquel astro describe un círculo máximo entre las estrellas en el intervalo de 27 días, 7 horas y 43 minutos. Ellos se dieron cuenta también de que el plano de ese círculo no es fijo, pero que conserva con el círculo descrito por el sol en un año (la elíptica) una inclinación aproximadamente fija. También vieron que la línea de intersección de los dos planos o línea de los nodos, se desaloja gradualmente de manera de dar la vuelta completa a la eclíptica en 18 años y 8 meses, y que la dirección del movimiento de esa línea era de oriente a occidente, contraria al movimiento que tiene la luna entre las estrellas. Según este movimiento de la línea de los nodos, sucede que al cabo de 223 revoluciones de la luna con relación al sol (revoluciones sinódicas) el sol, la luna y la línea de los nodos vuelven a ocupar sensiblemente sus posiciones relativas, de donde resulta que los eclipses se vuelven a reproducir de nuevo, hecho que también conocían los antiguos. Como ese número de revoluciones lunares no corresponde a un número completo de días, la reproducción de los eclipses para un mismo lugar, no se verifica siempre y menos cuando se trata de eclipses de sol, siendo posible, eso sí, predecir los de luna con un error medio de dos horas, haciendo uso del período dicho, conocido desde tiempo de los caldeos con el nombre de período de los "saros".

También conocían los antiguos el movimiento de la luna llamado nutación; pero sólo hasta la época de Newton empezaron a aparecer claramente las des-

igualdades del movimiento de la luna, que he indicado atrás.

Newton explicó varias de estas desigualdades, tales como la ecuación anual y el movimiento de los nodos, y descubrió por la teoría muchas otras que la observación no había aún puesto de manifiesto; pero no logró explicar satisfactoriamente el movimiento del perigeo, ni la evección, por causa de la deficiencia del análisis matemático en aquellos tiempos.

Claireaut y d'Alembert, como ya se dijo, plantearon las ecuaciones de movimiento de los tres cuerpos y las aplicaron a la luna atraída por la tierra, según la ley de Newton, y bajo la acción perturbadora del sol. Las desigualdades que Newton no había logrado vencer resistieron también tenazmente a los nuevos investigadores hasta el punto de que Claireaut creyó en la imperfección de la ley newtoniana como causa de tales dificultades. Sin embargo, los nuevos estudios, que indiqué anteriormente, coronaron con éxito las investigaciones desde Laplace, hasta nuestros días; y así lo aseveró Garavito cuando dijo: "Al finalizar del siglo XIX la teoría de la gravitación pronunciaba, a mi juicio, su última palabra con los trabajos del profesor Simón Newcomb". Modestia, la de esta afirmación, digna de nuestro sabio astrónomo!

Como introducción a sus trabajos para unas nuevas tablas de la luna escribió Garavito: "Se puede hacer tantas teorías de la luna fundadas en la ley newtoniana como sistemas coordinados, fijos o móviles, se puedan idear; pero no todas conducen a resultados utilizables en el cálculo de las tablas lunares debido a la mayor o menor convergencia que se obtiene con unas o con otras, en las aproximaciones sucesivas.

"Las primeras tablas que se hicieron de la luna tomaban de la teoría la forma matemática de las desigualdades y de la observación el valor de los coeficientes. La teoría completa de la luna fue, sin duda, la de Laplace, quien la expuso fundándose sobre ecuaciones deducidas de las del movimiento, mediante una transformación en la cual el radio vector está reemplazado por el inverso de su proyección sobre la eclíptica y la latitud por su tangente, y en donde la longitud de la luna ha sido tomada como variable independiente y el tiempo como función de esta variable. Estas fórmulas, en las que sólo se tiene en cuenta la acción perturbadora del sol, han servido de base a varias teorías de la luna, en algunas de las cuales los investigadores han cambiado la variable independiente: la longitud, por la anomalía excéntrica. Las dificultades que ha presentado el problema en lo que respecta a la poca convergencia de las series, ha sido el motivo por el cual los más ilustres matemáticos de todos los países, se han ocupado de él, y es la causa, también, de este modesto trabajo, que presento al público científico con el título: "Fórmulas definitivas para el cálculo de unas nuevas tablas del movimiento de la luna, por

el método Hill-Brown, y con la notación de H. Poincaré".

Hasta hace poco tiempo estas nuevas tablas para el cálculo de las posiciones de la luna, hora por hora en todos los días del año —tal como la ascensión recta y la declinación de ese astro aparecen en las Efemérides— hubieran tenido vital importancia, por la razón que brevemente apunté atrás y que dice relación con los métodos usados para determinar la longitud geográfica de los lugares antes de la invención de la telegrafía eléctrica.

Los principales de estos métodos eran: 1º Culminaciones lunares; 2º Distancias lunares; 3º Alturas de la luna; 4º Azimutes de la luna; 5º Oculaciones de las estrellas por la luna, y 6º Eclipses de sol. Como se ve por esta enumeración era antiguamente la luna un elemento indispensable para la determinación de la longitud, y así se necesitaba con el mayor grado de precisión posible su posición a cada instante sobre la esfera celeste. Esta razón práctica explica por qué los observatorios principales dieron tan grande importancia a los diversos métodos descritos brevemente atrás, para determinar exactamente los movimientos de nuestro satélite.

Pero hoy las cosas han variado en forma sustancial, pues con la telegrafía inalámbrica en desarrollo portentoso, en cualquier lugar de la tierra se puede, a cualquier instante, tener el tiempo del meridiano de origen con una precisión increíble; lo que facilita la determinación de la longitud hasta el extremo de que actualmente es mucho más fácil determinarla por ingenieros, geógrafos y topógrafos que la latitud.

Sentado esto, como un hecho innegable, se ve claramente que las tablas para la determinación de las posiciones de la luna han perdido por completo su utilidad práctica; y así es de temer que nunca se vayan a emplear para su cálculo las ecuaciones finales de Garavito, aun cuando hubiera quien tuviese empeño en ello.

Entonces ocurre observar que siendo esto muy posible, obra tan monumental que debiera colocar a su autor a la altura de los grandes matemáticos europeos y norteamericanos, haciéndolo conocer ampliamente en el mundo científico, está expuesta a perderse, a pasar al archivo de los papeles viejos y que cada día son menos comprendidos y apreciados, si el Observatorio Astronómico no emprende la tarea de su comprobación.

Esta comprobación es la que es posible en varios eclipses parciales de sol, mediante el empleo juicioso de la astrofotografía, para obtener un grado de precisión semejante, si no mayor, en los instantes de los contactos, a la que se obtiene con la observación de los eclipses totales.

Para esto es necesario obtener fotografías instantáneas del sol durante un eclipse parcial, con registro automático sobre la cinta de un cronógrafo, del instante de cada posición. Y como las distancias no deben sufrir distorsión alguna, la imagen solar de-

be ser real, obtenida por el objetivo fotográfico directamente y con una cámara de largo foco.

Por ese motivo el Observatorio de Bogotá está provisto de una cámara solar de 3 metros de distancia focal y que da una imagen directa del sol de 3 centímetros de diámetro aproximadamente.

Sobre esta imagen, una vez obtenidas pruebas fotográficas a las cuales se hayan hecho las correcciones debidas por defectos de exposiciones más o menos anormales, es posible medir con un micrómetro las cuerdas de contacto correspondientes a los instantes registrados por la cinta del cronógrafo.

Así, durante un eclipse, es fácil obtener un gran número de datos que permitan determinar la trayectoria del centro de la luna sobre el disco solar. Y como, según lo indiqué atrás, hoy las coordenadas de este astro se conocen mucho mejor que antes, pues los péndulos libres que ya existen en casi todos los observatorios del mundo, tienen una marcha casi perfecta, sólo quedan como elementos por comprobar con la observación, las coordenadas de la luna.

Claro está que esta delicada operación requiere preparaciones previas. Así, dentro del plan de acción del Observatorio está el tomar gran número de fotografías del disco solar durante un largo espacio de tiempo, a distintas alturas del sol sobre el horizonte y en diversas condiciones climáticas, para medir los diámetros de las imágenes obtenidas con un micrómetro de precisión Zeiss, especialmente construido para determinar distancias sobre placas astrofotográficas. Estas distintas medidas, comparadas con el valor del diámetro del sol, dado para cada día del año por la Efemérides, permitirán establecer los errores que se cometan en cada caso por causa de mayor o menor exposición usada, dados el brillo del disco solar, la absorción de la luz por la atmósfera terrestre, etc., etc.

Como un micrómetro fotográfico Zeiss o comparador Abbe, permite medir distancias sobre una placa con una precisión de 0.0015, y la luna avanza sobre el disco solar, cuya imagen en nuestro caso tendrá 30 milímetros de diámetro, con una velocidad aproximada de medio segundo de arco por un segundo de tiempo, resultará que las medidas micrométricas sobre la placa permitirán fijar la posición de la cuerda de contacto, a cada instante, con una precisión comparable a la del registrador de señales horarias al centésimo de segundo de tiempo que hoy se emplea simultáneamente con un péndulo libre, en todos los observatorios de posición.

Pero para esto será necesario tener la longitud absoluta del Observatorio, es decir, conocer su posición con relación al meridiano de Greenwich, al milésimo de segundo; como también lo será conocer en el momento de la observación la latitud del mismo al centésimo de segundo de arco, si se desea hacer uso de ella para apropiarse datos destinados a la mejor determinación de la paralaje lunar.

Así, pues, dentro del plan forzoso que impone a este Observatorio el deber de calcular para un eclips-

ARBOLES PARA SOMBRIO Y FORRAJE

CIRO MOLINA GARCES

Director de la Granja de Experimentación de plantas forrajeras tropicales y subtropicales. — Cali (Colombia)

SAMAN O CAMPANO SINONIMIA TECNICA (1)

Samanea saman (Jacq.) Merrill. Journ. Wash. Acad. Sci. 6:47.—1. 916—1. 800.

Inga saman. Willd. Spec. Pl. 4: 1024.—1806.

Inga Salutaris. HBK. Nov. Gen Sp. 6: 304. 1823.

Enterolobium saman. Prain ex King in Journ. As. Soc. Beng. 66:352. 1827.

Pithecolobium saman. Benth. Lond. Journ. Bot. 3:216. 1844.

Calliandra saman. Griesb. Fl. Brit. W. Ind. 225. 1864.

Bentham en su "Revision of the Suborder-Mimosae", Londres, 1875, trae además de los anteriores, los sinónimos siguientes:

Mimosa Pubifera. Poir. Dict. Suppl. 1. 47.

Calliandra Tubulosa. Benth. in Hook. Lond. Journ. 111.101.

Inga Cinerea. Humb. Bonpl. in Willd. Spec. IV, 1024.

SINONIMIA VERNACULA

Colombia: *Samán* (Santanderes, el Valle, etc); *Campano*, *Sanaguaro*, *Sanaguaro*. (Costa Atlántica y Valle inferior del Magdalena).

Venezuela: *Samán*; urero (Yaracuy y Llanos).

Cuba: algarrobo del país.

Antillas: *aguango*, rain-tree.

Trinidad: cow-tamarind.

Nicaragua: genizaro.

El Salvador: carrito, zorra, cenicero.

Hawaii: monkey-pod, rain-tree.

BOTANICA.—Árbol majestuoso y corpulento, muy frondoso, inerte, de copa extensa que forma un amplio domo cuyo diámetro alcanza frecuentemente 40—50 metros. El tronco es generalmente corto y grueso hasta de 2 metros, en la corteza de color gris claro y más o menos escamosa. En los ejemplares selváticos el fuste se alarga considerablemente (por competencia fototrópica) y el árbol alcanza a 30 metros de altura. Las ramas primarias son tendidas horizontalmente y gruesas, las ramitas y renuevos son pubescentes, las pinas 2-4 (6)-yugadas, con 3-7 (8) pares de hojuelas, oblicuamente oval-oblongas o casi orbiculares, obtusas, largas hasta de 4 cms., las superiores más grandes que las inferiores en la pina en orden descendente, todas lampiñas y lustrosas en la cara superior, pubescentes y pálidas en la inferior; raquis pubescente, con glándulas en la base y entre las pinas. Las flores son abundantes, vistosas, rosadas y forman capítulos largamente pedunculados (pedúnculo de 5-12 cms. de long., acanalado y pubescente) y fasciculados 3-4 en las axilas foliares,

(1) J. F. Rock "The Leguminous Plants of Hawaii", Honolulu, 1920.—N. L. Britton and E. P. Killip, "Mimosaceae and Caesalpiniaceae of Colombia", New York, 1936.

los pedicelos florales muy cortos (menos de 0.5 cm.), la flor central sesil y de tamaño mayor que las demás; el cáliz es pubescente, largo de 0.5 cm., la corola sedoso-pubescente, larga de 0.8 a 1 cm., de color blanco-verdusco a rosado claro, los estambres largamente exsertos, de color rosado, reunidos en tubos en la base, largos de 5 cm. Los legumbres son sésiles rectas o poco arqueadas, gruesas, coriáceo-carnosas, indehiscentes, glabras, con las márgenes un poco espesas y sinuosas, largas de 15-25 cms. y anchas de 2 a 2.5 cm. El mesocarpo es pulposo, de sabor más o menos dulce, de color amarillo oscuro, y lo apetecen los sinitos y el ganado" (Dugand).

Clasificación.—"El género *Samanea*, creado por Merrill sobre la base de *Mimosa saman* Jacq., pertenece a la familia de las Mimosáceas, tribu Ingeae, esta última caracterizada por tener los estambres reunidos en la base en tubo de mayor o menor longitud. Algunos botánicos consideran a las Mimosáceas como tribu (Mimosaeas), otros como sub-familia (Mimosoideas) de una familia que llaman Leguminosas. Adoptamos aquí el criterio más moderno, considerando las "Leguminosas" como simple grupo natural del orden *Rosales*, compuesto por tres familias estrechamente afines: Mimosáceas, Caesalpiniáceas y Fabáceas (antiguamente llamadas Papilionáceas)". (Dugand).

Zona de origen.—"H. Pittier ("Arboles y Arbustos del Orden de las Leguminosas—Contrib. Deadbol. Venez.") dice que el área natural del *Samán* parece extenderse sobre la parte Cisamazónica de la América del Sur, llegando hasta El Salvador en Centro América. Agrega, además, que es dudoso su indigenato en las Antillas y que el tipo es de Venezuela". (A. Dugand).

En las zonas tropicales y subtropicales que le son propicias, ningún árbol es tan apropiado para sombrero de potreros y dehesas como el *Samán*. "El *Campano*, me escribe Dugand, es de los árboles más frecuentes, majestuosos y conspicuos de nuestro gran río Magdalena" y paulatinamente ha ido enseñoreando el paisaje nacional. Destácase en los campos a las aves del cielo, repuesto abrigo y sabroso alimento a los animales de la tierra.

Gran laboratorio incorpora a la vida orgánica los elementos de la atmósfera y del suelo, en perenne función creadora. Finalmente, su madera, que ha servido con la del Caro (*Enterolobium cyclocarpum*) desde tiempos inmemoriales para embarcaciones, aunque difícil para ser trabajada, se presta para obras de ebanistería de rara belleza y precioso acabado.

Quiéren el doctor Enrique Pérez Arbeláez y don Armando Dugand G., que sea el *Samán* el árbol na-

se dado, los instantes de los contactos, con el empleo de las tablas de Garavito, para comparar el resultado del cálculo y de la observación, y en esa forma hacer valer el trabajo de éste ante el mundo científico, cabe necesariamente la determinación muy precisa de sus coordenadas geográficas.

Ahora bien: esta determinación, que debe hacerse periódicamente, corresponde a lo que hoy se exige a los observatorios de posición por la Asociación Geodésica y Geofísica Internacional, por la Comisión de las Longitudes mundiales y por la Comisión Internacional de la hora, con mira a la apropiación de datos, cada día más abundantes, referentemente a los desalojamientos del polo y a la deriva de los continentes.

Si tuviera lugar en esta conferencia, explicaría cómo la contribución del Observatorio de Bogotá determinando las variaciones periódicas de su latitud, con el empleo juicioso del método de Talcott, puede tener importancia para la Ciencia universal, y cómo su colaboración en las operaciones mundiales de las longitudes es de necesidad inmediata para corresponder a obligantes insinuaciones de la Asociación Geodésica y Geofísica Internacional. Pero como dispongo de un espacio muy limitado me contento con afirmar que las operaciones permanentes que se desarrollan en él para la determinación periódica de su latitud al centésimo de segundo de arco, y de su longitud al milésimo de segundo de tiempo, de acuerdo con lo prescrito por las Asambleas científicas internacionales, encajan perfectamente dentro del plan que he procurado desarrollar con el fin de hacer validera para la ciencia universal la labor astronómica de Garavito, en una empresa que por sí sola significaría de sobra el funcionamiento del Observatorio como simple entidad científica ajena a cuestiones de orden administrativo, de obras públicas o de carácter puramente geográfico.

Para que se vea cuán importante sería la presentación ante el mundo científico de la obra de Garavito, previamente comprobada con todos los requisitos de la más estricta observación, me basta con hacer notar que recientemente los astrónomos ingleses Dyson y Crommelin en "The Monthly Notices of the Royal Astronomical Society", han analizado los residuos de los términos periódicos que se han agregado, para complementar el estudio de los movimientos de la luna, de acuerdo con el método Hill-Brown, y han hallado aun términos con coeficientes de 3" 09 y 1" 66 en períodos de 79 y 59 años, respectivamente.

De esto concluyen los sabios que la teoría de la gravitación explica suficientemente el movimiento de la luna, aun cuando se han practicado investigaciones muy completas respecto de las desigualdades de largo período producidas por la acción de los planetas. Además, se cree que la causa de las diferencias que se presentan entre la predicción y la observación puede consistir en una variación en la rata de rotación de la tierra. Se dice que si la tierra se mueve más despacio, debe parecer como si la luna se moviese más aprisa, aunque no se conoce la cau-

sa de la rotación variable de la tierra. Si ésta es debida a la acción de la luna, también afectará al movimiento medio de la luna, de manera que otros cuerpos del sistema solar no mostrarán los mismos cambios que ella; y si es debida a un cambio del momento de inercia de la tierra, los demás cuerpos del sistema solar mostrarán cambios proporcionales.

Hé ahí el gran problema de la Ciencia moderna, que pone ahora sobre el tapete de la discusión, como tema siempre nuevo, el movimiento de la luna, a cuyo estudio consagró Garavito largas vigiliat.

Para mí tengo que si aún viviera el sabio astrónomo, no vacilaría, en vista de las circunstancias, en buscar la comprobación de sus trabajos, siguiendo un plan científico de observaciones semejantes al que me he propuesto, y que por algunos ingenieros se considera como impropio de un observatorio astronómico.

Tuvo Garavito la desgracia de no conocer los adelantos pasmosos que últimamente han hecho los instrumentos y los sistemas de observación, y con los cuales probablemente hubiera dado relieve a sus teorías; pero si ello fue así, será también razón su muerte para que nosotros, sus humildes discípulos, no nos ocupemos de completar y salvar su obra?

He escrito esta conferencia con precipitada premura y así, deben aparecer en ella vacíos y repeticiones enojosas; tanto más cuanto que me he propuesto, abusando de vuestra paciencia, poner un relieve a la obra inmortal de Garavito, que debe ser explicada en detalle para quienes no están siempre al corriente de la literatura científica contemporánea sobre estas materias. Así, tal vez requiere mi exposición retoques y comentarios que la precisen y aclaren y que vendrán, sin duda, cuando la lleve a la imprenta. Por ahora, declaro que mi labor en el Observatorio ha obedecido enteramente al plan científico esbozado, y que allí no he puesto un solo clavo que no esté encaminado a prestar su ayuda en la grande obra patriótica que me he impuesto. Tanto las observaciones de longitud y de latitud, como las meridianas para comprobar las tablas de refracción, como las mismas meteorológicas encaminadas a un mejor conocimiento de las condiciones locales de absorción de la atmósfera para la luz solar y aun las magnéticas que he iniciado, encajan, más o menos directamente, dentro de este plan.

De tiempo atrás he acariciado la idea de realizar este plan para mejor conocimiento de la personalidad eximia de Garavito, y en bien de la cultura científica del país. Esto lo considero ahora, al estar al frente del Observatorio, como un sagrado deber patriótico, y bien sabéis vosotros que los deberes no se renuncian. Así, no renunciaré a mis labores en el Observatorio, aun cuando algunos lo deseen y para ello recurrir a formular cargos pueriles y sin fundamento científico alguno. Y, aún más, no las abandonaré aun cuando se me remueva de la Dirección de ese Instituto, pues sólo la violencia me impediría continuar, como lo he estado haciendo hasta ahora, en el desarrollo de la tarea que me impuse al aceptar el cargo para que fui nombrado.

cional de Colombia, como el *ombú* lo es de la República Argentina, y tienen razón. Aparte de su múltiple utilidad y hermosura, sería como un tributo de la gratitud nacional para con el *Samán de Guere*, que un día amparó la grandeza de Bolívar y el heroísmo de su huésped bajo la sombra acogedora de su follaje.

El *Samán* a menudo adorna la plaza de los pueblos, y se me asegura que, en muchas regiones de los Santanderes, tienen las familias campesinas la costumbre laudable de celebrar el nacimiento de un niño plantando un *Samán* como augurio de próspera suerte.

El Samán, árbol ornamental.—Por la magnificencia de su follaje el *Samán* es árbol ornamental por excelencia. Aislado, tiene la majestad de un monumento. Los *samanes* de Santander (Cauca) son lugar de cita y peregrinación como templos de la naturaleza. Es magnífico para sombrear carreteras y amplias avenidas, sobre todo en suelos poco fértiles, pues en terrenos húmedos y ricos, su enorme raigambre lo hace inadecuado en la plenitud de su desarrollo. (H. F. Macmillan).

El Samán como sombrío para ganados.—Es preciso reaccionar contra la absurda costumbre de nuestros campesinos que los induce a destruir los árboles en las dehesas y potreros. Tanto el suelo como los animales necesitan del árbol. El árbol genera constantemente vida orgánica y su sombra es tan necesaria para el animal como el abrigo para el hombre.

Las hojas pinadas del *Samán* forman durante el día un dosel de sombra que ampara animales y pastos, evitándoles el rigor del sol y durante la noche, se cierran como pliegues de abanico, dejando libre acción a los elementos atmosféricos sobre el suelo. En épocas de sequía se distingue y contrasta con la sequedad de los pastos vecinos la verde zona amparada por el follaje de los *Samanes*.

Es llamado *árbol de la lluvia* (rain-tree) porque "parece que las hojuelas condensan la humedad atmosférica durante la noche, lo que ocasiona un continuo goteo en la madrugada y a ciertas horas del día. Según mis propias observaciones este goteo existe real y positivamente, me escribe don Armando Dugand, y no es una suposición de las gentes campesinas".

Para sombrear dehesas y potreros de *gubeca* ningún otro árbol puede aventajar al *Samán*. Así lo constata O. F. Cook, quien anota la mayor abundancia de producción de pasto en los lotes sombreados con relación a los espacios abiertos. Lo propio anota O. W. Barrett. En Trinidad es, igualmente, considerado el *Samán* como sombrío de primer orden. De tronco corto y amplias ramas horizontales da sombra ideal para animales y pastos, agregándose a esto su poder fertilizante y la valiosa cosecha de sus frutos.

El Samán como sombrío de café, cacao, té, nuez moscada, etc.—W. Bally y J. Legros discuten ampliamente la cuestión *sombrío*. El término "árbol de

sombrío" con frecuencia es entendido erróneamente. Se cree que, por encontrarse el café y el cacao en su estado silvestre, como arbustos siempre protegidos por los grandes árboles de la selva, no pudieran crecer sin protección contra el rigor solar; pero este no es el caso. Baste saber de los cacaotales no sombreados de Trinidad, de la Isla Granada, de Santo Domingo, de África, y así de los cafetales de San Pablo, para comprender que se incurre en error al atribuirle tal papel al uso del *sombrío*. Indudablemente es preciso hacer distinción entre las tiernas plantas de los semilleros y arbolitos recién trasplantados y los árboles ya en pleno desarrollo. Los primeros necesitan protección, pero con relación a árboles adultos las opiniones varían mucho. En realidad, el *sombrío* tiene efectos de la mayor importancia y que son:

1º Protección contra el calor durante el día y el frío nocturno;

2º Conservación de la humedad atmosférica y protección contra la sequía;

3º Suministro de CO₂ a la atmósfera;

4º Protección contra los vientos y el granizo;

5º Suministro de sustancias húmicas al suelo, como consecuencia de la descomposición de las hojas y mejoramiento de la estructura física del terreno, principalmente con relación a la humedad;

6º Supresión de malezas;

7º Suministro de nitrógeno al suelo, dado que se empleen plantas leguminosas;

8º Posibilidad de intensificar este proceso, por medio de podas, si se entierran los despojos;

9º Supresión de ciertas enfermedades y plagas por el hecho de que la plantación sombreada se desarrolla con mayor vigor, aunque debe notarse que ciertas enfermedades afectan más los plantíos sombreados;

10. Regulación de la cosecha (esto solamente con relación al café y al cacao). Es sabido que las cosechas a pleno sol son mayores durante los primeros años que las producidas en plantaciones sombreadas, pero luego se hace notorio el perjuicio que produce en los árboles una carga demasiado copiosa: aniquilamiento de los árboles, que rinden poco fruto, tras cosechas excesivas. Por otra parte, el *sombrío* regula las cosechas que se suceden en un nivel medio de producción.

11. Conservación de las lluvias. La teoría de la regulación pluvial por el bosque a menudo ha sido discutida, mas hay numerosos argumentos en su favor que aconsejan la conveniencia de conservar los bosques en proporciones racionales o bien establecer plantaciones que surtan los mismos efectos, como las de café, cacao y té, debidamente sombreadas.

12. Preservación de los pájaros, tan útiles como destructores de insectos perjudiciales.

Entre los inconvenientes que puedan ofrecer los árboles de *sombrío*, se debe señalar la pérdida de agua, ocasionada por la transpiración de las hojas, ya que durante los periodos de sequía se hace especialmente notar la pérdida del contenido de agua en

el suelo. Pero es preciso tener muy en cuenta que esta pérdida queda balanceada por los efectos de la sombra que asegura adecuada humedad en el aire. Estos dos factores opuestos deben experimentarse en cada caso especial.

Ya en 1901, O. F. Cook llamó la atención sobre la conveniencia del "*Samán*" o "*Zamán*" como *sombrío* para el café y discurrió sus ventajas.

Seguramente, asevera Cook, hay muy pocos árboles tropicales que puedan ser tan útiles, por sus múltiples condiciones como el *Samán* y duda de las ventajas que sobre él puedan tener las *Erythrinas* en sus zonas adecuadas, esto es, bajas y no azotadas por ciclones. Anota las indicaciones que para Colombia dio Sáenz, quien lo recomendó para sombrear cafetos en plantaciones de baja elevación, con temperaturas superiores a 22 y espaciado a distancia de diez metros. Para Sánchez en las Islas Filipinas, el *Samán* es superior como *sombrío* al *Glicida maculata* y a las *Erythrinas ovalifolia e indica*. Supera al primero como abrigo y por no ser atacado por ciertos insectos. Sánchez llama la atención sobre los siguientes puntos: rápido crecimiento, pues alcanza alturas de 15 metros en 8 a 9 años con ramificaciones horizontales que cubren 7 o más metros; hojas convenientemente distribuidas que se cierran al desaparecer el rigor solar, permitiendo la acción del rocío. Sánchez recomienda distancias, igualmente, de diez metros. El crecimiento horizontal de las ramas indica que debe sembrarse a distancias mayores, según Cook.

J. H. Mc Donald, en 1930, estudiando el cultivo del café en el África Oriental acoge las sugerencias de Cook sobre el *Samán* y discute así sus inconvenientes: la desventaja principal del *Samán* estriba en que en el transcurso de pocos años el tronco engrosa mucho y si se necesita eliminarlo de la plantación presenta muchas dificultades; las ramas igualmente por su gran desarrollo lateral no se pueden suprimir, sin gran daño para la plantación. No debe perderse de vista, asegura Mc Donald, que un *Samán* en pleno desarrollo, puede sombrear convenientemente un acre de terreno. Sus raíces son grandes y superficiales, agrega, pero como *sombrío* para café debe ser muy tenido en cuenta por los cafeteros que quieran consagrarle tiempo y trabajo para controlar su crecimiento.

En 1936, en una importantísima encuesta sobre uso de leguminosas, Bally y Legros obtuvieron entre otros, los siguientes datos sobre el *Samán* como *sombrío*.

En *Madagascar*, aunque introducido hace muchos años, sólo pocos ejemplares se encontraban con anterioridad a 1925, actualmente es empleado como *sombrío* para vainilla, café, cacao y *patchouli* y como protección para la pimienta.

En *Uganda*, desde su introducción en 1900, viene usándose para sombrear café.

En *Kenya* se juzga su *sombrío* muy conveniente. En el *Congo Belga* lo consideran inadecuado para

sombrío por juzgar que el desarrollo radical perjudica la plantación principal.

En el *África Oriental Francesa* principia actualmente a usarse.

En la *India*, según el Diccionario de Watt, fue introducido como árbol ornamental en la vecindad de Calcuta y es empleado como *sombrío* de café en el distrito de Coorg y con este fin ha sido muy recomendado por Thwaites (cita de Cook).

En *Ceilán* prospera en la zona del cacao y lo aconsejan como *sombrío* usándolo a distancias de 18 metros.

En las *Indias Holandesas* se emplea mucho como *sombrío* y se anota que el suelo y la humedad parecen determinar su forma. Lo aconsejan para sombrear nuez moscada y café, pero lo consideran impropio para *sombrío* de té.

En *Puerto Rico* se experimenta en la Estación Experimental de Mayaguez el *Calliandra Saman*, Griseb, pero aún no se tienen resultados definitivos.

En *Venezuela y Colombia* lo condenan como *sombrío* de café H. Pittier y Pérez Arbeláez, y este último no lo incluyó en el *Manual del Cafetero Colombiano*, magnífica obra publicada por la Federación Nacional de Cafeteros; sin embargo, Sáenz lo recomendó para *sombrío* en nuestras zonas bajas con temperatura superior a 22. Pittier y siguiéndolo Pérez Arbeláez, arguyen que la enorme cantidad de hojas y flores del *Samán* al caer sobre los cafetos los agobian y les tumban gran cantidad de flor, pero no compensará el daño que puedan sufrir los arbolitos, la enorme cantidad de *abono verde* que le suministran al suelo, para aumentar y conservar su fertilidad?

Es mi opinión que las Estaciones Experimentales de la Federación Nacional de Cafeteros deben estudiar la conveniencia del *Samán* para *sombrío* en la seguridad de que dicho árbol atendido debidamente encontrará zonas adecuadas para su empleo.

El Samán en reforestación.—J. E. Rock encuentra el *Samán* muy apropiado para obras de reforestación. Se adapta fácilmente a suelos muy variados y aun a zonas áridas y secas; germina pronto y su crecimiento es rápido, su vitalidad permite sufrir el trasplante y se recobra fácilmente después de las más severas podas. Llena cumplidamente sus fines de crear materia orgánica, producir madera y fruto, aprovechables para la industria y la alimentación animal. De reciente introducción en Hawaii, se ha extendido su cultivo por todas las islas del archipiélago.

La madera del Samán.—Don Armando Dugand G. determinó el peso específico del *Samán* costeño de 0.55 a 0.66 y clasifica como *firme* su grado de dureza.

Sobre la calidad de la madera del *Samán* he encontrado los juicios más contradictorios. O. F. Cook (1901), dice que para Stahl es poco usada por falta de duración y firmeza, mientras Lecomte asevera que es firme y apropiada para muchos usos y, a su turno, Cook escribe que es de espléndido color oscuro,

con excelente grano y susceptible de fino pulimento.

Samuel J. Record y Clayton D. Mell, en su "Timbers of Tropical America", 1924, se extiende en escasas consideraciones sobre la madera de *Enterolobium Saman* Prain, que juzgan similar a la de *Enterolobium*. Para ellos la madera de árboles jóvenes es floja, fácil para cortarla y de color moreno, y la de árboles viejos es dura, pesada y tan trabada que dificulta el trabajarla. La consideran de poca o ninguna importancia comercial.

H. Pittier (1926) anota igualmente la contradicción existente sobre la apreciación de la madera del *Samán* y refiere que para Ernst es mediocre, al paso que otros la tienen como magnífica y agrega que no se pica nunca y que es muy apreciada para armazones de techo y obras interiores.

W. G. Freeman y R. O. Williams en "The Useful and Ornamental Plants of Trinidad and Tobago" (1928) constatan que la madera es durable, de rico tono oscuro al pulirla, de buen grano y adecuada para hacer mobiliarios, pero poco usada por ser difícil trabajarla.

Para De Sornay se utiliza como la de la *Albizia Lebbek* en trabajos de carrocería y otros usos y añade que cuando el corazón es suficientemente grueso, que permita la preparación de planchas, son éstas de preciosos efectos.

Standley y Calderón, en su *Flora de El Salvador*, refieren que "cortes transversales de los gruesos troncos son utilizados como ruedas en las carretas llamadas de Troa".

Dugand la señala como propia para embarcaciones menores, canoas, botes y bongos.

Personalmente he visto muebles de madera de *Samán* de bellísimo acabado.

Bally y Legros (1936) refieren que en Mauricio y Ceilán el *Samán* es apreciado por su madera.

Cuenta Pittier que los campesinos de Carabobo distinguen el *Samán negro* del *Samán amarillo*, pero para él no parece que se trate de especies distintas. A este respecto me escribe el peritísimo botánico y dilecto amigo don Armando Dugand G.: "Esta lectura la había yo hecho también y pensé que el amarillo fuese nuestro *Iguá amarillo*, madera muy semejante fundamentalmente a la del *Campano* cuyo color es pardo tirando a morenusco prieto. Nuestro *Iguá amarillo* (voces que la corruptela vulgar ha transformado en *higo amarillo*) es la *Pseudosamanea Guachapele* (HBK) Harms, árbol que también se ha señalado en Venezuela recientemente. Además, la semejanza del follaje de la *Pseudosamanea Guachapele* y del *Saman Saman* es notoria (Bentham lo anota en su "Revision of the Suborder Mimoseae" Trans. Linn. Soc. Londres 1875), de suerte que la confusión por el vulgo es probable, distinguiéndose solamente por el color de las respectivas maderas".

En el parque Bolívar, situado en las vegas del Guadalupe, en Buga, tuve oportunidad de observar y comparar el *Iguá* y el *Samán* y es tal la semejanza de sus follajes que sólo me fue posible distinguir-

los macroscópicamente por la diferencia de sus legumbres.

Alcohol y licores.—La pulpa de la legumbre del *Samán* contiene más del 25 por 100 de azúcar no cristalizable (De Sornay), pero que se presta para la fabricación del alcohol.

En ensayos de laboratorio realizados en la Estación agronómica de Mauricio, se obtuvo un promedio de once litros y medio de alcohol de 100.1 por 100 kilogramos de vainas, o sea, aproximadamente, 19 litros de aguardiente de 60, título normal de los alcoholes dados al consumo.

En países en que no fuera preciso destinar las legumbres para forraje, se podría fabricar este aguardiente cuyo sabor agradabilísimo se asemeja mucho al del *kirsh* o aguardiente de cerezas. De Sornay cuenta que el preparado en la Estación de Mauricio, distribuido a diversas personas fue considerado excelente.

Uso medicinal.—"Medicinalmente este árbol es útil para curar el catarro intestinal, empleándose una infusión de la corteza o del fruto". (Pérez Arbeláez).

El Samán como forraje.—Introducido a las zonas propicias para su cultivo principalmente como árbol ornamental y de sombrío, fue poco a poco despertando el interés de los observadores como productor de frutos muy apetecidos por los animales y de gran valor como alimento de los ganados.

En Africa y Australia.—J. H. Mc Donald, al recomendar de modo especial el *Samán* para sombrío de café en el Africa oriental nota de modo especial la copiosa producción de legumbres forrajeras. Por su parte De Sornay hace constar desde 1913 el interés múltiple que ha despertado en Australia. Escribiendo con destino a la Isla de Mauricio, habla de su aprovechamiento como forraje y de su adaptabilidad a suelos secos y áridos.

El estudio de De Sornay es de máximo valor tanto por los análisis químicos que trae, como por las numerosas referencias que cita y su enorme prestigio científico.

De Sornay da el siguiente análisis de la pulpa sin semillas:

	% de materia seca	% de materia natural
Agua .....	.....	21.60
Cenizas	5.05	3.96
Celulosa	15.48	12.14
Azúcar (glucosa)	32.93	25.82
Materias no azoadas.....	35.23	27.61
Materias azoadas	11.31	8.87
	100.00	100.00
Azoe	1.81	1.42

Por su parte, M. Boname encuentra que la vaina, separada de los granos, posee la composición centesimal siguiente:

	% de materia seca	% de materia natural
Agua .....	.....	20.70
Cenizas	5.22	4.14

Celulosa	15.02	11.91
Azúcar (glucosa)	33.77	26.78
Materias no azoadas.....	35.06	27.80
Materias azoadas	10.93	8.67
	100.00	100.00
Azoe	1.75	1.34

Relación nutritiva de la pulpa.—En ambos análisis la relación nutritiva es de 1 : 6, 1. El valor alimenticio del producto es, pues, muy elevado y constituye un *alimento completo*. Es un gran forraje para los animales, ya sea dejando que coman el fruto fresco, o, si convenientemente secado al calor, se conserva para distribuirlo a los ganados cuando escaseen los pastos.

El Samán en Jamaica.—M. J. Barclay, secretario de la Sociedad de Agricultura, le comunicó a De Sornay (1913) las siguientes observaciones sobre el "guango":

Los árboles se despojan de sus hojas en enero. El fruto madura entre marzo y mayo y cae cuando está en pleno estado de madurez, a menos que lo tumba la brisa. Es muy apetecido por los animales. Los caballos, al comerlo, desechan la semilla, como cuando comen mangos, pero el ganado vacuno lo engulle íntegro.

Para Barclay y De Sornay la semilla tragada no se digiere y atraviesa intacta por el sistema digestivo del animal, hecho este contradicho por mi propia experiencia y constatada ha sido su digestibilidad por los observadores de Indo China, Salomón, Vernet y Nguyen-Duc-Long.

"El guango es alimento rico y saciador (continúa Barclay) y por eso, si los caballos y el ganado vacuno tienen a disposición otros forrajes, por lo general, comen poca cantidad de legumbre y van enseguida a beber y comer otra cosa... La proporción de sacarosa contenida en el fruto dificulta su conservación, pues la fermentación se inicia tan pronto se amontona; sería preciso desecarlo en estufa para triturarlo en forma de harina y conservarlo así".

El fruto de Samán, alimento para vacas lecheras. H. H. Cousins (1920) refiere que en la Granja Experimental de Hope (Jamaica) se llevaron a cabo numerosos experimentos en los años 1917 a 1919, con el fin de determinar el valor de las legumbres del *Samán* en la alimentación de vacas lecheras. Los experimentos, muy favorables, no pudieron ser más concluyentes, ya que este valioso forraje permitió sostener en 1919 y 1920, en poco más de 81 hectáreas 300 bovinos.

La legumbre del *Samán* se suministró en fuertes dosis a toda clase de ganados, incluso becerros, y se sacó en conclusión que, para animales adultos, la ración debe ser de 7 kilogramos, pues parece que raciones de 12 kilogramos no pueden ser consumidas sin peligro.

Se puso de relieve el hecho de que el *Samán* es peligroso en las siguientes condiciones: 1º Mezclado con forrajes ensilados; 2º Si las legumbres están en fermentación son tóxicas; 3º En cantidad exce-

siva pueden provocar erupciones cutáneas y disminuir la producción láctea.

Cousins aconseja suministrar las legumbres frescas y enteras y si se trituran, con el fin de conservarlas debe someterse el producto a la acción de una temperatura de 65.5 C. por algunas horas.

En la India Oriental.—E. O. Fenzi llama la atención sobre la semejanza de la composición química del fruto del *Samán* con la de la algarroba de Oriente (*Ceratonia siliqua*) y la del *Prosopis juliflora*, mezquite, trapillo o algarroba americana, y cita el siguiente análisis de fruto seco, obtenido en Ootacamund:

Albuminoides	11.7%
Carbohidratos (azúcares)	66.9 "
Materias grasas	3.7 "
Fibra	13.3 "
Cenizas	4.4 "

El Samán en la Guayana Inglesa.—De Sornay (1913) transcribe otras investigaciones sobre el *Samán* llevadas a término en los jardines botánicos de la Guayana Inglesa.

	Fruto fresco	Fruto desecado a 55° C.
Agua	54.08	9.26
Glucosa	10.85	21.45
Gomas, pectosa, etc.	8.89	17.58
Albuminoides a)	7.30	10.44
Aceites, grasas, etc.	0.76	1.51
Almidón y fibra digestible.	13.73	31.07
Celulosa no digestible.....	2.96	5.85
Materias minerales	1.43	2.84
	100.00	100.00
a) Azoe	1.16	2.31

En la Memoria de la Guayana se agrega: "Los elementos constitutivos del *Samán*, propagado en la Colonia durante los últimos años con el doble objeto de ornamento y sombrío, tienen aproximadamente el mismo valor, como alimento para el ganado, que la algarroba de Levante (*Ceratonia siliqua*) tan ventajosamente empleada con tal fin.

De Sornay cita además el siguiente análisis de las semillas y las vainas del *Samán*, publicado en el "Bulletin of the Botanical Department" por el Profesor Harrison de Demerara, en mi sentir uno de los primeros profesionales que se preocupara por el estudio del fruto del *Samán* como alimento:

	Semillas		Vainas sin semillas	
	naturales	desecadas a 100° C.	naturales	desecadas a 100° C.
Humedad	13.46	.....	20.46	.....
Grasas, etc.	5.15	5.95	0.56	0.71
Albuminoides ...	18.09	20.90	8.95	11.25
Amidos	9.25	10.69	1.22	1.54
Mat. azoadas, tot.	27.34	31.59	10.17	12.79
Glucosa	0.36	0.42	7.12	8.95
Materias hidr. tot.	38.20	44.15	55.35	69.59
Celulosa	12.10	13.98	11.55	14.51

Cenizas	3.75	4.33	1.91	2.40
Potasa	1.52	.....	.....	1.40
Cal	0.22	.....	.....	0.04
Acido fosfórico	0.77	.....	.....	0.74

Comparados estos análisis con los obtenidos en Mauricio, vemos que estas vainas contienen menos materias azucaradas, mientras que las materias azoadas son poco más o menos las mismas. Puede que no sean de la misma variedad, pero eso no significa que dejen de ser un alimento excelente para los animales.

De Sornay agrega que en otra memoria, correspondiente a los años 1896—1902, los análisis siguientes fueron dados para mostrar la composición de los granos y del mesocarpio frescos:

	Granos %	Mesocarpio %
Agua	16.67	63.02
Grasa	5.49	0.37
Materias albuminoideas.....	24.17	3.27
Glucosa	1.57	13.07
Pectosa, etc.	8.59	8.97
Celulosa digestible	30.77	8.92
Celulosa no digestible.....	9.23	1.46
Materias minerales	3.51	0.92
	100.00	100.00
a) Azoe	3.87	0.32

El fruto del *Samán* es, pues, un alimento concentrado de primer orden.

El Samán en Indo-China.—El problema de la alimentación animal durante la estación seca es, en Indo-China, de la mayor importancia. Viellard y Fran-Van-Huu, en busca de una solución, publicaron un estudio sobre cultivos forrajeros suburbanos y demuestran la importancia que entraña para la economía del país, la producción de forrajes.

Salomón, Vernet y Nguyen-Duc-Long publicaron en 1920 con este motivo, un admirable ensayo sobre la utilización de los frutos del *Samán*, árbol de la familia de las leguminosas y de la tribu de las mimosáceas. Esta especie es tanto más interesante en Cochinchina cuanto su fructificación principia allí en diciembre y se proroga hasta fines de marzo, coincidiendo precisamente con la época en que escasean los pastos en la Colonia.

En Saigón dan el siguiente análisis del fruto entero después de constatar que las semillas forman el 19.82% del peso total de la legumbre y el mesocarpio el 80.18%.

Humedad	30.52%
Substancias azoadas	13.08 "
Grasas	1.45 "
Azúcar y almidón	36.14 "
Celulosa	15.90 "
Cenizas	2.60 "
No dosificado	0.25 "

Digestibilidad de la semilla.—Las semillas del *Samán* son durísimas, pero la experiencia ha demostrado, y así lo afirman Salomón, Vernet y Nguyen-

Duc-Long, que son *íntegramente digeridas* y que ninguna atraviesa el intestino sin disgregarse. Esta observación es de la mayor importancia al considerar el fruto del *Samán* como forraje, pues, simplifica su administración y se logra el máximo de aprovechamiento sin acudir a los medios ideados para triturar y convertir en harina la semilla.

Por observación personal deduzco que se digiere la semilla del *Samán*. En la hacienda "El Hatico" existe un gran *Samán* de más de 40 años. Los ganados devoran todo el fruto que cae, al extremo de que nunca he encontrado vainas al pie del árbol y jamás han aparecido Samanes pequeños en la hacienda. Otros hacendados han observado lo propio y en Santander (Cauca) se encuentran arbolitos en las zonas donde no entran los ganados y ninguno en aquellos en que tengan acceso.

Apetecidas las legumbres del *Samán* por los herbívoros en el Jardín Botánico de Saigón no se ha constatado ningún caso de envenenamiento en los animales alimentados con ellas, aun con grandes raciones.

Propagación.—El *Samán* se propaga por semilla que germina fácilmente.

El crecimiento del *Samán* es sumamente rápido y en condiciones favorables el joven árbol alcanza una altura de 2 metros a los 6 meses, con diámetro basal de unos 5 centímetros. A los 3 años es un árbol de 6 a 8 metros, y a los 5 años alcanza a 10 metros con una copa tan ancha como su altura. Los suelos más apropiados para su desarrollo son los limoso-gredosos, como los de aluvión (Dugand).

BIBLIOGRAFÍA

- W. Bally and J. Legros. *Use of Leguminous Plants in Tropical Countries*. I. I. A. Roma, 1936, pág. 204.
 O. W. Barrett. *The Tropical Crops*. New York, 1928, pág. 359.
 N. L. Britton and E. P. Killip. *Mimosaecae and Catalpaecae of Colombia*. New York, 1936, pág. 181.
 O. F. Cook. *Shade in Coffee Culture*. Washington, 1901, pág. 72-74.
 H. H. Cousins. *The Journal of the Jamaica Agricultural Society*, V. XXIV No. 6-7. Kingston, 1920, pág. 157.
 P. De Sornay. *Les plantes tropicales de la Famille des Legumineuses*. Paris, 1913, págs. 315-338.
 Armando Dugand. *O. Nónitas de las maderas que se emplean en Barranquilla para construcciones, charistería y otras obras*. Barranquilla, 1916.
 Flora arboreascent del valle inferior del Magdalena especialmente del Atlántico. Ojea en preparación y correspondencia con el autor.
 Dott. E. O. Fenzl. *Frutti Tropicali e Subtropicali*. Firenze, 1835, págs. 75-6.
 W. G. Freeman and R. O. Williams. *The Useful and Ornamental Plants of Trinidad and Tobago*. Trinidad, 1927, pág. 139.
 M. Gómez de la Mesa y J. T. Roig y Mesa. *Flora de Cuba*. Habana, 1914, pág. 132.
 H. Mc Donald. *Coffee Growing: with special reference to East Africa*. London, 1930, pág. 46.
 H. F. Macmillan. *Tropical Planting and Gardening*. London, 1935, pág. 98.
 M. O. Neal. *In Hoxalala Gardens*. Honolulu, 1928, pág. 123.
 E. Pérez Arbeláez. *Plantas medicinales de Colombia*. Bogotá, 1937, pág. 143.
 H. Pittier. *Plantas usadas de Venezuela*. Caracas, 1926, pág. 367.
 M. Ramírez Guyana. *Flora Nicaragüense*. Managua, 1911, 3, págs. 334-385.
 S. J. Record and C. D. Mell. *Timbers of Tropical America*. New Haven, 1924.
 J. F. Rock. *The Leguminous Plants of Hawaii*. Honolulu, 1928, págs. 6-8.
 Salomon, G. Vernet et Nguyen-Duc-Long. *Bulletin Agricole de l'Institut Scientifique de Saigón*, n. 11, n. 7, págs. 191-126, 1920.
 Paul C. Standley and S. Calderón. *Flora de El Salvador*. San Salvador, sin fecha, pág. 101.

CONTRIBUCION A LA ANTROPOLOGIA COLOMBIANA EL ORIGEN DE LOS INDIOS TUNEBO

H. J. ROCHEREAU

Miembro de la Sociedad de Americanistas de París.

En 1913 un indio mordido de culebra quedó tendido en su huerta de "Palonegro", a orillas del Cugugon, y la familia emigró a otra parte. El pasto y las ortigas invadieron la huerta, y las hormigas limpiaron los restos. Tres meses después encontramos el cuerpo, y la cabeza fue a dar al Laboratorio del Profesor Verneau.

No podíamos sospechar el importante descubrimiento del cual el estudio de este cráneo iba a ser ocasión.

En un extenso número de la "Antropología" consagrado al estudio de este cráneo, el Profesor Verneau escribía estas líneas: "Paul Rivet había previsto que algún día el hiato que existe en la documentación antropológica recogida de California a la Tierra del Fuego acabaría por desaparecer el día en que se conocieran mejor las poblaciones del Alto Amazonas y de Colombia. Por eso, considero que los documentos suministrados por el Padre Rochereau son de la mayor importancia y nos permiten admitir el origen *melanésico* de los amerindios", y daba esta conclusión a su estudio:

"Parece, pues, probado que la raza *pale-americana* de Lago-a-Santa constituye la trama uniforme sobre la cual otras razas vinieron a bordar el dibujo complejo y desconcertante que nos hacen presenciar en la hora actual las múltiples poblaciones suramericanas".

Antes de dar los resultados del estudio hecho por el Profesor Verneau de nuestra documentación del Sarare, nos permitiremos exponer algunas generalidades. "Un pueblo —dice Quatrefages— cambia de lengua, de costumbres, de industria, pero no pierde tan pronto su tamaño y su color. En cuanto a las características de su cráneo y a los caracteres osteológicos, éstos perduran o reaparecen a pesar de todas las mezclas y conjunciones de razas, y es todavía posible descubrir los rasgos de las principales razas fósiles en los tipos actuales".

"Donde la Historia no logra vencer las espesas tinieblas de nuestros orígenes, la Prehistoria arqueológica interviene, y, por fin, donde ésta no puede nada, la Antropología persigue el tipo fósil y lo reconoce en las razas modernas".

* * *

La raza de Lago-a-Santa y las razas indígenas del Sarare.

La región del Catatumbo y de sus tributarios, y del Alto Arauca (o sea el Sarare) puede ser considerada como la encrucijada de las diversas vías de inmigración que contribuyeron a la población del suelo colombiano.

Unas razas vinieron del Brasil y del Orinoco por

el Arauca, otras de la costa por Maracaibo; y esas razas mezclaron su sangre en las vertientes septentrionales y meridionales de la Cordillera de Mérida.

Los *Chitareros* vinieron del Bajo Orinoco, y sus sepulturas cubren el valle del Pamplonita. Practicaban las deformaciones de la frente, pero la conservación de la región occipital de sus cráneos permite reconocer sus caracteres antropológicos. Eran braquicéfalos. En sus emigraciones dejaron sepulturas en el Arauca y en el Bajo Orinoco, las cuales fueron descubiertas por el italiano Marcano.

Los *Chitareros*, cuya lengua llegó a emparentarse con el chibcha (de ella apenas se conocen nombres de lugares) no son puros *Chibchas* pero entraron en contacto con ellos.

Los *Tunebos* del Sarare resultan de una mezcla de *Chitareros*, de *Andinos* y de una raza anterior a éstas, de la cual conservaron en gran parte los caracteres craneanos —la raza de Lago-a-Santa, de origen melanésico— y que fue con mucha probabilidad la primera moradora del suelo colombiano, después de las razas fósiles cuaternarias, cuyos cráneos se encontraron en la Sabana de Bogotá.

La historia del Nuevo Mundo principia en el siglo XVI; pero su prehistoria es inmensa en el tiempo y en el espacio.

Hace pocos años, todavía, los antropólogos parecían de acuerdo para hacer derivar las razas indígenas norte-americanas del viejo tronco mongólico, pero pronto aparecieron tales diferencias físicas, lingüísticas y sociales, que los americanistas principiaron a poner en duda tales orígenes, e hicieron retroceder las primeras inmigraciones a los tiempos cuaternarios.

A los lejanos antepasados mongólicos del indio norte-americano habían atribuido los *tumuli* de los Estados Unidos y los *cliff dwellers* de las Peñas del Colorado, del Arizona y del Nuevo México.

Más allá de las pretendidas inmigraciones mongólicas principiaba la noche de los tiempos geológicos, del hombre contemporáneo y de la fauna gigantesca de los tiempos cuaternarios.

Es verdad que los documentos antropológicos y arqueológicos abundan en Norte América, pero todos son objeto de tales discusiones que podemos atenernos a estas palabras del sabio Profesor Boule: "Acercas del hombre fósil en Norte América, debemos confesar que todo el material reunido por los sabios de aquella región debe atribuirse a los indios".

No diremos lo mismo de Sur América y América Central. En verdad, se han confundido varias veces sepulturas con depósitos naturales, debido a la costumbre que tienen muchos indios de colocar las tierras de sus sepulturas en el orden en el cual las en-

contraron, pero, con Lund, se llega a una documentación cierta. El sabio danés gastó cuarenta y ocho años de su vida en el estudio de la fauna del Brasil, y exploró más de 800 cuevas de la región de Minas-Geraes.

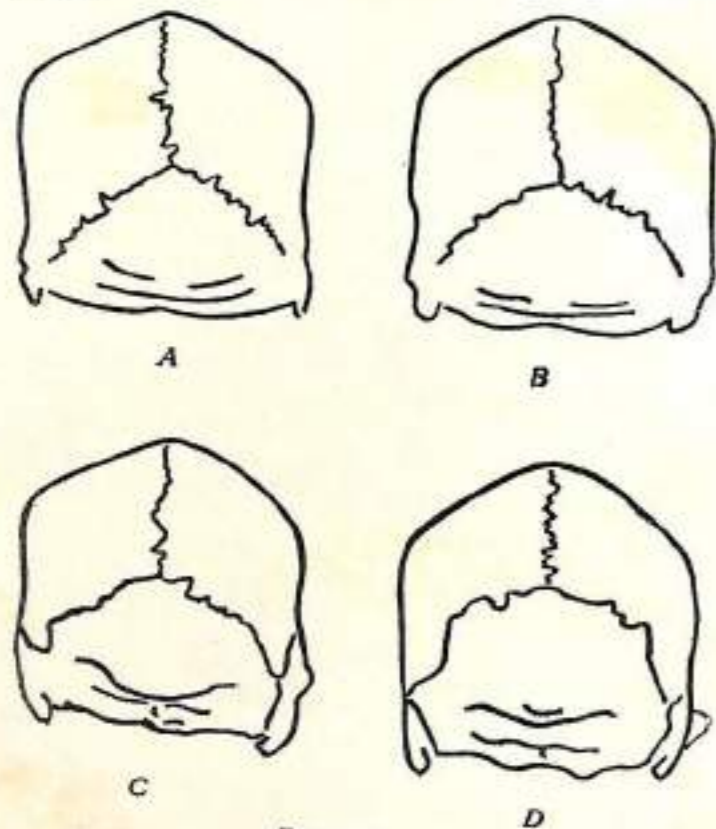


Figura 3

Normas occipitales de un Tuncho (A); de un Papua de Mallicolo (B); de un Paricue de Baja California (C) y de un Papua de Litu (D).

Una de estas cuevas, a orillas del lago Sumi Douro, cerca de Lago-a-Santa, le suministró los restos de 30 individuos de una raza de ameridianos anteriores a los indios, y cuyo estudio iba a causar sorpresas a los antropólogos.

Esta raza recibió el nombre de Lago-a-Santa, y de ella Quatrefages dio en 1879 al Congreso Antropológico de Moscou, las características de 14 cráneos.

Lacuda y Rodríguez Peixoto estudiaron otros en el Brasil, y todos notaron con sorpresa que el hombre de Lago-a-Santa tenía caracteres netamente polinésicos por los caracteres craneanos (hipsistenocefalia, o sea, cabeza alta, larga y estrecha) y por sus índices faciales. El hombre de Lago-a-Santa era un Papua.

Era natural preguntarse si estos ameridianos habían poblado el suelo americano. Pues bien: sus res-

tos fueron encontrados sucesivamente en el Brasil, Perú, Bolivia, Patagonia, Méjico, Baja California y Ecuador, y entre sus descendientes figuran los Botocudos, los Sambayis, los hombres de los antiguos cementerios de la Tierra del Fuego, los Tehuelches de Patagonia, los Paltacalos del Ecuador, los Pericues de Baja California, etc.

Pero la idea de la extensión del tipo *Papua* desde la Baja California hasta la Tierra del Fuego se imponía difícilmente.

Regresemos, ahora, a nuestros Tunebos.

Un año antes de nuestros trabajos en el Sarare, el profesor Boule escribía:

"Mientras nuevos descubrimientos no hayan suministrado hechos claros y precisos, parece que no se puede negar cierta antigüedad a la raza de Lago-a-Santa, cuya importancia como fondo étnico es cierta. Pero el parentesco con los Papuas no puede ser más que en extremo lejano".

Pues bien: el Profesor Verneau estudió los documentos que le mandamos, y reconoció entre los Tunebos los caracteres polinésicos de la raza de Lago-a-Santa, mientras nosotros pudimos reconocer los mismos caracteres en un sinnúmero de individuos.

La cabeza del indio Andrés fue comparada con cerca de 300 cráneos polinésicos y varios cráneos de Lago-a-Santa. La similitud es tal que no se puede poner en duda el origen Papua del tronco principal de los indios Tunebos, a pesar de sus uniones con los braquicéfalos atlánticos y los andinos del sur.

Una rápida ojeada en los dibujos que publicamos y que son calcos exactos de las fotografías tomadas por el Profesor Verneau darán una primera idea de esta similitud. Los cuadros que ponemos a continuación completarán nuestra demostración al respecto; los sacamos de los artículos del Profesor Verneau.

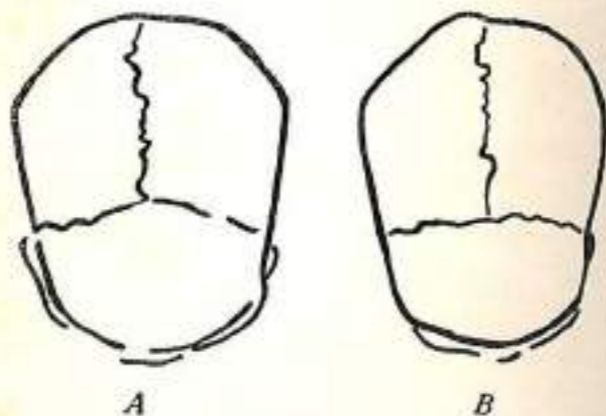
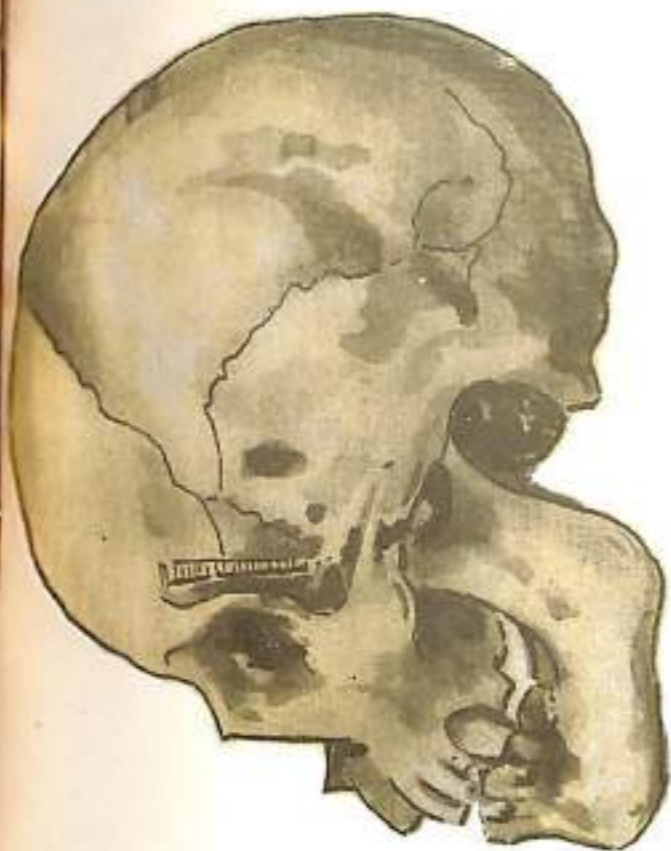


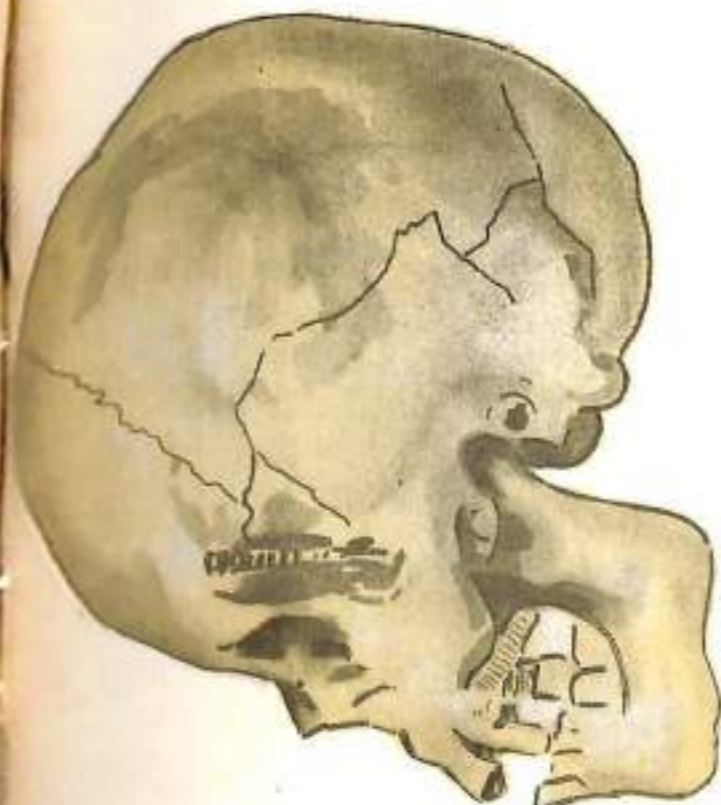
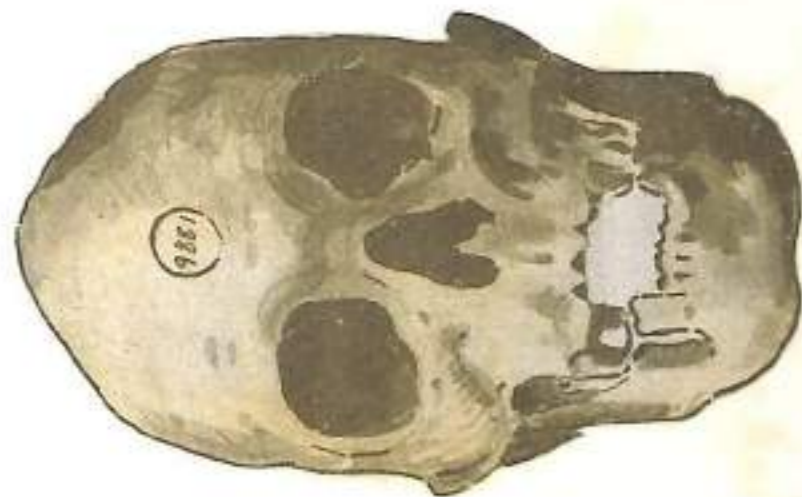
Figura 4

Comparación de los índices y de la capacidad craneana de un cráneo Tuncho, de un cráneo Papua de Mallicolo y del término medio de 275 cráneos de Papuas (Fig. 4).

	Tuncho	Mallicolo	Término medio de 275 cráneos Papuas
Índice horizontal.....	69,63	60	69,96
Índice vertical.....	72,78	72,30	74,47
Índice transverso vertical.....	104,51	107,69	105,50
Capacidad craneana.....	1.705	1.550	



2 - CRÁNEO, VISTO DE PERFIL, DE UN INDIO PAPUA DE MALLICOLO. 1112 DEL TAMAÑO NATURAL.



1 - CRÁNEO, VISTO DE PERFIL, DE UN INDIO TUNCHO (DEL SARARE). 1112 DEL TAMAÑO NATURAL.



(Continuación del cuadro comparativo anterior)

Norma lateral (Fig. 1)

	Tunebo	Mallicolo
<i>1ª mitad</i>		
Angulo aurículo frontal (del agujero auricular al Bregma y al Nasion).	61°	62°
<i>2ª mitad</i>		
Desde la tercera parte de los parietales la curva tiende hacia la vertical.		Desde la tercera parte de los parietales la curva oblicua hasta el inion.
<i>Inion</i>		
Situado más bajo que el inion del Mallicolo.		Situado más arriba que el inion del Tunebo.

Norma vertical (Fig. 2).

En ambos cráneos se debe notar la hipsisteno-dolicocefalia.

	Tunebo	Mallicolo	Término medio de 243 cráneos Papuas
Protuberancias parietales más salientes que en el Mallicolo.			
Índice fronto-parietal.....	73,68	72,20	73,37
Relación entre el diámetro frontal máximo y el mínimo	15 milímetros	Id.	

Norma occipital (Fig. 3).

Se debe notar la extraordinaria similitud de las normas occipitales entre un Tunebo (A), un Papua de Mallicolo (B), un Pericue de Baja California (C) y un Papua de Lifou (D).

Tunebo	
Protuberancias parietales:	Más salientes que en el Mallicolo.
Paredes parietales:	Ambas son verticales.
Sutura sagital:	A la misma altura
Asterion:	Situado un poco más hacia adentro en el Tunebo.

Comparación de la faz en el cráneo Tunebo y en el cráneo Mallicolo

1º Ambos tienen una megasemia, es decir, que el borde del agujero occipital está situado atrás de la mitad de la base del cráneo.

2º Los diámetros bicigomáticos son, respectivamente, 125 mm. (Tunebo) y 132 mm. (Mallicolo). Este tiene los pómulos más anchos; lo que no influye en la semejanza, porque en el Mallicolo la faz se ensancha hacia atrás y el aspecto general queda el mismo. Los pómulos tienen el mismo carácter de rusticidad.

3º El maxilar inferior es más ancho (Fig. 3) y más largo (Fig. 1) en el Mallicolo que en el Tunebo.

Otras medidas de la faz

	Tunebo	Mallicolo
Altura ofrio alveolar.....	92	91
Altura naso-alveolar	67	68
Índice ofrio-alveolar de Broca.....	73,60	69,94 (Esta diferencia se debe a la diferencia de los diámetros bicigomáticos).
Índice naso-alveolar	53,60	51,51

(Estas diferencias no tienen importancia; las hay mucho mayores en cráneos de la misma raza).

Tunebo		Mallicolo
Angulo facial de Rivet:		
Nasion, punto alveolar Basion.....	70°	69°
Indices orbitarios	87,17	87,80
Nariz, anchura: diferencia con el Mallicolo	1 mm. menos	
Longitud	2 mm. más en el Tunebo	
Maxilar superior	En ambos están grabados profundamente y proyectados hacia adelante.	
Depresiones del maxilar superior.....	Ambos tienen depresiones profundas de cada lado de la línea media de la faz, hacia adelante y hacia atrás de los caninos.	
Arcos dentarios	Son los mismos.	
Bóveda palatina	Más profunda y alargada en el Mallicolo.	

Mandíbula inferior

Tunebo		Mallicolo
Dímetros bicondilianos	117 mm.	119 mm.
Dímetros bigoniacos	99 "	97 "
Distancia ángulo sínfisica	87 "	87 "
Altura en la primera molar de la rama horizontal	31 "	32 "
Altura de la sínfisis	35 "	35 "
Angulo mandibular	114 "	119 "
Angulo mentonario	94 "	89 "
Altura de la rama ascendente	49 "	54 "
Ancho mínimo	31 "	39 "

(Las dos últimas medidas presentan diferencias notables; pero son mayores entre tipos de la misma raza).

• • •

Cuales son las conclusiones que podemos sacar de este estudio? Las razas melanésicas invadieron a Sur América por las costas de Chile y Patagonia; siguieron la costa Pacífica, y pronto se dividieron en dos ramas: una fue poblando poco a poco hacia el norte, y se hallan sus restos desde la Patagonia hasta la Baja California; otra siguió hasta el Brasil (raza de Lago-a-Santa) y por el Arauca llegó hasta las cabeceras del Sarare. Esta raza, caracterizada por su *hipsiesteno-dolicocefalia*, fue el tronco primitivo sobre el cual se injertaron las razas que invadieron sucesivamente (braquicefalos del Atlántico, y quizás razas asiáticas o africanas) para formar la increíble variedad de tipos indígenas suramericanos.

En qué tiempos pudo verificarse la migración polinésica? Quizás en los tiempos en que principiaron a hundirse los restos del Continente Pacífico formados por archipiélagos discontinuos de la Melanesia al sur del Continente Americano.

Las estatuas gigantescas de la isla de Pascua indican la presencia de un imperio inmenso, si, como se cree, son los restos de una metrópoli y ocultan sepulturas reales.

Por qué las enigmáticas imágenes talladas de San Agustín no podrían considerarse como un resto de tales costumbres; y quién sabe si en uno de sus puntos de dispersión la raza melanésica de Lago-a-Santa que poblaba el Ecuador, no ha dejado este rcaerdo de su presencia?

De todos modos es innegable que los trabajos del Profesor Verneau han levantado una punta del velo de nuestra Prehistoria; y nos alegramos de haber podido contribuir en una parte mínima, es verdad, a sus trabajos, ya que nuestro ministerio nos pone en contacto diario con los restos vivientes todavía de la raza que vino a poblar el suelo colombiano en las lejanías de la Prehistoria.

• • •

RESEÑA HISTORICA DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO Y METEOROLÓGICO DE BOGOTÁ (1)

JORGE ALVAREZ LLERAS
Director del Observatorio

En el salón central de este Observatorio se encuentra una placa conmemorativa donde se lee que a solicitud del sabio naturalista gaditano don José Celestino Mutis se construyó el edificio bajo la dirección del arquitecto Fray Domingo Petrez, siendo Virrey de Nueva Granada don Pedro Mendinueta. Según reza la inscripción, dicha obra terminó el día 20 de agosto de 1803, fecha que se puede considerar como la de fundación del Observatorio, en donde trabajó Caldas desde un principio. El sabio americano don Francisco José de Caldas fue oriundo de Popayán y se hizo cargo muy joven de la dirección del Observatorio fundado por Mutis, ocupándose de la fijación astronómica de Bogotá con preferencia a cualquier otra labor, ya que los datos existentes hasta esa fecha carecían de los elementos requeridos para efectuar observaciones de posición, importantes en aquella época por lo que se refería a las regiones australes (2).

Los datos respecto a la latitud de Santa Fe, hoy Bogotá, antes de Caldas, fueron:

Bonne—4° 18' norte (Referida a la plaza que es hoy de Bolívar).

D'Anville—4° 8' norte (Referida a la plaza que es hoy de Bolívar).

R. P. J. Vaissette—4° 10' (Referida a la plaza que es hoy de Bolívar).

Humboldt—4° 35' 42" 19 norte (Reducida al Observatorio).

Después de laboriosas operaciones, Caldas halló para la latitud del Observatorio el valor de 4° 36' 6" norte, valor que se rectificó en el año de 1897 por el definitivo: 4° 35' 55" 19 norte, como se verá adelante en esta reseña.

La idea primitiva de quienes planearon el Observatorio fue la de construir un *gnomon* gigantesco,

(1) La siguiente nota sobre el Observatorio Astronómico Nacional es del sabio astrónomo Garavito: "El Observatorio de Bogotá fue construido en 1803 por orden del Gobierno español a petición del célebre naturalista don José Celestino Mutis. La obra fue dirigida por el arquitecto Fray Domingo Petrez. El objeto principal del Observatorio fue el servicio de la hora, servicio que presta actualmente. El Observatorio ha estado a cargo sucesivamente de los señores Francisco José de Caldas, Benigno Domínguez, Joaquín Acosta, Francisco Javier Matía, Agustín Codazzi, Cornelio Borda, Indalecio Llozano, Luis Lleras y José M. González B. Actualmente está a cargo del suscrito. Algunos célebres viajeros han trabajado en el Observatorio de Bogotá, tales como Juan B. José Dieudonné Boussingault en 1823; el explorador francés Frisak en 1857, y los viajeros alemanes Reiss y Etzel en 1868".

(2) Véase la fotografía respectiva de la placa conmemorativa colocada en el salón central por el señor don José María González Henao.

aprovechando un orificio en la cúpula central para la determinación de la hora por proyección de la imagen solar sobre una meridiana construida en cobre y colocada en el piso del salón principal, que corresponde al segundo del edificio. Así, pues, los trabajos de Caldas se refieren a observaciones efectuadas sobre pasos de sol para la determinación de la hora local y no a la fijación de posiciones de estrellas, pues careció de círculo mural o de cualquier otro aparato apropiado para pasos meridianos de estrellas y la determinación consiguiente de ascensiones rectas y declinaciones (3).

Los trabajos de Caldas en el Observatorio de Bogotá se refieren más directamente con la altura del edificio sobre el nivel del mar y con el establecimiento de las observaciones meteorológicas en el país, que con labores astronómicas que hubieran requerido un instrumental de que carecía, como lo he-

(3) Por curiosidad hemos verificado la latitud aproximada del Observatorio haciendo uso de tal *gnomon* constituido por la cúpula del salón central y el piso de éste. Para ello, sobre el orificio central de esta cúpula colocamos una pantalla con un diámetro de 2 m.m. de diámetro, a una altura sobre el piso de 12m.35. En seguida, con una plomada (sumergida en baño de mercurio) marcamos el pie de la vertical que correspondía a la línea central del centro del diafragma, y sobre la meridiana de línea central del centro del diafragma, y sobre la meridiana de línea central del centro del diafragma, marcamos también el centro de la imagen del sol formada en el suelo, en el momento del paso meridiano de este astro. Así dedujimos, con varias operaciones de esta índole, un valor medio de la latitud que no difiere más de 1° 30' de la verdadera. Como ejemplo exponemos una observación verificada el 21 de febrero de 1902. En esta observación, del pie de la plomada al centro de la imagen del sol medimos 3m.205. (h = 12m.35, a = 3m.205). Así resulta:

$\text{tang } \alpha = \frac{a}{h} = 15' 22'' 30''$ en esa fecha, para la distancia zonal meridiana del sol determinada en más instrumento que el propio edificio. De estas operaciones se deduce que no es aplicable como los encargados del Observatorio antes de Caldas, no verificaron un valor de la latitud más correcto, siendo tan sencillo el método que pudieron emplear. Pero tal vez, ello no es de extrañar si se reflexiona en que el propio edificio no quedó bien orientado por sus constructores, ya que la meridiana también orientada por sus constructores, ya que la meridiana trazada en el salón central se desvía cerca de 8m.60 de la línea que une los centros de los paramentos opuestos norte y sur. De estas consideraciones resulta que, probablemente, antes de Caldas, no tuvo en mira ejecutar trabajos científicos en el Observatorio, y que el arquitecto que lo construyó siguió elegantemente los planes del primitivo Observatorio de Greenwich. Este Observatorio se terminó en 1678. De él dicen C. André y G. Rayet lo siguiente: "Flamsteed et Wren firent construire une tour octogonale à deux étages; l'étage inférieur devait servir d'habitation à l'astronome royal; l'étage supérieur, formé d'une seule pièce, portait de hautes fenêtres et décorée d'arabesques d'un grand style, était destiné aux observations".

Como se comprende, para los instrumentos modernos esta disposición es absolutamente impropia, y, aun en su época, parece mejor aconsejadas hubieran ejecutado algo más apropiado si hubieran seguido los planes del Observatorio de París o los del mismo Observatorio de Greenwich en tiempo de Maskelyne y Pond. Por estas razones creemos que el arquitecto Petrez se atuvo a algún dibujo viejo enviado ala corte científica, de España.

mos dicho en las Relaciones del Segundo Congreso Científico Panamericano de Washington, en donde escribimos:

"Las primeras observaciones meteorológicas anotadas que poseemos, se deben al Prócer don Francisco José de Caldas, quien trabajó por establecerlas regularmente, no sólo en Santa Fe, sino en otros lugares del Virreinato. En 1807 hizo Caldas, en Bogotá, observaciones meteorológicas durante todo el año, según lo refiere Boussingault (*Annales de Chimie et Physique*—1826): mas de ellas no se pudieron encontrar sino extractos incompletos. En 1808 Caldas publicó en el *Semanario de la Nueva Granada* las observaciones hechas por él personalmente en el Observatorio de Santa Fe, observaciones que se extienden a los seis primeros meses de ese año, y que extractamos en el primer cuadro que acompaña a esta relación histórica".

"Probablemente comprometido ya en el movimiento de ideas políticas iniciado por don Antonio Nariño, Caldas interrumpió sus observaciones hasta el año de 1810, año en que se publicaron las hechas en el mes de enero. Entonces estalló la revolución del 20 de julio, y arrastrado por los sucesos, hubo de interrumpir sus trabajos para siempre" (3).

"Verdadero inventor del hipsómetro, Caldas fue uno de los primeros que notaron la estabilidad de la columna barométrica en la zona ecuatorial y las variaciones de la temperatura de ebullición del agua a diversas alturas sobre el nivel del mar, por cuanto él se encontraba en condiciones favorables para hacer esta observación, ya que las variaciones accidentales de la presión atmosférica en las zonas templadas, hacían imposible verificar esta experiencia sin ninguna idea preconcebida a este respecto. Ni el mismo Humboldt, quien usaba en sus ascensiones "un aparato termométrico que le

(3) Caldas, el ilustre Caldas, el redactor de "El Semanario", el amigo de Humboldt y de Mutis, el astrónomo que adivinó lo que no halló en los libros y que construyó sus instrumentos en el corazón de los Andes de la atravesada Cordillera del Rosario; el profesor de Matemáticas en el Colegio del Rosario, que fue su prisión y su capilla, pidió que se le conservara la vida en un calabozo, con cadena al pie, para concluir los trabajos de la Expedición, a lo cual se le contestó, según tradición, por Pascual Enrile que España no necesitaba de sabios. "Cuentan que durante su prisión escribió en la pared un *Oh larga y negra patria!* ó que días después cuando recorrieron de corrido el camino, Caldas fue sepultado en fosa común en el templo de La Tercera, según Vergara y Vergara; según otros historiadores, la Hermandad que existía en aquella iglesia cumplió con el piadoso deber de enterrar los cadáveres de los ajusticiados: de todos modos la República perdió las cenizas del ilustre compañero de Mutis. Mucho tiempo después de la casa número 163 de la carrera 8ª, frente a la puerta de entrada del extinguido Convento de San Agustín, en la esquina, una lápida de mármol blanco, con la siguiente inscripción, en letras doradas:

HANC DOMVM
FRANC. JOS. DE CALDAS
INTEGERRIMA VITA SACRAVIT.
SCIENTIARVM CVLTV NOBILITVIT.
PRO PATRIA MORIENS.
CIVIVM VENERATIONE TRADIDIT.
(Las Crónicas de Bogotá, por Pedro María Ballester).

recomendó Saussure y que le merecía poca confianza", pudo notar el fenómeno en Europa. En una conversación que Caldas tuvo con el viajero alemán, relativa a la experiencia de Heberden, conversación relatada por el mismo Caldas se lee:

"En las primeras conversaciones le traté sobre la materia, me dijo que Suncio había trabajado sobre el particular y había enseñado el método de medir las montañas sin el barómetro. Ya se deja ver con qué ansia oíría al Barón sobre este punto. Yo creí, vi mis ideas como una cosa que había nacido en mi espíritu a veinte años de agotada en Europa, y sólo traté de presentar unas ideas confirmatorias de las ideas de Suncio, apreciables por ser en grandes elevaciones y en la vecindad del ecuador. Insté a este sabio viajero por el exponente y por las experiencias de Suncio, pero cuando me tomé de sus manuscritos, hallé que Suncio no había pensado en el agua hirviendo, que este sabio sólo era el perfeccionador del método de Heberden, que asigna 640 pies por un grado menos en el termómetro expuesto al aire; y así vuelvo yo a entrar en posesión de mi pequeño descubrimiento".

"En realidad, Humboldt ya había usado, en su ascensión al pico de Tenerife, el método empleado por Caldas; mas nada preciso había sentido sobre el particular. Habiendo Caldas efectuado varias expediciones, a todas las alturas sobre el nivel del mar, y habiendo residido largo tiempo en vecindades de la línea equinoccial, estuvo en capacidad de formular las leyes, que él tuvo como suyas, antes que el mismo Humboldt.

"Habiendo muerto Caldas víctima del Pacificador Morillo y pagado con su vida su adhesión a la causa de los patriotas, las observaciones astronómicas y los estudios del clima y de los fenómenos meteorológicos se abandonaron completamente, tanto en Santa Fe de Bogotá, como en otros lugares, donde Caldas había logrado despertar afición a los estudios físicos y donde se habían emprendido labores de investigación mereced a la influencia ilustrada del gobierno español.

"Este abandono perduró hasta 1823, cuando a instancias del Gobierno de la Gran Colombia, y por influjo del Barón de Humboldt, vinieron hombres de ciencia a establecer en Bogotá estudios de Física, Matemáticas y Ciencias naturales. Entonces Rivero, Boussingault y Roulin efectuaron observaciones meteorológicas, que se publicaron en Europa por Ferrussac, y que después reprodujo el General Joaquín Acosta (*Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales—1849*), y completó Rivero en sus "Memorias Científicas", publicadas en Bruselas en 1857.

"En el año de 1828 publicó el doctor Benito Osorio unas observaciones verificadas en 1827, y desde el año de 1831 hasta 1835, el General Acosta, deseoso de continuar la obra de Boussingault (véase la correspondencia de Humboldt), hizo observaciones en lugares distintos con cuidado y prolijidad. Las que verificó en el Observatorio de Bogo-

tá se debieron a la iniciativa del General Santander, quien nombró a Acosta "Director del Museo y del Observatorio Nacional". De los datos tomados por Acosta sólo hemos visto los que se refieren a los años de 1833, 1834 y 1835.

"Por aquella época las ideas de Humboldt respecto a las variaciones de la altura del barómetro y a las influencias de la latitud y la altitud en el trazado de las líneas isotérmicas, había dado cierta resonancia en el mundo científico a los trabajos de los físicos conocedores de las regiones equinociales. La circunstancia de que tanto Colombia como el Ecuador, dilatan su territorio en la proximidad de la línea ecuatorial, y poseen regiones situadas a alturas muy diversas sobre el nivel del mar, permitió fijar la atención en la influencia marcada de la altitud sobre la presión y en la fijeza relativa del barómetro en las regiones equinociales. De esta suerte, no sólo tuvieron importancia especial los trabajos de Humboldt y Boussingault, sino que, relacionados íntimamente con los de Caldas, Acosta y otros, granadinos y ecuatorianos, sirvieron de base para el estudio de la climatología colombiana y de la zona tórrida americana. (Humboldt—"Viaje a los países equinociales del Nuevo Continente"). Es de esta manera como se explica la cooperación de Bourdon, Gaudot, Roulin y Boussingault, que cediendo a los deseos de Humboldt trabajaron en asociación de ingenieros suramericanos en la determinación de las principales características de nuestros climas".

Después de Acosta, sólo hasta la primera presidencia del ilustrado y progresista General Mosquera los estudios meteorológicos merecieron atención de parte del Gobierno. En 1835 vieron la luz pública en la *Crónica Semanal*, varias observaciones esporádicas referentes al clima de Bogotá, mas solamente hasta el año de 1848 publicó el General Mosquera, en la *Gaceta Oficial*, sus propias observaciones. En este año el Gobierno de Nueva Granada contrató el levantamiento de la carta con el Coronel Codazzi, anexo el Observatorio al Colegio Militar, regentado por el Profesor Aimé Bergeron, dotó al Establecimiento con algunos instrumentos, favoreció las expediciones científicas por diferentes regiones, y no omitió esfuerzo en el sentido de obtener datos referentes a la climatología, Geografía física y Geología del territorio nacional.

Durante algún tiempo, después de la dirección del General Acosta, fueron Directores del Observatorio Astronómico y Meteorológico don Benedito Domínguez y don Francisco Javier Matiz, sin dejar dato alguno relativo a los trabajos practicados entonces (4).

En el año de 1858, M. Frisak practicó varias observaciones meteorológicas, conjuntamente con la determinación de la declinación de la aguja mag-

(4) De los datos esporádicos publicados por don José Calcedo Rojas en "El Pasatiempo" (año de 1852) y por P. Cornette, en el "Anuario Meteorológico de Francia" (sobre observaciones efectuadas en Bogotá en 1856), no hemos podido tomar nota por no tener de informes bibliográficos correspondientes.

nética; y en 1859 don José Cornelio Borda se encargó de la dirección del Observatorio.

La guerra civil de 1860 paralizó no sólo la reorganización del Observatorio sino la continuación de los trabajos de la Comisión Corográfica, de la cual formaron parte, después de la muerte de Codazzi, los señores Manuel Ponce de León, Manuel María Paz e Indalecio Liévano, conocido matemático nacional, quien después de su regreso de la Costa Atlántica, determinó la altura del barómetro en Bogotá.

Esta determinación se hizo por medio de observaciones simultáneas. En Bogotá observó la columna barométrica, en el salón principal del Observatorio, el señor Liévano, y en Cartagena, en un sitio colocado a una altura media sobre el nivel del mar de 8.5m observó el señor William Chandless. En ambos lugares se tomó la temperatura del aire ambiente. El promedio de diez y ocho observaciones simultáneas fue:

En Cartagena—Agua hirviendo 99°96; temperatura ambiente 27°32.

En Bogotá—Agua hirviendo 91°73; temperatura ambiente 15°40. Para la temperatura de ebullición en Bogotá dan las tablas de Regnault como altura de la columna barométrica 561mm01.

Fuera de este trabajo el señor Liévano dirigió algunas observaciones meteorológicas en 1862, observaciones que interrumpió por algún tiempo y continuó después en 1868, 1871 y 1872 (5).

La llamada Comisión Corográfica que historió el señor don Manuel Ancizar en un libro titulado "Peregrinación de Alpha", utilizó parte de los trabajos de Liévano, junto con los fundamentales de Humboldt y de Acosta, para hacer correcciones a los trabajos del Coronel Agustín Codazzi, contratado por los Gobiernos de Colombia y Venezuela por indicación de Acosta, para levantar la carta geográfica de ambos países. La obra de Codazzi fue arreglada por don Manuel Ponce de León y Manuel María Paz y publicada en cartas que hasta la nueva labor de la Oficina de Longitudes quedaron como únicas en su clase. En todos estos trabajos el Observatorio sirvió de centro, aunque con grandes deficiencias.

Después de Liévano y de don Luis Lleras se encargó del Observatorio astronómico y meteorológico el astrónomo colombiano don José María González Benito, quien, grande amigo de Flammarion como era, se consagró casi exclusivamente a la Astronomía descriptiva y a cultivar intensas relaciones con varios observatorios europeos (6).

(5) En el salón central del Observatorio se lee sobre la pista meridiana de cobre, a que nos hemos referido arriba: "Colocada en 1860 de orden del General Tomás Cipriano de Mosquera por Indalecio Liévano, Director del Observatorio".

(6) El siguiente resumen referente a los labores del Observatorio hasta esa fecha es de puño y letra del sabio astrónomo bogotano doctor Julio Garavito A. "Datos sobre el Observatorio Nacional de Bogotá: Latitud—4°30'52" norte. Longitud—46°00' 28" oeste de Greenwich. Altura—2.654 metros. El Observatorio de Bogotá fue fundado en 1803 y colocado bajo la dirección de P. J. de Caldas. Sus principales trabajos son: servidumbre de obra; observaciones de culminaciones lunares; servidumbre de estrellas por la luna; cálculo de órbitas; determinación de diferencias de longitud (por telégrafo) entre las diversas localidades

Para sustituir a González Benito fue nombrado Director del Observatorio en 1892 don Julio Garavito A., sabio astrónomo y matemático que murió en el ejercicio de su cargo y de quien nos ocupamos muy detenidamente en una extensa nota biográfica publicada en *Anales de Ingeniería* y que reproducimos en las notas finales de este número.

Hasta hoy, pues, han sido Directores del Observatorio o se han hecho cargo transitoriamente de él: Francisco José de Caldas, Benito Osorio, Joaquín Acosta, Benedicto Domínguez, Francisco Javier Matiz, José Cornelio Borda, Indalecio Liévano, Luis Lleras, José María González Benito y Julio Garavito Armero. A estos nombres tenemos que agregar el del ingeniero don Rafael Nieto París, quien con sobresaliente capacidad construyó un péndulo eléctrico de su invención que aún funciona en el Observatorio, y no omitió medio para dotar al establecimiento con material preciso y adecuado.

En el año de 1902 se creó por el Gobierno la Oficina de Longitudes, entidad que dependía directamente del Observatorio. A este propósito se escribió en el *Boletín del Observatorio Nacional*, cuyos redactores fueron: Julio Garavito A., Santiago Cortés y Dello Cifuentes Porras, lo siguiente:

"Al poner en las manos del público el primer número del *Boletín Astronómico*, órgano de publicidad del Observatorio Nacional y de la Oficina Colombiana de Longitudes, nos parece natural exponer su objeto científico. El conocimiento completo de la Geografía de un país ha sido y es reputado por los pueblos avanzados como base esencialísima de su progreso científico y material. El establecimiento de los sistemas modernos de transporte rápido entre los pueblos; el productivo desarrollo de la agricultura e industrias manufactureras; los estudios catastrales y estadísticos para la acertada distribución de las rentas territoriales, y, en general, todos los productos de la actividad humana que tiendan al progreso y bienestar de los pueblos, tienen en gran parte por fundamento los estudios de los varios ramos de la Geografía general".

"Puede asegurarse que los estudios geográficos de nuestra Patria se iniciaron en 1849, bajo la administración del General José Hilario López, con la creación de la Comisión Corográfica. Oigamos lo que dice el doctor Felipe Pérez en el prólogo de la Geografía general de Colombia, que publicó en el año de 1883:

"Antes de que se reorganizara en el país la Comi-

ón de la República y Bogotá y práctica de observaciones meteorológicas. Los datos referidos al clima de Bogotá, deducidos de las observaciones practicadas desde 1895 son: Temperatura media—12° 97. Oscilación diurna media de la temperatura 7° 2. Humedad relativa media—79.5. Presión media—0m3001. Oscilación media diurna—0m924. Velocidad media del viento—0m70. Nebulosidad media—7.1. Épocas lluviosas en abril y mayo, setiembre y noviembre. Lluvia anual—0m995. Época ventosa en julio y agosto, proveniente del Aliso sur. Oscilación de la temperatura media mensual en el año—10° 0. Mayo—13° 40. Julio—12° 30. Declinación magnética: la declinación de la aguja magnética ha sido: 0° 10' en 1898, 4° 13' en 1899, 8° 55' en 1900, 3° 47' en 1901, 3° 20' en 1902 (mínimum). 3° 30' en 1904, 3° 30' en 1906. La componente horizontal del campo magnético es de 0.32 dinas.

sión Corográfica, la Geografía nacional estaba muy atrasada. Su punto de partida habían sido las noticias equivocadas y exageradas de los descubridores y cronistas españoles, los artículos de periódico de Caldas y de Zea, los trabajos especiales de Restrepo y los muy generales de Humboldt. Los geólogos Acosta y Boussingault agregaron también algo al obsequio común, y el primero de ellos publicó un mapa de Nueva Granada en 1847, el cual dedicó al Barón de Humboldt, "por cuanto a él se debían los primeros conocimientos geográficos y geológicos positivos sobre nuestro territorio". El Gobierno presidido por el General López confió al Coronel de Ingenieros Agustín Codazzi el trabajo de recorrer nuestro extenso territorio y levantar científicamente la carta general de la República y las particulares de sus provincias. Después de diez años de rudo trabajo en medio de una naturaleza inelmente y rodeado de privaciones de toda clase, murió el Coronel Codazzi al empezar los trabajos relativos a los Departamentos del Magdalena y de Bolívar. Dignos de admiración y encomio son los trabajos corográficos del ilustre Codazzi, y con justicia puede reputarse como el verdadero fundador de la Geografía colombiana".

En el año de 1859 el Gobierno de don Mariano Ospina celebró un contrato con los señores Manuel Ponce de León y don Manuel María Paz para la formación de la carta general de la República y las particulares de los Estados, con los datos y mapas de la Comisión Corográfica. El General Tomás C. de Mosquera perfeccionó este contrato en el año de 1861, y encargó al doctor Felipe Pérez para la redacción de la Geografía general de la República.

Aquí conviene intercalar un breve resumen inédito de la historia del Observatorio que el doctor Garavito elaboró con ocasión del centenario de la fundación de este Instituto en el año de 1903. Dice así:

"En los años de 1823 y 1824 vino a la Nueva Granada un joven naturalista, M. Jean Baptiste Donne Boussingault, quien hizo en el Observatorio algunas observaciones meteorológicas. M. Boussingault, notable químico y agrónomo, nació en París en 1802, y tan pronto como terminó sus estudios visitó la gran Colombia y otros países suramericanos. Los datos que recogió este joven viajero en sus excursiones por la América del Sur, llamaron la atención de los hombres científicos y constituyen, puede decirse, el primer paso de la ilustre carrera de este sabio naturalista.

"Después de aquella época el Observatorio fue anexado al Museo y puesto al cuidado de don Benedicto Domínguez.

"En 1832 fue nombrado Director del Observatorio el Coronel don Joaquín Acosta, quien practicó algunas observaciones meteorológicas hasta 1837, época en que tuvo necesidad de ausentarse, por lo cual volvió el Observatorio al cuidado del señor Domínguez. Más tarde estuvo bajo la dirección del señor don Francisco Javier Matiz; pero de las obser-

vaciones de esos tiempos sólo se han conservado las ejecutadas por el Coronel Acosta.

"En 1846 se anexó el Observatorio al Colegio Militar, quedando a cargo del Profesor Aimé Bergeron, quien lo desempeñó, no como Director, sino como Profesor de algunos cursos de matemáticas. Bergeron dictó en el Observatorio sus conferencias a discípulos distinguidos, que han dado lustre a nuestra tierra, como fue la legión de ingenieros que se educó en el antiguo Colegio Militar.

"En 1854 estuvo en receso el Colegio Militar y el Observatorio quedó en poder del Jefe del Estado Mayor del ejército del Dictador Melo. Después de la entrada del ejército constitucional, el Observatorio, que no era ya sino una torre vacía, fue alquilado por el Gobierno para usos particulares.

"En 1857 se permitió a M. Frisak practicar algunas observaciones. Este señor determinó la declinación de la aguja magnética. El valor encontrado fue 6° 10' 10" Este.

"En 1859 fue nombrado el ingeniero señor don Cornelio Borda para dirigir el Observatorio. Cuando apenas había empezado a proveerlo de instrumentos y a efectuar algunas reparaciones la guerra de 1860 interrumpió los trabajos. El señor Borda se trasladó al Perú, donde pereció defendiendo una batería en el bombardeo del Callao por la escuadra española (1866).

"En los días 24, 25 y 26 de febrero de 1862 el Observatorio fue ocupado por el ejército del General Leonardo Canal para servir de fortaleza a un cuerpo de tiradores, quienes, situados en la escalera y en la azotea, sostuvieron un nutrido tiroteo contra la iglesia y el cuartel de San Agustín.

"En ese mismo año fue nombrado Director del Observatorio el ingeniero don Indalecio Liévano. Durante el tiempo que el señor Liévano estuvo encargado de la Dirección se practicaron observaciones de Meteorología, se determinó la presión atmosférica media de Bogotá, su temperatura media y la altura del Observatorio sobre el nivel del mar. La conjunción del 23 de mayo de 1867 interrumpió los trabajos y convirtió el Observatorio en prisión de Estado.

"En 1868 se permitió a los exploradores alemanes W. Reiss y V. A. Stubel que hiciesen algunas observaciones referentes a la posición del Observatorio. Ellos ejecutaron nueve observaciones de latitud por alturas circunmeridianas del sol y de varias estrellas y diez distancias lunares para determinación de la longitud. Estas observaciones, con los respectivos resultados, se hallan consignadas en la obra titulada "W. Reiss and V. A. Stubel, 1868 and 1869"—tomo III.

"El 19 de febrero de 1868 fue nombrado Director del Observatorio el señor don José María González B., quien lo sirvió hasta 1872, en cuya época emprendió un viaje a Europa para visitar los principales observatorios. En su reemplazo quedó el ingeniero señor don Luis Lleras; pero la revolución de 1876 in-

terrumpió de nuevo la marcha de los trabajos y el edificio se destinó para puesto militar (7).

"En 1880 se volvió a abrir el Observatorio bajo la dirección del señor González Benito, quien mejoró el edificio y lo proveyó de algunos instrumentos traídos por él de Europa y cedidos en venta al Gobierno; además lo dotó con varios instrumentos meteorológicos que fueron pedidos a la casa Secretan de Paris.

"El señor González Benito operó una serie de observaciones meteorológicas que se hallan consignadas en los Anales de Instrucción Pública, y varias observaciones publicadas en los "Anales del Observatorio Astronómico"; entre éstas figura la determinación de la declinación de la aguja magnética en marzo y abril de 1881; el valor hallado fue de 4° 43' 10" Este.

"Caducado el contrato celebrado con el señor González en 1892, cuando era Ministro de Instrucción Pública el señor doctor don José Ignacio Trujillo, pasó el Observatorio a cargo del Profesor del curso de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Matemáticas; curso del cual estaba encargado en ese tiempo el que esto escribe, quien recibió el nombramiento de Director en 1893".

Fundada la Oficina de Longitudes en el año de 1902, el Observatorio Astronómico Nacional fue centro de todos sus trabajos, colaborando con ella ya en su plan de organización, ya con el método original de Garavito para la determinación de la latitud (modificación sustancial del de Talcott), ya con trabajos importantes como la determinación de la dirección de la plomada en Facatativá.

Desde 1893 se ocupó la Dirección del Observatorio

(7) "La muerte, o, por mejor decir, el martirio de Caldas; los trastornos causados en la administración pública por la guerra de la Independencia; la difícil labor de cimentar la República, y las dolorosas contiendas que por largo tiempo enlutaron la Patria, mantuvieron en receso el Observatorio.

"El 10 de diciembre de 1837 el señor Joaquín Acosta hizo entrega del Observatorio a don Benedicto Domínguez, astrónomo distinguido; más tarde estuvo a cargo del señor Francisco Javier Matiz; pero no se han conservado los trabajos de esos tiempos.

"En 1846 se anexó el Observatorio al Colegio Militar, se proveyó de algunos instrumentos, y en él dictó algunos cursos el Profesor Aimé Bergeron; más tarde se destinó a servir de prisión a los alumnos del mismo Colegio, cuando comecian alguna falta (!)

"Por los años de 1859 a 1852 se apoderó del edificio, no sabemos por qué motivo, una mujer, y en él preparaba y expendía sorbetes (!) En seguida se instaló en él un taller de daguerrotipo.

"En 1859 se encargó del establecimiento el distinguido ingeniero don José Cornelio Borda, y allí dictó varios cursos de matemáticas.

"El año de 1862, durante el ataque que sufrieron las fuerzas que defendían los cuarteles de San Agustín, las tropas sitiadoras ocuparon el Observatorio, y en él sostuvieron un nutrido fuego, que fue eficazmente contestado, como puede observarse hoy mismo en sus paredes peribuladas a balazos. Fácil es comprender que, con tales vicisitudes, el Observatorio no poseyera ya por ese tiempo ni uno solo de sus instrumentos. Hasta la meridiana, formada por una plancha de plomo, colocada por Caldas, fue convertida en balasto!"

"Don Indalecio Liévano, como jefe de un cuerpo de ingenieros, dirigió los trabajos del Observatorio de 1867 en adelante.

(Reseña histórica del Observatorio, por José María González Benito).

en los siguientes trabajos, de los cuales algunos han sido publicados:

1º "Mecánica Celeste—Variación de los elementos de las órbitas planetarias deducidas de las variaciones de los elementos conocidos" (1893). 2º "Fórmula fundamental en el movimiento de los fluidos—Aplicación a los movimientos de la atmósfera y deducción de las fórmulas de W. Fenel, publicadas por The Philosophical Society of Washington en 1874". 3º "El clima de Bogotá—Deducción hecha del conjunto de observaciones meteorológicas practicadas desde 1891 hasta 1896". 4º "Determinación de la latitud del Observatorio: Latitud norte 4°35'55"19". 5º "Determinación de la longitud del Observatorio deducida de ocultaciones de estrellas por la luna: Longitud al W de Greenwich 4º 54' 24". "Este dato se halla publicado en la obra "Los Observatorios Astronómicos" por P. Shocatrant y posteriormente fue rectificado por la Oficina de Longitudes por medio de cambio de señales directas entre Panamá y Buenaventura y por señales recibidas de Washington en Panamá". "Derivados de los versores en la teoría de los vectores—Aplicación del teorema de Coriolis al movimiento del plano instantáneo de la órbita lunar y al movimiento de la luna en ese plano". 7º "Generalización de la ley de la pesantez universal a las estrellas dobles". "Cálculo de las órbitas de las estrellas dobles micrométricas".

Además de estos magníficos trabajos el doctor Julio Garavito A. dedicó gran parte de sus labores en el Observatorio Astronómico a la solución matemática del problema propuesto por el Profesor Gill, Director del Observatorio del Cabo, y que se refería a la incompatibilidad que se presenta entre la teoría ondulatoria de la propagación de la luz y el fenómeno de la aberración. A este respecto y hablando de la obra científica de Garavito, dijimos en los *Anales de Ingeniería*, poco después de la muerte del ilustre sabio colombiano:

"Los problemas sobre Física matemática que ha resuelto luminosamente el doctor Garavito fueron propuestos por Augusto Righi, Profesor de la Universidad de Bolonia, y por el astrónomo David Gill, Director del Observatorio del Cabo. . . . Para ocuparse del segundo problema, el Director del Observatorio de Bogotá tuvo en cuenta las siguientes observaciones del Profesor Gill:

"Cuando se trata de deducir el valor de la paralaje solar de los valores observados de la constante de la aberración y de la velocidad de la luz, surge la siguiente cuestión: ¿Se puede considerar como exacta la teoría generalmente aceptada de la aberración? En la teoría de la emisión de la luz no habría duda; pero no creo que se pueda probar, en la teoría ondulatoria de la luz, que el seno del valor observado de la constante de la aberración sea verdaderamente idéntico a la relación entre la velocidad media de la tierra en su órbita y la velocidad de la luz, o que este seno no sea sino el término principal de una serie que exprese esta relación y cuyos

otros términos nos son actualmente desconocidos. Si esto es así, el deber de los astrónomos está claramente trazado: consiste en determinar la constante de la aberración con toda la exactitud posible; pero mientras los físicos no hayan probado la exactitud incontestable de la teoría de la aberración, la constante observada no debe emplearse en la deducción de otras constantes astronómicas".

Este problema fue abocado resueltamente por el Director del Observatorio de Bogotá, y, en nuestro concepto, resuelto con brillantez. Por eso pudimos agregar en el estudio biográfico a que se ha hecho referencia: "Sobre el tema propuesto por Gill ha escrito el doctor Garavito tres opúsculos, que en orden cronológico de su aparición llevan los títulos siguientes: *Teoría de la Aberración de la Luz; Nota sobre Óptica Matemática y La Paradoja de la Óptica*. Estos tres folletos están destinados a demostrar, según lo expresa su autor: "1º Que la hipótesis del arrastre parcial del éter, esto es, de un deslizamiento del éter, introducida por Fresnel para explicar el fenómeno de la aberración en la teoría ondulatoria, proviene de un error en la interpretación de la solución de la ecuación diferencial de propagación; 2º Que la verdadera solución de la ecuación diferencial de propagación, explica la aberración de acuerdo con las ideas de Bradley; 3º Que el principio de la menor acción asigna el mismo índice de refracción a todos los rayos luminosos, cualquiera que sea la velocidad relativa de la luz y de la tierra, siempre que se admita, de acuerdo con los experimentos de Michelson y con otros muchos fenómenos, el arrastre total del éter por la atmósfera de la tierra y por todos los medios transparentes, y 4º Que la experiencia de Fizeau, interpretada por la teoría mecánica de la refracción, demuestra el arrastre total del vehículo de la luz por el agua, poniéndose de manifiesto que el supuesto deslizamiento proviene del efecto debido al fenómeno de la aberración; con lo cual se ponen de acuerdo los experimentos de Fizeau y Michelson".

Más adelante, en el mismo estudio biográfico y con mira de hacer valer la importancia de los trabajos de Garavito en el Observatorio entramos en más prolijos detalles sobre este punto y en alguna parte se agregó: "Volviendo a la solución del problema propuesto por Gill y a la hipótesis del arrastre parcial del éter por la atmósfera, diremos que a la objeción hecha por M. Baillaud, Director del Observatorio de París, respecto a la experiencia de Fizeau, respondió victoriosamente el doctor Garavito haciendo notar que el pretendido deslizamiento que se creyó hallar en esta experiencia, no es otra cosa sino el efecto de la aberración, no computado por la teoría ondulatoria. En el sistema dióptrico usado por Fizeau (sistema en cuyo interior se mueve rápidamente una corriente de agua) el fenómeno de la aberración presenta aparentemente el efecto de un arrastre parcial, sin que exista tal deslizamiento, sino, por el contrario, un arrastre total. La objeción fundamental que M. Baillaud puso al doctor Gara-

vito respecto de su "Teoría de la Aberración de la luz" gira exclusivamente alrededor de la célebre experiencia de Fizeau; mas como el astrónomo de Bogotá demuestra el error cometido al interpretar esa experiencia y la pone enteramente de acuerdo con la de Michelson, resulta que la opinión del Director del Observatorio de París, está prácticamente, en un terreno favorable a las ideas del doctor Garavito. Estas ideas respecto al fenómeno de la aberración astronómica se condensan en las siguientes afirmaciones: "La única hipótesis sustantiva hecha en esta teoría se refiere a que la forma de la energía luminosa es cinética. En realidad de verdad deberá haber un cambio continuo y sucesivo de las dos formas cinética y potencial pero estas dos formas deberán ser constantemente iguales, y todo pasa como si la energía fuese exclusivamente cinética, para el efecto de aplicar el teorema de la menor acción. Así, pues, se debe presentar esta cuestión independientemente de toda hipótesis adjetiva sobre la manera de ser del éter y sobre la naturaleza elástica o electromagnética de las fuerzas que entran en juego en la propagación de la luz. Solamente hay que considerar la ecuación diferencial de la propagación luminosa, ecuación de valor positivo en la Óptica. Es por la solución ilusoria (plano de la onda), que se ha dado siempre a dicha ecuación, y por la hipótesis de un medio continuo y *gelatinoso*, que se ha originado una de las paradojas más rebeldes que se han presentado a la ciencia".

Más pudiéramos extendernos sobre este punto tan importante, en la presente reseña histórica del Observatorio de Bogotá, pero siendo muy reducido el espacio de que se dispone para ello, nos limitamos a copiar de la biografía de Garavito lo que se refiere a los trabajos prácticos realizados por éste en el Observatorio: "En 1901 absorbí toda su atención la determinación de la órbita del cometa brillante que tanto interés despertó no sólo entre los astrónomos, sino entre los profanos. No podía disponer para ello sino de un teodolito de topografía y de un cronómetro de bolsillo. Con tan exiguo instrumental logró determinar los elementos de la órbita a tiempo que en otros observatorios, infinitamente mejor dotados que el nuestro, se hacían observaciones y se llegaba a resultados que no fueron admitidos en el mundo científico. Es interesante leer lo que a ese respecto dice el mismo en la exposición que hizo de sus cálculos: "El método empleado en las observaciones fue impuesto por la clase de instrumentos que podíamos aprovechar, dada la pequeña altura a que era visible el cometa. El instrumento de que nos servimos fue un teodolito tránsito de la fábrica *Troughton and Sims* de Londres de graduación centesimal, y con nonios que permiten leer los arcos con medio centésimo de aproximación, pudiendo apreciarse el cuarto de centésimo. El anteojo de 51 milímetros de abertura, lleva un nivel cuya división vale 11"60. El círculo vertical lleva otro nivel fijo cuya división vale 19"76. Los instantes se observaban con un cronómetro de bolsillo de la fábrica *Lucien Du Bois*,

número 16.125, cuyo balancín da 21.600 oscilaciones por hora. El cronómetro está provisto de una aguja cronográfica, con la cual se puede fijar el instante con 1/6 de segundo de aproximación. La pequeña altura a que era visible el cometa al ocultarse el sol, no permitía hacer la observación sino en la azotea del Observatorio, sobre una pilastra de ladrillo en la que se colocaba el teodolito cuyos tornillos de nivelar se apoyaban sobre tres placas de cobre. Como en ese teodolito no se pueden iluminar los hilos dejando el campo oscuro, la visibilidad de éstos se hacía por medio de un reflector blanco adoptado al anteojo por su parte externa, frente al objetivo. Esta disposición permitía graduar la iluminación del campo, sin que se dejara por ello de ver el cometa. Sin embargo, la graduación de la luz en las dos últimas observaciones fue difícil". Para obtener con estas observaciones todos los elementos de la órbita cometaria tuvo Garavito que principiar por resolver once problemas preliminares y hacer multitud de cálculos para eliminar los errores instrumentales. Así, pues, reemplazó con su talento y su habilidad los instrumentos de que carecía".

Además de estos trabajos el Observatorio Astronómico Nacional practicó a órdenes de Garavito una observación muy completa del eclipse total de sol que tuvo lugar el 3 de febrero de 1916. En Puerto Berrio, a donde se trasladaron varios instrumentos del Observatorio, se hizo la observación con un cielo despejado que permitió tomar fotografías muy interesantes. Los cálculos y resultados de esta observación vieron la luz en los *Anales de Ingeniería*.

Para terminar la relación sucinta de las labores del doctor Garavito en el Observatorio se copia a continuación parte pertinente del estudio biográfico que hemos venido transcribiendo: "*Trabajos propios del Observatorio Astronómico y Meteorológico*.—Fuera de lo que hemos mencionado y que se refiere al estudio del clima del país, a la determinación de la latitud de Bogotá, a la desviación de la plomada por atracción de la cordillera, al cálculo de datos astronómicos para diversas regiones del país, a la determinación de órbitas de cometas, a la discusión de un asunto relacionado con las radiantes de bólidos, al estudio de algunos valores físicos, etc., es preciso en esta parte, hacer notar la importancia de las tablas de la luna (complemento de las Newcomb), que el doctor Garavito trabajó con gran constancia para dejar un monumento digno de él al Observatorio Astronómico de Bogotá y a la ciencia americana. Son estas tablas elemento necesarísimo para la corrección de la posición de la luna en el cálculo de las ocultaciones y de los eclipses de sol, y, en nuestro pobre criterio, pueden considerarse como la última palabra al respecto, pues en el planteo y resolución de las ecuaciones fundamentales se ciñó su autor a un método rigurosamente estricto. Al llevarse a cabo su terminación, entrando a los cálculos numéricos, que el doctor Garavito dejó iniciados pocos días antes de su muerte, lograría el Observatorio hacer una labor importantísima para la Astro-

nomía universal. Desgraciadamente, son otros los vientos que hoy soplan en las altas esferas oficiales, y no serán discípulos suyos quienes pongan mano a la obra del maestro. Estas tablas nunca se terminarán: irán al polvo de los archivos familiares con otras producciones inéditas de Garavito, para ser pasto de la polilla, mientras *sabios* extranjeros vienen exprofesamente a heredar las glorias patrias, como en tiempos de Boussingault. Perdónese esta consideración pesimista, acorde con lo que dijimos al principio del presente estudio. Nace ella de lo que ya ha ocurrido con el "Método para la determinación de la latitud", original del doctor Garavito, y que ya atribuyó a Chauvenet el *Anuario del Observatorio de Madrid* del año de 1917.

Una vez ocurrida la muerte del doctor Garavito el Gobierno Nacional dispuso la contratación de los servicios de un técnico extranjero para la organización del Servicio Meteorológico en todo el país, y entonces se proyectó una ley que organizara ambos servicios, el meteorológico y el astronómico.

La *exposición de motivos* para acompañar a ese proyecto de ley referente a la reorganización de los servicios meteorológico y astronómico del Observatorio Nacional dijo así:

"Por la Ley 47 de 1916 se dispuso la organización del Servicio Meteorológico de acuerdo con las insinuaciones formuladas en el segundo Congreso Científico Panamericano reunido en Washington. En ese Congreso se excitó a los gobiernos suramericanos para que procedieran a determinar el clima y demás condiciones físicas propias de sus respectivas zonas; excitación que se extendió principalmente a los países ecuatoriales. De acuerdo con esto, el Observatorio de Bogotá formuló el proyecto que aprobó el Congreso por medio de la citada ley, y aprovechando el viaje de un ingeniero nacional (8) lo comisionó *ad honorem* para que estudiara en Europa y en Estados Unidos la organización de dicho servicio. El Director del Observatorio en ese entonces, doctor Julio Garavito A., se propuso dividir la actuación científica en este Instituto de acuerdo con las ideas del actual Director del Observatorio de París, y atender así a la petición del segundo Congreso Panamericano.

"Para la parte astronómica formuló el siguiente programa:

1º Determinación de la longitud absoluta de Bogotá por medio de señales inalámbricas; 2º Colección de datos simultáneos con otros Observatorios de Norte y Sur América para la corrección de la paralaje lunar; 3º Formación de unas tablas de la luna; 4º Determinación de ciertas constantes físicas: intensidad de la gravedad en Bogotá, intensidad y dirección del campo magnético terrestre, influencia de la refracción en el fenómeno observado por la Oficina de Longitudes respecto de la disparidad sistemática que aparece en el cálculo de la hora tomada por la mañana y por la tarde, etc; 5º Colabora-

(8) Este viaje fue emprendido por nosotros con nuestros propios recursos y sin recibir un centavo del Gobierno.—J. A. LL.

ción crítica en el campo de la Física moderna e investigaciones originales referentes a teorías e hipótesis físicas y matemáticas; y 6º Colaboración directa en la obra de la Oficina de Longitudes.

"Respecto del Servicio Meteorológico el doctor Garavito se propuso desarrollarlo de acuerdo con la ley citada, pero tropezó con dificultades pecuniarias del Tesoro público.

"Muerto el doctor Garavito el supremo Gobierno designó para sucederle al R. P. Simón Sarasola, meteorólogo muy competente del Observatorio de Santiago de Cuba. En vista de que se trataba de la organización del Servicio Meteorológico, el R. P. Sarasola propuso que se le encargara únicamente el ramo en el cual es perito, dejando a los ingenieros nacionales la continuación de los estudios indicados atrás, el desarrollo del plan concebido y realizado en parte por uno de los matemáticos más avanzados de la América Meridional. Una vez que el R. P. Sarasola no desea acometer esta empresa, sería de lamentar que quedara inconclusa o que no se llevara a cabo por personas que hubieran estado directamente empapadas en las ideas del sabio profesor colombiano. Por estas y otras razones de peso, el Poder Ejecutivo dictó el decreto número 455 de abril de 1921, por el cual se asignan funciones y se independizan ambos servicios, meteorológico y astronómico, en el Observatorio Nacional. Como el decreto en cuestión se dictó atendiendo a una necesidad evidente y en espera de la ley respectiva, la presente exposición se limita a encarecer se preste atención a la justa petición del R. P. Sarasola y a los deseos manifestados por el gremio de ingenieros nacionales".

A pesar de esta exposición de motivos que conoció oportunamente el Poder Ejecutivo, éste se abstuvo de hacer nada efectivo al respecto, y así el Observatorio Astronómico Nacional fue abandonado completamente, por espacio de diez años, durante los cuales el local acabó por arruinarse y los escasos elementos que quedaron después de la muerte del sabio Garavito se extraviaron en parte y en parte se dañaron. Tal estado de cosas movió al Gobierno actual a ordenar la reorganización del Observatorio por medio del decreto número 1806 de octubre 25 del año próximo pasado; decreto que también proveyó a dar cumplimiento a la ley respectiva que dispuso la reorganización de la Sociedad Geográfica de Colombia, entidad adjunta al Observatorio desde un principio (9).

* * *

En las notas editoriales del presente número de esta Revista de la Academia Colombiana de Ciencias se han tocado algunos puntos referentes a la historia de este Instituto de manera circunstancial y brevemente, con el propósito de demostrar cómo las cró-

(9) Acta de entrega del Observatorio Astronómico en noviembre de 1930: "En Bogotá, a 4 de noviembre de 1930, reunidos en el Observatorio Astronómico Nacional los abajo firmados: Julio Carrizosa Valenzuela, Rector de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería, Arturo Jaramillo C., Director de la Sección de Edificios Nacionales del Minis-

terio de Obras Públicas, y Jorge Alvarez Lleras, recientemente nombrado Director del Observatorio, para inspeccionar el estado del edificio y del material del mismo y proyectar las reformas que deben hacerse de acuerdo con lo dispuesto por el Decreto ejecutivo número 1806 de 1930 (octubre 25) (artículos 2º y 3º del mismo decreto), resolvieron dejar constancia de lo siguiente:

1º El estado general del edificio y de su dotación no puede ser más lastimoso e indica que se ha tenido en el más completo abandono, siendo, pues, necesaria su inmediata reparación para evitar una ruina completa.

2º El propio edificio necesita la consolidación de la bóveda del salón central, que muestra una grieta de 4 a 5 cm. de ancho y que se extiende desde la clave hasta más abajo de los arranques. Jaramillo estima que debe hacerse tal consolidación mediante tres o cuatro costuras con bloques de concreto armado en forma de colas de pato dobles incrustadas en el mazo de la mampostería. También opina el mismo que debe rellenarse la misma grieta que se presenta por el paramento correspondiente al muro exterior, evitando con una reparación conveniente de las canales de desagüe, las infiltraciones que actualmente están destruyendo los enlucidos de la bóveda y de los muros del salón central.

3º Como los adornos que coronaban el ático de la azotea, construidos primitivamente de loza colonial, están en parte destruidos, faltando algunos totalmente, es aconsejable construirlos de cemento para que el conjunto exterior del edificio quede restaurado en su aspecto primitivo. Igual observación se extiende a todas las cornisas, columnas y cornizones exteriores que forman la ornamentación exterior, que deben ser reparados en su totalidad.

4º La mayor parte de las ventanas del salón central necesita reparación inmediata para que no continúen entrando el viento y la lluvia. Algunas ventanas necesitan marcos y tableros nuevos y muchos vidrios de repuesto. Asimismo se observa que el piso del salón central de ladrillos removidos y rotos, necesita hacerse totalmente de nuevo.

5º Igualmente el piso de madera podrida del salón bajo, requiere ser cambiado por cualquier otro pavimento decente. Además, en este salón se hace indispensable colocar bastidores de vidrios en las ventanas para que no entren a él libremente la lluvia y el viento, que lo hacen inhabitable.

6º El estado de desconchamiento y suciedad de los paneles o enlucidos de ese salón bajo y de la escalera de la torre, reliquia magnífica del arte arquitectónico colonial, exige imperiosamente que tales enlucidos se hagan nuevos con cal y cemento. Igual observación se extiende al interior del salón central.

7º En resumen: todo el edificio, interior y exteriormente, necesita enlucidos nuevos, pintura y decorado.

8º Para poder utilizar la azotea y colocar en ella instrumentos meridianos de observación se ha convenido en construir sobre los muros, en la dirección del meridiano, una viga de concreto armado de peso considerable (12 toneladas) que debe soportar dos pilas de concreto: la una para el anteojo de pasos meridianos, la otra para el círculo meridiano.

9º Para cubrir estos instrumentos y alojar los péndulos

vatorio después de la muerte de Caldas y citándose a las instrucciones y al plan propuesto por su primer Director, hubiera sido fácil a cualquiera organizar un servicio de Observaciones permanentes que en el ramo de la Meteorología, tan solo, habría prestado a la Ciencia invaluable elementos, ya que hoy tendríamos cerca de ciento treinta años de registro de lluvias, temperaturas, velocidades y dirección de los vientos, presión atmosférica, etc., en la forma como lo pensó Caldas.

Pero ese cualquiera, ese alguien, provisto de patriotismo y de algo siquiera de espíritu científico de investigación, jamás se presentó a continuar la obra del Fundador y perpetuarla a lo largo de la historia del país. Ese alguien estuvo siempre ausente en el desarrollo de esta obra sencilla y trascendental, que al haberse prolongado permanentemente y de modo homogéneo por espacio de ciento treinta años en el Continente americano, suministraría hoy preciosos datos para cotejar las oscilaciones del clima en los trópicos con las variaciones de la radiación

de tiempo sidéreo y medio, los aparatos receptores de señales inalámbricas y demás instrumental, será necesario hacer una casilla en dicha azotea de cemento armado con una abertura meridiana en el techo.

10º En la torre de la escalera y sobre el cuarto que hoy contiene el reloj para el público, será necesario construir un piso soportado sobre una viga y una columna de concreto armado. Además, los muros de la torre se deben elevar dos metros más para que la cúpula actual permita la colocación de un anteojo ecuatorial de 200 mm. de apertura y tres metros de distancia focal. La cúpula giratoria actual está totalmente destruida y necesita, para que gire, rodar sobre ruedas con esferas en un riel circular. Mediante un mecanismo eléctrico de cremallera, deberá ella girar en uno u otro sentido. En el estado actual esta cúpula, casi desahogada e incrustada sobre los muros de madera podrida que le sirven de fundamento, amenaza ruina inmediata.

11º En el Jardín es indispensable construir dos pequeños pabellones para el uso de un electroscopio, el uno, y para colocar un péndulo libre al vacío, el otro. Esto es absolutamente indispensable, pues en el edificio central no hay lugar para estos instrumentos. Además, la verja del Jardín y la portada tienen que ser totalmente reparadas. El Jardín también necesita un arreglo conveniente.

12º Para servicio del edificio se necesita una instalación eléctrica decente, teléfono, etc., y condiciones convenientes con alguna estación radiodifusora para el envío de señales horarias.

Fuera de las reparaciones y construcciones inaplazables que se indican, se hace constar que el material escaso de observación está casi destruido en su totalidad. Los anemómetros y pluviómetros hallados, se encuentran perforados a bala; los poros anteojos para aficionados tienen las lentes rotas o han sido comidos por el polvo y la herrumbre. No hay muebles decentes que merezcan el nombre de tales. En el salón bajo se encuentran hacinados multitud de objetos inservibles: bancas destruidas de las Escuelas del Municipio, alfombras viejas, cajas vacías, etc., etc., que es necesario sacar para emprender la reconstrucción del edificio. En el salón central hay unos pocos libros y gran cantidad de cuadernos o publicaciones periódicas, muchas sin sacar de sus envases. También se pueden inventariar dos mesas viejas, dos armarios inservibles, un escritorio deteriorado y varias sillas en el más absoluto abandono. Como muestra de que el edificio servía para regocijos estudiantiles se han encontrado también cascos de botella, restos de disfraces de carnaval y basura de distinto origen, acumulada por los ríñones.

De estas observaciones deducen los firmantes de la presente Acta, que una vez arreglado el edificio, no se perderá el provecho de instrumentos modernos y apropiados a la índole de trabajos que ha proyectado su Dirección actual, de acuerdo con la Facultad de Matemáticas e Ingeniería.

En constancia de lo expuesto se firma la presente acta, a cuatro de noviembre de mil novecientos treinta.

Jorge Alvarez Lleras.—Julio Carrizosa Valenzuela.—Arturo Jaramillo C."

solar y con los períodos undecenales de las manchas del sol, por ejemplo.

Alto honor nos cupo en Colombia al erigir en Bogotá el primer Observatorio de América, y altísimo nos cabría si al esfuerzo inicial hubiera correspondido algo digno de él en las épocas posteriores, pues, entonces sí podríamos hoy decir que habíamos contribuido con un aporte importante a la Ciencia universal.

Pero es la Ciencia tan desgraciada entre nosotros, que probablemente, ese cualquiera hipotético, ese alguien a que aludimos, hubiera sido víctima de la incompreensión y del abandono al haber vivido inspirado por el desinterés científico necesario para el sólido establecimiento de la tradición investigadora organizada, con discípulos perpetuados a través de las generaciones y con escuela propia y definida.

Y hasta en el ramo de la Astronomía, a más de los estudios meteorológicos propios de la zona ecuatorial, habría podido el Observatorio de Caldas prestar servicios de importancia, por cuanto con elementos no muy costosos, hubiérase desde entonces colaborado en la labor de catalogación emprendida posteriormente por el Observatorio del Cabo, en la zona austral del cielo, desconocida e inexplorada por los astrónomos europeos.

¿Y qué decir del impulso que el Observatorio de Bogotá, como heredero de la Expedición Botánica, habría dado a las Ciencias naturales en Colombia, si hubiera continuado la tradición de su excelso fundador con una obra constante de divulgación y fomento y sirviendo de centro a la exploración y conocimiento del territorio patrio, como lo hizo brevemente años después, con la Comisión Corográfica?

Ciertamente, y como se dijo en las notas editoriales, al hacer la historia del Observatorio, se hace una triste historia y se provoca la justa indignación del patriotismo verdadero, que tiene hoy que avergonzarse al recordar cómo en alguna época sombría se vendían refrescos de dulces helados, por mujeres irresponsables, en el primer templo consagrado a *Urania en el Nuevo Continente*, o en otra, no menos oscura, se sacaban los restos del Archivo de la Expedición Botánica por soldados obrios y embrutecidos para hacer cartuchos con pólvora fratricida en alguna de nuestras contiendas civiles.

Cuando Caldas subió al cadalso, porque España no necesitaba de la Ciencia, según opinaron sus verdugos, existía en el Observatorio un instrumental apropiado para el género de observaciones que se habían emprendido (11), y que aunque muy modesto,

(11) Inventario de los instrumentos que se encontraron en el Observatorio Astronómico de Bogotá, poco después de la actuación de Caldas: Dos telescopios de Dollond, con pies de bronce. Otro telescopio pequeño. Tres telescopios de bronce catóptricos. Cinco anteojos de mira, descompuestos, el uno pequeño. Un teodolito de Adams. Dos sextantes con limbo de platina. Un cuadrante de Sidney. Tres microscopios compuestos. Un cuadrante pequeño. Un antejo catóptrico. Cuatro brújulas. Un cronómetro. Un sextante de bolsillo. Un microscopio solar. Un sextante de bolsillo. Un termómetro de Nair. Tres termómetros más. Un termómetro de Dollond. Un pesalicores. Dos higrometros. Dos globos, uno celeste y otro terrestre. Una esfera armil-

había servido largo tiempo a quienes se hubieran consagrado a la tarea iniciada mediante ese espíritu de tradición que nos ha faltado en el país en materia científica. Y, así, pues, por causa de esa falta que anotamos no debe totalmente sorprendernos que treinta años después de la muerte de Caldas no existieran en el Observatorio sino restos miserables del instrumental que había allí merced a la generosidad del Gobierno de la Colonia (12).

Un concepto benigno, si así puede calificarse, sobre la marcha del Observatorio en las épocas oscuras posteriores a Caldas, aparece en las siguientes líneas de Garavito, que resumen la historia accidentada y triste que hemos venido comentando. Dijo así el sabio astrónomo, con ocasión del primer centenario del Instituto fundado por Mutis:

"La historia de un establecimiento de esta naturaleza debe ser la de los trabajos en él ejecutados. Desgraciadamente los materiales que poseemos a este respecto son escasos, ya porque no haya habido aquí costumbre de conservar archivo de trabajos inéditos, ya porque estos originales han podido sufrir la suerte de otras muchas cosas útiles bajo la acción destructora de nuestras disensiones armadas en las varias épocas en que ha sido ocupado militarmente el Observatorio. No es, por consiguiente, posible hacer una reseña de estas labores benéficas, sin exponerse a omitir trabajos que hubieran sido título de gloria para sus autores si hubieran sido conocidos y aprovechados por la posteridad.

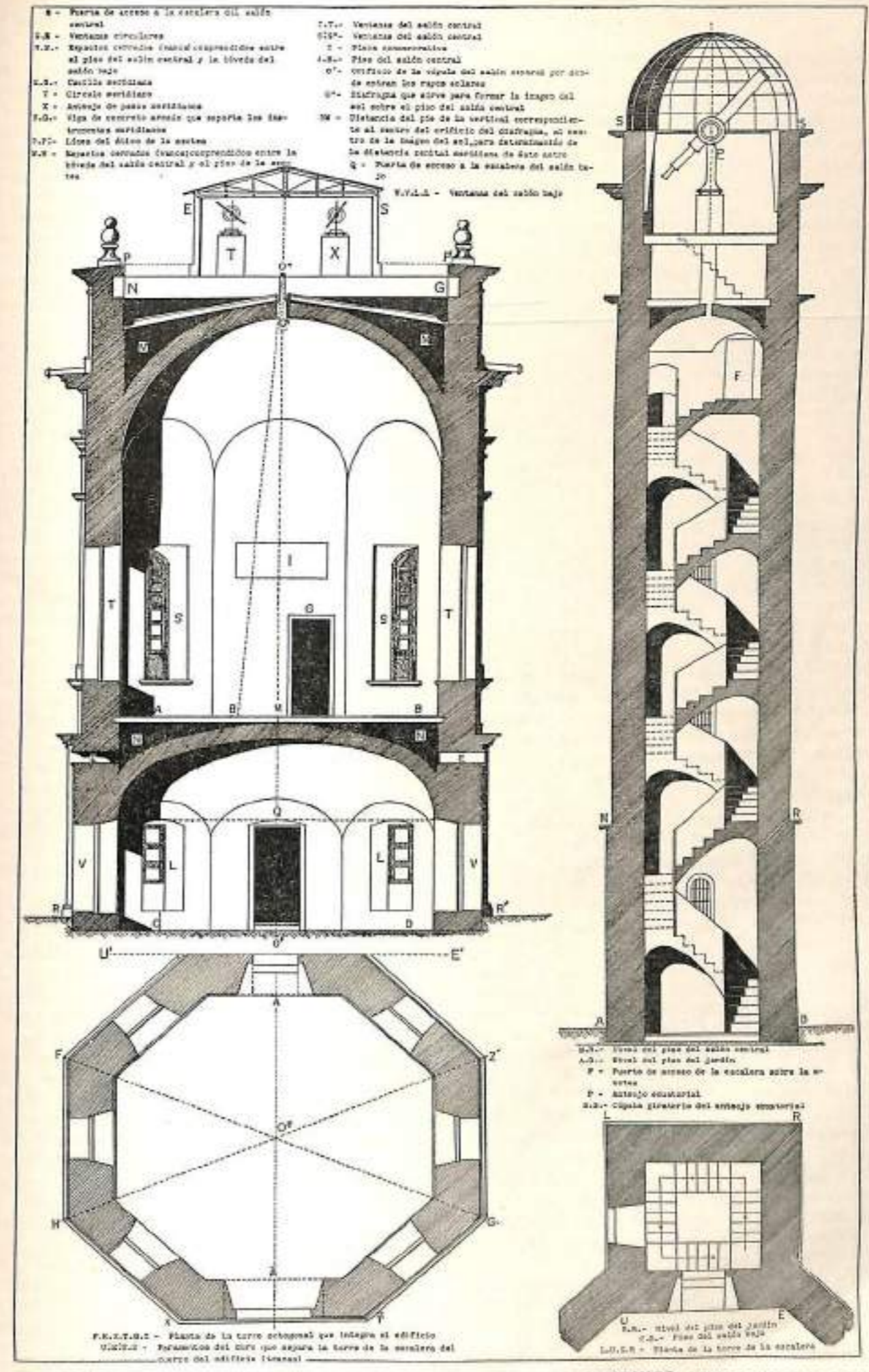
"Francisco José de Caldas lo estrenó en 1805 por iniciación de Mutis; trazó la meridiana en este salón, e instaló los instrumentos enviados para el Observatorio por orden del Rey, los donados por D. José Ignacio Pombo y un péndulo Graham traído por los académicos franceses que midieron el arco meridiano. Practicó, además, varias observaciones astronómicas y meteorológicas durante los años en que desempeñó la dirección del Observatorio: observaciones meridianas del sol y de estrellas, de eclipses, ocultaciones, emergencias e inmersiones de los satélites de Júpiter; pero por desgracia no se han transmitido hasta nosotros sino unos pocos datos meteorológicos referentes al año de 1808, los cuales se hallan consignados en su "Semanao".

"Los trabajos ejecutados por Caldas antes de encargarse del Observatorio eran ya numerosos. A su regreso de Quito (1805) trajo un herbario de seis mil muestras; dos volúmenes de descripciones y dibujos; varias muestras de minerales, y multitud de posiciones geográficas y de datos importantes para

lar. Una máquina neumática, despedazada. Dos péndulos. Una lente grande. Un teodolito con pies de madera. Un oculto. Una linterna astronómica. Descientos veinticuatro mapas. Este inventario fue hecho por don Benedito Dominguez, el 20 de septiembre de 1814.

Como puede verse, en ese año ya se habían perdido del Observatorio los siguientes objetos: Un cuarto de círculo de Simon. Dos teodolitos de Adams. Dos cronómetros de Emery. Un cuarto de círculo de Bred. Un péndulo astronómico de Graham, y la lámpara de Cuenca.

(12) En una nota puesta al pie de la descripción del Observatorio, de Caldas, por el General Acosta, se afirma que en 1840 existían en el Museo Nacional péndulo astronómico de Graham, el cuarto de círculo de Simon y la lámpara de Cuenca.



SECCIONES Y PLANTA DEL EDIFICIO DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO (DISEÑO DE MERCEDES CAROL)

la formación de nuestra carta. Todo ese material, contenido en diez y seis cajas, lo presentó a Mutis, y debe existir en la Expedición Botánica de Santafé. Caldas lo reclamó después de la muerte del ilustre botánico, para arreglar los trabajos y publicarlos, pero no lo consiguió. De todo ese material y de los trabajos no menos importantes del sabio naturalista español no se salvó sino muy poco.

“La copia de una de las memorias que remitió a Mutis (publicada en Burdeos el año de 1819), referente a un Nuevo método de medir las montañas por medio del termómetro y del agua hirviendo, comprueba que Caldas fue el inventor del hipsómetro. La ruptura del termómetro que llevaba en un viaje al volcán de Puracé, a principio del año 1801, lo indujo a tratar de utilizar sus fragmentos. Marcó, para el efecto, el punto de fusión del hielo, pero al tratar de fijar el de ebullición, comprendió la imposibilidad en que se hallaba, puesto que la temperatura de ebullición depende de la presión atmosférica, como lo había demostrado el ilustre norteamericano Franklin. Esta idea le sugirió la de que la temperatura de ebullición podría servir, previos experimentos, para determinar la presión atmosférica, y que el termómetro podría, en consecuencia, reemplazar al barómetro.

“En la página 10 de su memoria dice: “El calor del agua (hirviendo) nos indica la presión atmosférica del mismo modo que el barómetro; luego podemos darnos las elevaciones de los lugares con tanta seguridad como aquél. ¿Será ésta una verdadera invención? ¿Habré adivinado en el seno de las tinieblas de Popayán, un método que estará hallado y perfeccionado por algún sabio europeo? O por el contrario, ¿seré yo el primero a quien se hayan presentado estas ideas?”

“Y más adelante agrega: “¿Qué suerte tan triste la de un americano! Después de muchos trabajos, si llega a encontrar alguna cosa nueva, lo más que puede decir es: no está en mis libros.”

“Y para satisfacción de Caldas, este invento no lo estaba tampoco en los libros de Humboldt, como tuvo ocasión de manifestarlo el sabio alemán, al cual interrogó Caldas. Humboldt era el llamado a aclarar las dudas de nuestro distinguido compatriota, puesto que antes de emprender sus viajes a Sur América había estudiado en profeso los aparatos más adecuados de su época para las exploraciones científicas; ¿y qué aparato tan portátil a la vez que exacto como el termómetro hipsométrico?”

“Provisto en ese año de un barómetro de mercurio y de un termómetro hizo varias observaciones de comparación a diferentes alturas sobre el mar, con el fin de hacer, como hizo, una tabla que diese las presiones correspondientes a diferentes temperaturas de ebullición. Los resultados que obtuvo difieren muy poco de lo que han dado hoy las más exactas determinaciones a ese respecto.

“Sin embargo, el aparato de Caldas es conocido en el mundo con el nombre de hipsómetro de Regnaud, en honor del sabio francés que, después de

medio siglo (1844), hacía observaciones en el gran laboratorio de París, referentes a las temperaturas máximas del vapor de agua.

“No es esta la única injusticia que se ha cometido en ese orden de hechos: lleva el nombre de versier el instrumento inventado por el astrónomo portugués Pedro Núñez, para aumentar la precisión de las medidas angulares y lineales; la fuerza expansiva del vapor de agua era utilizada en España mucho tiempo antes de que Denis Papin construyese su marmita; el aparato conocido con el nombre de anillo Gramme (constructor francés) fue debido al modesto electricista italiano Paccinoti; el planímetro Ernst (constructor parisiense) fue inventado por el ingeniero suizo Oppikofer, y algunos célebres físicos contemporáneos, de gloria universal, llevan, según se dice, entre sus laureles, algunas de las producciones del malogrado Profesor de Milán, Galileo Ferraris.

“Por una imperfección de la naturaleza humana el hombre se paga de los honores; y cuando trabaja por el bien general o en la investigación de la verdad, no tiene siempre la grandeza de espíritu necesaria para contentarse con el éxito efectivo de su trabajo; necesita también que su labor le sea reconocida por los demás, es decir, que su nombre quede unido a su obra. De aquí que en este orden de hechos toda injusticia sea funesta por retraer de esa clase de aspiraciones a muchos que pudieran leer directamente en el gran libro de la naturaleza. Por lo cual, la cometida con nuestro malogrado compatriota, ha podido tener influencia perniciosa en el desarrollo intelectual de nuestro país.

“Caldas contribuyó considerablemente a la formación de la Geografía de Colombia, pues fijó la posición de muchas poblaciones, principalmente en el Cauca; y levantó también una extensa región en la Provincia de Quito.

“Sus observaciones eran de una precisión admirable, dados los medios con que trabajaba; así, la latitud que obtuvo para el Observatorio (4° 35' 6" N) fue más precisa que la de los exploradores alemanes Reiss y Stübel, quienes visitaron a Colombia en 1868, y aun de la obtenida por Humboldt, habiéndose servido, para el efecto, del mismo instrumento y de los mismos métodos que empleó el célebre Barón.

“Las ideas de libertad preconizadas por los filósofos del siglo XVIII, armonizaron de tal manera con los sentimientos y aspiraciones de los hijos de Hispano-América, que la sangre derramada y el grave trastorno causado por la gran Revolución Francesa, no fue bastante a aminorar la fe que se tenía en la eficacia de las nuevas doctrinas. Si el clima de Europa era inadecuado para la libertad hasta el punto de no producir sino espinas que hacían manar a torrentes la sangre humana, al contrario, en el suelo propicio de la América la maravillosa planta debería desarrollarse en todo su esplendor, y dar, como seguros frutos, la moralidad y la justicia en acción, y consecuentemente el progreso y el bienestar individual y colectivo. Tales fueron las con-

vicciones de los fundadores de nuestra Patria, los cuales, animados por los más nobles sentimientos de humanidad, sacrificaron su vida y el bienestar de sus familias para redimir a su país. Uno de esos nobles espíritus fue el de Caldas, quien hacía parte del grupo de altivos patriotas que celebró sus primeras reuniones en el salón central del Observatorio para organizar el grito de independencia el año de 1810.

“Los acontecimientos políticos en los cuales tomó Caldas una activa participación, lo distrajeron de sus estudios favoritos. En 1813 tuvo que ausentarse de Bogotá a consecuencia del ataque de Baraya al Gobierno provisorio; y poco tiempo después fue hecho prisionero y fusilado por las tropas españolas, en 1816.

“El Observatorio quedó en receso hasta 1823, fecha en la cual visitó la Nueva Granada un joven francés, de veinte años de edad, quien tan pronto como terminó sus estudios de Ciencias naturales en París, recorrió varios de los países sudamericanos. A su llegada a Bogotá se le permitió practicar en el Observatorio una serie de observaciones meteorológicas, las cuales se hallan publicadas en los “Anales de Instrucción Pública”. Los datos recogidos en Sur América, por este joven viajero, llamado Juan Bautista José Diendonne Boussingault, formaron el primer peldaño de la gloriosa carrera de este ilustre químico y agrónomo.

“Después de Boussingault el Observatorio quedó a cargo de algunos célebres compatriotas, como lo fueron, sucesivamente, el astrónomo don Benedito Domínguez, el botánico don Francisco Javier Matiz y el geógrafo don Joaquín Acosta, a quien se debe una carta de la República, basada en los datos hasta entonces recogidos. De esa época sólo se conservan algunas observaciones meteorológicas, debidas al mencionado Coronel Acosta.

“En 1846 el general Mosquera lo dotó de varios instrumentos útiles, lo anexó al Colegio Militar y lo puso a cargo del Profesor francés Aimé Bergeron, quien dictó aquí varias conferencias de matemáticas a discípulos distinguidos que dieron después lustre a nuestra tierra, como fue la legión de ingenieros que se educó en el antiguo Colegio Militar.

“Al hablar del Observatorio no puedo menos de recordar con veneración la obra magna ejecutada en aquella época por la Comisión Corográfica, cuyo jefe fue el ilustre geógrafo Coronel don Agustín Codazzi.

“La ley de 29 de mayo de 1849 ordenó que en el curso de ese año se principiara el levantamiento de la carta de la República, y el 26 de diciembre se celebró el contrato conducente, bajo la Administración del general don José Hilario López.

“La Comisión dirigida por el distinguido geógrafo mencionado se componía del notable jurisconsulto don Manuel Ancizar, encargado de la Geografía física y política, del célebre botánico don José Triana y del hábil dibujante don Camilo Fernández.

“El doctor Ancizar permaneció poco tiempo en la Comisión, pues sólo recorrió las provincias del norte de la Nueva Granada, de las cuales hizo una brillante descripción, publicada con el nombre de Percepción de Alpha; lo reemplazó don Felipe Pérez, quien viajó por Antioquia y las Provincias del sur, y cuyos apuntes fueron publicados en El Neogranadino. Al señor Fernández lo reemplazaron sucesivamente, los señores don Enrique Price y don Manuel M. Paz. Este último acompañó al célebre geógrafo hasta su muerte, acaecida después de nueve años de magna labor, en el pueblo del Espíritu Santo, al recorrer el Departamento del Magdalena, única región que le faltaba por explorar.

“Para utilizar los trabajos del Coronel Codazzi se nombró en 1861 una Comisión compuesta de los señores don Manuel Ponce de León, don Felipe Pérez y don Manuel M. Paz, quienes publicaron la carta que actualmente poseemos.

“El nombre de Codazzi quedará ligado imperecederamente a la Geografía de nuestro país y será recordado con gratitud por los hijos de Colombia.

“Durante la revolución de 1854 estuvo en receso el Colegio Militar, y el Observatorio quedó en poder del Jefe del Estado Mayor del ejército del dictador Melo, quien permitió a la soldadesca arruinar el edificio. Después de la entrada del ejército constitucional, éste no era sino un terreno vacío.

“En 1857 el explorador señor Frisak practicó aquí algunas observaciones y halló la declinación de la aguja magnética, que era de 6° 10' 10" al E.

“En 1859 fue nombrado el ilustrado ingeniero señor don Cornelio Borda para dirigir el Observatorio. Apenas había hecho algunas reparaciones al edificio y lo había provisto de algunos instrumentos, cuando la revolución de 1860 interrumpió los trabajos.

“En los días 24, 25 y 26 de febrero de 1862 el ejército del general Leonardo Canal hizo del Observatorio una fortaleza, desde la cual un cuerpo de tiradores sostuvo sangriento combate contra la iglesia y el cuartel de San Agustín.

“Ese mismo año fue puesto el Observatorio bajo la dirección del distinguido ingeniero señor don Indalecio Liévano. Durante ese tiempo se hicieron varias observaciones meteorológicas y se determinó con mucha precisión la altura de Bogotá sobre el nivel del mar. El valor hallado por el señor Liévano fue de 2.634 metros, el cual concuerda bastante bien con el obtenido después por nuestro colega y amigo el ingeniero don Rafael Álvarez Salas.

“Por iniciativa del Presidente de la República, en 1866, el general Tomás C. de Mosquera, se aprobó la ley de 28 de agosto de ese año, por la cual se creó el Cuerpo de Ingenieros nacionales destinado al perfeccionamiento de nuestra carta, y fue nombrado el señor Liévano Jefe de dicho Cuerpo, el cual debía tener como centro de operaciones a nuestro Observatorio. La conspiración del 23 de mayo de 1867 interrumpió de nuevo los trabajos y convirtió al edificio en prisión de Estado.

"El 19 de febrero de 1868 fue nombrado Director del Observatorio el señor don José María González B.; y en ese mismo año se permitió practicar allí algunas observaciones astronómicas a los exploradores alemanes Reiss y Stabel, que hemos mencionado. En 1872 se separó el señor González con el objeto de hacer un viaje para visitar los principales observatorios europeos. En su reemplazo fue nombrado el distinguido ingeniero don Luis Lleras, notable Profesor encargado entonces del curso de Astronomía y Geodesia de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Nacional.

El Profesor Lleras utilizó el Observatorio en el servicio del tiempo local, y hubiera fijado su posición geográfica definitiva, si la revolución de 1876 no hubiera interrumpido de nuevo los trabajos, convirtiendo el edificio en puesto militar.

"En 1880 se abrió de nuevo el Observatorio bajo la dirección del señor González Benito, quien mejoró el edificio y lo proveyó de algunos instrumentos traídos por él de Europa y cedidos en venta al Gobierno. Dicho señor hizo una serie de observaciones meteorológicas que se hallan publicadas en los "Anales del Observatorio Astronómico" y en los de "Instrucción Pública", entre las cuales figura la declinación de la aguja magnética en marzo y abril de 1881. El valor hallado fue de $4^{\circ} 43' 10''$ E.

"El señor González, en su viaje a Europa, había estrechado relaciones con varios de los sabios europeos, a quienes hizo miembros correspondientes del Instituto de Colombia, del cual era su primer Presidente. La Francia, que premia con justicia a los que trabajan por el adelanto de las ciencias, le confirió todos los honores que se conceden a los más distinguidos sabios extranjeros.

"Caducado el contrato celebrado con el señor González en 1892, cuando era Ministro de Instrucción Pública el señor don José Ignacio Trujillo, se confirió este edificio al Profesor del curso de Astronomía y de Geodesia de la Facultad de Matemáticas, a cargo de quien escribe estas líneas.

"El Observatorio carecía entonces de los instrumentos más indispensables, como reguladores del tiempo, instrumentos de medidas angulares y aun de barómetros; pero gracias al espíritu progresista de los señores doctor Liberio Zerda y Pbro. Rafael María Carrasquilla, Ministros de Instrucción Pública en la Administración del señor Caro, se proveyó al Observatorio de péndulos, de teodolitos y de varios otros instrumentos con los cuales se han hecho útiles aplicaciones.

"El edificio del Observatorio manifiesta en su misma forma, puesto que es un *gnomon*, el objeto especial para el cual fue construido.

"Las grandes ventanas distribuidas uniformemente en contorno del salón central, permiten observar cómodamente la altura de los astros para el servicio de la hora, y la azotea destinada al anemómetro y al pluviómetro hacen de él un buen pilar astronómico, a la vez que una estación meteorológica; es

decir, el departamento más modesto, pero el más indispensable de todo observatorio.

"No se pretendió hacer un monumento completo destinado a las elevadas investigaciones de los sabios, sino un edificio en donde se aplicasen los conocimientos adquiridos por la Ciencia a las incipientes necesidades del país. Este edificio se hizo para reloj de la población, servicio que presta actualmente.

"Mutis sabía muy bien que la cultura científica marchaba paralelamente con el grado de progreso general para que pretendiese establecer en un rincón de la América intertropical un gran observatorio destinado a los altos estudios.

"No existen, por ello, los varios departamentos destinados al círculo meridiano, ni a los ecuatoriales, ni, en fin, a esa multitud de grandes instrumentos de precisión de que disponen los observatorios de primer orden.

"No existe, por ello, tampoco, un archivo del cual podamos formar un catálogo de estrellas, fundado en observaciones meridianas aquí ejecutadas como trabajo secular del Establecimiento, del cual podamos deducir las constantes de precesión, nutación y aberración, ni las pequeñas oscilaciones del eje polar. Tampoco existen trabajos referentes a paralajes estelares, ni, en fin, toda esa multitud de estudios de precisión en que se ocupan los observatorios en los países ricos.

"En cambio, hemos podido presentar una noción del clima de esta altiplanicie y la posición del Observatorio, que servirá de estación central para el cambio de señales telégraficas en la determinación de las diferencias de longitud de nuestras poblaciones en provecho de la carta de nuestro país.

"El Observatorio de Tacubaya, en México, presta con su departamento cronográfico, un valiosísimo contingente a la Geografía de su nación; y como ese departamento lo posee el nuestro, aunque modestamente, debíamos utilizarlo en igual sentido. Tal fue el objeto para el cual se creó la Oficina Colombiana de Longitudes, gracias a las elevadas y patrióticas miras del Ilustrado Vicepresidente de la República, Excmo. señor D. J. Manuel Marroquín, quien con la colaboración de su Ministro de Guerra, el inteligente ingeniero don Alfredo Vásquez Cobo, le ha prestado decidido y eficaz apoyo".

Haciendo un breve resumen de la historia del Observatorio diremos: Fundado en 1803, no entró a funcionar sino en 1805; Caldas lo regentó hasta 1812, poco más o menos. Después estuvo en receso hasta 1823, y de ese año en adelante medio funcionó, adscrito al Museo Nacional, con la intervención de Domínguez, Matiz y Acosta, sin dejar casi nada para la Ciencia durante ese lapso de tiempo. De 1846 a 1850 estuvo bajo la dirección del Colegio Militar para servir, principalmente, de centro a los trabajos de Codazzi; y en ese entonces prestaba, a veces, el oficio de lugar de castigo estudiantil. De 1850 a 1852, la mejor época del Observatorio de Mutis, *funcionó en él una heladería santafereña, y cuentan las*

crónicas que entonces en el salón central se expendían sorbetes y en el salón bajo se guardaba el "granizo" que servía para su preparación! De 1852 a 1854 el Observatorio fue taller de fotografía, y en 1854 sirvió al Dictador Melo de cuartel general. Entonces la soldadesca no iba dejando ni las paredes del edificio. No se sabe qué suerte corrió el Observatorio después de derrocada la dictadura de Melo y sólo hay noticia cierta de que en 1859 trató de salvarlo de la ruina don José Cornelio Borda. Pero este esfuerzo no duró mucho, pues se cerró el Establecimiento con motivo de la guerra de 1860, sirviendo, en 1862, de fortaleza al general Canal para bombardear los cuarteles de San Agustín. Afortunadamente para la Ciencia colombiana, a fines de 1862 se encargó del Observatorio Indalecio Liévano, quien lo dotó de instrumentos y realizó en el trabajos científicos de verdad. Pero un hado funesto perseguía al Templo de Urania exaltado por Caldas, pues, a poco tiempo, en 1867, servía de prisión de Estado! En 1868 se nombró Director del Observatorio a González Benito, quien estuvo largo tiempo viajando por Europa y dejó en su reemplazo a Luis Lleras, quien lo utilizó hasta 1876. De este año hasta 1880 estuvo en receso, por causa de la guerra civil del 76; y en 1881 se encargó de nuevo de la Dirección del Instituto González Benito, cuando no quedaba en él ni un instrumento, ni un libro, ni mobiliario alguno. Por eso, en 1882 González Benito colocó la placa reproducida en esta edición de la Revista de Ciencias, como testimonio de agradecimiento a la Administración del doctor Núñez que, por fin, prestaba su apoyo al Observatorio para convertirlo en un lugar de estudio y observación.

De la comparación detenida que hemos efectuado de los diversos inventarios que del Observatorio se han hecho durante todo el decurso de su accidentada existencia, cada vez que se ha reorganizado después de un colapso, más o menos largo, resulta que los instrumentos, libros y aparatos con que se le ha dotado en diversas ocasiones, se han perdido totalmente. Lo mismo ha ocurrido con los archivos de las observaciones y de los cuales no ha quedado ni huella. Tal parece como si los vándalos, cada vez que el Observatorio ha prometido alguna labor de importancia, hubieran tenido interés en arrasarlo todo.

Aun después de la labor de González Benito, cuando vientos más benignos soplaban para la cultura nacional, Garavito no recibió sino unos cuantos instrumentos anticuados e inservibles.

¿Pero qué decir de la guerra sorda y eficaz que la Administración Suárez promovió contra el Observatorio después de la muerte de Garavito?

Durante 28 años, desde 1893, hasta 1920, nuestro sabio astrónomo logró levantar el Observatorio hasta colocarlo en primera línea como centro de investigación científica, según lo hemos historiado detalladamente. ¿Pero fue esto óbice para que el Gobierno cobrara algún respeto por la reliquia histórica que nos legara la Expedición Botánica?

En forma alguna, porque después del Decreto 455, de abril de 1921, que separó los servicios meteorológico y astronómico en el Observatorio, el Gobierno insistió en mantener cerrado el Instituto, entregándolo al abandono más completo y favoreciendo de manera indirecta la ruina de que quedó constancia en el Acta suscrita el 4 de noviembre de 1930 (Véase la nota correspondiente en la página 290).

De suerte que ni aun el prestigio de Garavito, de sus méritos que le merecieron la ley de honores (número 128 de 1919, diciembre 31), que transcribimos en la Sección Editorial (página 176) y que el sabio astrónomo rechazó discretamente comprendiendo que estos honores no provenían de sincero amor del país por la Ciencia genuinamente colombiana (1), pudieron detener la obra destructora emprendida por el Excmo. señor don Marco Fidel Suárez y que ya se veía venir de acuerdo con el programa que esbozó a la Sociedad Colombiana de Ingenieros en carta del 12 de agosto de 1920. (Véase la página 164 del presente número de la Revista de Ciencias).

Por todo lo que hemos historiado sobre documentos de valor histórico incontrovertible, es que nos atrevimos a insinuar en la Sección Editorial del presente número consagrado a la historia del Observatorio Astronómico Nacional, con ocasión del IV Centenario de Bogotá, que la Ciencia en Colombia no

(1) **Declaración del doctor Julio Garavito Armero sobre el proyecto de ley por la cual se le rendía un homenaje**

Bogotá, diciembre 21 de 1919.

Señores doctores don Nemesio Cumanche, don Enrique Garcés y don César García.—Presentes.

Honorables señores, dignos de mi mayor aprecio: Escribo la presente para manifestar a ustedes mi inmensa gratitud por el proyecto de ley que en honor de mi nombre han iniciado ustedes en la Cámara Legislativa, proyecto precedido de abrumadores elogios.

No es mi ánimo hacer alarde de falsa modestia al solicitar de ustedes la modificación del proyecto, tanto en lo que se refiere a la erección del busto, como respecto de todo aquello que me considere como merecedor de especial distinción.

El renombre, los honores, los títulos, etc., son los principales móviles de la ambición humana, muy justos sin duda, y su prójimo es un estímulo de la actividad.

La Nación debe pagar con esas distinciones las proezas de sus héroes y los servicios de sus beneméritos hombres de Estado; pero no en todo género de ocupaciones esta clase de premios da resultados positivos.

Las gentes de estudio, las que aman la verdad, las que se preocupan por descubrir y comprender las leyes naturales no deben buscar otra cosa que la verdad misma: investigar la naturaleza para conquistar honores es labor negativa.

La misión más difícil que toca a los obreros de la Ciencia es precisamente la de purgarla de los errores introducidos por aquellos que han buscado un renombre en ella mediante hipótesis alambicadas y falsas teorías: esto sin contar con que la ambición es una de las principales causas que impiden que los hombres sean amigos entre sí. Esta pasión satánica es el origen casi exclusivo de las desgracias humanas; el insensato deseo de querer ser más que los demás es el pecado original, es la caja de Pandora, es la maldición que ha caído sobre el hombre.

Yo poseo convicciones profundas a este respecto. No es, pues, por una suprema modestia por lo que pido a ustedes supriman del proyecto todo aquello que hace aparecer mi nombre como rodeado de una aureola especial.

MI deseo es sólo que se me considere como trabajador que ha sufrido accidente en sus labores oficiales.

No por este modo de pensar estoy a ustedes menos agradecido: quisiera transgredirles mi espíritu para que se cercioraran de la sinceridad de mis ideas y de mi inmensa gratitud para con ustedes.

Soy de ustedes, atento y seguro servidor.

Julio Garavito A.

sólo no ha gozado hasta hace poco, de protección y estímulo, sino que aun ha sido mirada, en muchas ocasiones, por los Poderes públicos, con desvío y hostilidad.

Y decimos que esto ha ocurrido hasta hace poco solamente, porque desde el Decreto 1806 de 1930, para acá, los directores de la cosa pública no han cesado de prodigar su protección al Observatorio de Mutis y a las entidades con él relacionadas. Prueba de esto es la Revista de Ciencias, la publicación mejor editada del país; también lo son la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y la Sociedad Geográfica de Colombia, cuyo Boletín es otra muestra efectiva de la protección decidida de los Gobiernos del día.

Desde 1930, el Observatorio convenientemente reorganizado y provisto de elementos, está adelantando una labor que habrá de dar copioso material científico para números posteriores de esta Revista, ha podido reorganizar la casi extinta Sociedad Geográfica y ha ayudado efectivamente a la fundación de nuestra Academia de Ciencias, de cuya obra, alentada tan eficazmente por el Ministerio de Educación Nacional, hablará la Historia.

Más no es esto solo, porque la protección del Estado actualmente, se ha hecho efectiva para condenser un viejo anhelo del Observatorio Astronómico, en el Instituto Geográfico Militar, obra admirable y que merece los más entusiastas elogios.

Por estas consideraciones púedese pensar que los gobernantes de ahora, justamente avergonzados por la historia de incultura que hemos esbozado y deseosos de volver por el buen nombre del país, se están proponiendo restablecer las glorias de la Expedición Botánica y restaurar el Observatorio Astronómico de Bogotá a su primitivo esplendor.

Del resultado final de tan nobles esfuerzos, si ellos perduran, tal vez se hable en el futuro, para que así

se olviden tantas páginas vergonzosas de abandono, persecución y estulticia.

Desde tiempo atrás, y en vista de que la Oficina de Longitudes —único esfuerzo que podemos llamar afortunado en el campo de la aplicación científica de la Astronomía al levantamiento de la carta del país— hubo coronado su labor, insistimos en la necesidad de organizar un centro convenientemente provisto para complementarla con la topografía detallada y precisa del territorio, llenando los claros forzosos que presentaban los mapas de dicha Oficina, debidos a los métodos económicos y rápidos por ella empleados para obtener lo más rápidamente las informaciones geográficas generales indispensables.

Así, pues, pensamos entonces en que había llegado la hora de emplear en Colombia la estereogrametría y la topografía fotográfica aérea para dar segunda mano a la obra admirable de la Oficina de Longitudes mediante un levantamiento lento pero absolutamente preciso y detallado, que se apoyara en la red astronómica ya aceptada y estableciera los detalles del mapa, no sobre informaciones geográficas de autoridades de distinto origen sino sobre triangulaciones topográficas apoyadas en vértices fijados astronómicamente.

Y como al Observatorio Astronómico pasaron después de su reorganización en 1930, los aparatos estereofotográficos de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería y los de autorreducción por proyección y restitución aérea, del Ministerio de Obras Públicas, no cesó un instante, desde entonces, en aconsejar al Gobierno la organización de Comisiones de levantamiento análogas al Instituto Geográfico Militar de hoy, que es una feliz realización de lo que con tanto anhelo vino pidiendo el Observatorio de tiempo atrás (1).

(1) Véase en las notas finales, bajo el epígrafe: "El Observatorio Astronómico y el levantamiento aerofotogramétrico de la carta", las comunicaciones oficiales que, sin duda, movieron al Gobierno al establecimiento del Instituto Geográfico Militar.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA FAUNA ACUATICA DE LA SABANA DE BOGOTA Y DE LA LAGUNA DE FUQUENE

LUIS MARIA MURILLO
Entomólogo del Ministerio de Agricultura.

Por el poco tiempo de que dispongo, hubiera querido, en homenaje a Bogotá en su cuarto centenario, hacer, apenas, una presentación gráfica de las especies del orden *Coleoptera*, que he recolectado, que, aunque superficial, sirva para definirlos en sus dibujos, he resuelto complementarlos con una clave que, aunque superficial, sirva para definirlos en sus características familiares:

ORDEN: COLEOPTERA

Lóbulo exterior de la maxila palpiforme; primer segmento ventral abdominal visible dividido por las fosas coxales posteriores; alas traseras con una o dos venas cruzadas hacia la zona media; suturas pleurales del protórax presentes; antenas aproximadas o completamente filiformes; tarsos con cinco artículos; larvas tisanuriformes, los tarsos con una o dos uñas. Insectos predadores o carnívoros extremadamente voraces:

Suborden: ADEPHAGA

Sin piezas antecoxales; patas dispuestas para nadar:

Ojos no divididos:

Fam. DYTISCIDÆ

De esta familia he recolectado las especies siguientes:

Rhantus sp. (fig. 1-aumento 4);

Rhantus sp. (fig. 2-aumento 3); encontrados en las aguas de curso lento de Bogotá y Chía.

Platynectes sp. (fig. 3-aumento 4), en las aguas de curso lento de Bogotá.

Bidessus sp. (fig. 4-aumento 6);

Bidessus sp. (fig. 5-aumento 12); estos insectos, muy pequeños, son frecuentes en el planktón de casi todas las aguas de la Sabana; rara vez se les ve sobre la superficie.

Lóbulo exterior de la maxila no palpiforme; primer segmento ventral abdominal visible no comúnmente interrumpido por las fosas coxales posteriores; alas traseras sin venas cruzadas; suturas pleurales del protórax ausentes; antenas y tarsos variables; larvas poliformes, los tarsos y las uñas soldados. Vegetarianos, algunas veces carnívoros y a veces hasta saprófagos:

Suborden: POLYPHAGA

Palpos flexibles; suturas gulares dobles; alas posteriores con venas recurrentes o en parte conectadas en ojales; abdomen con dos segmentos quitinosos dorsales solamente, cubiertos frecuentemente en toda su extensión por los élitros; antenas y tarsos variables; larvas poliformes:

Fam. GYRINIDÆ

De esta familia puede mencionarse especialmente el *Gyrinus* sp. (fig. 6 - aumento 5) muy frecuente en las orillas de la Laguna de Fúquene y en todas las aguas de corriente lenta de la Sabana de Bogotá. Se observa en grandes grupos sobre la superficie. Se conocen con el nombre de "escribanos".

Palpos frecuentemente tan largos como las antenas o más; tarsos posteriores de cinco artículos; antenas clavadas; cuerpo fuertemente quitinizado; larvas tisanuriformes y con patas bien aparentes.

Palpos nunca más largos que las antenas; tarsos variables; antenas de muchas formas, usualmente filiformes, serradas, nunca lameladas o clavadas; cuerpo generalmente alargado, no densamente quitinizado; tarsos de cinco artículos o heterómeros; larva casi siempre muy poliforme, ápodas o con patas cortas. Insectos de costumbres variables:

Serie: PALPICORNIA

Serie: POLYFORMIA

Serie: *PALPICORNIA*

Los tres primeros segmentos del abdomen no se presentan soldados en su cara ventral:

Familia
Hydrophilidae

Hallé las especies siguientes:

Tropisternus lateralis
F. (fig. 7, aumento 5).

Tropisternus sp. (fig. 8-aumento 3). Se les encuentra sumergidos en las orillas de la Laguna de Fúquene.

Enochrus sp. (fig. 9-aumento 8), se encuentra sumergido en las orillas de la Laguna de Fúquene.

Serie: *POLYFORMIA*

Los tres primeros segmentos del abdomen se presentan soldados en su cara ventral:

Coxas anteriores con grandes trocántines:

Familia
Psephenidae

Conozco solamente larvas de una especie de esta familia que he encontrado adheridas bajo las piedras sumergidas de las corrientes rápidas y de agua clara de las vertientes del cerro de Monserrate. (Fig. 11 - aumento 5).

Coxas anteriores redondas y sin trocántines:

Familia
Elmidae

Esta familia comprende varias especies no determinadas todavía; son frecuentes en los mismos lugares donde se encuentran los *Psephenidae*. (Fig. 10 - aumento 5).

NOTA: Para la relación de este cuadro me han servido las determinaciones que me hizo el doctor L. L. Buchanan, de la Smithsonian Institution, y la consulta de las obras: "An introduction to Entomology", de J. H. Comstock, e "Insects of Western North America", de Essig, en sus capítulos "Coleoptera".



LA FOTOELASTICIMETRIA EN EL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE NUESTRA FACULTAD DE MATEMATICAS E INGENIERIA

JULIO CARRIZOSA VALENZUELA
Ex-Rector de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería
Profesor en la misma Facultad

Por haberse establecido no hace mucho en la Facultad de Ingeniería, el laboratorio para ensayos de estructuras por medio del Fotoelasticímetro, hemos creído que sería útil a los ingenieros una explicación sintética de los principios físicos en que se basa este aparato, y de la técnica de su manejo.

LAS BASES FISICAS DE LA FOTOELASTICIMETRIA

1) *Relaciones fundamentales en la física de los cuerpos elásticos. — Posibilidad de resolver el problema elástico plano prescindiendo de los coeficientes elásticos.*—Todo problema relativo a la investigación de las tensiones moleculares y a la deformación correlativa que sufre un cuerpo sometido a la acción de un sistema determinado de fuerzas exteriores, se reduce principalmente a la integración del siguiente sistema de tres ecuaciones diferenciales con derivadas parciales de segundo orden (1):

$$\begin{aligned}(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + X &= 0 \\(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v + Y &= 0 \\(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w + Z &= 0\end{aligned}\quad (1)$$

en que λ y μ son los coeficientes de elasticidad de Lamé; $\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$ la dilatación cúbica; u, v, w , las proyecciones según los tres ejes coordenados del vector desalojamiento; y X, Y, Z , la proyección según los mismos ejes de la resultante de las fuerzas exteriores que se ejercen en la masa del cuerpo. Estas últimas proyecciones están referidas a la unidad de volumen del cuerpo.

Para abreviar hemos empleado el operador ∇^2 conocido en Cálculo vectorial con el nombre de Laplaciano, el cual indica que se debe tomar la suma de las derivadas parciales de segundo orden de las funciones desconocidas u, v, w , con relación a las variables x, y, z ; es decir:

$$\nabla^2 \mu = \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial z^2}$$

Recordemos, además, que estas funciones u, v, w , están ligadas con los esfuerzos normales y tangenciales $n_x, n_y, n_z, t_{xy}, t_{yz}, t_{zx}$, que se ejercen al tra-

vés de las caras de una paralelepípedo elemental, por las siguientes relaciones (2):

$$\begin{aligned}n_x &= \lambda \theta + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} & t_{xy} &= \mu \left[\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right] \\n_y &= \lambda \theta + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} & t_{yz} &= \mu \left[\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] \\n_z &= \lambda \theta + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} & t_{zx} &= \mu \left[\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right]\end{aligned}\quad (2)$$

Las ecuaciones (1) establecidas para un sistema elástico de tres dimensiones, se simplifica notablemente si las aplicamos a un medio elástico de dos dimensiones. En efecto: en este último caso las tensiones son todas paralelas a un plano el cual se puede tomar como plano de los ejes x e y . Tal cosa sucede, por ejemplo, en una lámina o placa delgada sometida a la acción de fuerzas aplicadas en su contorno, y las cuales se puedan considerar como uniformemente repartidas en todo el espesor de la placa; o en el caso de un sólido comprendido por dos secciones muy próximas, en una estructura de gran longitud sometida a cargas exteriores que obran perpendicularmente a las dimensiones longitudinales, y están uniformemente repartidas a lo largo de estas dimensiones.

Es obvio que en los casos anteriores, las componentes u y v del desalojamiento elástico son funciones solamente de x e y ; por lo tanto, las tensiones o esfuerzos unitarios n_x, t_{xy}, t_{yx} que obran según la normal a la sección en que están las fuerzas, son nulas, tanto con respecto a las caras laterales extremas del sólido como en toda cara intermedia. Se sigue de aquí que de los esfuerzos normales y tangenciales anteriormente nombrados, sólo subsisten los tres siguientes: n_x, n_y, t_{xy} .

Hay que concluir también, como consecuencia de lo anterior, que el vector desalojamiento w es nulo o constante, lo que trae como consecuencia que

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

En estas condiciones, si despreciamos la acción que obra sobre la masa del cuerpo, que es la más de las veces muy pequeña, el sistema (1) se reduce al siguiente:

(2) Pág. 43 de la Resistencia de Materiales mencionada anteriormente.

(1) C.F. Julio Carrizosa Valenzuela. Resistencia de materiales, p. 42.



$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u = 0$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v = 0$$

Sumando miembro a miembro estas ecuaciones, después de derivar la primera con relación a x y la segunda con relación a y se obtiene:

$$(\lambda + \mu) \left[\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right] + \mu \left[\frac{\partial}{\partial x} \nabla^2 u + \frac{\partial}{\partial y} \nabla^2 v \right] = 0$$

ecuación que se reduce a la siguiente:

$$(\lambda + 2\mu) \nabla^2 \theta = 0; \quad \text{de donde:} \quad \nabla^2 \theta = 0$$

Por otra parte, si sumamos miembro a miembro el primer grupo del sistema (2), obtendremos la siguiente igualdad:

$$n_x + n_y + n_z = (3\lambda + 2\mu) \theta.$$

Ahora bien, por ser en dicho sistema $\frac{dw}{dz} = 0$ se tiene:

$$n_z = \lambda \left[\frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \theta}{\partial y} \right] = \lambda \theta$$

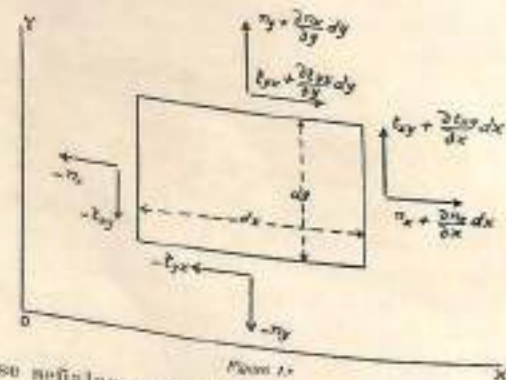
y, por consiguiente, la suma de los esfuerzos normales anteriormente obtenida se reduce a:

$$n_x + n_y = 2(\lambda + \mu) \theta.$$

Luego si tomamos el Laplaciano de ambos miembros en la relación anterior, se debe tener:

$$\nabla^2 (n_x + n_y) = 2(\lambda + \mu) \nabla^2 \theta = 0 \quad (3)$$

Si consideramos ahora el equilibrio de un paralelepípedo elemental que tenga dos de sus caras normales a las dimensiones longitudinales de la estructura, de tal modo que una de ellas coincida con el plano escogido como plano de las x y y , la distribución de las fuerzas en estas caras será la indicada en la figura 1. Si establecemos con las fuerzas



que se señalan en la figura las tres ecuaciones de equilibrio, o sea las dos proyecciones sobre los ejes, y la ecuación de momentos, se obtiene el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\frac{\partial n_x}{\partial x} + \frac{\partial t_{yx}}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial n_y}{\partial y} + \frac{\partial t_{xy}}{\partial x} = 0$$

$$t_{xy} = t_{yx} \quad (4)$$

A estas dos ecuaciones podemos agregar la ecuación (3) anteriormente establecida, y así obtene-

mos un sistema de tres ecuaciones entre las tres funciones desconocidas: n_x, n_y, t_{xy} .

Como se ve, estas tres ecuaciones, que nos permiten obtener los tres esfuerzos unitarios anteriores, determinantes del estado elástico en un punto, son independientes del coeficiente de elasticidad. Esto quiere decir que en la mayoría de los casos que se presentan en la práctica, en que una estructura puede considerarse como un sistema elástico plano, la repartición de las tensiones interiores es prácticamente independiente de los coeficientes de elasticidad; es decir, es independiente del material en que se proyecta construir dicha estructura. Se sigue de aquí que los resultados obtenidos en modelos de idéntica forma, pero de material diferente son aplicables a la estructura verdadera.

2) *Noiones sobre la teoría clásica de la propagación de la luz.*—Nos basta recordar aquí que la explicación de los fenómenos luminosos se ha intentado basándose en tres hipótesis principales: la hipótesis de la emisión a la que está vinculado el nombre de Newton; la hipótesis ondulatoria desarrollada principalmente por físicos como Descartes, Huyghens, Young, y, sobre todo, por Fresnel; y la hipótesis electromagnética, que se debe a las experiencias de Faraday y a las teorías de Maxwell, confirmadas por Hertz en sus experiencias.

Recordemos también brevemente que la teoría de la emisión supone que los cuerpos luminosos lanzan corpúsculos finísimos que se mueven según las leyes de la mecánica clásica, y al tropezar con el ojo producen la sensación luminosa, mientras que su trayectoria determina el fenómeno familiar del rayo luminoso; que, en cambio, la teoría ondulatoria supone que la propagación del fenómeno luminoso se debe a una perturbación de cierto medio—hoy al parecer desechado—llamado éter luminoso, el cual vibra bajo el influjo del fenómeno, y transmite estas vibraciones en forma de ondas, como las que se forman en el agua alrededor de la piedra que cae. Recordemos asimismo, que la teoría electromagnética afirma que dichas ondas luminosas no son sino ondas electromagnéticas; es decir, que la luz es un fenómeno de carácter electromagnético, en el cual habrá que considerar, por lo tanto, perturbaciones eléctricas y magnéticas, que se ejercen perpendicularmente entre sí, y también a la trayectoria del rayo luminoso.

Estas tres hipótesis se han perfeccionado en el orden en que las hemos enunciado, y han ido cediendo el campo sucesivamente a la siguiente, pero sin que se pueda decir que ninguna de ellas haya sido desechada hoy para la explicación de los fenómenos luminosos, los cuales se complican cada vez más. Al contrario: la hipótesis de la emisión que llegó a parecer ya inútil y sólo merecedora de algunas líneas en la introducción histórica de los tratados sobre la física de la luz, explica hoy día mejor que otros ciertos fenómenos electroluminosos, como los efectos Compton y Raman, y el efecto fotoeléctrico, fenómenos estos que no se explican con las concepciones on-

dulatorias, y a los cuales se intenta hoy aplicar la teoría de los fotones de Einstein, que viene a ser la vieja teoría corpuscular de Newton rediviva. Y aún más: esta teoría corpuscular ha penetrado ya hasta el límite que parecía tan apartado de ella, la teoría ondulatoria, y de esta invasión ha surgido un nuevo concepto que pudiéramos llamar híbrido, el cual participa tanto de la idea de onda como de la de corpúsculo, y cuyo instrumento de cálculo es la mecánica ondulatoria relativizada. Esta nueva hipótesis que pretende realizar la síntesis tan buscada siempre entre la materia y la luz, ha recibido una consagración académica en el premio Nobel concedido a uno de sus principales creadores, Louis de Broglie.

Para el fin que nos proponemos en este escrito, que es dar a conocer una aplicación a la ingeniería del fenómeno de la polarización y birrefringencia accidental, nos basta considerar la luz como un fenómeno elástico, explicable por medio de la teoría ondulatoria. Ignoraremos, por consiguiente, las otras teorías, como la electromagnética, que aunque explican también los fenómenos de índole vectorial, no nos facilitarían en el mismo grado la tarea de divulgación que intentamos. En beneficio de la claridad adoptaremos, pues, un lenguaje hoy anticuado en la física moderna.

Según la teoría ondulatoria, si consideramos una serie de moléculas A, B en un medio sutilísimo llamado éter, bajo la influencia de una perturbación de carácter luminoso, dichas moléculas entrarán en movimiento oscilatorio alrededor de su posición de equilibrio inicial A, B , fig. 2. Una molécula cual-

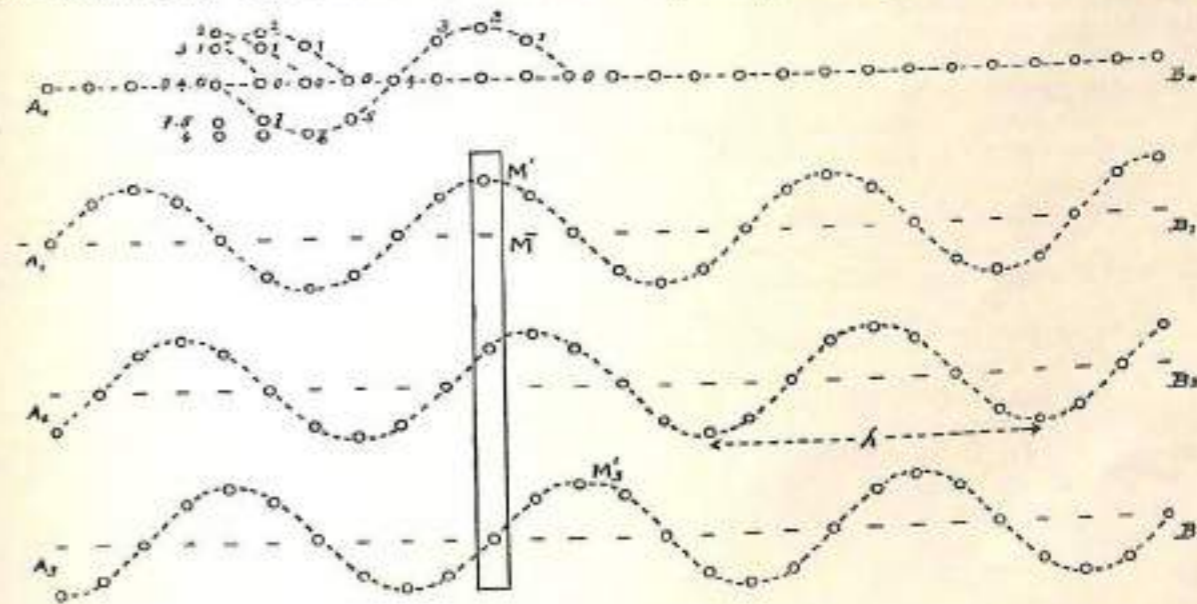


Figura 2*

quiera tal como M oscilará desde M hasta M' , y en este caso la molécula se aleja una cantidad MM' de su posición de reposo M . Esta magnitud MM' que podemos llamar a se designa como la amplitud del movimiento vibratorio, el cual se supone perpendicular a la dirección de propagación AB . Si consideramos que este movimiento pendu-

lar u oscilatorio de las moléculas, se propaga, a partir del extremo A hacia la derecha, con una velocidad determinada, es fácil comprobar que cuando la molécula K por ejemplo, ha realizado una oscilación completa; es decir, cuando ha recorrido el camino $0-1-2-3-4-5-6-7-8$ las posiciones de las demás moléculas que le siguen inmediatamente determinarán la onda $8-7-6-5-4-3-2-1-0$ señalada en la figura. Porque cuando K pasa de 0 a la posición 1 , la onda sólo será $1-0$ cuando pasa a la posición 2 la molécula siguiente pasará al punto 1 y la onda será $2-1-0$, cuando K pasa al punto 3 , la siguiente ocupará la posición 2 y la otra el punto 1 , luego esta nueva onda será $3-2-1-0$, y así sucesivamente; por lo tanto, después de cierto número de oscilaciones de dicha molécula K , el movimiento ondulatorio se habrá generalizado a lo largo de la dirección A, B , y al cabo de un tiempo t_1 las moléculas estarán, como lo indica la figura, según la recta A_1, B_1 . Si consideramos otras dos posiciones sucesivas A_2, B_2 y A_3, B_3 observamos que la onda progresa hacia la derecha de modo que un vértice M' por ejemplo, en el tiempo t_2 estará en M'_2 . La distancia entre dos vértices de una onda, o entre dos depresiones, se llama longitud de onda. La mayor separación MM' de una molécula cualquiera en su oscilación, se llama amplitud a .

El tiempo que emplea una molécula en efectuar la oscilación completa, o sea desde M' hasta el punto opuesto, y desde aquí nuevamente hasta M' se llama

período T . La frecuencia es el número de oscilaciones por segundo, o sea $\frac{1}{T} = n$.

Además, en tanto que la molécula M , por ejemplo, pasa de la posición M' a la opuesta para volver a su posición primitiva M , el vértice de la onda se habrá trasladado en una longitud de onda λ ;

luego la velocidad de transmisión será $\frac{v}{T} = v = \lambda n$. Esta velocidad de transmisión sabemos que depende solamente de las características del medio, y que se mantiene constante para todos los colores; por consiguiente, si conocemos la frecuencia para cada color, podemos encontrar su longitud de onda. De todos es sabido que estas longitudes de onda oscilan entre 0,423 y 0,620 de micrón para los colores comprendidos entre el violeta y el rojo.

Hay que notar en el proceso descrito anteriormente que cada molécula se mueve sucesivamente; es decir, cada molécula al ser perturbada o desalojada de su posición de equilibrio, transmite su movimiento a la vecina, y ésta al recibir el impulso actúa sobre la siguiente, y así sucesivamente. Es preciso considerar, pues, en este fenómeno una acción próxima, y no una acción a distancia; o, por lo menos, la acción a distancia está reducida a la muy pequeña que pueda existir de una molécula a la siguiente. De aquí que las ecuaciones que pretenden describir este fenómeno deben tener necesariamente la forma de ecuaciones diferenciales.

También importa observar que la imagen que hemos dado del movimiento ondulatorio sería menos imperfecta si suponemos que la molécula M , en lugar de oscilar solamente en el plano del dibujo, lo hace en direcciones distintas a partir de su posición de equilibrio; mejor dicho: la molécula no sigue una dirección privilegiada, como se deduce del dibujo anterior, sino que oscila en el plano perpendicular a su dirección de propagación, y en todos sentidos. Todavía habría que realizar un mayor esfuerzo con la imaginación para suponer que las ondas se transmiten en todos sentidos alrededor del punto luminoso, formando especies de esferas concéntricas que podrían definirse como el lugar geométrico de los puntos que se hallan en un mismo instante, en idéntico estado vibratorio.

Es relativamente fácil encontrar la expresión matemática que nos dispensaría de todas estas imágenes, a la postre tan imperfectas. Nos basta para ello partir del mismo sistema (1) que resume la teoría matemática de la elasticidad, complementándolo con la fuerza de inercia, la que, según el principio de D'Alembert, deberá equilibrar a cada instante las demás fuerzas que obran sobre el elemento y que se tuvieron en cuenta al establecer la ecuación. Siendo entonces ω la masa de la unidad de volumen, la fuerza de inercia por unidad de volumen será:

$$-\omega \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad -\omega \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad -\omega \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

Agregando las proyecciones de esta fuerza al sistema (1), tendremos las ecuaciones que definen la ley según la cual se transmite una deformación elástica en el interior de un medio elástico. Esta ley es:

$$\begin{aligned} (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u &= \omega \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v &= \omega \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial z} + \mu \nabla^2 w &= \omega \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (5)$$

Hemos prescindido de las proyecciones X , Y , Z del peso por unidad de volumen del elemento, porque en comparación de la fuerza de inercia, tal peso es insignificante, y su influencia nula con relación al movimiento ondulatorio, puesto que se trata de una fuerza constante que obra siempre en las mismas condiciones.

Siendo la propagación de la luz una perturbación de índole elástica —conforme a la teoría ondulatoria— obedecerá como cualquier otro fenómeno de esta especie a las ecuaciones anteriores del movimiento. Es, pues, curioso anotar el hecho de que unas mismas ecuaciones nos permitan describir dos fenómenos al parecer tan diferentes: la propagación del movimiento elástico en el interior de un cuerpo sólido, y la propagación de la luz en el interior de otro medio hipotético llamado éter en el cual estamos sumergidos. Ambos fenómenos se propagan en forma de ondas.

Tratándose de ondas planas se pueden simplificar las ecuaciones anteriores del movimiento, análogamente a como se simplificaron las ecuaciones (1) al suponer un medio elástico plano. En efecto, en el caso de ondas planas, los desalojamientos u y v no dependen sino de z y de t ; por consiguiente:

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \nabla^2 v = \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad \nabla^2 w = \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \quad \theta = \frac{\partial w}{\partial z}$$

Luego las ecuaciones (5) del movimiento se reducen a:

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \omega \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad \mu \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = \omega \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (6)$$

$$(\lambda + \mu) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = \omega \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

Estas ecuaciones son las mismas de las cuerdas vibrantes.

Supongamos ahora que la onda se propaga en el sentido del eje de las Z , pero que las vibraciones son transversales; es decir, se verifican en el sentido del eje de las X solamente, según la perpendicular a la dirección de la propagación. En tal caso se tiene evidentemente:

$$v = 0 \quad w = 0 \quad u \neq 0 \quad \text{y por lo tanto} \quad \theta = 0$$

Luego el plano de onda es paralelo al plano de las XY , y el sistema (6) se reduce a:

$$\mu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \omega \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

Esta ecuación tiene por integral general (1):

$$u = f \left[z + t \sqrt{\frac{\mu}{\omega}} \right] + f' \left[z - t \sqrt{\frac{\mu}{\omega}} \right]$$

en que f y f' son funciones arbitrarias.

Las ondas transversales gozan de la propiedad de producirse sin traer consigo una variación en el volumen de la materia. Además, el que las ondas sean transversales es la consecuencia obligada del fenómeno de polarización de la luz, el cual introduce

(1) C. F. H. Poisson. "Théorie Mathématique de la Lumière", pág. 7.

una asimetría en el rayo luminoso inexplicable al suponer la vibración longitudinal.

Para representar una de estas ondas particulares podemos poner para u el valor siguiente, que está de acuerdo con los resultados de la física experimental:

$$u = a \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right] \quad (7)$$

y además:

$$v = 0 \quad u = 0$$

Estos valores deberán satisfacer el sistema de ecuaciones del movimiento. En el valor anterior de u , a es la amplitud de ondulación, λ es la longitud de onda, y T es el período. Si suponemos que z ha sufrido un incremento Δz en el tiempo Δt puede muy bien suceder que u no cambie de valor. Para ello bastará que se tenga:

$$\frac{\Delta z}{\lambda} - \frac{\Delta t}{T} = 0$$

Se dice en este caso que la onda se ha desalojado una longitud Δz en el tiempo Δt puesto que todas las fases del fenómeno se reproducen en el mismo orden pero a una distancia Δz del lugar precedente. Este fenómeno sugiere, como ya lo hemos hecho notar, la noción de velocidad de transmisión de la onda, sin que esta palabra signifique transporte de algo, sino velocidad con que se propaga un determinado estado vibratorio. Esta velocidad será, pues,

$$C = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$$

como se había encontrado anteriormente.

Hechas las anteriores observaciones vamos ahora a verificar si el sistema (7) de valores satisface las ecuaciones (5).

Siendo $\theta = 0$ dicho sistema (5) se reduce al siguiente:

$$\begin{aligned} \nabla^2 u &= \frac{\omega}{\mu} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \nabla^2 v &= \frac{\omega}{\mu} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ \nabla^2 w &= \frac{\omega}{\mu} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (8)$$

Estas son las ecuaciones que sirven de base a la física de la luz en general, no sólo en la antigua teoría de Fresnel, sino también en la teoría electromagnética de la luz, la cual aunque partiendo de hipótesis absolutamente diferentes, llega a las mismas ecuaciones fundamentales.

Se observa inmediatamente que los valores (7) satisfacen a la segunda y a la tercera ecuación del sistema (8). Basta, por consiguiente, que nos detengamos en la verificación de la primera ecuación. Se tiene:

$$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -a \left[\frac{2\pi}{\lambda} \right]^2 \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right]$$

y también:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -a \left[\frac{2\pi}{T} \right]^2 \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right]$$

Reemplazando estos valores en la primera ecuación nombrada se tiene:

$$\left[\frac{2\pi}{\lambda} \right]^2 = \frac{\omega}{\mu} \left[\frac{2\pi}{T} \right]^2$$

que es la condición para que dicha ecuación se satisfaga.

Por ser la velocidad $C = \frac{\lambda}{T}$ de la relación anterior se deduce: $C = \sqrt{\frac{\mu}{\omega}}$ que es la velocidad de propa-

gación de las ondas transversales.

Conforme a lo anterior, la expresión del desalojamiento u , en las condiciones iniciales, o sea para $z = 0$ estará dado por la ecuación:

$$u = a \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t \quad (9)$$

y a la distancia z por la misma expresión vista anteriormente (7), la que puede escribirse:

$$u = a \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right] = a \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \left[t - \frac{z}{C} \right]$$

en que C es la velocidad de propagación.

Dado el fin que perseguimos, para complementar las nociones anteriores sólo nos falta hablar de la intensidad luminosa.

Desde un punto de vista experimental, la intensidad luminosa se aprecia por intermedio de tres fenómenos diferentes: los efectos fisiológicos que ella produce; sus efectos químicos en la fotografía; y sus efectos caloríficos. De todos estos fenómenos el que permite una evaluación más exacta de la intensidad es el efecto químico fotográfico. Fundándose en este efecto se ha convenido en decir que dos vibraciones luminosas tienen la misma intensidad, cuando, en un mismo tiempo, producen idéntica acción sobre una placa fotográfica.

Desde un punto de vista teórico se ha considerado la intensidad como proporcional a la fuerza viva media, o energía cinética del éter. Esta fuerza viva, para un elemento de volumen dv es igual a:

$$\omega dv \frac{C^2}{2}$$

en que C es la velocidad del movimiento y ω la masa específica.

En el caso de un movimiento periódico cuyo desalojamiento está dado por la expresión (9), la velocidad estará dada por:

$$\frac{du}{dt} = a \frac{2\pi}{T} \cos 2\pi \frac{t}{T}$$

y por lo tanto, la intensidad luminosa será proporcional al valor medio de la expresión:

$$\frac{1}{2} \left[\frac{du}{dt} \right]^2$$

Es decir, proporcional a:

$$\frac{1}{2} \int_0^T a^2 \frac{4\pi^2}{T^2} \cos^2 2\pi \frac{t}{T} dt = \frac{a^2}{2} \frac{4\pi^2}{T^2}$$

Luego la intensidad luminosa es proporcional al cuadrado de la amplitud a .

3) *Fenómenos de polarización y birrefringencia.* Acabamos de decir cómo se produce —en la hipótesis elástica— el fenómeno de la transmisión luminosa: del mismo modo que si se tratara de una vibración transversal en un plano perpendicular a la dirección de la propagación. Recordemos ahora cómo un rayo que vibra en todos sentidos puede polarizarse, es decir, puede sujetarse a vibrar únicamente en un sentido determinado.

Este fenómeno físico tan conocido es el fundamento de la Fotoelasticimetría, y puede obtenerse principalmente de dos maneras: por reflexión y por doble refracción. Aunque algunos aparatos utilizan la reflexión por medio de espejos, en los más recientes se ha preferido emplear para este objeto el prisma de Nicol, el cual se basa en la birrefringencia producida por un cristal de espato de Islandia (carbonato de cal cristalizado).

Cuando el cristal de espato está completo tiene la forma de un romboedro, AG , fig. 3, el cual puede

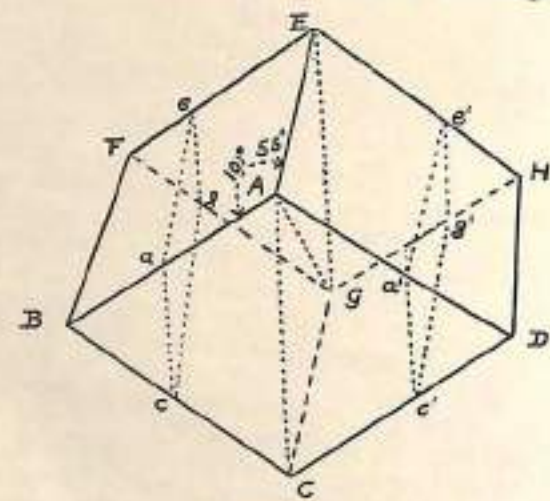


Figura 3

considerarse como el sólido obtenido al comprimir un cubo en el sentido de su diagonal AG , en forma tal que se deformen los ángulos de las aristas, pero se mantengan las dimensiones de éstas. Según este supuesto, los ángulos de las aristas que concurren en A y en G aumentarán su valor hasta $101^{\circ} 55'$, en tanto que los ángulos de las aristas que concurren en los demás vértices disminuirán de valor.

El eje AG es el eje óptico del cristal. Si se talla una cara perpendicular a esta diagonal, y se hace incidir en ella normalmente un rayo luminoso, tal rayo no se bifurcará al refractarse, porque es paralelo al eje óptico del cristal.

Se llama *sección principal* todo plano determinado por una normal a cualquiera de las caras naturales o artificiales del cristal, y por la paralela al eje óptico. Por ejemplo, las secciones $ACGE$, $acge$, $s'c'g'e'$. Si representamos en la figura 4-(a) la sección $ACGE$, el eje óptico formará los ángulos señalados, y será al mismo tiempo la diagonal del rom-

bo. Mas si esta sección se considera en un cristal alargado, fig. 41(b), la diagonal AG ya no coincidirá con dicho eje, el cual seguirá teniendo la misma dirección anterior. Igual cosa sucederá en el caso de un cristal más corto que el regular, fig. 4-(c).

Cuando un rayo de luz monocromática penetra en un cristal de espato al través de una de sus caras, da lugar a dos rayos refractados, uno de los cuales, IO , fig. 5, sigue las leyes de Descartes, siendo su índice mayor para el espato que el del otro rayo IE , el cual no sigue en general dichas leyes, motivo por el cual se llama rayo extraordinario.

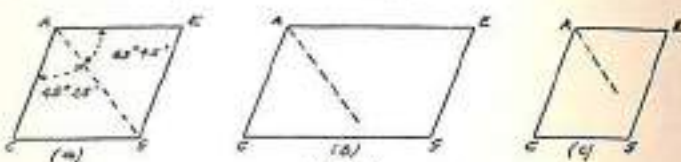


Figura 4

Si se hace girar el rayo incidente SI , alrededor de la normal a la cara, se observa que el rayo refractado ordinario IO , se mantendrá siempre en el plano de incidencia formando un ángulo constante; en cambio, el rayo extraordinario IE no sigue ninguna de las leyes anteriores, sino girará alrededor de la normal describiendo la superficie de un cono cualquiera de ángulo r , variable con relación a la normal IN .

Estudiando más de cerca el fenómeno anterior, se pueden establecer los siguientes hechos, cuya comprobación pertenece a la rutina de los laboratorios de física general:

- El rayo ordinario tiene un índice superior al rayo extraordinario en los cristales llamados negativos, como el espato;
- El rayo ordinario sigue siempre las dos leyes conocidas de refracción;
- Ambos rayos están polarizados; es decir, sus vibraciones tienen lugar en un determinado plano y estos planos son perpendiculares entre sí;
- Cuando el plano de incidencia SIN , coincide con una sección principal del cristal, el rayo extra-

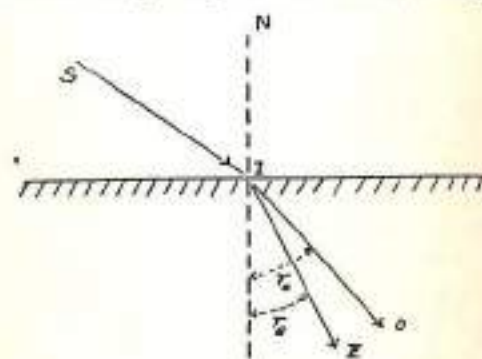


Figura 5

ordinario está en el mismo plano del ordinario, o sea en el plano de incidencia, cualquiera que sea el ángulo de incidencia; pero su índice de refracción varía con la incidencia entre 1,65, valor correspondiente al rayo ordinario, y 1,48, que es el valor mínimo que puede tener;

e) Si el rayo de luz penetra según el eje óptico, los dos rayos refractados coinciden y presentan el mismo índice de refracción 1,65;

f) En cambio, si el rayo penetra perpendicularmente al eje óptico, ambos rayos obedecen a las dos leyes de Descartes, el ordinario con un índice 1,65, y el extraordinario con el índice mínimo 1,48.

Mediante una disposición muy ingeniosa ideada por Nicol, es posible aislar el rayo extraordinario del ordinario. Para esto se corta el romboedro por un plano perpendicular a la sección principal $ACGE$, que contiene al eje, y se pegan luego ambas partes por medio de bálsamo del Canadá. La traza según la cual dicho plano corta la sección principal debe formar un ángulo de $41^{\circ} 37'$ con el eje, fig. 6. Hecho lo anterior, si se hace incidir un rayo de luz SI paralelamente a las aristas laterales del Nicol, el rayo ordinario incidirá a su vez sobre el bálsamo del Canadá, según un ángulo de incidencia superior a la incidencia límite, de manera que será reflejado totalmente sobre las paredes del Nicol, las cuales es-

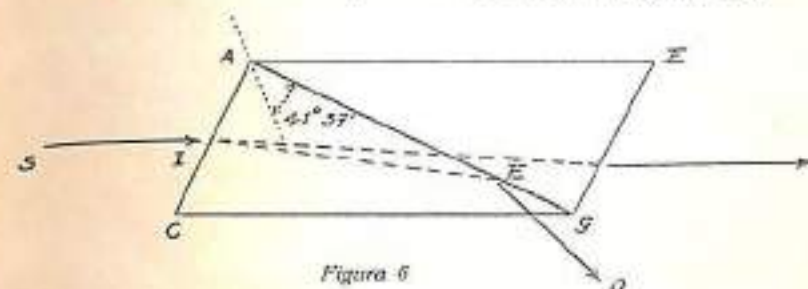


Figura 6

tarán convenientemente ennegrecidas. Cuanto al segundo rayo IE , éste emergerá paralelamente a OG , polarizado en el plano de la sección principal. Si el rayo extraordinario emergente es pasado de nuevo por otro Nicol orientado del mismo modo, la luz pasará sin alteración alguna; pero si el segundo Nicol se orienta de manera que su sección principal sea normal a la del primero, la luz se extinguirá. En esta experiencia, el primer Nicol se llama *polarizador*, y el segundo *analizador*.

Los fenómenos anteriores son sencillamente la consecuencia del movimiento vibratorio luminoso en un medio anisótropo. Es sabido, en efecto, que en estos medios existen en general tres direcciones privilegiadas llamadas ejes de elasticidad, según las cuales cualquier desplazamiento da lugar a una reacción elástica del mismo sentido. De aquí se deduce que en un plano cualquiera existen dos direcciones perpendiculares que gozan de la propiedad señalada. Por consiguiente, si hacemos incidir sobre una superficie S , fig. 7, una onda polarizada en el plano M , la vibración OV no podrá propagarse dentro del medio S sin sufrir alteración, debido a que la tensión elástica originada no está dirigida según el desplazamiento. Pero la vibración OV se puede substituir por sus componentes según OY y OX , que son las direcciones de los ejes de elasticidad sobre la cara S . Estas direcciones, que son perpendiculares entre sí, definen los planos de propagación de las vibracio-

nes dentro del medio cristalino S ; por consiguiente, la vibración OV se resuelve dentro del medio S en dos: OX y OY , que se propagarán con velocidades diferentes, proporcionales a los módulos de elasticidad correspondientes.

La teoría anterior explica completamente lo sucedido en el caso del espato de Islandia, y en general

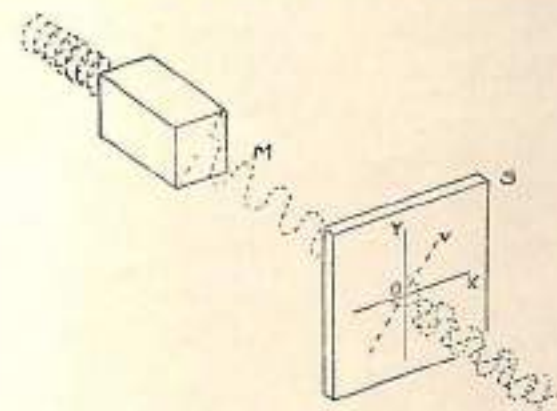


Figura 7

en todos los cristales que presentan direcciones dotadas de propiedades particulares.

4) *Polarización cromática.*—Supongamos que se tengan los Nícoles cruzados de manera que un rayo de luz blanca encuentre cerrado el camino. Si en este estado interponemos entre el polarizador y el analizador una lámina delgada transparente de un material unieje, tallada según un plano paralelo a dicho eje, la luz que emerge del polarizador incidirá en ella normalmente vibrando en el plano de la sección principal del Nicol, cuya traza en el plano de la lámina podemos suponer que sea OP , fig. 8. Lia-

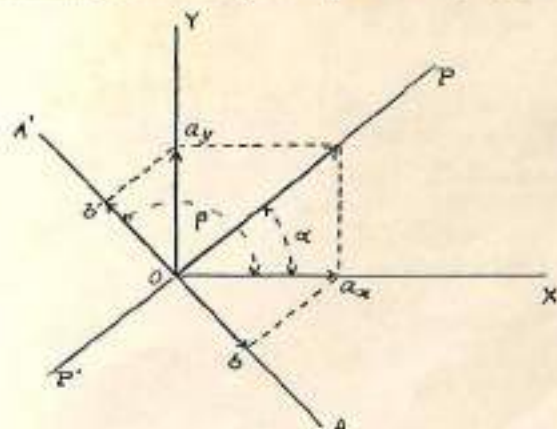


Figura 8

menos OX , OY los ejes de elasticidad de la lámina, y sea:

$$a_x = a \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (10)$$

el desalojamiento o elongación de la partícula vibrante en el plano de polarización OP al cabo del tiempo t .

Según la teoría elástica no pasarán al través de la lámina sino las componentes a_x , a_y , dirigidas según los ejes de elasticidad de la lámina. El desaloja-

miento o elongación de estas vibraciones se obtendrá proyectando simplemente la elongación a_x sobre estos ejes. Así se obtiene:

$$a_x = a \cos \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t \quad (11)$$

$$a_y = a \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t \quad (12)$$

Si llamamos ahora c' la velocidad de propagación de la luz en el sentido del plano OX , y c'' la velocidad según el plano OY ; por ser estas velocidades distintas, dada la anisotropía supuesta en el material de la lámina, al salir de ella la elongación de cada rayo será:

$$a_x = a \cos \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \left[t - \frac{e}{c'} \right] \quad (13)$$

$$a_y = a \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \left[t - \frac{e}{c''} \right] \quad (14)$$

en que $\frac{e}{c'}$ es el tiempo que tarda la luz en atravesar la lámina según el plano OX , y $\frac{e}{c''}$ el tiempo según OY . Estas relaciones quieren decir que el movimiento vibratorio de la luz emergente de la lámina, es el mismo que tenía la luz incidente en el tiempo $t - \frac{e}{c'}$ debido al tiempo empleado por la luz en atravesar la lámina. Resulta de aquí que las vibraciones presentarán a la salida de la lámina una diferencia de fase:

$$\frac{e}{Tc''} - \frac{e}{Tc'} = \frac{e}{T} \left[\frac{1}{c''} - \frac{1}{c'} \right]$$

o sea, multiplicando y dividiendo por la velocidad c de la luz en el aire:

$$\frac{e}{Tc} \left[\frac{c}{c''} - \frac{c}{c'} \right] = \frac{e}{Tc} (n'' - n') \quad (15)$$

en que n'' y n' son los índices de refracción correspondientes a cada rayo.

Ahora bien: si en las fórmulas (13) y (14) tomamos como origen del tiempo

$$t' = t - \frac{e}{c'} \quad \text{se tiene:} \quad t = t' + \frac{e}{c'}$$

$$\text{luego:} \quad t - \frac{e}{c''} = t' - e \left[\frac{1}{c''} - \frac{1}{c'} \right]$$

$$\text{Hagamos:} \quad \frac{e}{c''} - \frac{e}{c'} = \varphi.$$

Según lo anterior, las relaciones (13) y (14) se pueden escribir de la manera siguiente:

$$a_x = a \cos \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t'$$

$$a_y = a \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t'}{T} - \varphi \right] \quad (16)$$

con lo cual queda en ellas explícita la diferencia de fase.

Si, como se ha supuesto, las ondas anteriores inciden ahora en el analizador, cuya sección princi-

pal OA supondremos perpendicular a la del polarizador OP , sólo pasarán al través de aquél las vibraciones proyectadas según esta dirección, o sea:

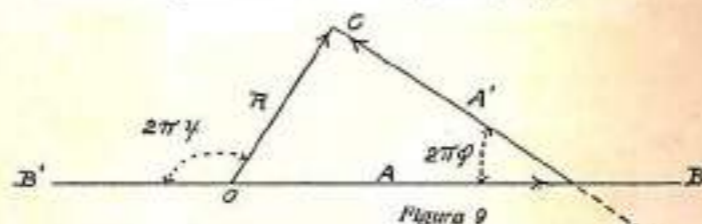
$$b = a_x \cos(\pi - \beta) = a_x \cos \left[\frac{\pi}{2} - \alpha \right] = -a \cos \alpha \cos \left[\frac{\pi}{2} - \alpha \right] \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t'$$

$$b = a \cos \alpha \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t' = -a \cos \alpha \cos \beta \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} t'$$

$$b' = -a_y \cos \left[\beta - \frac{\pi}{2} \right] = -a_y \cos \alpha = -a \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \left[\frac{t'}{T} - \varphi \right]$$

$$b' = -a \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t'}{T} - \varphi \right].$$

Las vibraciones anteriores, por estar dirigidas en el mismo plano, se pueden componer aplicándoles la regla de Fresnel, según la cual las amplitudes se consideran como vectores, los que se trazan a partir de un origen O , de manera que formen ángulos iguales a la fase respectiva con relación a un eje OB trazado a partir de este origen O , fig. 9. La resul-



tante R es, pues, el tercer lado del triángulo OCB , el cual tendrá por expresión:

$$R^2 = A^2 + A'^2 - 2AA' \cos 2\pi\varphi$$

o sea:

$$R^2 = a^2 (\cos^2 \alpha \operatorname{sen}^2 \beta + \operatorname{sen}^2 \alpha \operatorname{sen}^2 \beta) - 2a^2 \cos \alpha \operatorname{sen} \alpha \operatorname{sen} \beta \cos \beta \cos 2\pi\varphi.$$

Y también:

$$R^2 = a^2 (\cos^2(\beta - \alpha) - \operatorname{sen} 2\alpha \operatorname{sen} 2\beta \operatorname{sen}^2 \pi\varphi) \quad (17)$$

Esta última expresión será la amplitud de la resultante de los dos movimientos vibratorios antes indicados, expresión que puede simplificarse si suponemos que los Nicoles: polarizador y analizador, están cruzados perpendicularmente, es decir, si hacemos

$$\beta - \alpha = \frac{\pi}{2} \quad \text{Según este supuesto, la expresión de } R \text{ se reduce a:} \quad R = a \operatorname{sen} 2\alpha \operatorname{sen} \pi\varphi \quad (18)$$

puesto que $\beta = \alpha + \frac{\pi}{2}$

En cuanto a la fase, ésta será el ángulo $B'OC$, que hemos llamado $2\pi\psi$. Para obtener su valor observamos que en el triángulo OBC se puede poner:

$$\operatorname{tang}(\pi - 2\pi\psi) = \frac{A' \operatorname{sen} 2\pi\varphi}{A - A' \cos 2\pi\varphi}$$

y reemplazando los valores del segundo miembro por las expresiones vistas, se tiene:

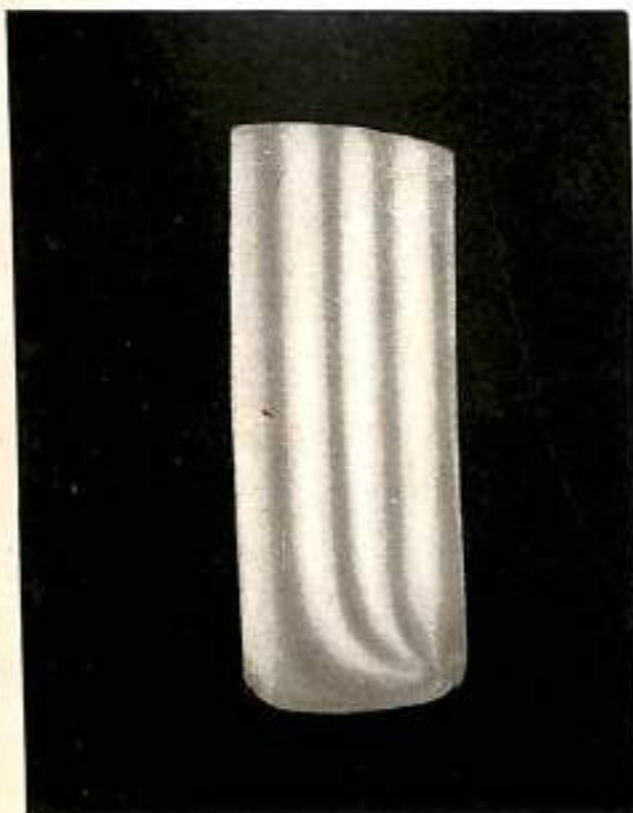


Fig. 11



Fig. 12

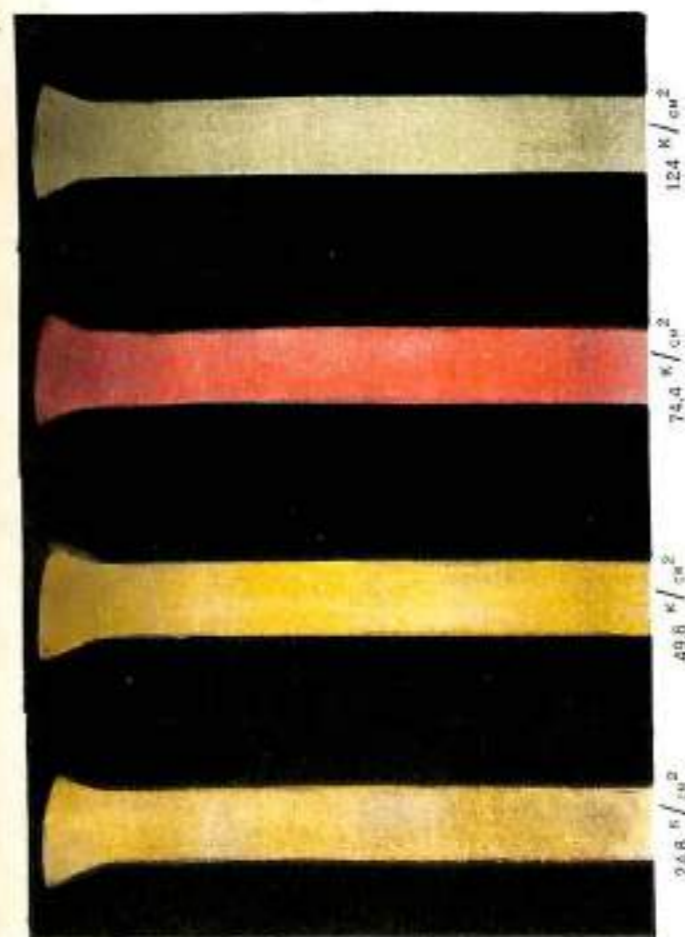


Fig. 10



$$\operatorname{tang}(\pi - 2\pi\psi) = \frac{\operatorname{sen} 2\pi\varphi}{\cot \alpha \cot \beta - \cos 2\pi\varphi}$$

Teniendo también en cuenta que los Nicoles están cruzados en ángulo recto, lo que permite poner: $\cot \alpha = -\operatorname{tang} \beta$ se tiene para la expresión anterior:

$$\operatorname{tang}(\pi - 2\pi\psi) = -\operatorname{tang} \pi\varphi,$$

Y por lo tanto se deduce:

$$\pi - 2\pi\psi = \pi - \pi\varphi \quad \text{de donde:} \quad \psi = \frac{\varphi}{2}$$

Luego la elongación en función del tiempo de la vibración resultante que emerge del analizador será:

$$a_n = R \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t'}{T} - \frac{\varphi}{2} \right]$$

o sea:

$$a_n = a \operatorname{sen} 2\alpha \operatorname{sen} \pi\varphi \operatorname{sen} 2\pi \left[\frac{t'}{T} - \frac{\varphi}{2} \right]$$

La parte que corresponde a la amplitud en la expresión anterior es: $a \operatorname{sen} 2\alpha \operatorname{sen} \pi\varphi$.

Este valor de la amplitud nos permite dar una explicación sencilla de los siguientes fenómenos que se presentan con el paso de la luz polarizada al través de la lámina interpuesta entre polarizador y analizador. Estos fenómenos dependen de la inclinación relativa de los ejes de dicha lámina interpuesta, y las secciones del polarizador y analizador. Si suponemos, por ejemplo, que estos ejes OX OY coinciden con las secciones OA y OP del analizador y polarizador, respectivamente, se tendrá que $\alpha = \frac{\pi}{2}$ y por lo tanto, $\operatorname{sen} 2\alpha = 0$ lo que quiere decir que la elongación es nula y, en consecuencia, la luz seguirá extinguida.

En cambio, si suponemos que $\operatorname{sen} 2\alpha \neq 0$ la amplitud del movimiento vibratorio dependerá del término $\operatorname{sen} \pi\varphi$ en que

$$\varphi = \frac{1}{T} \left[\frac{e}{c^2} - \frac{e'}{c^1} \right] = \frac{e}{cT} \left[\frac{c}{c^2} - \frac{c'}{c^1} \right] = \frac{e}{\lambda} (n^2 - n^1) = \frac{ek}{\lambda}$$

siendo λ la longitud de onda. Esto quiere decir que la amplitud del movimiento vibratorio dependerá, para un espesor dado de la lámina, de un término variable con λ o sea con la clase de vibración recibida. Habrá, pues, para cada espesor, extinción para ciertos colores, y aumento de brillo para otros. Este aumento de brillo dependerá de la inclinación α , y puesto que $\operatorname{sen} 2\alpha$ es máximo para $\alpha = 45^\circ$, para esta inclinación la intensidad será máxima.

Si en lugar de considerar los Nicoles cruzados en ángulo recto, los suponemos paralelos; es decir, con sus secciones principales paralelas, la amplitud R correspondiente se obtendrá haciendo $\alpha = \beta$ en la expresión (17) anteriormente establecida, con lo cual se obtiene:

$$R^2 = a^2 (1 - \operatorname{sen}^2 2\alpha \operatorname{sen}^2 \pi\varphi)$$

Siendo la intensidad proporcional al cuadrado de la amplitud, si suponemos que los ejes de la lámina interpuesta coinciden con la sección principal del Nicol, se tendrá $\alpha = 0$ y por lo tanto $R^2 = a^2$ lo que

quiere decir que la luz seguirá pasando sin alteración. En cambio, si suponemos que α tenga otro valor cualquiera, la intensidad luminosa será la resultante de la superposición de una vibración blanca y de una cromática igual a la que se obtiene con los Nicoles cruzados. Por consiguiente, el efecto resultante será en definitiva la aparición de un color complementario del que se observó cuando los Nicoles estaban cruzados, y para el mismo valor de α . También en este caso la máxima iluminación tendrá lugar cuando el ángulo de inclinación del eje de la lámina es de 45° .

Este fenómeno de coloración de la luz blanca en las condiciones señaladas, o polarización cromática, fue estudiado desde 1811 por Arago.

5) *Doble refracción accidental o fenómeno de Brewster.*—El fundamento del método fotoelástico es el fenómeno de la doble refracción accidental descubierto primero por David Brewster en 1816. El fenómeno consiste en que no solamente los cuerpos transparentes anisótropos presentan los caracteres de birefringencia que acabamos de explicar, sino que cuando una pieza de cristal ordinario cualquiera se somete a esfuerzos y se examina con luz polarizada, se observan en la luz que pasa al través de ella, los mismos efectos cromáticos descritos en el párrafo anterior.

Existen hoy varios productos que permiten comprobar este fenómeno muy fácilmente, entre ellos la nitrocelulosa, substancia que presenta al ser sometida a esfuerzos una gran reacción óptica, y que, además, es fácil de cortar, lo cual permite darle a su contorno la forma necesaria.

Si entre dos Nicoles cruzados interponemos una lámina de esta substancia, la luz seguirá extinguida, pero tan pronto como apliquemos algún esfuerzo en sus extremos, la luz reaparecerá presentando cierta coloración cuyo tinte e intensidad variarán a medida que aumenta el esfuerzo aplicado. Se deduce de aquí la posibilidad de establecer una equivalencia entre el color observado y el esfuerzo a que está sometida la pieza. En efecto, aplicando esfuerzos de tracción a los extremos de un prisma de nitrocelulosa, hemos podido formar el siguiente cuadro de la figura 10.

La explicación del fenómeno anterior es la misma dada anteriormente para la polarización cromática: o sea que las dos vibraciones emergentes del analizador presentan un diferencia de fase:

$$\varphi = \frac{e}{\lambda} (n^2 - n^1) = \frac{1}{T} \left[\frac{e}{c^2} - \frac{e'}{c^1} \right]$$

Ahora bien: experimentalmente se ha establecido que la diferencia entre la velocidad c' y c del rayo luminoso es proporcional a la diferencia entre las tensiones principales; por consiguiente, teniendo en cuenta que la diferencia entre las velocidades de la luz extremadamente pequeña, podemos poner:

$$\frac{1}{T} \left[\frac{e}{c^2} - \frac{e'}{c^1} \right] = \frac{e}{T} \left[\frac{c' - c^2}{c^2 c^1} \right] = \frac{e}{T} \left[\frac{c' - c^2}{c^2} \right] = \frac{P}{\lambda} (n_s - n_r)$$

en que P depende del espesor de la lámina y de las

propiedades físicas de la materia de que se compone. Wertheim encontró, según comunicación hecha en 1854, la ley que relaciona esta diferencia entre las tensiones o esfuerzos principales, el espesor e de la lámina y el coeficiente K de elasticidad óptica del material de que se compone. Según la ley de Wertheim la diferencia lineal de fase está dada por la expresión:

$$e \frac{n_x - n_y}{K} \quad (19)$$

luego la diferencia angular, o el valor de $2\varphi\pi$ será

$$2\pi\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} e \frac{n_x - n_y}{K} \quad \text{luego:} \quad \pi\varphi = \frac{\pi(n_x - n_y)}{\lambda K} e$$

Obtenida la relación anterior repasemos los fenómenos de polarización cromática vistos anteriormente, los cuales van a tener ahora una significación práctica. En efecto: si nos valemos de la expresión (18) de la amplitud, obtenida para el caso de Nicols cruzados:

$$R = \alpha \operatorname{sen} 2\alpha \operatorname{sen} \pi\varphi$$

podemos suponer aquí también que α por ejemplo, sea nulo. Esto sucederá siempre que los ejes principales de esfuerzos, que ahora vienen a reemplazar los ejes X Y de elasticidad de la lámina, coincidan con la sección del polarizador. En este caso $\operatorname{sen} 2\alpha = 0$ y, por lo tanto, la luz se extingue. Pero también se extinguirá la luz cada vez que se verifique la igualdad $n_x = n_y$ ó $n_x = n_y = 0$ y también cada vez que φ sea igual a un número entero. Según esto, las regiones oscuras que se observen en la proyección, se deberán a una de las siguientes causas:

1^o A que en ese punto los esfuerzos principales son nulos o iguales entre sí. Esto se conoce porque cualquiera que sea la inclinación de los Nicols, y

por consiguiente, el ángulo α dicha región se mantiene en la oscuridad.

2^o A que en ese punto los esfuerzos principales siguen la dirección de las secciones del polarizador y analizador cruzados. Esta causa se distingue de las demás por la circunstancia de que dichas líneas o regiones de sombra se desdoblaron sobre la figura cuando se varía el ángulo α o sea la inclinación de los Nicols con respecto a los ejes principales en dicho punto.

3^o Si se opera con luz monocromática, cada vez que se cumple la relación: $\operatorname{sen} \pi\varphi = \operatorname{sen} n\pi = 0$ la luz se extingue. Por consiguiente, en este caso cada zona oscura indicará que se ha cumplido la igualdad anterior, fig. 11. En cambio, el color presentará su máximo de intensidad cuando se verifique la relación:

$$\operatorname{sen} \left[n\pi + \frac{\pi}{2} \right] = 1$$

Cuando se opera con luz blanca la luz sólo se extinguirá para ciertos colores. Como consecuencia de esto, la luz emergente del polarizador aparecerá coloreada, fig. 12, de manera diferente para cada valor del esfuerzo interior desarrollado en la materia transparente. Por otra parte, en el caso en que se tenga:

$$\operatorname{sen} \pi\varphi = \operatorname{sen} \left[n\pi + \frac{\pi}{2} \right] = 1$$

el color correspondiente adquirirá la máxima intensidad, y las demás ondas, intensidades decrecientes, luego la luz blanca emergente presentará a la salida del analizador el tinte correspondiente a la onda predominante. Se sigue de aquí que para cada diferencia entre los esfuerzos principales habrá una coloración especial cuando se opera con luz blanca.

(Continuará)

- NOTAS -

SECCION BIBLIOGRAFICA

LA PUBLICACION DE LA FLORA DE NUEVA GRANADA EN ESPAÑA

En algún número anterior de esta Revista hicimos notar cuán conveniente sería para Colombia reclamar del Gobierno español el Archivo de la Expedición Botánica para publicarlo en Colombia, y agregábamos que gracias a los esfuerzos de nuestro académico honorario, don José Cuatrecasas, esa publicación se había iniciado en Madrid, pero que debido a la guerra actual que azota a la Península, tal obra corría peligro de suspenderse indefinidamente. En estas circunstancias era natural pedir a nuestro Gobierno el continuar la empresa tan felizmente iniciada por Cuatrecasas e interrumpida por la revolución. Pero hoy, sorprendidos por la grata noticia de que ella se continúa, a pesar de todo, en la Madre Patria, no podemos menos que felicitarnos a causa de tan excelente resultado, haciendo votos por que nuestro colega pueda coronar su labor con brillo para toda la Ciencia hispano-americana.

A continuación reproducimos lo escrito por don José Cuatrecasas con motivo de la publicación de la parte de la "Flora de Nueva Granada" que se refiere a la Quinología de Mutis. Dice así:

"En 1783, a propuesta del Virrey don Antonio Caballero y Góngora, y por orden de Carlos III, se creaba la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Fue nombrado director de la misma el sabio naturalista gaditano José Celestino Mutis, antiguo discípulo de Barandier en el Jardín Botánico de Mijas Cullientes y que ya desde 1761 se encontraba en Bogotá ejerciendo la medicina. Este hombre, que había demostrado sus grandes dotes de maestro y de investigador, practicando la enseñanza de varias ciencias, observador minucioso, organizador activo y eficaz, no defraudó las esperanzas que en él se depositaron al encargarse la empresa por él fervientemente apetejada.

Ya la maravillosa flora de Nueva Granada contaría, como la del Perú y Chile, con hombres de temple y conocimientos, capaces de dar a conocer al mundo la riqueza y las novedades científicas de tales países. Y en efecto, Instituto Mutis en la ciudad de Mariquita, junto al río Magdalena, entre las imponentes cordilleras Oriental y Central de Colombia, creó una verdadera escuela de fitógrafos y dibujantes que esdribaron valles, barrancos y montañas desde la selva tropical del río, hasta las más altas cimas de los Andes. Aquí estuvo siete años. En 1790 se trasladó a Bogotá, donde él y sus colaboradores pudieron continuar su labor, completando los trabajos empezados en Mariquita, y dedicarse a la exploración de las partes más elevadas de la Cordillera Oriental.

El resultado de todos estos trabajos es apenas conocido. Otros sabios exploradores españoles, Ruiz, Pavón, Sessé y Mocino, publicaron una parte de sus estudios sobre la flora del Perú, Chile y México, publicaciones que les han proporcionado universal y positivo renombre. En cambio, la labor de 25 años de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada se supone casi nula por desconocida, pues sólo se suele saber de ella por las referencias sumeras que algunos autores han dado de la obra inédita de Mutis. No obstante, es la que más se admira cuando se considera cómo pudo Mutis organizar toda una escuela de más de veinte hombres metódicamente dedicados a la producción científica. Ya muerto Mutis, y durante la guerra de la independencia, debió de perderse una parte de su obra, tal vez el manuscrito de la famosa Flora. Lo cierto es que actualmente sólo se conservan las ilustraciones de la monumental Flora de Nueva Granada. Son 2.500 láminas en negro y 4.170 láminas en color y en gran folio, que representan plantas enteras o partes de plantas, y son una maravilla de disposición artística así como de ejecución e interpretación rigurosamente científica del natural. De entre los 43 volúmenes en que están distribuidas estas láminas, destaca el correspondiente al estudio de las Quinas, en cuyo descubrimiento y en el estudio de cuyas propiedades y usos terapéuticos, tomó una activísima participación Mutis. Este es el único volumen que lleva texto pormorosamente manuscrito, en el que se describen las cortezas, sus propiedades, aplicaciones, formas farmacéuticas, con copiosa aportación de datos, experiencias e ideas propias sobre la acción de las diversas quinas y modo de emplearlas; y se clasifican y describen las siete especies y numerosas variedades que se representan en 61 láminas.

El texto ya había sido publicado en su mayor parte, por varios autores, en fragmentos, siendo la mejor edición la de Hernández de Gregorio (1828), incompleta por faltarle la parte sistemática. El hecho de haberse dado al público de una manera tan fragmentaria y desprovista de la documentación ilustrada, la obra de Mutis, es la causa de que no sea considerada en lo que vale por algunos autores. Abona este

criterio el que Humboldt fue un defensor suyo, porque lo conoció en Bogotá y pudo apreciar con sus propios ojos la elevada calidad de su trabajo riguroso, pausado y constante.

En 1808 falleció Mutis. El año siguiente prologaba su "Historia de los Árboles de la Quina" el continuador de la Expedición, su sobrino Sinfaroso Mutis, y la dejaba lista para ser publicada. Numerosas vicisitudes han pasado desde entonces que han impedido la publicación de la Flora de Nueva Granada, no superada ni igualada por otra obra de su género; es evidente, sin embargo, que la causa principal ha sido la desidia de nuestros dirigentes políticos que se sucedieron desde aquella fecha.

En 1638, la Virreina del Perú, doña Francisca Enríquez de Rivera, condesa de Chinchón, que dio nombre a los árboles de la quina, padeciendo tercianas, fue felizmente tratada con polvos de corteza del árbol de Loja, suministrados por indígenas, hecho inicial del conocimiento científico de la acción terapéutica de la quina.

En 1738, La Condamine daba a conocer al mundo la primera descripción del árbol de la quina.

En 1838, en plena guerra, a los tres siglos del primer hecho citado y a los dos siglos del segundo, el Ministerio de Instrucción Pública y Sanidad edita en España la "Historia de los Árboles de la Quina" de José Celestino Mutis; 104 páginas de manuscrito y 61 láminas a gran folio y todo color, edición facsimilar del primoroso volumen original fechado por Sinfaroso en 1809.

Por fin, en justicia a Mutis y a la escuela que personificó, escuela de científicos revolucionarios, que lucharon arduamente por la libertad, y para honor de quienes rigen hoy los destinos de la República, la publicación de la Flora de Nueva Granada de Mutis, es hoy un hecho, que nos enaltece y nos vindica.

José Cuatrecasas".

EXPLICACION DE CALDAS REFERENTE A LA LAPIDA DE CUENCA

"Todos saben que los señores Académicos terminaron sus trabajos de la medida del grado centímetro al ecuador en la llanura de Tarquí; que midieron una segunda base semejante a la de Yaruquí, y que el observatorio austral lo establecieron en una de las haciendas inmediatas. Entonces pertenecía ésta a un vecino de Cuenca llamado don N. Sempertegui. Aquí dejó M. de La Condamine una lápida de mármol blanco, de que abundan las inmediaciones. Pero los nuevos dueños que sucedieron a Sempertegui la arrancaron de su lugar y le dieron un destino bien diferente del que tuvo en su origen. En lugar de perpetuar la memoria y los resultados de unas observaciones que decidieron la figura de la tierra, que auguran la vida del hombre en Groenlandia y en el cabo de Van-Diemen, las más interesantes de que puede gloriarse la Astronomía, servía de puente una acequia, cubierta de tierra y sepultada. Qué destino! Existió acaso algún genio enemigo de este viaje célebre? Todo perece, todo se arruina por los bárbaros. Qué tiempos tan diferentes los de 1740 y los de 1804! En esa época infeliz para las ciencias se creía buen ciudadano el que arruinaba, el que hacía perecer hasta las ruinas de los antiguos monumentos que pueden honrar nuestra razón en la América Meridional. Por fortuna Córdoba, este sacerdote ilustrado de que tanto hemos hablado en nuestro viaje a Paute, vio esta lápida en el destino que acabamos de ver le habían dado los buenos vecinos de Cuenca: la hace lavar, lee, reconoce su importancia, copia la inscripción y hace dar al monumento un lugar más honroso. No se contenta con esto: manda una copia de la inscripción a los editores del Mercurio Peruano, la cual se publica. Pero mal entendida, se halla desfigurada en este periódico. Nosotros le hemos restituido su genuino sentido, copiándola con la mayor fidelidad.

En este estado se hallaban las cosas cuando llegó a Cuenca. Todo el cuidado fue el averiguar por el paradero de esta lápida preciosa y por el destino que le habían dado esos bárbaros. El mismo Córdoba que la había copiado me suministró todas las noticias necesarias. La familia de Sempertegui, en Cuenca, tomó en arrendamiento la hacienda de Sempertegui. Cuando volvió al fundo, supo, sin saber con qué derecho, esta lápida de su lugar y la transportó al Ingenio, pequeña quinta a una legua de Cuenca, en donde la había abandonada, con el destino de perforarla para que sirviese de rejilla a una acequia. Pensé en pedir inmediatamente se restituyese esta alhaja a los astrónomos a quienes a fin de ella; pesó también en representarlo al Gobierno a fin de que se libertase del destino que se le intentaba dar y se consiguiese; pero el conocimiento que he adquirido del carácter servil de estas gentes, que hacen un proceso por el más leve motivo; el reflexionar sobre que nada avanzaba, aun de una marea; el reflexionar sobre que nada avanzaba, aun vencida esta pleiteo astronómico, pues volvía a quedar en

Son D. Juan José D'Elhuyar

Mi Estimadísimo Amigo, D. Ángel cuando se fue me D. Ángel no me había llegado la adjunta del Sr. Virrey, y aunque después he solicitado ocasión, no se ha presentado. Ahora la dirijo por mano de Maestro Carpintero, por quien me encargo de veras, suplicando a Ud. le perdone esta, considerando que una vez que busca consejo y patrocinio se cae humillarse y enmendarse. Así lo espero del favor de Ud., y para que el no dude de la realidad de mi recomendación, he creyendo que en esta cerrada llevaría la Carta de Orias, escrita otra por separado y abierta.

En este mismo correo sin esperar yo, me llegó el Diploma de Miembro de la Academia de Stockholm en que se me el honor de ser nombrado el 17 de Nov. del año pasado. Viene en latín, y me envió el estilo por suafestoso, firmada del nuevo Secretario Wilke. Tal vez aura muerto Wargentin. He visto cartas de Bergius y Thunberg, y un tal Paykull joven muy celebrado por sus grandes conocimientos en la Ciencia de los insectos; y por esta parte solicita mi consejo. Aplaudiendo mi descubrimiento del sexo de las hormigas por las antenas, y confesando que nada de esto se sabía anteriormente. No quiero ocultar a Ud. lo que me dice Bergius sobre mi laminas; copiar sus palabras, mirar valde, cum icones tuas videris, quod in America pictores excellentissimos habere possit, cuos pais superiases. Salva mihi movetur cum librum quem edere allaboras, recorder. Si icones in eo tamo prestantissimas evadunt ac ha ora a te missa, obstitor parcat antea non videris Europam. Ya Ud. considerará de que satisfacción me sirve un voto que igualmente se fundará en el consentimiento de quantos vieron aquellas tres laminas. En bafando Ud. reciba esta correspondencia que seguramente endulza mis tareas.

Me alegraré que Ud. se mantenga bueno, y me mande con la seguridad de que soy

Marigueta 30 de Agosto de 1785

En afmo amigo
J. C. Mutis

unas manos poco ilustradas, y que a la vuelta de diez años se destinaria a usos miserables y bárbaros, me hizo tomar la determinación de apoderarme de ella y trasladarla a Bogotá.

En el Mercurio Porruño de 1793 se publicó la inscripción con muchos errores; mas es a la letra como sigue:

HOC IN VALLIS TARQUENSIS ANFRACU
ET IN IPBO VILLAE SEMPERTEGUIANAE FANO
NONDUM CONSECRATO
MERIDIANI ARC. GEOMETRI MENSURATI
EXTREMA IN PARTE AUSTR. SITO
A TURRI TEMPLI MAJORIS CONCHENSIS
CCICCDL HEXAPEDES PARISIENS. DISTANTE
IN LINEA
AB AUSTRO AD OCC. DECL. GR. XVIII CUM MIN. XXX
OBSERVATAE VERTICE BOREAM VERSUS
STELLARUM
IN MANU ANTONII BAYERO #
GRAD. I MIN. XXX SEC. XXXIV TUM. XXVIII (1).

Para verificar los resultados consignados en esta lápida, hice en Cuenca un número prodigioso de observaciones de θ de Antinoo. Como la misma lápida nos enseña que la torre de la matriz de Cuenca dista del observatorio del Tarquí 10.550 toesas, y la dirección de la línea que unía estos puntos (de Sur hacia Occidente) $18^{\circ} 30'$, puede deducir la distancia al cenit de θ de Antinoo a Tarquí en 1804, y por consiguiente en 1742.

CARTA ORIGINAL DE MUTIS CUYO FACSIMILE SE REPRODUCE EN LA PAGINA ANTERIOR

Señor don Juan José D'Elhuyar:

Mi estimadísimo amigo y señor:

Cuando se fue nuestro Don Ángel no había llegado la adjunta del Señor Virrey, y aun cuando después he solicitado ocasión, no se ha presentado. Ahora la dirijo por mano del maestro carpintero, por quien me encargo de veras, suplicando a Ud. le perdone esta, considerando que una vez que busca empeño él y patrocinio, desea humillarse y enmendarse. Así lo espero del favor de Ud.; y para que él no dude de la realidad de mi recomendación, he creyendo que en esta cerrada llevaría la carta de Orias, escrita otra por separado y abierta.

En este mismo correo, sin esperar yo, me llegó el Diploma de miembro de la Academia de Estocolmo en que me he nombrado el 17 de noviembre del año pasado. Viene en latín, muy sencillo el estilo pero majestuoso, firmado del nuevo Secretario Wilke. Tal vez habrá muerto Wargentin. Recibí carta de Bergius, Thunberg, y un tal Paykull, joven muy celebrado por sus grandes conocimientos en la Ciencia de los insectos; y por esta parte solicita mi correspondencia, aplaudiendo mi descubrimiento del sexo de las hormigas por las antenas, y confesando que nada de esto se sabía anteriormente. No quiero ocultar a Ud. lo que me dice Bergius sobre mis laminas; copiaré sus palabras: "Mirabar valde, cum icones tuas viderim, quod in America pictores excellentissimos habere possis, europaeis superiores. Salva mihi movetur cum librum quem edere allaboras, recorder. Si icones in eo tam prestantissimas evadunt ac ha tres a te missae, obstitor parcat antea non videris Europam". Ya Ud. considerará de cuánta satisfacción me sirve un voto que igualmente se fundará en el consentimiento de cuantos vieron aquellas tres laminas. En bajando Ud. verá esta correspondencia que seguramente endulza mis tareas.

Me alegraré que Ud. se mantenga bueno, y me mande con la seguridad de que soy su Afmo. amigo.

J. C. Mutis.

Marigueta 30 de agosto de 1785.

SECCION BIOGRAFICA

JULIO GARAVITO ARMERO

(Ensayo biográfico y literario).

Por Jorge Alvarez Lleras.

El tiempo arrastra consigo las opiniones volubles de los hombres y deja en el olvido memorias de varones que en épocas distantes asombraron con su fama los espíritus de sus cotáneos, confirmando, tan sólo, con el correr de los años, el prestigio de los pensantes y de los sistemas que han con-

sultado los dictados de la lógica e interpretado las leyes inmutables de la naturaleza. Del ilustre canciller de la Reina Isabel van quedando en la penumbra su labor política y sus claudicaciones palaciegas, en tanto que, mientras exista en la naturaleza humana la curiosidad científica como móvil hacia la investigación positiva, continuará siendo su Novum Organum monumento imperecedero y gloria eterna de Inglaterra. La razón de esta perdurabilidad reside en la misma esencia de la sabiduría y en la excelencia de sus fines: no mudables como la fama vocinglera, que hoy ensalza a quien va a deprimir mañana, sino eternos como la verdad absoluta, objeto único del sabio, que busca la inmortalidad en los fundamentos de certeza consignados en su obra.

Muchas veces la opinión pública ha pregonado sonoramente nombres que después se han borrado por acción del tiempo, al decir de Cicerón (1), pero nunca ha sido infiel al mérito verdadero de los maestros cuyas doctrinas no perecen. Pueden éstas quedar oscurecidas transitoriamente mientras impere la estulticia de la mayoría, mas, tarde o temprano, se imponen a la consideración universal, y triunfan, porque la verdad es patrimonio del espíritu humano. Esta fe es la que alienta a los discípulos cuando muere el maestro; fue la que sostuvo a Copérnico en su lecho de agonía, y la que dio aliento a Galileo cuando profirió su frase célebre: "E par si muove".

La humanidad atraviesa en su carrera épocas de oscurecimiento que obedecen a una ley de periodicidad formulada por Schopenhauer, y entonces puede retrogradar hasta un punto extremo que los sociólogos llaman "barbarie", o mantenerse en un período de reevaluación, antes de tornar a su marcha hacia adelante. Estas épocas de oscurecimiento suceden a brillantes períodos de creación en el campo de las ciencias, y durante ellas la labor de los hombres de estudio queda postergada y va a acumularse en los archivos, pero no perece de modo definitivo: espera allí la resurrección de los muertos, el resurgimiento de los eternos valores y la valorización de lo que se fundó en la verdad.

No parece que sea afortunado afirmar que la especie humana atraviesa actualmente un período de dolorosa incertidumbre y que corre grave riesgo de tomar una marcha negativa. Los humanos conocimientos se difunden hoy día en un piélago de conjeturas y de hipótesis de tal orden que muchos han llegado a dar forma real a convenciones o a representaciones ideológicas, según lo insinúa el Profesor H. Poincaré, grave espíritu analista que se dio muy buena cuenta de la bancarrota científica en los tiempos modernos. Siendo esto así, no es de creer que los cerebros amantes de la verdad puedan hoy hacer labor positiva, o que, al hacerla, logren que ésta sea conocida. Desengañados por la indiferencia e inercia del medio que los rodea, los constructores de la sabiduría se contentan con consignar sus ideas en manos de la posteridad, para ser juzgadas por criterios más eñapases y en circunstancias más propicias, si es que el futuro haya de sernos benigno y puedan llegar para la especie épocas mejores que la presente.

En todo caso, y para sentar la experiencia del orador latino, conviene en un ensayo crítico de la fudole del presente, recordar que la opinión frívola y superficial no puede levantar un altar perdurable a la memoria de un varón escogido por Minerva, en ninguna época, y menos en los tiempos actuales, cuando todo vacila y se derrumba y el dilletantismo invade todos los campos científicos, llegando hasta el recinto consagrado a Euclides. Así, pues, aceptando a la letra la aseveración del más ilustre de los antiguos filósofos, nos contentamos con mantener el estilo y los conceptos en una región modesta, propia del sabio cuya labor hemos estudiado hasta donde se extiende el límite de nuestros escasos conocimientos.

Sería pretensión muy censurable la de quien quisiera en un breve estudio dedicado a la Revista de Ciencias, dar cuenta detallada de una labor científica tan extensa e importante como la del doctor Julio Garavito Armero, y, sobre todo, de quien intentara exponer sus ideas, relacionándolas con los problemas que hoy se debaten en el mundo científico. Tal obra habría menester de un criterio tan penetrante como el del maestro y de un genio matemático tan superior como el suyo para abarcar no sólo los problemas cuya solución se propuso, sino también para extenderse por sobre toda la investigación moderna.

Además de esto, sería pueril empresa la de iniciar una campaña para abrir campo a las ideas del maestro, cuando éstas tal vez no puedan imponerse, ni siquiera por sí mismas, si consideramos cada genio es el fundamento de los conceptos anteriormente vertidos y cuánto incrementa su certeza con los días que pasan y nos trae un positismo tan doloroso como inevitable. Los acontecimientos se suceden vertiginosamente; las opiniones se disocian; los entendimientos se oscurecen; la fe en la verdad científica vacila; el caos invade el campo sereno de la investigación, y

(1) Bouguer, "Figure de la Terre", página 267, dice que la estrella Antinoo, por último resultado, distaba del cenit de Mama-Tarquí $1^{\circ} 30' 33'' - 1/3$. Estas observaciones las realizó en 1748 desde julio hasta septiembre. Esta es la época de esta inscripción.

(1) Opinionesum commenta delect dies, nature judicis confirmat.

si sola a explicar todas las perturbaciones, o si es necesario introducir algún pequeño término correctivo. Hasta ahora ella ha bastado, dado el grado actual de precisión en las observaciones astronómicas: pero es natural que dicha ley no sea perfecta; es natural que la velocidad de los planetas tenga alguna influencia, y que, además, haya algunas otras fuerzas en acción, como la fuerza repulsiva de la luz, etc., cuyos efectos se hayan escapado aún por ser muy pequeños en relación con los de la gravitación. Al tratar del movimiento de los electrones nos parece más fecundo el primer problema, como que se trata de una investigación en un asunto nuevo, en donde casi todo es desconocido. No sería muy difícil hallar la forma exacta de la trayectoria en cada caso (1), y aunque ésta no sería suficiente para determinar la ley de la fuerza, daría, sin embargo, mucha luz a ese respecto. Pero el método que se empleó corresponde al segundo problema. Se ha supuesto conocida la fuerza en cada caso y se ha determinado el movimiento. Si ésta concuerda con los hechos, la ley de la fuerza es correcta. ¿Qué se debe concluir si el movimiento previsto no coincide con el movimiento real?

Ciertamente el planteo del problema, como lo hace el doctor Garavito, es terminante, pues la experiencia de Kaufmann demuestra que la relación de la carga negativa del electrón y de su masa, disminuye rápidamente cuando la velocidad del electrón crece hasta aproximarse a la velocidad de la luz, y que, por tanto, ha habido una equivocación en el método empleado por los experimentadores, que han debido escoger, de los dos problemas a que da lugar, el estudio de los movimientos, el primero, es decir: habiendo determinado el movimiento, hallar las fuerzas capaces de producirlo. Si así hubieran procedido el acuerdo sería perfecto entre la Mecánica y la experiencia física.

Si tanto el problema planteado por Gill, como la dificultad que se presentó a los físicos en la teoría de los electrones, hubieran dado lugar a revoluciones de métodos y sistemas, es claro que la discusión propuesta por el doctor Garavito no tendría la inmensa trascendencia que hoy tiene; mas, como se ha procedido por saltos, edificando sobre hipótesis más o menos gratuitas, para acomodarse a ellas y poner los resultados experimentales de acuerdo con teorías concebidas a priori, rompiendo con toda tradición clásica de la Mecánica, resulta que la tarea de quien ha logrado poner de acuerdo la teoría ondulatoria y el fenómeno de la Aberración de la luz, por una parte, y las leyes del movimiento con las experiencias efectuadas sobre los rayos catódicos, por otra, es de una trascendencia incalculable. Es Newton, cuando se generalizó la atracción terrestre, o sea el peso de los cuerpos, a todo el espacio interplanetario. Entonces se echó el fundamento de la unidad científica en toda la Mecánica, y pudo Kant maravillarse de la concordancia admirable que existe entre las leyes de la Física, que gobiernan los movimientos de los cuerpos celestes, que gobiernan los movimientos de los cuerpos terrestres, que gobiernan los movimientos de los cuerpos celestes, que gobiernan los movimientos de los cuerpos terrestres, que gobiernan los movimientos de los cuerpos celestes, etc. Esta concordancia le sugirió su sistema de los categóricos puros o puros y el tiempo son absolutos y no una convención, y que las leyes de la Mecánica son tan absolutas como el tiempo y el espacio.

Para darnos cuenta de cómo entiende el doctor Garavito la importancia de su labor, oigámosle expresarse relativamente a la obra de la Física moderna:

"Así como se han podido elaborar tres geometrías planas, igualmente irreprochables desde el punto de vista lógico, se ha creído posible elaborar otras mecánicas no newtonianas, mediante las cuales se explique la contradicción entre los experimentos de Fizeau y Michelson, partiendo de la ley de Kaufmann, deducida por él de la interpretación de los fenómenos producidos en los rayos catódicos por los campos eléctricos y magnéticos.

Los principios fundamentales de esta nueva ciencia difieren totalmente de los de la física hoy clásica: la masa de los cuerpos varía con la velocidad hasta hacerse infinita (magnética); los cuerpos se contraen lateralmente al desplazarse, etc.

La Mecánica era indudablemente la más ventajosa para su creador, Profesor A. Lorentz, pues con su auxilio po-

día salvar su famosa teoría electrodinámica. Sin embargo, la palabra ventajosa tiene una interpretación más retrógrada de la asignada en la filosofía científica moderna, pues la nueva ciencia no tuvo la brillante acogida que era de esperarse dado el espíritu innovador de la presente generación.

"Se prepara hoy otra nueva Mecánica debida a Einstein, fundada sobre el concepto de Minkowski, según el cual el tiempo es una cuarta dimensión del espacio. Esta nueva Mecánica tiene actualmente, según informes, muy buena acogida en Inglaterra.

"Nada debe extrañar, pues, que se levanten cada día más expresivas contra el movimiento de la tierra. Hoy estas dudas no nos vienen de las selvas; al contrario, son formuladas bajo la cúpula del Instituto de Francia por Mr. Alfred Capus, sucesor de Henri Poincaré en la Academia de la Lengua, quien dijo con referencia a su antecesor: "Voula que quatre siècles apres Copernic, un maître du savoir remarque qu'il n'existe nulle part dans l'espace un poste de l'intérieur duquel on puisse observer si réellement la terre tourne, et que, par conséquent, cette affirmation: la terre tourne, n'a aucun sens, puis qu'aucune expérience ne permettrait jamais de la vérifier. Mais, la découverte de Copernic peut se résumer en ces mots: il est plus commode de supposer que la terre tourne, parce qu'on exprime ainsi les lois de l'Astronomie dans un langage plus simple".

"Y más lejos agrega: "Longtemps le soleil nous a laissé croire qu'il est lui qui montait à l'horizon; puis il nous a suggéré qu'était peut être la terre qui se tournait mollement vers lui, mais dans l'une et l'autre hypothèse il ne nous a mesuré ni la lumière ni la chaleur. Acceptons donc, comme la condition même de notre destinée, la vérité approximative, et à peu près de l'observation".

"La fecunda labor de la Filosofía científica del ilustre Profesor H. Poincaré está, pues, dando ya sus primeros frutos. Quizás él alcanzó a darse cuenta del inconveniente de expresar las conclusiones en lenguaje no euclideo, aunque hubiese razonado antes en lenguaje euclideo".

Posteriormente a sus trabajos sobre Óptica y Electricidad, el doctor Garavito se ocupó de las llamadas Geometrías no euclideas, que idearon Riemann y Lobatscheffsky, y a las cuales dio carta de ciudadanía el Profesor Poincaré en su libro "La Ciencia y la Hipótesis". Este matemático, creador de la nueva Filosofía, dice, hablando de las posibilidades de dichas Geometrías:

"Si la Geometría de Lobatscheffsky es verdadera, la paraje de una estrella muy lejana será finita; si es verdadera la de Riemann, será negativa. Hé aquí resultados que parecen accesibles a la experiencia, y se ha esperado que las observaciones astronómicas podrían permitir la elección entre las tres Geometrías.

"Pero lo que se llama línea recta en Astronomía es, sencillamente, la trayectoria del rayo luminoso. Si, pues, lo que parece imposible, se llegaran a descubrir paralajes negativos o a demostrar que todas las paralajes son superiores a un cierto límite, se podría escoger entre dos conclusiones: podríamos renunciar a la Geometría euclidea o modificar las leyes de la Óptica, y admitir que la luz no se propaga rigurosamente en línea recta.

"Infinito es añadir que todo el mundo conceptuaría esta solución como más ventajosa.

"La Geometría euclidea no tiene, pues, nada que temer de nuevas experiencias".

A esto se permite observar el doctor Garavito:

"Si la suma de los tres ángulos de un triángulo rectilíneo, es menor que dos rectos, la Geometría de Lobatscheffsky es verdadera; si es igual a dos rectos, la verdadera será la de Euclides; y finalmente, si fuera mayor, sería la de Riemann. Admitir, pues, la viabilidad de las Geometrías de Lobatscheffsky y de Riemann, no como Geometrías esféricas sino como Geometrías planas, es admitir que la suma de los tres ángulos de un triángulo rectilíneo puede tener cualquier valor menor, igual o mayor que dos rectos. Esto supuesto, es evidente que la Geometría improbable sería la de Euclides, puesto que dos rectos forman un número definido mientras hay infinitud de números mayores y menores.

"Este argumento de lógica impecable no arredra al creador de la Filosofía científica, puesto que la Geometría euclidea nada tiene que temer de las observaciones astronómicas, en lo cual tiene plena razón, puesto que no podemos trasladarnos a los otros astros a medir el tercer ángulo del triángulo.

"¿Pero qué valor pueden tener las conclusiones de las ciencias cuyas medidas se apoyan en la improbable Geometría euclidea?

"No podemos tener idea aproximada de la distancia a que se encuentran las estrellas cuando la suma de los tres ángulos de un triángulo no sea igual a dos rectos, y la distancia varía, además, con el tamaño del triángulo.

"La luna no está, o al menos no podemos saber que está, a sesenta radios terrestres de distancia; en consecuencia, la identidad entre la gravedad y la gravitación es falsa o pue-

de serlo. Ahora bien, si la gravedad y la gravitación no fuesen idénticas, la gravitación se volvería una hipótesis acomodaticia, como las de uso moderno. Pero, ¿qué digo? Dicha hipótesis estaría por demás, pues las leyes de Kepler serían falsas, porque la determinación de las órbitas se funda en la Geometría euclidea".

"Observemos la inmensa ironía con que el astrónomo colombiano niega las afirmaciones de Poincaré: ironía que vale la pena de considerar, si tenemos en cuenta que se trata de la lógica nueva, impuesta por los modernistas metodológicos de raciocinio. ¿Será posible para un espíritu matemático la aceptación de una Filosofía que se basa en la relatividad, cuando se da a ésta un alicance que echa por tierra los fundamentos de la Mecánica racional? Como muy bien se echa de ver, el principio de la relatividad se acomoda a la concepción de espacios relativos geométricos, pero no encaja en los hechos observados por la experiencia al tratarse del espacio mecánico.

"Pusemos ahora a la solución dada por el doctor Garavito al problema propuesto por las experiencias de Kaufmann, a que hicimos referencia atrás. Dice así el doctor Garavito en su folleto sobre la dinámica de los electrones:

"La materia nos parece continua a causa de la imperfección de nuestros sentidos, pero no lo es. Esto mismo, y por la misma discontinuidad de la materia, debe ocurrir con las fuerzas naturales. Es probable que las acciones eléctricas y magnéticas sean debidas a perturbaciones sucesivas provenientes del campo eléctrico y magnético y cuya intensidad y frecuencia determinan el valor de la fuerza. Si esto se admite, la explicación del fenómeno es muy sencilla.

Ciertamente poco se tendría que observar a la lógica de este raciocinio si las convenciones no entraran para nada en la interpretación que da a los fenómenos el espíritu moderno de investigación. Mas como hoy se prefiere sustituir una hipótesis por otra, explicar una contradicción de teorías por medio de otra teoría y abandonar completamente la sencillez y el rigor de las demostraciones: sucede que a muchos parecerá demasiado simple la explicación del doctor Garavito, aun cuando esté enteramente de acuerdo con la idea metafísica de la estructura atómica y con las teorías de propagación de los efectos mecánicos. ¿Si la materia es discontinua, por qué no habrá de serlo la fuerza? ¿No estará esta hipótesis más de acuerdo con la Mecánica, sin repugnar al espíritu, ni contradecir a la experiencia? ¿Será preferible, para explicar cómo la desviación de los rayos catódicos en un tubo de Crookes, se anula para velocidades próximas a la de la luz, echar por tierra los fundamentos de la Mecánica?

"Volviendo a la solución del problema propuesto por Gill y a la hipótesis del arrastre parcial del éter por la atmósfera, diremos que a la objeción hecha por Mr. Baillaud, Director del Observatorio de París, respecto a la experiencia de Fizeau, respondió victoriosamente el doctor Garavito haciendo notar que el pretendido deslizamiento que se creyó hallar en esta experiencia, no es otra cosa sino el efecto de aberración, no computado por la teoría ondulatoria. En el sistema dióptrico usado por Fizeau (sistema en cuyo interior se mueve rápidamente una corriente de agua), el fenómeno de la Aberración presenta aparentemente el efecto de un arrastre parcial, sin que exista tal deslizamiento, sino, por el contrario, un arrastre total. La objeción fundamental que Mr. Baillaud puso al doctor Garavito respecto de su "Teoría de la aberración de la luz", gira exclusivamente alrededor de la célebre experiencia de Fizeau: mas, como el astrónomo de Bogotá demuestra el error cometido al interpretar esta experiencia y la pone enteramente de acuerdo con la de Michelson, resulta que la opinión del Director del Observatorio de París está, prácticamente, en un terreno favorable a las ideas del doctor Garavito. Estas ideas respecto al fenómeno de la Aberración astronómica se condensan en las siguientes afirmaciones: "La única hipótesis sustantiva hecha en esta teoría se refiere a que la forma de la energía luminosa es cinética. En realidad de verdad deberá haber un cambio continuo y sucesivo de las dos formas clásica y potencial; pero estas dos formas deberán ser constantemente iguales, y todo pasa como si la energía fuese exclusivamente cinética, para el efecto de aplicar el teorema de la menor acción. Así, pues, se debe presentar esta cuestión independientemente de toda hipótesis adjetiva sobre la manera de ser del éter y sobre la naturaleza elástica o electromagnética de las fuerzas que entran en juego en la propagación de la luz. Solamente hay que considerar la ecuación diferencial de la propagación luminosa, ecuación de valor positivo en la Óptica. Es por la solución ilusoria (plano de la onda), que se ha dado siempre a dicha ecuación, y por la hipótesis de un medio continuo y gelatinoso que se ha originado una de las paradojas más rebeldes que se han presentado a la Ciencia".

Por la exposición que hemos hecho se deduce que la labor del doctor Garavito es esencialmente conservadora, pues, se propone: 1º la explicación de la Aberración astronómica, dentro de la Mecánica clásica, y de la Física experimental

que ha comprobado la propagación ondulatoria según la teoría de Maxwell; 2º la concordancia entre dos experimentos, aparentemente en divergencia; el de Michelson y el de Fizeau; 3º la explicación satisfactoria del resultado contradictorio obtenido por Kaufmann, logrando con esto conservar en todo su vigor las ideas de espacio y tiempo absolutos; 4º la refutación de las aseveraciones que dan un alicance mayor que el justo y racional, al principio de la relatividad, y 5º la confirmación de las ideas de Newton, devolviéndole su prestigio a la Geometría de Euclides.

Todo esto va directamente contra el nuevo edificio científico-filosófico levantado por Einstein y consagrado por la Royal Society de Londres. Oigamos a Einstein para darnos cuenta del mérito intrínseco de la labor del doctor Garavito: Dice este matemático alemán:

"Imaginémonos que la tierra ha desaparecido, y que en su lugar queda solamente una gran caja y que en esa caja hay un hombre, flotando en el centro sin fuerza alguna que le lleve para uno y otro lado. Imaginémonos que la caja, por medio de una cuerda, o de otro medio cualquiera, sea súbitamente tirada en determinada dirección, con lo que en Física se llama "movimiento diforme", en oposición al movimiento uniforme. Es claro que el hombre pasaría inmediatamente al lado opuesto, pasando del centro en donde se hallaba, obedeciendo a algo semejante a la ley de la gravedad, sin haber en realidad gravedad alguna, lo que prueba que el movimiento diforme produce en todo caso los mismos efectos que la gravedad.

"He aplicado esta nueva idea a todas las clases de movimiento diforme y he desarrollado fórmulas matemáticas que dan resultados mucho más precisos que los que resultan de las fórmulas de Newton. Las fórmulas de Newton son, empero, tan aproximadas, que me fue difícil encontrar por observación diferencia alguna con la experiencia.

"Hallé, empero, confirmación de mi teoría en un caso particular, con el movimiento del planeta Mercurio, que por mucho tiempo había desconcertado a los astrónomos (1). El problema ha quedado plenamente resuelto con mis fórmulas, y así lo ha declarado solemnemente la Royal Society de Londres. Otra experiencia ha reafirmado mis teorías. He logrado probar que los rayos de luz se desvían al pasar por el campo de la gravitación, y es este un fenómeno que no se explica con la ley de Newton.

"El último eclipse solar dio la prueba final y definitiva de mi teoría. Las observaciones que entonces se hicieron probaron que los rayos de las estrellas fijas que pasan cerca al sol, antes de llegar a la tierra, se desvían en la proporción exacta fijada por mis fórmulas (2). Así, pues, se confirma mi teoría de que lo que se considera como efecto de la gravedad no es más que efecto del movimiento diforme. La Comisión inglesa que hizo las observaciones en el último eclipse iba provista de los últimos y más perfectos aparatos. Sus cálculos, que confirman exactamente mi teoría, no admiten la menor duda".

Más adelante añade:

"El término relatividad se refiere al tiempo y al espacio. Según Galileo y Newton, el tiempo y el espacio son entidades absolutas, y los sistemas que se mueven en el espacio dependen de este tiempo y de ese espacio absolutos.

En esa base de la Mecánica, y las fórmulas que de ella resultaban bastaban para todos los movimientos lentos. Últimamente se ha descubierto que esa teoría no puede aplicarse a los movimientos rapidísimos que se observan en la Electrodinámica (3).

Este sirvió de base para que el profesor holandés Lorentz y yo desarrolláramos la teoría de la relatividad especial. Nuestra teoría prescinde en absoluto del tiempo y del espacio como entidades absolutas y los hace relativos a sistemas que se mueven. Con esta teoría todos los fenómenos de la Electrodinámica, así como los de la Mecánica, que eran irreconciliables, según las antiguas fórmulas, quedan satisfactoriamente explicados.

"Hasta ahora se creía que el tiempo y el espacio existían por sí mismos, aun cuando no hubiera nada más ni cielo ni tierra, ni planetas. También sabemos que el tiempo y el espacio no son la copa en que se encierra el universo, y que sin éste no existirían. Esta relatividad especial, que es la primera parte de mi sistema, se refiere a todos los sistemas que se mueven con movimiento uniforme, es decir, en línea recta con igual velocidad. Gradualmente llegué a convencerme de que la teoría podía aplicarse igualmente a toda clase de sistemas, aun de movimiento diforme, y de ahí

(1) En los cursos de Física experimental se indica cómo procedió Kaufmann para determinar la desviación de los rayos catódicos en un campo magnético y en otro eléctrico, pero no se dice cómo se debiera proceder para la determinación de varios puntos de la trayectoria. A pesar de que se debiera con un tubo de una pequeña pantalla foto-Crookes, y que permitiera medir en una cuadrícula las ordenadas en tanto que las abscisas se toman sobre una escala adherida al tubo. A todo el aparato, tubo y campo perturbador, se podría hacer cambiar de posición horizontal a la vertical para que se deslice la pantalla por efecto de la gravedad.

(1) A este lógico pensaba dedicar algún tiempo el doctor Garavito para demostrar que las anomalías en el movimiento de Mercurio pueden atribuirse a acción impulsiva de la luz, como se demuestra experimentalmente por medio de polvo ligero de licopodio que desciende en un tubo, donde se ha practicado el vacío.

(2) Esta desviación más debe atribuirse a efectos de refracción a través de la atmósfera solar, que a acción de gravedad.

(3) Se refiere a las experiencias de Kaufmann.

desarrolló la teoría de la relatividad general, que forma la segunda parte de mi sistema".

Al referirse a las experiencias de Michelson, que el doctor Garavito califica ingeniosamente de superfluas, ya que a priori se habría podido decir su resultado, dice el célebre inventor de la Mecánica modernista:

"El éter no existe. Ningún hombre de ciencia cree hoy en él. Las experiencias de Michelson son concluyentes. El movimiento de la tierra no produce efecto ninguno en lo que se llamaba éter".

Basta lo transcrito para darnos cuenta de cuál importante es formar escuela con las ideas del doctor Garavito y trabajar en el sentido de oponer a la corriente de innovaciones peligrosas un dique seguro de sensatez. ¿Cuál será la suerte del espíritu humano cuando el principio de la relatividad asiente sus reñes de manera definitiva en el fundamento de nuestros conocimientos? ¿No alzarán entonces los hombres un suntuoso templo a la Filosofía sentando a la Locura en sus umbrales, al decir donoso de Balmes? ¿No caerán entonces, uno por uno, los cimientos que sostienen a todas las ciencias positivas, para que venga la ruina universal y la humanidad sobreviva desconcertada a la catástrofe inquiriendo ansiosamente en el vacío si la verdad es mentira engañosa, y si de mil soluciones de un problema, la menos probable es la verdadera? ¿Estaremos próximos, entonces, a la duda como fundamento de certeza, y al caos como principio ordenado de los humanos conocimientos?

"Claramente después de meditar en el alcance de las afirmaciones de Einstein no habremos de admirarnos de que un literato vacile en aceptar la rotación de la tierra alrededor de su eje, ni de que un filósofo proponga como verificación de la parábola la medida de los tres ángulos de un triángulo. Todo esto sucede tres naturalmente de los métodos de investigación que han dado carta de ciudadanía a las Geometrías no euclídeas; que han supuesto el espacio y el tiempo como meras convenciones de nuestro espíritu; que han hecho del principio de la relatividad el fundamento de la nueva Mecánica y han llegado a sugerirnos que la masa de los cuerpos cambia con la velocidad. A todo esto debe oponerse el espíritu de los hombres de ciencia positiva, quienes están en la obligación moral de acoger trabajos, tales como los del doctor Garavito, que tiendan a destraneer los sofismas científicos que han servido de base a esta labor destructora.

"Es por la razón expuesta que nosotros queremos dar a conocer al público español la obra de nuestro compatriota. Por amor a la verdad deseamos que la Real Academia de Ciencias la acceja y que sus trabajos sean leídos y comentados entre el gremio de matemáticos y físicos españoles.

"Si reproduciendo en una revista científica de Madrid los trabajos del sabio astrónomo colombiano, cuyo nombre nos proponemos destacar, logramos que éstos sean atentamente estudiados por los técnicos de la Península, obtendremos realización de dos propósitos, mediante un único esfuerzo: darse a conocer la obra de un matemático que puede considerarse por la unión intelectual íntima de España y América, fin principal de la Academia Hispanoamericana de Ciencias y Artes y de todo americanista de corazón".

Hemos copiado lo que antecede, a riesgo de aparecer prolijo, porque ello demuestra el sincero deseo que siempre nos anima animado respecto a la vulgarización de los estudios del doctor Garavito fuera del país. Después de esta explicación del continuo analizando en esta crítica biográfica la labor cuando traza nuestra pluma las páginas transcritas, bien a tomarlas como introducción a la Biografía del maestro muerto y...

"ausente por la región de donde no se vuelve".

Desde sus primeros pasos, estudiando en la Escuela de Ingeniería bajo la inspección de profesores tan competentes como don Rafael Nieto París y don Andrés Arroyo, se sintió el doctor Garavito un analista consumado y habilitado cargo del Observatorio Astronómico de Bogotá, y de los cursos de Mecánica, Análisis y Astronomía y pudo dedicarse a las investigaciones ordenadas, apareció en su verdadero valor ante la crítica de sus colegas.

Por el año de 1892, muy joven relativamente, pues había nacido en 1865, el doctor Garavito comienza en el Observatorio una fecunda tarea reformativa de métodos y observaciones meteorológicas, inicia el cálculo de efemerides, su método para determinarlas, por conocer el Establecimiento de instrumentos apropiados para usar el sistema de Talbot; idea la organización de la actual Oficina de Longitudes; emprende la construcción de unas tablas de la lu-

na, y, en fin, extiende su fama como astrónomo competentísimo y como el primer Profesor de matemáticas de la Universidad.

No eran estas manifestaciones únicas de su actividad científica, pues en tanto que hacía brillantes trabajos en Astronomía práctica y en métodos originales de observación, empezaba su espíritu a orientarse hacia el clasicismo en matemáticas, mostrándose irreductible con las innovaciones de los geómetras modernos y buscando constante conciliación entre la Mecánica clásica y los descubrimientos recientes en la Óptica y la Electricidad.

Es en este punto de su carrera científica donde su originalidad aparece claramente y su talento investigador no solo halla en la Física matemática una aplicación directa de sus facultades analíticas, sino que se extiende a ramos que no son de su criterio profesional, sino del dominio del juriconsulto, pero que en el fondo requieren para su completo desarrollo las capacidades de un analista. Nos referimos a la Economía Política, ciencia aún en embrión, y que imperiosamente reclama una adaptación mayor a los métodos de la investigación positiva.

Considerando la multiplicidad de aspectos que presenta la obra del doctor Garavito, multiplicidad de que hablamos anteriormente, nos es preciso clasificarla para hacer un estudio metódico de ella y arrojar la mayor cantidad de luz que nos sea posible sobre los métodos empleados por el sabio maestro y respecto a los elementos filosóficos de que se sirvió. Clasifiquemos, por consiguiente, el caudal científico que brotó de su pluma en producciones propias del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Bogotá; en escritos relativos a cuestiones filosóficas que se rozan con el criterio de investigación científica; en estudios críticos de la Física matemática y de las Geometrías no euclídeas, que hemos analizado someramente en la primera parte de este escrito, y en explicaciones científicas del sistema tributario, de la moderna Economía Política y de la razón última del impuesto.

Incluyamos, antes de hacer esta clasificación, dentro de los límites del ensayo que intentamos, una reseña biográfica muy corta del lamentado maestro.

Como lo acabamos de insinuar, nació el doctor Julio Garavito Armero en Bogotá el día 5 de enero de 1865, de padres honorabilísimos y santafereños de vieja cuna. Don Hermógenes Garavito y doña Dolores Armero fundaron su hogar en la capital de la República y allí educaron a sus hijos dentro de la norma patriarcal que fue usanza de antiguos solares entre los patriotas de entonces, a quienes bien cuadraba la calificación de Ricardo León en "Casta de Hidalgos". Don Hermógenes Garavito ejerció la honrada profesión de comerciante durante largo tiempo, hasta cuando reveses de fortuna obligáronle a dejar sus negocios y a entregar sus bienes a los acreedores, que no le urgían, pero a quienes creyera necesario pagar aun con detrimento de las comodidades de su familia. Este procedimiento, común entonces, se ha hecho raro o agnó, en las presentes circunstancias de modernización del terruño colonial, y por ello merece los lazos de la nación del señor Garavito, integró y probó hasta la hidalguía.

A consecuencia de las pérdidas de la familia don Dolores Armero de Garavito, matrona ejemplar y de rara entereza de carácter, se radicó en Fusagasugá, población de importancia agrícola situada al sudoeste de Bogotá. Allí educó a sus hijos menores; Justino, Fernando y María Teresa, en tanto que José María, Jorge y Julio trabajaban en la ciudad para abrirse una carrera a través de los obstáculos acumulados por la pobreza y por esas fatales circunstancias que en veces hacen crecer en un hado funesto que persigue a una familia.

De en medio de sus hermanos, regularmente inteligentes y estudiosos, comenzó a surgir el niño prodigioso que a estilo de Pascal se divertiera haciendo cálculos infantiles y proponiendo a su madre problemas relativos a capacidades y cubiciones, en la edad propia de los cuentos de Perrault, y cuando el común de los niños aún no acertaba a comprender sencillas relaciones de causa y efecto. Relatan misabros de su familia que a la edad de once años calculó su primer almanaque y se propuso problemas originales de Geometría, planteados y resueltos por sí solo; siguiendo en esto la iniciativa propia de los genios precoces que no han menester de extraña guía, pues llevan dentro de sí el impulso que los conduce por el camino de sus inclinaciones.

Es de suponer que el niño Garavito continuó después, hasta la edad de diez y seis años, ya en el seno de su familia, ya en colegios de sólida reputación, como el Externado, ampliando sus conocimientos y mejorando el criterio genial que había demostrado desde sus primeros años. Son interesantísimos y curiosos los recuerdos que guardaba de la infancia el sabio astrónomo y que muchas veces contaba a sus amigos en charlas de intimidad. Probablemente desde entonces concibió su espíritu esas ideas sobre Pedagogía,

que parecen brillantes paradojas, a primera vista, pero que en realidad encierran un concepto exacto de la psicología infantil y de los métodos propiamente lógicos y naturales para la enseñanza objetiva.

Hablando de la experiencia decía el doctor Garavito que sistemáticamente se sustrae el niño a sus enseñanzas, cuando aún en el regazo materno es sorprendido por la madre, si acierta a poner su dedo en contacto con la llama de una vela. Si la madre, decía don Julio festivamente a quienes le escuchaban, dejara al niño verificar su experiencia, éste aprendería a su costa; primero, que la llama produce la sensación de un cuerpo quemante; segundo, que no todos los cuerpos están a la misma temperatura; tercero, que existe, por consiguiente, el desequilibrio térmico; cuarto, que la combustión es una fuente de calor; quinto, que la luz y el calor son producidos simultáneamente en la llama, y sexto, que la prudencia debe guiarnos en todas nuestras investigaciones. En cambio, continuaba diciendo el doctor Garavito, como la madre dice al niño que no ponga el dedo en la llama porque el demonio es un ser maléfico que está listo a jugarlos malis pasados en cualquier momento, resulta que todo párvulo adquiere ideas erradas del demonio y del fuego, y se habitúa a prescindir en absoluto de las nociones físicas, dudosos fundamentos del conocimiento, para guiar en cambio su criterio por convenciones más o menos discutibles.

Si a este método educativo, decía el doctor Garavito, se agrega que la Gramática y otras enseñanzas abstractas, forman la parte más importante del pénsam en una escuela de primera enseñanza, no es difícil comprender por qué muchos de nuestros hombres públicos carecen en la edad madura de los elementos necesarios para formular juicios concretos sobre las cosas ordinarias de la vida. La Gramática es algo abstracto que no se impone a la mente sino por actos reflejos complicados, para determinar reglas de régimen y concordancia, y que, por consiguiente, fatiga el cerebro del niño y lo atrofia; en tanto que la Geometría, por ejemplo, es una ciencia objetiva que nos pone en contacto con el mundo externo, forma los moldes del raciocinio y establece los fundamentos de toda Filosofía racional.

Muchos enemigos debieron tener las ideas del doctor Garavito a este respecto, por cuanto no es propio de la Pedagogía añeja el aceptar estos principios tan positivos y en desdenero completamente con los métodos usados cuando se enseñaba "el Nebréja" como *sumum* y compendio de toda humana sabiduría.

Entre los muchos recuerdos de su primera juventud guardaba el doctor Garavito muy fresca la memoria de su madre: siempre hablaba con ternura de la bondad de sus sentimientos, de la nobleza y discreción de su carácter y de la prudencia con que supo inculcar a sus hijos los fundamentos de una sólida y cristiana educación. Original es a este respecto una anécdota que relataba recordando el celo indiscreto de cierto sacerdote.

En alguna ocasión, estando muy joven el doctor Garavito, un amigo prestó un libro de Flammarion: "La pluralidad de mundos habitados". Súplico el eclesiástico a quienes nos referimos, sacerdote bondadoso y santo, pero muy poco prudente, y teniendo por la salud espiritual de su amigo Julio, corrió a casa de éste y, nuevo inquisidor, condenó la producción fantástica del astrónomo francés al fuego terrenal. Enterado el joven Garavito de este procedimiento indiscreto juró a su madre tomarse en un lapso de tuercas y formillo, para no tener qué ver con los enemigos de la literatura astronómica. "Trabajo costó a mi madre —añadía riendo el sabio profesor—, calmarme y reducirme al gremio de la fe católica, lo que prueba que en muchas ocasiones más logra la prudencia maternal que la imposición de la autoridad".

A propósito de este incidente conviene afirmar aquí que el doctor Garavito fue católico, y que nació y murió en el seno de la religión de sus mayores. Espíritu verdaderamente religioso, de altos ideales, desprendido de los intereses terrenales, ¿qué pudo haberlo atraído hacia los estrechos conceptos del epicureísmo materialista? ¿No son, acaso, esos espíritus que flotan muy alto por encima de las bajezas de este mundo, aquellos llamados a comprender mejor que nadie la verdad absoluta, que es Dios? Tal vez esos espíritus levantados sobre las consideraciones vulgares y absorbiéndose en la contemplación muda del universo están en mejor capacidad de entrever la Teología a través del velo de la Metafísica, que muchos de los llamados hombres de religión, a quienes falta mirar para lo alto y viven agarrados a un mundo de prevenciones y de intereses bastardos.

Ojalá se nos perdone esta digresión que a unos parecerá fútil y a otros provocará a escándalo: la creemos necesaria, porque es nuestro criterio que la Ciencia y la Religión no están reñidas y porque sólo el fanatismo y la hipocresía confunden la interpretación servil de ritos arcaicos o la sujeción a la moda reinante con el espíritu de verdadera religión que reinó en el corazón de don Julio Garavito y fue la luz de Copérnico y la antorcha de Newton.

Continuando el hilo de esta relación diremos que a la edad de diez y seis años, en el año de 1881, ingresó don Julio en el Colegio Nacional de San Bartolomé, entonces a cargo de institutores leños, y allí se perfeccionó en las materias de segunda enseñanza, terminando el estudio de los programas exigidos para optar al título de Bachiller en Filosofía y Letras en 1884, cuando estalló la revolución que dio en tierra con el régimen de la Federación. No sabemos qué influencia pudieron haber ejercido sobre sus ideas los acontecimientos políticos de la época; lo que sí podemos afirmar como un hecho sugestivo, es la circunstancia de que su hermano mayor, don José María, escritor discreto y delicado poeta, fue amigo y partidario decidido del doctor Núñez.

Colocado muy por encima de las pasiones políticas, el doctor Garavito nunca se pronunciaba en pro ni en contra de determinado partido histórico, y más bien acogió la corriente nacionalista como un elemento nuevo y regulador en nuestras discordias civiles y como promesa de regeneración. No sabemos si al criterio del observador sutil y del sabio filósofo apareciera con el tiempo fallido el programa de Núñez y del nacionalismo político; lo que sí podemos afirmar es que puntos salientes del programa de la Regeneración, tales como el sistema centralista y la fundación de un Banco nacional, fueron siempre de sus simpatías, como elementos de su idealismo económico y bases del concepto que tenía del Estado y de su importancia en las sociedades modernas.

De la política activa siempre estuvo alejado el doctor Garavito, con excepción de un instante que vivió entre encontradas corrientes en la Asamblea de Cundinamarca en el año de 1912. Así, pues, en 1885, contando apenas veinte años de edad, es natural suponer que se mantuviera lejos de la guerra y de quienes la fomentaban. Tal vez durante esos meses dolorosos, mientras el país se desgarraba en los campos de batalla y nuestro prestigio como nación decaya un grado en el concepto internacional, diera rienda suelta a sus inclinaciones y se perfeccionara por sí solo en el estudio de las matemáticas elementales, hasta cuando pudo ingresar a la Facultad de Matemáticas e Ingeniería, en el año de 1887.

Regentaba en esa época dicho plantel el doctor Espinosa Escallón y dictaban cursos allí los distinguidos ingenieros Ruperto Ferreira, Andrés Arroyo y Abelardo Ramos, quienes habían heredado, junto con don Indalecio Lévano, Rafael Nieto París y otros varios, la afición por los estudios de matemáticas que implantara de manera definitiva la segunda administración del General Mosquera.

De 1887 a 1891 estudió el doctor Garavito en la Escuela de Ingeniería las materias exigidas por los programas oficiales y sobresalió especialmente en las asignaturas de Cálculo Infinitesimal y Astronomía. Profesor de sus propios condiscípulos, generalmente ampliaba las explicaciones recibidas en la cátedra y las modificaba según su criterio, pues el genio investigador de que estaba dotado no le permitía aceptar las demostraciones ajenas, sin haberlas permitidas por el tamiz de su propio criterio. De esta suerte fue formando la base de los cursos de Mecánica racional y Análisis que dictara, años después, en la misma Escuela. De esta etapa de su vida trae una reminiscencia íntima muy sentida su amigo de colegio el Profesor Ricardo Lleras Cozani. Copiamos a continuación parte pertinente del escrito que el doctor Lleras publicó en el número del 20 de mayo que el próximo pasado del periódico "El Catolicismo". Dice así: "Corría el año de 1883; a los claustros del histórico Colegio de San Bartolomé concurría una verdadera multitud de jóvenes ansiosos de aprovechar las sabias enseñanzas que brotaban de los labios de maestros como José Ignacio Escobar, Venancio G. Marique, Manuel Antonio Rueda, Antonio Vargas Vega, Enrique Álvarez Bonilla y otros tantos que dejaron honda huella en los corazones y en los cerebros de sus condiscípulos. Evocando las sombras del pasado me parece estar viendo a Carlos Arturo Torres empeñado en traducir en verso un endemoniado fragmento en prosa de Carlyle; a Eduardo Rodríguez Piñeros, redactando un periódico de oposición; a Marcel Gutiérrez, haciendo caricaturas de los profesores; a Lorenzo Marique discutiendo en alta voz, o a Daniel Arias Argáez, siempre correcto, esmerándose en pronunciar la lección de francés con el más genuino acento parisienne".

"La clase de Geometría contaba en ese año sesenta y cuatro alumnos, de los cuales solamente unos cinco o seis perdieron el curso; los demás eran estudiantes de primer orden, muchos de los cuales han brillado después por sus talentos en las ciencias, en la literatura o en el foro".

"Se acercaba el fin del año y ya empezaba a hablarse en los corros estudiantiles de la sesión final y de los alumnos que tenían probabilidades de ganar las distinciones que se acostumbraba discurrir a los más aprovechados en cada clase. Un día, durante el almuerzo, me atreví a hacer a mi padre esta pregunta:

"—¿Quién ganará este año el premio de Geometría?
"—¿Querrás decir que cuál es a mi juicio el mejor alumno. Tú, que conoces más a fondo a tus compañeros, pues que

vires con ellos, ¿quién crees honradamente que merezca el premio?

"Pronuncié los nombres de aquellos de mis camaradas que yo creía invencibles delante del tablero: Eduardo Saldarriaga, Julio Rueda, Félix Pabón, etc., pero mi padre movía la cabeza a un lado y otro y sonreía con sorna.

"Todos ellos, me dijo, son muy buenos alumnos y probablemente obtendrán una alta calificación, pero hay uno, que no has nombrado, a quien ninguno puede superar: Julio Garavito. Ese joven, que se expresa con tanta dificultad es, de todos los estudiantes que he conocido, el único que tiene verdadero espíritu matemático; fíjate en la manera como razona, en el rigor de su lógica y en lo profundo de su análisis y verás que es realmente una inteligencia superior: él será el Líno de Pombo de tu época. Cuando hagas estudios superiores, lee atentamente el Álgebra y la Geometría Analítica de Pombo; estoy seguro de que hallarás muchos puntos de contacto entre los dos. Procura cultivar su amistad que te será muy provechosa en el curso de la vida".

"Los años que siguieron a la conmoción política de 1885 fueron para Julio de lucha y aflicción. Dispersos los alumnos de San Bartolomé, del Rosario y del Colegio Militar, fue una verdadera casualidad que se pudiera reunir un pequeño núcleo de estudiantes de Matemáticas, para constituir la Escuela de Ingeniería. Julio, naturalmente, fue el primero en contestar a lista, no obstante su pobreza benedictina que lo obligaba a desempeñar el puesto de Ensayador de la Casa de Moneda para ganarse el sustento.

"Estudió en medio de las mayores privaciones y venciendo las más serias dificultades, pues carecía hasta de los libros de texto, que eran reemplazados por notas que tomaba rápidamente durante la lección. Muchas veces, enfrentado a uno de esos teoremas de Cálculo que requieren ciertos artificios en su desarrollo, no recordaba los detalles, y lejos de desesperarse, entraba de lleno en la cuestión haciendo una demostración propia, con prescindencia de lo que se había visto en la clase. Esta gimnasia intelectual contribuyó en gran parte a desarrollar en él un cierto espíritu investigador, que bien pronto llamó la atención de sus profesores.

"Como era de esperarse, aun antes de recibir su diploma universitario, trabó relaciones muy estrechas con todos los más conocidos ingenieros y consultaban con suma frecuencia y gustaban de debatir con él sobre los diversos problemas que ocurren en la práctica profesional; pero a quien ligencia de primer orden, que buscó y halló en Julio, no solamente al hombre de ciencia capaz de seguirlo en todas sus ideas sino y noble que podía proporcionarle un bálsamo que alivia a la Óptica Matemática, como en el cual cosechó la más tarde sus más valiosos laureles.

"Apenas recibió su título de Profesor de Matemáticas e Ingeniero Civil (1891) fue nombrado Catedrático de la Universidad en las asignaturas de Cálculo Infinitesimal, Métrica Racional y Astronomía y Director del Observatorio. Entonces principia un nuevo período de su vida: ofició en el Templo de Urania, que convirtió en cuartel general de su lucha contra la ignorancia y en baluarte para defenderse de la malevolencia de los hombres".

Durante el lapso de tiempo a que se refiere el doctor Lleras Codazzi, nuestro ilustre biógrafo resolvió infinidad de problemas sobre el cálculo de las probabilidades, y publicó en los "Anales de Ingeniería" los siguientes trabajos:

Marzo de 1890: su primera publicación en el periódico de la Sociedad. En ella trató, siendo aún estudiante de la Escuela de Ingeniería, de la solución de un problema de Geometría presentado por el ingeniero doctor Abel Bravo. Las dos soluciones halladas por el ingeniero doctor Abel Bravo, mérito de ser enteramente originales y se caracterizan por rigurosas analíticas.

La segunda publicación que hizo en los "Anales" es de enero de 1891. Se refiere al cálculo de la hora y el ascenso del cálculo fue solicitado por la Dirección de los "Anales". Este es el objeto de aclarar las ideas de quienes habían confundido a Venus con la estrella de Bóta.

La tercera publicación cuya aparición en junio de 1891, es un estudio de tesis para apoyar su petición de grado y dio una demostración elegantísima del conocido "Juego de la aguja", que consiste en tomar una serie de paralelas equidistantes, dibujadas sobre un papel, y en arrojar sobre ellas una aguja de longitud igual a la distancia entre dos paralelas. Siendo m el número de veces que se arroja la aguja y n el número de veces en que encuentra una cual-

quiera de las paralelas trazadas, la relación $\frac{m}{n}$ es igual a

π . La solución del doctor Garavito se basa en el empleo del teorema de Bernoulli perteneciente al Cálculo de probabilidades.

En agosto de 1891, publicó su tesis para optar al grado de Profesor en Matemáticas. En ese trabajo se propuso determinar la forma que debe tener la sección meridiana de un manómetro de aire comprimido para que la graduación sea uniforme. Para ello estableció la relación fundamental refiriéndose a una integral de una función desconocida que se determina por la eliminación entre la ecuación establecida y su diferencial, en vez de proceder como de ordinario, estableciendo una relación entre la diferencial de la función y la variable de que depende, integrando en seguida la ecuación diferencial.

Habiendo construido el notabilísimo ingeniero doctor Rafael Nieto París, un péndulo eléctrico de su invención, don Julio, que se hallaba al frente del Observatorio y que utilizaba a la sazón el instrumento inventado por su amigo, hizo de éste una explicación publicada en los "Anales" correspondientes a mayo de 1894. El estudio del doctor Garavito es tan importante y original como el invento mismo, y sirve para demostrar que en el país tenemos suficientes elementos de inteligencia y consagración, y que muy amplio fuera hoy el campo científico entre nosotros, abierto por anteriores generaciones de patriotas y hombres de estudio genuinamente nacionales, si los Gobiernos se hubieran preocupado por fomentar la iniciativa individual. En el péndulo del doctor Nieto París se logra que la marcha sea rigurosamente constante por medio de un peso que golpea sobre la palanca motora cayendo a cada oscilación del péndulo desde una altura constante. En este ingenioso instrumento se sustituye el trabajo motor de un resorte, de un peso que desciende haciendo girar un tambor, o de un electroimán que actúa isocronicamente sobre el péndulo, por el de la gravedad utilizado directamente; en consecuencia la marcha del reloj es ideal. El mecanismo eléctrico que levanta el peso motor y lo deja caer siempre de la misma altura se diferencia de cuanto se haya construido después; por tanto el doctor Garavito juzgaba acertadamente al creer que la patente de invención está hasta hoy inexplorada y que el aparato del doctor Nieto París debe figurar honrosamente en la lista encabezada por el hipsómetro de Caldas.

Fuera de lo anteriormente anotado, don Julio Garavito no cesó durante este tiempo de ejercitarse en mil problemas interesantes, cuya solución se encuentra aún inédita en poder de su familia. Más adelante continuaremos detallando lo que publicó en los "Anales" y en otras revistas científicas, de 1894 hasta su muerte.

En mayo de 1893 contrajo matrimonio con la señorita María Luisa Cadena, joven bellísima y espiritual que supo cultivar discretamente el corazón sencillo del sabio astrónomo, y que con amorosa solicitud procuró desde entonces apaciar las espinas interpuestas en el camino de esa alma superior. La señora Cadena de Garavito acompañó a su esposo por espacio de más de veintitrés años y lo rodeó de atenciones cuidadosas que tornaron sereno y apacible el rofar de su vida, entre sus libros y papeles, en la soledad del estudio, disfrutando de esa grata oscuridad del hogar que siempre hemos considerado como fuente fecunda de inspiración para los que siguen la escondida

senda por donde han ido los pocos sabios que en el mundo han sido.

En el año de 1895 estalló la guerra civil que en corto tiempo dio cuenta del prestigio revolucionario y agregó una gota más al vaso colmado ya y que había de rebosar en 1899 para vergüenza de la Patria, hoy mutilada y escarificada. De ese año hasta cuando principió la larga guerra del 90, la intranquilidad política, el régimen de economías fiscales y otros elementos que siempre han sido obstáculo para las obras de progreso en Colombia, mantuvieron estacionario el desarrollo de la Escuela de Ingeniería y la adaptación del Observatorio Astronómico a un plan realmente útil para el país.

Este plan madurado por el doctor Garavito después de serias meditaciones tenía como base la idea fundamental de la carta, levantada por métodos astronómicos rigurosos y con los escasísimos elementos de que se podía disponer en esa época.

En su estudio de la determinación de la latitud de Bogotá, esboza el Director del Observatorio un plan que después se llevó a cabo durante la Administración Marroquín y que, puesto en práctica, dio origen a la Oficina de Longitudes. En un país tan pobre como el nuestro, escasamente poblado, sin vías de comunicación, cubierto por bosques espesos, dilatados páramos, lagunas y ciénagas inaccesibles, atravesado por altísimas cordilleras, y expuesto a las permanentes sacudidas políticas que hacen efímera cualquier organización técnica, es innegable que el único plan aceptable para la formación de la carta es el presentado por el doctor Ga-

ravito como base de la actual Oficina de Longitudes. Precizando sus ideas al respecto, pensaba que la medición geodésica no sólo es superflua sino impracticable. "Nada se obtendrá, decía, con fijar cuidadosamente los vértices de una triangulación, que se refieren a puntos altos del terreno, que son generalmente inhabitados y anónimos, si estos puntos no se relacionan con las poblaciones por medio de triángulos secundarios. Ahora bien, la fijación astronómica, para las necesidades de la carta, es tan precisa como la geodésica, con la circunstancia de que ambos datos pueden no coincidir, por no conocerse previamente la exacta dirección de la plomada en cada punto. La triangulación geodésica requiere un número personal, material costoso y delicado, elementos considerables de transporte, y largo tiempo para la conclusión de la obra; en cambio la determinación astronómica se hace con un simple teodolito, un cronómetro y el telégrafo, cuya red está a disposición de una oficina oficial. Fijadas las poblaciones astronómicamente es muy fácil relacionarlas entre sí tomando datos topográficos sobre los caminos que las unen, es decir, recorriendo la única porción fácilmente accesible del terreno y que precisamente es la que debe quedar fijada en la carta, puesto que lo que más interesa al público es hallar en los mapas la distancia de los caminos, ferrocarriles, ríos navegables, puentes, construcciones especiales, etc., etc., es decir, de todos los puntos del terreno donde la mano del hombre ha dado valor a la superficie del globo terrestre. Para los usos prácticos conocer con absoluta precisión el vértice de un triángulo sobre el pico de una alta montaña, donde nadie tiene interés alguno, es perfectamente superfluo. Para lo único que puede servir una triangulación geodésica es para determinar un arco sobre la superficie terrestre, o sea para contribuir a la determinación de la forma de ésta. Ciertamente la urgencia que el país tiene de mapas prácticos y la carencia de recursos, hacen que no nos podamos dar tal lujo. Por ahora, contentémonos, continuaba explicando el doctor Garavito, con extender una red astronómica completa por sobre todo el territorio, relacionándola después con datos puramente topográficos, y así tendremos una carta del país suficientemente precisa, y dentro de un lapso de tiempo razonable".

La ordenación de estas ideas en forma de programa científico dio lugar al reglamento de la Oficina de Longitudes que dirigió con gran acierto el notable ingeniero doctor Delfo Cifuentes Porras, en el año de 1902.

Antes de pasar adelante refiriendo los trabajos científicos del doctor Garavito, conviene intercalar en este estudio algunos relatos anecdóticos que sirvan a modo de retoques fotográficos para mejor diseñar la figura del sabio Profesor.

Durante su larga permanencia en el Observatorio tuvo ocasión de practicar la virtud de la paciencia en grado máximo, en muchísimas circunstancias, siempre que gentes más o menos discretas quisieron mirar sus ojos contemplando a nuestro satélite, en las noches tranquilas. Hoy tengo que mostrar luna, decía, con algo preocupado, cuando alguna carta recomendatoria le hablaba de una familia forastera que deseaba visitar el mejor "observatorio del mundo", y conocer de cerca a los selenitas. En noches de tal ceremonia solía prestarse a cuanto capricho tuvieran los visitantes, y respondía afablemente a mil preguntas impertinentes, no sabiendo el que le escuchaba qué admirar más, si su portentosa sabiduría o la flexibilidad de su carácter que le permitía responder calmadamente a las mayores sandeces, procurando enseñar deleitando. Durante una de las visitas a que nos referimos habló como sigue, en su estilo peculiar, paradójico y profundo: "Si antes de una visita a este Observatorio, cualquier curioso, digamos Juan o Diego, entra, se de rondón y me dijera: doctor Garavito; yo creo que todo lo que enseña la Cosmografía son patrañas; la tierra es plana y está inmóvil; la luna, el sol y las estrellas, salen por oriente y se ponen por occidente, girando regularmente alrededor de ésta; no hay tal movimiento alrededor del sol, ni de la tierra sobre sí misma, ni... yo le interrumpiría exclamando: Verga usted acá, amigo mío, y reciba un estrecho abrazo, porque usted es la persona más sensata que he conocido. Usted no piensa con cabeza ajena; usted ve la verdad según su propia observación; usted se pone realmente en contacto con la naturaleza; usted cree más lo que palpán sus ojos que lo que ve escrito en letras de molde. La fe ciega en la letra de molde es lo que ha perdido a la civilización moderna.

Aparentemente tales afirmaciones parecen formuladas para hacer reír, más encierran una crítica psicológica muy profunda y trascendental. Observemos cuidadosamente cuál es el origen del conocimiento en la mayor parte de las gentes y convengamos en que el raciocinio entra en ello en muy poca parte. Si las personas de común ilustración aceptan como cierto el sistema de Copérnico, jamás se han parado a reflexionar en su propia comprensión. ¿Conocen ellas el espacio absoluto? ¿Se dan cuenta del aislamiento de la tierra en este espacio? ¿Conocen siquiera los métodos elementales

por medio de los cuales hemos llegado a saber que la luna está a 60 radios terrestres que giramos alrededor del sol a una distancia de 32 millones de leguas? ¿Pueden concebir el significado de esas enormes distancias que sólo se pueden medir por medio de la velocidad inaudita de la luz? ¿Sobre su cerebro ejercen estos conocimientos alguna sugestión filosófica que les lleve a considerar la infinita pequeñez de las cosas humanas? Por el examen de muchos individuos que diariamente nos codean podemos contestar negativamente a estas preguntas y pensar con el doctor Garavito respecto del valor que tienen los conocimientos superficiales adquiridos por hábito y basados en conceptos muy estrechos del principio de autoridad. Libres pensadores, llamaba el doctor Garavito a los individuos capaces de reaccionar contra el atavismo en materia de conocimientos, sosteniendo su definición con ejemplos personales de alta valía. Del doctor Lleras, verbigracia, decía que era un libre pensador en el sentido propio de esta palabra, pues no admitía el criterio de autoridad en Ciencias ni en Filosofía, ni se doblegaba a la moda de las ideas reinantes.

En su conversación familiar el doctor Garavito gustaba de la paradoja y de las demostraciones un *ab absurdum*, siempre geniales y de verdadero fondo. Sea muchas las anécdotas que se refieren a propósito del modo peculiar con que aplicaba a sí propio y a los demás, los principios económicos de su programa. Generalmente después de las tareas diarias gustaba de algunas horas pasadas en grata compañía en algún café donde imperase cierto ambiente de bohemia científica y literaria. Allí se sentía a sus anchas y daba rienda a su imaginación poderosa que transportaba a los oyentes, de las frías deducciones de Augusto Comte a la agudeza de su teoría de los *extraedros*, o fácilmente demostraba, en el revés de un sobre para carta, algo complicado y abstracto de Física matemática. Creemos que muchos de sus amigos que le oyeron en momentos tan agradablemente instructivos, recuerdan con admiración sus opiniones sobre las capacidades intelectuales de un pollo en relación con las de Lagrange o Sturm, y su teoría social respecto de los higienistas que han logrado alejar de la humanidad el tifus, la viruela, la bubónica y mil otras epidemias que matan sin dolor, y han dejado como reserva el cáncer, la lepra y demás enfermedades, compañeras inseparables de las Paredes y Escalapió, para que sintamos lo más dolorosamente posible el trance amargo e irremediable. En una de estas expansiones confesó y elaboró su apólogo sobre la relatividad de las riquezas y bienes de este mundo, que personificó en una ficción propia del terruño: el alcaide de Chepo. Esta ingeniosísima sátira moral vio la luz en la Revista "Cultura", y gustó a muchos por su alto valor literario y por la profunda filosofía que encierra.

Para dar a los lectores de estas mal pergeñadas páginas un sabor legítimo de lo que eran los círculos familiares que el sabio Profesor formaba en torno suyo, nada nos parece más apropiado que copiar lo que al propósito escribiera el doctor Lleras Codazzi, con un colorido tan verdadero como lo fue su estilo por su ilustre colega, centro de la especulación matemática entre nosotros. Dice así el doctor Lleras, en el aparte que copiamos:

"Fue durante la guerra de los tres años cuando nació y tomó cuerpo una de las asociaciones más extrañas y originales de que se tiene noticia, en un medio ambiente tan frío y superficial como el nuestro: quiero hablar del "Círculo de los Nueve Puntos". Unos pocos aficionados a las matemáticas, de carácter un tanto huraño, medio misántropos o misántropos por completo, dieron en gravitar alrededor de Julio, atraídos por la fuerza irresistible de su inteligencia y fascinados por su superioridad innegable, como las mariposas alrededor de una luz intensa. Al calor de su trato afable y sencillo, bajo la impresión indolente de su conversación altamente instructiva y por la influencia de la comunidad de ideas, se fue constituyendo gradualmente una especie de club o círculo, que bien pronto tuvo un ceremonial especial bastante simbólico por cierto. La Sociedad en cuestión se designaba con el nombre de "Círculo de los Nueve Puntos", como un homenaje a la memoria de Euler, por el teorema que lleva ese nombre: sus miembros se llamaban "Puntos", y no podían ser más de nueve porque son nueve los puntos cíclicos relacionados con el triángulo de Euler (los tres pies de las perpendiculares, los tres pies de las medianas y los tres puntos de Euler sobre las alturas), ni podían ser menos de tres, porque tres puntos, no situados en línea recta, determinan un círculo en sólo tres de los sitios; por igual razón había *quorum* con sólo tres de los puntos. Las libaciones se efectuaban con café, líquido del cual se consumían enormes cantidades. Los puntos tenían que ser aficionados a las matemáticas y especialmente apasionados por la Geometría; por último, cada uno debía dar una demostración del teorema de Euler. Recuerdo que la demostración de Julio, por de contado la mejor de todas, era de carácter analítico y la generalizó a la geometría del espacio con un teorema original: la esfera de veinticuatro puntos sobre un tetraedro de referencia".

"Si mi memoria no me es infiel, entre los puntos fundadores estaban a más de Julio, Justino y Fernando Garavito, Dello Cifuentes Porras, Pedro de Francisco, Pedro M. Silva, Alberto Borda Tanco y Luis José Fonseca. Al principio se departía únicamente sobre asuntos de matemática, principalmente se proponían cuestiones geométricas, pero poco a poco se empezaron a tratar cuestiones de la más intrincada filosofía, pero de una filosofía rara, esencialmente matemática y fundada en los razonamientos propios de estas ciencias. Surgieron teorías curiosas como la de "Los extraños", "La sinusoides de la vida humana" y el "Gran Cielo", que fue reemplazada más tarde por la de "La transformación asintótica", original de Julio. En una palabra, se pasaba agradablemente el tiempo, se estrechaban los lazos de unión entre los puntos y se llevaba una vida un tanto intelectual en medio de esta barahunda de materialismo que amenaza acabar con lo poco que tenemos de Quijotes".

"El primer golpe fuerte que sufrió el Círculo fue la muerte de Pedro de Francisco, uno de los caracteres más levantados y de las almas más nobles que he conocido. Más tarde Luis José Fonseca, quien, aunque muy joven, ejercía una grande influencia. Hoy perdemos a Julio, centro de atracción de nuestra pequeña sociedad, punto absolutamente indispensable para la existencia de los demás; esa pérdida ya no puede repararse; el Círculo queda disuelto *ipso facto*; es como si se hubiera borrado de la ciencia la simbólica figura del teorema de Euler".

A continuación de lo transcrito queremos copiar también el siguiente relato, del mismo doctor Lleras, referente a lo que el doctor Garavito elaborara en los años de 1890 a 1902. Después de copiar la brillante relación que va en seguida, nos proponemos incluir una lista de las publicaciones suyas que vieron la luz en los "Anales de Ingeniería" desde el año de 1894 hasta 1916. Oligamos al doctor Lleras Codazzi:

"Durante la gran revolución de 1890 a 1902 no estuvo ocioso el Director del Observatorio Nacional; aparte de las muchas cuestiones de Matemáticas, que estudiaba conscientemente a título de distracción, se ocupó en poner en orden sus apuntes para redactar el Curso de Mecánica que desarrollaba por un método original, y abordó el análisis del más arduo de los problemas de Algebra: la solución general de las ecuaciones de grado superior. Apartado del camino más conocido en la Ciencia, que consiste en averiguar el número de raíces reales e imaginarias que admite una ecuación, los límites dentro de los cuales están comprendidas y sus propiedades generales, para entrar a determinar las propiedades de las raíces con ciertas líneas de los polígonos acotados que venían a ser la clave de las ansiosas soluciones. Para lograr su intento le fue preciso estudiar, descubrir nuevas e investigar propiedades de las figuras, descubiertas hasta entonces, en una palabra, casi crear una ciencia a la que conveniría el nombre de "Poligonometría".

"Establecidos esos cimientos fundó sobre ellos su análisis de las ecuaciones, llegó a la solución de las ecuaciones binomias, racionales, cúbicas, etc., y avanzó muchísimo en el estudio de la ecuación general de grado m , por métodos rigurosos de un ingenio admirable".

"Este trabajo, que revela un dominio completo de las más intrincadas cuestiones del ramo analítico, a la vez que una rara intución en el ramo geométrico, es conocido apenas de un corto número de sus amigos. Algún día se publicará y se verá entonces hasta dónde llegó en el campo de las especulaciones abstractas y de cuánto era capaz este espíritu privilegiado".

"En 1891 absorbió toda su atención la determinación de la órbita del cometa brillante que tanto interés despertó no sólo entre los astrónomos, sino entre los profanos. No podía disponer para ello sino de un teodolito de topografía y logró determinar los elementos de la órbita a tiempo que en otros observatorios, infinitamente mejor dotados que el nuestro, se hacían observaciones y se llegaba a resultados que no fueron admitidos en el mundo científico. Es interesante leer lo que a ese respecto dice él mismo en la exposición que hizo de sus cálculos:

"El método empleado en las observaciones fue impuesto por la clase de instrumentos que podíamos aprovechar, dada la pequeña altura a que era visible el cometa.

"El instrumento de que nos servimos fue un teodolito graduación centesimal, y con nonios que permiten leer los arcos con medio centésimo de aproximación, pudiendo apreciarse el cuarto de centésimo. El anteojo, de 51 milímetros de abertura, lleva un nivel cuya división vale 11" 00. El círculo vertical lleva otro nivel 130 cuya división vale 10" 78.

"Los instantes se observaban con un cronómetro de bolsillo de la fábrica Lucien Du Bois, número 10.125, cuyo balanceo da 21.608 oscilaciones por hora. El cronómetro está

provisto de una aguja cronográfica, con la cual se puede fijar el instante con 1/6 de segundo de aproximación.

"La pequeña altura a que era visible el cometa al ocultarse el sol, no permitía hacer la observación sino en la azotea del Observatorio, sobre una plancha de ladrillo en la que se colocaba el teodolito cuyos tornillos de nivelarse apoyaban sobre tres placas de cobre".

"Como en el teodolito no se pueden iluminar las hilas dejando el campo oscuro, la visibilidad de éstos se hacía por medio de un reflector blanco adoptado al anteojo por su parte externa, frente al objetivo. Esta disposición permitía graduar la iluminación del campo, sin que se dejara por ello de ver el cometa. Sin embargo, la graduación de la luz en las dos últimas observaciones fue bastante difícil".

"Para obtener con estas observaciones todos los elementos de la órbita cometaria tuvo que principiar por resolver once problemas preliminares y hacer multitud de cálculos para eliminar los errores instrumentales. Así, pues, reemplazó con su talento y su habilidad los instrumentos de que carecía".

En el año de 1902 algunos discípulos y admiradores de don Julio tuvieron la feliz idea de organizar particularmente la Escuela de Ingeniería que estaba en receso por causa de la guerra civil que azotaba entonces al país. Como fue natural, desde el primer instante se pensó en el Observatorio Astronómico para que sirviera de local, y en el doctor Garavito para que actuara como Director de los Estudios que se iban a emprender bajo su iniciativa. En esa época conocimos a los condiscípulos Martín Lleras, Enrique Garcés, Belisario Ruiz, Luis J. Fonseca, Ricardo Pérez, Julio C. Vergara, Darío Roza M., Carlos Carrasquilla, Tomás Aparicio, Sebastián Ospina y otros más, que en épocas posteriores han ocupado puestos importantes y han hecho honor a la profesión. Entonces el doctor Julio Garavito era un hombre de talla mediana, ojos azules, ligeramente claros, complexión esbelta, cabeza pequeña e inteligente, aire encantadoramente ingenioso y aspecto general atractivo y simpático para todos los que tuvieron el placer de oír la magia de su palabra. Con ademanes espontáneos y originales, luz viva en la mirada, sonrisa cordal en los labios, solía el sabio astrónomo desconcertarnos con sus más audaces paradojas, encantarlos con los relatos más originales de su repertorio o ilustrarnos ágil y elegantemente sobre el plazarón, demostrando en brillantes desarrollos los teoremas de la lección diaria. Sobre este tópico es acertado añadir que nunca el sabio maestro dejó sin respuesta una consulta hecha por sus discípulos o por quienes a él se llegaron en busca de explicación científica: hasta los inventores, plagas ridiculizadas inmisericordemente en la novela "Pax", de Marroquina, gozaron de este beneficio. Fue durante este período, el más delicado para la vida de la Escuela de Ingeniería, cuando tuvimos ocasión de admirar de cerca la figura prominente del Director del Observatorio Astronómico y de trabajar indirectamente a órdenes suyas en la Oficina de Longitudes, que él fundó y a la cual hemos hecho referencia atrás.

La Oficina de Longitudes se fundó en 1902 por iniciativa del doctor Garavito y de su amigo el doctor Dello Cifuentes Porras, quienes concibieron el plan que hemos analizado atrás. Este plan y el reglamento que de él se deriva fueron publicados en el "Boletín del Observatorio", revista científica de primer orden, dirigida por el doctor Garavito y por sus amigos: Cifuentes Porras y Lleras Codazzi. Allí aparecieron interesantes monografías, tales como un estudio original del ilustre Profesor sobre la desviación de la plomada en Facatativá a causa de la atracción de la Cordillera (1).

Recientemente terminada la guerra de tres años y poseyendo ya del Poder el General Rafael Reyes, ocurrió el centenario de la fundación del Observatorio de Bogotá y con tal motivo circularon estrechamente unidos los nombres de Natis de Caldas y de Garavito. Entonces fue cuando se fundó la Sociedad de Geografía, bajo los auspicios de la Oficina de Longitudes, y con el concurso del doctor Garavito, quien al reglamentar la Oficina e inspirar indirectamente los trabajos de la Sociedad de Geografía fue el continuador de la obra de Acosta, del Coronel A. Codazzi, de Ponce de León y Manuel M. Paz.

Después de la fundación de la Oficina de Longitudes, de la determinación del clima de Bogotá, de la reorganización del Observatorio Astronómico y de la implantación de sólidos estudios de matemáticas en la Escuela de Ingeniería, el doctor Garavito pudo considerarse tranquilo respecto a su deuda con el país, y en libertad para entregarse de lleno a los estudios de su predilección. Así, pues, de 1906 en adelante

(1) Pertenecieron a la Oficina de Longitudes, estando recientemente fundada, además de los ingenieros ya nombrados, los señores Justino Garavito, Pablo E. Lario, Santiago Cortés, Carlos Carrasquilla, Tomás Aparicio y Luis J. Fonseca. Colaboraron a los trabajos de ella los ingenieros Pedro M. Silva, Pedro de Francisco, Carlos Andrade y varios miembros de la Sociedad de Geografía.

lante su labor pertenece así exclusivamente a los estudios de Optica matemática, a que hicimos referencia atrás, a su obra monumental "las tablas de la luna", y a la campaña que emprendió, desde 1909, para hacer triunfar sus ideas en el campo de la Economía Política.

Antes de continuar adelante insertamos una relación de los trabajos que publicó en los "Anales de Ingeniería" desde 1896 hasta 1905.

En el año de 1896 vio la luz un estudio sobre la temperatura diaria en Bogotá, acompañado con la publicación de datos meteorológicos recogidos en el Observatorio. A principios de 1897 apareció en el periódico de la Sociedad la primera serie de observaciones hechas para determinar la latitud del Observatorio de Bogotá, y en octubre del mismo año la solución de un problema muy interesante de Cinemática, consistente en hallar la trayectoria descrita por un punto que se dirige constantemente con movimiento uniforme hacia otro que está animado de movimiento rectilíneo y uniforme.

Para demostrar el mérito del doctor Indalecio Liévano publicó en noviembre de 1897 una comparación entre la teoría de los números inconmensurables, original de este ilustrado y competentísimo ingeniero nacional y otras sobre el mismo asunto del Profesor C. Jordan, de la Politécnica de París, y del Profesor Meray de la Facultad de Ciencias de Dijon. En julio de 1899 apareció en los "Anales" su estudio sobre el clima de Bogotá, estudio que se basó en observaciones practicadas bajo su dirección en el Observatorio durante el lapso corrido de 1893 a 1897. Este trabajo del doctor Garavito puede considerarse como complemento de la obra de Juan de Dios Carrasquilla, y del Presbítero Gómez Otero, y es un punto terminante en lo que se refiere a Bogotá y a las influencias climatéricas que determinan los movimientos observados y sus anomalías. La explicación que allí se da de las nevadas caídas en Bogotá durante los meses de junio y julio es una muy interesante aplicación de las leyes de Termodinámica a los fenómenos debidos al cambio de orientación de los vientos alisos por desalojamiento del sol, del hemisferio sur al hemisferio norte. Para ponderar el mérito de este trabajo nos bastaría transcribir el prólogo con que el doctor Pascuato Pereira Camba quiso acompañarlo al darle cabida en los "Anales". Como esto no es posible, dado el corto espacio de que disponemos, nos contentamos con hacer notar que es de urgente necesidad continuar la labor del doctor Garavito en Meteorología, haciendo con el clima del país entero lo que éste hizo con el de Bogotá. Para ello sería suficiente poner en práctica la ley que sancionó el Congreso de 1916, y que elaboramos cuidadosamente después de haber presentado un proyecto de ella al segundo Congreso Científico Panamericano de Washington (1).

A propósito de una crítica hecha a los estudios de la Escuela de Ingeniería con ánimo de probar que la práctica debía sustituir a la teoría, y que eran demasiado extensos los estudios de matemáticas en dicha Escuela, publicó el doctor Garavito en los "Anales" (diciembre de 1898) una réplica que merece ser leída siempre que se agite la cuestión de reformas al plan de enseñanza. Sobre este punto las ideas del sabio Profesor se mantuvieron muy firmemente como lo demostró años más tarde, en 1917, oponiéndose a las reformas inconsultas que quería implantar una reacción precipitada por intereses personales.

Como ordinariamente sucede, los méritos del doctor Garavito despertaron envidias y emulaciones, dentro y fuera del país, y tuvo sus detractores; siguiendo con esto la huella de los grandes genios, que lo son hasta en las resistencias que encuentran. Además de la inercia del medio, a la cual nos hemos referido al principio de este estudio biográfico, y de las adversas circunstancias que se le presentaron por causa de la revolución intelectual y moral que hoy confronta el mundo, tuvo el sabio matemático colombiano que defenderse en algunas ocasiones de los tiros envenenados de la envidia. Como muestra de uno de estos incidentes, hacemos una ligera relación que indica cuán difícilmente se abre camino una reputación científica, cuando a la audacia y a la mala fe prestan su ayuda el alejamiento del apoyo oficial y el poco lustre de una nacionalidad deprimida como la nuestra, y desconocida en el Extranjero.

En el año de 1905 se reunió en Rio Janeiro el tercer Congreso científico latino-americano. En el cuestionario propuesto para la Sección de Matemáticas se puso el tema siguiente: "Teoría racional de la curvatura de las líneas planas y de reverso, sus conexiones posibles con la teoría de las covariables e invariantes". Sobre este tema elaboró el doctor Garavito una Memoria presentada al Congreso y pu-

(1) Entre los trabajos publicados en los "Anales de Ingeniería" por el doctor Garavito, debemos incluir un estudio sobre el "Equilibrio de los mareas pulverulentas", que también vio la luz en forma de folleto, en el año 1904. Dicho estudio es una monografía muy interesante y merece ser incluida en las obras completas del doctor Garavito.

blicada en el tomo II del Relatorio General. Como el matemático brasileiro señor Otto Alencar Silva formó parte de la Comisión que propuso los temas, fácilmente pudo hacer incluir el tema dicho y que correspondía aproximadamente a su "Memoria sobre algunas cuestiones relativas a la teoría de las covariables y de las curvas de doble curvatura". Además, el señor Silva fue juez y parte en este asunto y se atrevió a criticar el trabajo de nuestro compatriota para desconceptuarlo ante el Congreso. Entonces el doctor Garavito replicó brillantemente en un estudio publicado en parte, en los "Anales". Allí se excusó de sus ataques, pues nunca gustó de ofender a nadie, diciendo: "No es muy penoso hacer un juicio crítico de la memoria citada, pero estamos moralmente obligados a ello por haber sido tácitamente retados por el señor Silva, según consta en las Actas de las Sesiones 5ª, 6ª y 8ª del Congreso".

En la Memoria del señor Silva apareció que las fórmulas fundamentales habían sido indicadas por él antes que nadie, cuando, según lo demostró el doctor Garavito en su réplica, estas fórmulas son consecuencia directa e inmediata de la definición de covariable. "Si los libros sobre la materia —escribió con punzante ironía— no presentan dichas fórmulas, no es porque ellas hayan escapado a la sagaz penetración de los analistas, sino porque los libros referentes a estudios superiores no pueden entrar en detalles minuciosos porque se harían interminables, y además, reducirían a los lectores a la más humillante pasividad". En seguida hizo notar el doctor Garavito los errores cometidos en la deducción de las fórmulas indicadas: errores de juicio y errores de análisis y enseñó al señor Silva cómo debieran sacarse éstas de las ecuaciones que aquél tomó como fundamento. Más adelante, al estudiar varias aplicaciones de su teoría, se propuso el señor Silva en su Memoria resolver el siguiente problema general: "Dados los radios de curvatura y torsión de una curva en función del arco, hallar dicha curva". El doctor Garavito después de analizar detenidamente la marcha seguida por su colega del Brasil, hizo notar los errores en que incurrió en sus deducciones y expuso cómo se resuelve este problema y concluyó:

"1ª La demostración propuesta por el señor Alencar respecto de dichas fórmulas que definen relaciones entre las raíces $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ de una forma binaria y las raíces β_1, β_2, \dots de una covariable algebraica de dicha forma, es **horrora**."

"2ª Los asuntos tratados en los Capítulos II y III carecen de novedad y no guardan relación con el tema del cuestionario; tema propuesto por el mismo autor de la Memoria, según aparece en el tomo I del Relatorio General."

"3ª La demostración del teorema de Darboux, referente a la ecuación de Riccati, fundada en las fórmulas atrás indicadas, no es aceptable sin la previa demostración rigurosa de dichas fórmulas."

"4ª En la resolución del problema de Bertrand: "Hallar las curvas reversas en las cuales la relación de las dos curvaturas es constante, el autor efectúa una integración inútil para el caso, y la expresa en la forma menos adecuada, pues dicha forma oculta las soluciones constantes de las ecuaciones, de las cuales se deduce inmediatamente la resolución del problema. Por otra parte, el autor llega, después de muchos artificios, a concluir que el ángulo que hace la tangente a la curva con una dirección fija es constante, pero no halla el valor de dicho ángulo en función a la relación $\frac{h}{k}$."

"5ª Pretende, finalmente, integrar las ecuaciones dichas y para ello impone una solución particular, lo cual es un grave error."

En el año de 1909 dictó el doctor Garavito una interesante conferencia en el Salón Samper, para exponer sus ideas relativamente a tópicos de Economía Política. Desde hacía mucho tiempo su atención se había fijado en las fluctuaciones del cambio y en la desvalorización del papel moneda, desvalorización que a causa de las emisiones frecuentes y cuantiosas que hizo el Gobierno durante el desarrollo de la guerra del 99, había alcanzado límites nunca vistos. La creencia de que la moneda tiene un valor efectivo y no convencional, se había arraigado de tal modo en el espíritu de nosotros hacendistas, que muchos llegaron a creer en la ruina total del país, por esta causa, y a hablar en términos sombríos del cáncer del papel moneda. El doctor Garavito se dio cuenta antes que nadie, en Colombia, de que el papel moneda no era sino una contribución forzosa impuesta al país por no estar éste preparado para un régimen tributario más racional. Así, pues, desde el primer instante sus conceptos en Economía Política estuvieron en pugna con la opinión reinante que era favorable a todo sistema de reducción de gastos en el presupuesto gubernamental, creyendo que con esto desaparecería un déficit que explicaba las estupefacciones autorizadas por las Cámaras. Al régimen de economías fiscales preconizado como panacea infalible fue poco a poco oponiendo el doctor Garavito la teoría de que para hacer desaparecer el déficit es más racional aumentar las entradas que disminuir los gastos. Esta teoría parece pa-

ciencias, para la Patria y para la virtud! Su familia, en el seno de la desolación y del dolor, ha recogido rápidamente algunos hechos de su vida, que va a presentar al público, reservándose el derecho de formar su elogio histórico para cuando hayan calmado el sentimiento y las lágrimas.

Este hombre grande nació en Cádiz el 6 de abril de 1732, de unos padres honrados y virtuosos. Apenas salió de la infancia manifestó su inclinación por el cultivo y por los libros. Sus progresos fueron rápidos en el estudio de las humanidades, de la Filosofía, y aun de la Sagrada Teología. Su gusto por la medicina le hizo tomar la boca en el Real Colegio de San Fernando de aquella ciudad. Aquí cursó la Anatomía, la Cirugía y la Medicina práctica, y pasó a Sevilla a completar sus conocimientos, y allí recibió los grados correspondientes. En 1757 se estableció en Madrid, y regentó la cátedra de Anatomía por Araújo. En esta época la Corte meditaba mandar a París, a Leyden y a Bolonia algunos jóvenes con el objeto de que se perfeccionasen en diferentes ramos de las Ciencias naturales. Uno de ellos era Mutis. A este tiempo el Excelentísimo señor don Pedro Mesa de la Zorra buscaba en Madrid un médico acreditado a quien confiar su salud en el dilatado viaje que iba a emprender para la América. Después de largas meditaciones y consultas, recayó la elección sobre el joven Mutis. Por una parte se le presentaba una carrera brillante y gloriosa; por la otra, una serie de trabajos, en un país obscuro y colonial; muchos días balanceó antes de resolverse. ¡Con qué complacencia hemos oído de su boca las razones que le obligaron a tomar el último partido! El silencio, la paz, los bosques de la América, tuvieron más atractivo sobre su corazón que la grandeza y la pompa de las cortes de Europa. Un plan atrevido y sabio se presenta a sus ojos. Las selvas de la América, la soberbia vegetación de los trópicos y del ecuador, la obscuridad y la ignorancia de las ricas producciones del Nuevo Continente, le resolvieron a recorrer y a examinar esta preciosa porción de la Monarquía. Aquel mundo, se decía, visitado rápidamente por Feuille, Loefflin y otros pocos botánicos, yace hasta hoy desconocido; sus riquezas son inmensas. ¡Qué campo tan vasto para inundar de conocimientos a la Europa, y para coronarse de gloria! En 1760 desembarcó en Cartagena de Indias, año para siempre memorable en los fastos de nuestros conocimientos, y en nuestro horizonte. Apenas pisó las costas de la Nueva Granada, comenzó a coleccionar y a describir sus amadas plantas. Establecido en esta capital, se consagró con todas sus fuerzas al reconocimiento de la vegetación de la cima de los Andes y al consuelo de los enfermos. Entonces estableció su correspondencia con el inmortal Linneo (1); entonces se le reconocieron los elogios más lisonjeros (2); entonces se le asoció a la Academia de Estocolmo (3); entonces se le asoció a la Academia de Botánica y a otras sociedades de amigos, tomó a su cargo la enseñanza de las matemáticas en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, de que en el Reino que la tierra giraba sobre su eje alrededor del sol, y que se debía poseer en el número de los planetas. ¡Cuántos disgustos le costó persuadirnos de esta verdad capital en la Astronomía! A pesar de la obstinación de nuestros conocimientos astronómicos. Pero este sabio aguardaba ocasión más favorable para desplegar su celo por la ciencia de Tycho y de Cassini.

Provocado por el Virrey Zorra a regresar a la Península, se negó, y resolvió morir entre nosotros; ¡tanto amaba a la América, sus selvas y su profunda tranquilidad!

Contemplando la naturaleza, elevaba su espíritu a su Autor, le adoraba, y se desprendía enteramente de la tierra. Para mirarse más a Él, recibió las órdenes sagradas en 1772. Desde aquella época fue un verdadero sacerdote de Dios y de la naturaleza. Dividió todos sus momentos entre la religión y las ciencias, fue un modelo de virtudes en la vida, y un sabio en las segundas.

Las fuerzas de un particular no eran suficientes para sostener sus grandes miras; era necesario el brazo del Soberano. Imploró la protección del augusto Carlos III, y halló en su seno paternal cuanto podía apetecer. Le creó Director de la Expedición Botánica del Reino en 1763, cargo que desempeñó y conservó hasta su muerte. ¡Qué cargo tan glorioso y tan vasto se presentó a su celo infatigable! Reanimado con las liberalidades del Soberano, proyectó el gran

(1) In memoriam Josephi Celestini Mutis, Americæ summæ botanicæ, qui historiam plantarum americanarum, imprimis palmearum paludumque præcipue pariet, et plurima nova hæc opuscula communicavit (Linn., suppl., pag. 57). Nomen immortalæ quo nulla ætas unquam delicta. (Linn.)

In honorem apicissimæ viri (J. C. Mutis) qui jure merito botanicorum in Americæ principis salutaris, deliquit enim inter primos Europæ collocari. (Cavanilles).

de y soberbio edificio de la Flora de Bogotá, obra inmensa, para cuya ejecución no alcanza la vida de un hombre solo. Comenzó por un centro oportuno para sus operaciones científicas. Mariquita le pareció que renía todas las proporciones que buscaba. En efecto, situada esta ciudad al pie de los Andes del Quindío, en un valle fecundo y en las cercanías del Magdalena, le presentaba los vegetales de todas las temperaturas y de todos los niveles. Aquí formó los plátanos, aquí coleccionó innumerables plantas, aquí se hizo una parte de las grandiosas láminas que no se pueden ver sin admiración, y que los sabios de Europa han comparado a las del célebre Smith; aquí escribió y aquí desempeñó tantas comisiones del Gobierno y tantos otros objetos. Son muy estrechos los límites de este papel para decir lo que este sabio infatigable ejecutó en los siete años de su residencia en Mariquita.

El temperamento de aquella ciudad, unido a las tareas literarias, comenzaron a arruinar una salud tan preciosa, y resolvió trasladarse a la capital. En 1760 lo ejecutó, más por reconocer de nuevo y diseñar la vegetación elevada, que por restablecerse. En la espaciosa casa que le dio el Rey, estableció su "Expedición", y comenzó a coleccionar otra vez las plantas altas del Reino. Aquí se dedicó a dar la última mano a los trabajos comenzados en Mariquita, trabajos inmensos, para cuya conclusión no bastó el resto de sus días. Aquí perfeccionó su obra favorita, la "Historia de los árboles de Quindío"; aquí comenzó otras muchas de que daremos cuenta al público en ocasión más favorable.

Podemos afirmar que ningún mortal ha conocido mejor el género "Cinchona" y sus especies. En 1772 descubrió una de estas plantas preciosas en el monte de Tena, a seis leguas de esta capital. La envidia, la rivalidad podrán fincar a los incautos y al público sobre el verdadero autor de este importante descubrimiento; pero su familia, los que hemos tenido la dicha de oírle y de ver las pruebas irrefragables en que apoya la verdad de este hecho, no podemos dejar de admirar la modestia y el sufrimiento de este hombre virtuoso. Pero ya llegó el tiempo de que su familia desengañe al público, de que presente las pruebas victoriosas de su hallazgo, que responda a las injurias y haga callar a sus enemigos. El respeto que debíamos a nuestro Director, el precepto que teníamos de callar, nos han mantenido en un silencio forzado y doloroso. Ha un escrito que preparamos se desengañarán los envidiosos de su gloria, y los rivales del nombre de Mutis se arrepentirán más de una vez de haber lanzado tantas injurias contra este sabio pacífico y cristiano.

Apenas se aseguró de la legitimidad de la especie que había hallado, comenzó a solicitar otras. No paró aquí: las virtudes de cada una le llamaron toda su atención. Como médico las aplicó, y nos ha dejado los más preciosos descubrimientos para restablecer nuestra salud.

Poco contento con ser un botánico adocando y nomenclador, llevó sus miras hacia la parte filosófica de esta ciencia. El formó algunas familias, él halló secretos preciosos sobre la poligamia, y él ha introducido en la Botánica, por caracteres invariables, la distinción de las *apotelegmas*. No se crea que Mutis sólo puede figurar al lado de Linnæo y de Jussieu; su alma grande abrazó también el Cálculo, la Astronomía y la Física. Esta ciencia le debe un descubrimiento precioso. Algunos sabios europeos habían sospechado que la luna debía tener una influencia directa sobre las variaciones del barómetro, como la tiene sobre las aguas del océano; pero mal situados, no pudieron decidir satisfactoriamente sobre este punto. Mutis, en el coronón de la zona ardiente, y a 4° 30' de latitud, ha llevado esta materia a tal punto de certidumbre, que ya no se puede dudar sin obstinación.

Este sabio recibió, en el Ministerio del Excelentísimo señor Marqués de Sonora, instrumentos astronómicos, y en 1802 erigió el Observatorio que hoy decora la capital, y en que há tres años se verifican todas las observaciones de que son capaces los instrumentos que posee.

El nos ha dejado manuscritos sobre las plantas, sobre la Meteorología, sobre minas, un herbario que asciende a veinte mil plantas, más de cinco mil láminas de nuestras plantas, un semillero, una colección de maderas, de conchas, de minerales, de pieles y una serie de cuadros al óleo, en que están representados los animales del Nuevo Reino al natural y con sus propios colores. Si se realiza su última voluntad, si se llevan a efecto sus deseos, verá el Reino un museo en que renazcan las ciencias y los conocimientos útiles. Hé aquí un bosquejo de lo que fue Mutis como botánico, como naturalista, como físico y como astrónomo.

Su corazón, sus sentimientos y sus virtudes son demasiado notorios. El supo recuar la ciencia de Linnæo a la de los santos. Nosotros apelamos al testimonio de los enfermos, de los pobres y de las personas virtuosas que le trataron de cerca. Su muerte fue preciosa a los ojos del Señor. Descanse sobre el testimonio de su conciencia, y sobre su vida y siete años de virtud, vio llegar su fin con tranquilidad. Sus últimos días se emplearon en organizar sus cosas temporales y en dar lecciones de virtud a su familia. Himnos,

oraciones llenas de caridad y de unción fueron sus últimas acciones.

¡Alma grande de nuestro Director, recibe este primer testimonio de respeto y de amor que te consagra tu familia en el seno de las lágrimas y del dolor.

MEMORIA HISTORICA SOBRE LA VIDA, CARACTER, TRABAJOS CIENTIFICOS Y LITERARIOS, Y SERVICIOS PATRIOTICOS DE FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Por Lino de Pombo

Reuniendo datos esparcidos en varios documentos impresos o inéditos, evocando recuerdos propios, y aprovechando algunos apuntes curiosos suministrados por un hijo distinguido de Popayán, el autor de este escrito se propone dar al público una noticia biográfica concisa, pero tan exacta y sustanciosa cuanto posible fuere, del mártir de la Independencia nacional Francisco José de Caldas.

Nació en Popayán, en el año de 1771, este granadino ilustre y malogrado, hijo de don José Caldas García de Camba y de doña Vicenta Tenorio y Arboleda, uno y otro de familia noble. Hizo sus primeros estudios de latinidad y filosofía en el Colegio Seminario de la misma ciudad; y uno de sus maestros, el doctor Félix Restrepo, hombre de instrucción y talento, advirtiendo en él afición y disposiciones admirables para el estudio de las matemáticas, supo estimularlo y dirigirlo de tal modo que, no sólo aprendió Caldas en pocos días los diminutos principios matemáticos contenidos en los escasos y anticuados libros que en aquella época se encontraban en el país, como Euclides, Wolffio y el Padre Tosca, sino que por los esfuerzos de su genio y de su perseverancia, dejó pronto muy atrás sus textos de lección y a su respetable maestro. Tan grande era el entusiasmo del joven estudiante por la ciencia de sus simpatías, que se traspasaba de ordinario cultivándola, y solía la aurora sorprenderle olvidado de sí sobre sus problemas. Advertidos sus padres de estas frecuentes vigilias, se las prohibieron, y aun le privaba de luz su madre a la hora de acostarse, para que durmiera; pero él dábale arbitrios para eludir su tiranía, y fugándose dormido, y tarde de la noche se procuraba vela encendida para continuar sus tareas.

Concluidos que fueron por Caldas los cursos reglamentarios de Filosofía, enviólole al Colegio Mayor del Rosario de Bogotá, en donde obtuvo la boca el 21 de octubre de 1788; y sólo por complacer a su familia siguió los estudios de Jurisprudencia, sin perjuicio de los únicos de su agrado, pues dedicaba gran parte del tiempo a las Ciencias físicas y matemáticas, y con particularidad a la Astronomía. Coronó su carrera, como ha solido decirse, alcanzando los grados de bachiller, licenciado y doctor en Derecho, pero siendo apenas un mediano jurista; su vocación decidida era otra; y en solitarios ejercicios privados, adviniendo como Púscal lo que no hallaba en los libros, o descubriéndolo por investigaciones serias, se había formado ya regular matemático y astrónomo teórico.

Por el año de 1793 regresó a Popayán, y forzado por circunstancias domésticas, hubo de dedicarse a especulaciones rústicas mercantiles en el territorio de Timaná y la Plata, que le salieron mal y que pudo abandonar al fin, resuelto a consagrarse a sus ocupaciones favoritas; a reducir a la práctica sus conocimientos geométricos y astronómicos aunque desprovisto de los medios indispensables, y escaso, sobre todo, de recursos pecuniarios. Hizo, en consecuencia, en 1796, un nuevo viaje a la Capital para buscar algunos libros, materiales útiles y algunos instrumentos; y no habiendo encontrado éstos, viendo, como el mismo refiere, que era necesario suplir con la obstinación cuanto le faltaba, y concentrándose dentro de sí propio, determinó empezar fabricándose, en el silencio y en la oscuridad de Popayán, en el corazón de los Andes, tomando por guía las Observaciones astronómicas del célebre marino español don Jorge Juan, por artífices auxiliares a un carpintero, un herrero y un platero, y por materiales aquellos de que le fuese dado disponer.

El primer instrumento astronómico que fabricó Caldas fue un gnomón de diámetro, madera dura y fina que admite bastante pulimento; cuyo horizonte, de tres pulgadas de grueso, estaba apoyado en cuatro tornillos de hierro para nivelarlo y tomar alturas de sol con el objeto de arreglar una péndula; y como no tenía péndulo ni cronómetro para sus observaciones, reformó un reloj antiguo inglés de péndulo quitándole las piezas que servían para las campanas, a fin de que quedase más sencillo y menos expuesto a variaciones, y revisando y remontando con suma cuidado el resto de la máquina.

Luégo se propuso construir un cuadrante solar con su anteojo acromático, y hé aquí el procedimiento y sus resultados.

Fabriólo un cuarto de círculo de madera de diámetro, de cuatro pulgadas de espesor para que no se torciese, incrustó en él una faja concéntrica de estaño bruñido para servir de limbo, y trazó la graduación de éste con escrupulosa de-

hincidez. El centro del cuadrante era de marfil embutido, con una aguja muy fina clavada en él, de que pendía una pesita de plomo al extremo de un cabello humano, destinado a marcar los arcos de los ángulos o alturas medidas; y el instrumento giraba verticalmente sobre un eje central de acero fijado a un mástil de madera de naranjo, dándosele movimiento por medio de un cordón de seda atado al extremo del radio superior, que pasaba por lo alto del mástil e iba a envolverse abajo en una clavija o tornillo a cuya cabeza se aplicaban los dedos del observador. El plano horizontal del gnomón servía también para colocar el cuadrante en posición vertical.

Con indecible trabajo, multiplicando escargos y diligencias, logró hacerse a lentes para el anteojo de cartón que puso en su cuadrante, y cuyo vidrio objetivo estaba cortado por dos diámetros de cabello humano, perpendiculares entre sí. No pudiendo adaptar al cuadrante un nonio para la valuación de fracciones de la menor división del limbo, ideó el siguiente ingeniosísimo arbitrio: un tornillo muy fino en que el paso de la hélice estaba seguramente en conocida relación con el arco de esa división menor, atravesaba el anteojo en sentido perpendicular al cabello horizontal del objetivo, entrando por el centro de un círculo situado encima del anteojo, y cuya circunferencia se hallaba dividida en cien partes; lo que cubría o bajaba el extremo visible inferior del tornillo, movido por arriba con un botoncillo, lo indicaba un puntero en aquel círculo graduado. Observando, pues, la altura aparente de la respectiva fracción de arco sobre el cabello horizontal, y la vuelta que para recorrerla hacía el tornillo, marcada por el puntero, computaba con bastante aproximación la parte fraccionaria que debía agregar a la división del limbo más próxima a la vertical de la plomada del instrumento. Es notable coincidencia con esta idea original de Caldas la del tornillo nonio, de dos raras separadas de paso desigual, indicando después en Francia por Mr. de Prony para mover los hilos de los micrómetros en los telescopios. (Hachette, "Tratado de las Máquinas", 1828, pag. 336).

El péndulo viejo rejuvenecido y el cuadrante que se ha descrito, cuya forma e historia causaron agradable sorpresa al Barón Alejandro de Humboldt a su paso por Popayán, fueron los instrumentos con que hizo Caldas sus primeras observaciones astronómicas, con que fijó la posición geográfica de su ciudad natal, y con que calculó varias otras latitudes y longitudes que se hallaron discrepar muy poco de las determinadas posteriormente con buenos instrumentos europeos. Antes de su segundo viaje a Bogotá, y durante su corta residencia aquí, ya había trabajado bastante con el barómetro, y publicado algunas de sus observaciones barométricas en el periódico titulado "Correo Curioso"; de manera que a la edad de veintiséis años estaba en plena posesión de todas las dotes intelectuales, naturales y adquiridas, y nociones prácticas necesarias para acometer con feliz éxito la alta empresa que meditaba de la carta general del antiguo Virreinato, para servir últimamente a la Astronomía como centinela y explorador del hemisferio austral celeste en la vecindad del ecuador, y para ser fundador de la buena enseñanza de las ciencias exactas en el país de su nacimiento.

En un informe dirigido por Caldas al Secretario del Virreinato, con fecha 16 de octubre de 1808 decía lo siguiente:

"En 1799 y principios de 1800 se presentaron a mi espíritu muchas ideas sobre la constancia del calor del agua en ebullición, y sobre su variación mudando de nivel. Las ideas se pusieron en práctica, y sabí cuatro veces sobre los Andes de Popayán. Cargado de mis barómetros, termómetros, y de una lámpara de ebullición, verificó una larga serie de observaciones; el resultado fue que las montañas se pueden medir con el termómetro, como se hace con el barómetro".

Los pormenores de este descubrimiento importante, debido originariamente al contratiempo de la rotura de un termómetro inglés por la extremidad superior del tubo, están ya consignados en una memoria de Caldas, firmada en Quito en abril de 1802, y que dio a luz un amigo suyo el año 1810 en Burdeos, con innumerables errores tipográficos. Veamos lo que de ella aparece (1).

Forzado a rehabilitar su termómetro roto, observa que, después de fijados con rigurosa exactitud los términos ordinarios inferior y superior de la nueva escala termométrica, a saber, el de la congelación y el del agua en ebullición, y de trazada la escala, dividiendo el espacio intermedio en 80 partes iguales, resultaban los grados demasiado pequeños en comparación con los primitivos, e indicada con incremento notable la temperatura de Popayán. Reconoció desde luego que hay error; advierte más tarde no poder él derivarse del término de la congelación, igualmente fría en todas latitudes y alturas según sus propios experimentos, acordos con la doctrina corriente, y que provenía, por tanto,

(1) Véase la Memoria inserta en la página 190 de este número de la Revista de Ciencias.—N. D.

de estar deprimido el término superior de la escala; deduce de aquí que el calor del agua hirviendo no era en Popayán el mismo que en Londres, que calor igual debía suponer presión igual atmosférica; lee, medita, ensaya correcciones sobre bases hipotéticas inferidas de alguna frase vaga de un libro viejo, y se persuade al fin de que era necesario buscar el grado del calor del agua en aquella localidad de un modo directo.

Con qué viveza de colorido, con cuánta animación y entusiasmo profesional pinta su elegante pluma las dudas que le asaltan, las cuestiones que en su mente se encendían, las soluciones que vislumbra, su firme propósito de perseguirlas por voluntad y por deber, y hasta la simple sucesión de los hechos!

De un esfuerzo en otro, de raciocinio en raciocinio, viene Caldas a parar con inefable gozo a esta serie de consecuencias: "El calor del agua hirviendo es proporcional a la presión atmosférica; la presión atmosférica es proporcional a la altura sobre el nivel del mar; la presión atmosférica sigue la misma ley que las elevaciones del barómetro, o, hablando con propiedad, el barómetro no nos enseña otra cosa que la presión atmosférica: luego el calor del agua nos indica la presión atmosférica del mismo modo que el barómetro; luego debe darnos las elevaciones de los lugares sin necesidad del barómetro, y con tanta seguridad como él". Pero modesto siempre y desconfiado de sus alcances, nuevas reflexiones rebajan a sus ojos el mérito de la deducción final, considerándola demasiado obvia, y se rehusa a consentir en la idea de que ella no hubiese ocurrido ya, de tiempo atrás a algún sabio europeo. Consultando, sin más moderno que enciclopedia, nada halla parecido a su teoría; y aun juzga todavía imposible que a tan grandes hombres se hubiese ocultado tales peneñeces. "¡Qué dudas exclama—! qué suerte han tratado de un americano! Después de muchos trabajos, si llega a encontrar alguna cosa nueva, lo más que puede decir es: no está en mis libros. ¿Podrá algún pueblo de la tierra llegar a ser sabio sin una biblioteca comunicada con la culla Europa? ¿Qué tiene a trabajar, ya desearnos, y esto es haber llegado a la mitad de la carrera".

Un buen termómetro de Dollond, cerrado en Londres, que lamentablemente consiguió Caldas, en que halló exacto el término del hielo, y que usó con todas las precauciones del caso, después de haberlo marcado con la escala de Reaumur vino a confirmar su principio fundamental sobre el calor del agua hirviendo; el cual resultó ser de 75° 65 en Popayán, a 22 pulgadas 11.2 líneas de altura barométrica. A esta observación agregó otras muchas, hechas en puntos de diferente nivel con presencia del termómetro y del barómetro, no muy quebrada vía de tránsito de Popayán a Quito, con algunas particularidades en 1801, y todas aparecieron ratificando la conformidad proporcionalidad.

De esta abundante acumulación de datos obtuvo el definitivo para el objeto capital de sus investigaciones, y pudo ya resolver este problema: "Dado el calor del agua hirviendo en un lugar, hallar la elevación correlativa del mercurio en el barómetro, y la altura del lugar sobre el nivel del mar". La base experimental de la solución es como sigue:

Una pulgada de altura del mercurio en el barómetro equivale a la fracción $\frac{1}{1000}$ de cada uno de los grados hirviendo (Agua destilada).

Conociendo que sea, pues, para el nivel del mar el calor del agua hirviendo, o conociendo la elevación del mercurio en el agua hirviendo en un lugar, en la escala de Reaumur, se da de nivel entre dos puntos puede calcularse también el nivel del mar, observando en ambos puntos la cuestión el nivel del agua hirviendo y las alturas barométricas. Esto dá a su juicio indierda todavía la exacta altura media del mercurio al nivel del mar, entre los trópicos, y toraba por término de comparación el nivel de Popayán; basta una simple proporción, que es muy sencilla.

El exponente 0° 974

Es a una pulgada del barómetro.

Como la diferencia del calor del agua en los dos lugares.

A la diferencia de alturas barométricas.

Un número de pulgadas, líneas, etc., que se quitarán de la altura conocida barométrica del primer punto si el segundo está más alto, o se le agregarán si está más bajo. Por supuesto, la cantidad es siempre sustractiva cuando se compara con el nivel del mar. Caldas traduce el procedimiento en una fórmula algebraica, que copiamos en seguida

con algunos simples cambios de notación para darle mayor claridad.

Sean h la altura del barómetro al nivel del mar, o del lugar que sirve de término de comparación.

- c el calor del agua en el nivel mismo antedicho.
- e El exponente 0° 974.
- β Una pulgada a doce líneas del barómetro.
- c' El calor del agua, observado en un lugar cualquiera.
- z La altura desconocida del barómetro en el mismo lugar.

Se tendrá:
$$z = h - \frac{\beta(c - c')}{e}$$
 comparado con el nivel del mar.

O bien:
$$z = h \pm \frac{\beta(c - c')}{e}$$
 comparado con otro nivel (1).

Para simplificar las observaciones con el calor del agua, de tal manera que cualquiera pudiese hacerlas sin necesidad de otro cálculo que el de la altura del lugar correlativa con la del mercurio en el barómetro, y sin usar otro instrumento que el termómetro, Caldas computó que 18 $\frac{1}{2}$ grados de la escala de Reaumur corresponden a 10 pulgadas del barómetro, multiplicando el exponente 0° 974 por 19. Partiendo luego de este principio, tomó sobre dicha escala en el termómetro 18 $\frac{1}{2}$ grados, pasó esta magnitud al otro lado desde los 80 grados del término superior, correspondiente a 28 pulgadas barométricas al nivel del mar, para abajo, la dividió en 19 partes que representarían bajando 27, 26, etc. pulgadas del barómetro, y aplicó por último un nonio que diese fracciones de pulgada de media en media línea. Es notorio que, provisto el termómetro de las dos escalas dichas, hace de todo punto innecesaria la penosa y arriesgada conducción del barómetro.

Aguardaba Caldas con impaciencia la llegada del Barón de Humboldt a Popayán, para someter a su juicio la teoría que con tanto esmero había creído y perfeccionado, y saber al fin si era nueva. El ilustre viajero sólo pudo citarle otra teoría imperfecta y precaria, indicada por Sueto, de que él ya había tenido conocimiento por la obra de Mr. Sigaud, basada en la simple observación termométrica de la temperatura. "¿Cómo es posible, dice nuestro malaventurado compatriota, que el temple de la atmósfera, variando hasta el infinito en un mismo nivel, en que influyen el lugar, la reflexión, un viento, una nube, la hora, pueda servir con firmeza para determinar la elevación?"

"Aun cuando se supongan dos observadores que de convenio observen al mismo momento, ¿cuántas causas locales, y particulares a cada estación, alterarán el leer del termómetro! ¿Qué raro, qué difícil hallar un día perfectamente sereno! Y sólo esta circunstancia, qué limitado hace el método de Heberden y de Sueto! Por el contrario, el del agua hirviendo presenta toda la comodidad, toda la precisión que se pueden apetecer. Que sea el tiempo sereno, nublado, frío, caluroso, con viento; que el observador esté a cubierto o expuesto, el agua hirviendo indicará siempre en el termómetro un calor proporcional a la presión".

Entró, pues, Caldas en posesión de su descubrimiento; y a pesar de la noticia que de él tuvo Humboldt, a pesar del largo tiempo transcurrido, todavía no se le conoce en Europa, según parece, y muy poco en nuestro país. Su memoria circunstanciada, impresa en Burdeos en 1819, en castellano, y por un original que había mutilado el voraz consumo de nuestras costas, salió, como ya se dijo, plagada de errores, y además no ha tenido circulación; será conveniente reimprimirla, expurgada de sus graves defectos, con amor e inteligencia; no menos en honor del grato nombre de su autor, que para utilidad común.

Indispensable, aunque penoso, es hacer aquí notar que el Barón de Humboldt no correspondió de la manera que era de esperarse a la confianza y noble franqueza de Caldas, es lo relativo a su descubrimiento del principio invariable de variabilidad del calor del agua en ebullición; no obstante haberlo admitido como original después de oír el campo en la objeción que propuso, de que el calor del agua variaba a la misma presión hasta un grado, según lo afirma Caldas en su Memoria, y no obstante haberse aprovechado de él en el curso obscuro de sus exploraciones científicas. En 1803 dirigió aquel sabio desde Guayaquil al doctor José Celestino Mutis el primer bosquejo de su "Cuadro físico de las regiones ecuatoriales"; "este bosquejo fue publicado por Caldas en el "Semanario" de 1809 fielmente traducido del respectivo manuscrito, y nada se hablaba en él de observaciones del señor Barón ni de persona alguna sobre el calor del agua. Más tarde, el "Cuadro" recibió notable enmienda y pulimento de mano de su autor, y así ensachado y perfeccionado se le encuentra inserto en español con la correspondiente advertencia, en la reimpresión del Semanario hecha en París en 1849 por el señor Acosta: allí hay una sección

(1) Para conservar cuidadosamente el valor histórico de la Memoria impresa en Burdeos (página 190) se ha dejado ésta con las erratas del original que indica Lino de Pomba.—N. D.

ción con el encabezamiento "Grado de calor del agua hirviendo a diversas alturas", en que se lee lo que sigue:

"El grado de calor que adquieren los líquidos antes de hervir depende del peso de la atmósfera, y como este peso varía como las alturas sobre el nivel del mar, cada altura tiene su término o punto de ebullición correspondiente... (Sigue una tabla). En el curso de mis viajes hice muchos experimentos sobre el hervor del agua en las cimas de los Andes; me propuse publicarlos, y con ellos otros ejecutados por M. Caldas, natural de Popayán, físico distinguido, que se ha consagrado con un ardor sin ejemplo a la Astronomía y a muchos ramos de la Historia natural... etc."

Ni una sola palabra acerca del descubridor de ese principio en América, por sus propios aislados esfuerzos.

Fruto del viaje de Caldas de Popayán a Quito en el año de 1801 fue una Memoria sobre la nivelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del ecuador, que formó y remitió en 1802 al señor Mutis, a quien la dedicaba. Ese trabajo, que contenía importantes observaciones aplicables a diversos cultivos, y con especialidad al del trigo, era ensayo de otro más útil y grandioso que meditaba, y para el cual continuó recogiendo materiales por largo tiempo; el de la Geografía de las plantas del Virreinato de Santafé y su carta botánica con perfiles de las varias ramificaciones de los Andes en la extensión de nueve grados de latitud, que diesen a conocer la altura en que vegeta cada planta, el clima de que necesita para vivir, y al que mejor conviene a su desarrollo. Con este motivo, por la Memoria sobre el calor del agua, por un plan de viaje científico a la América septentrional, y por otras recomendaciones honorarias, empezó a conocerle el citado señor Mutis, distinguido jefe de la Expedición Botánica planteada a expensas del tesoro y bajo su dirección desde 1782; y le agregó a ella con las más honorables expresiones y risueñas esperanzas en mayo del mismo año de 1802, haciéndole entender que era su principal cargo recoger la vegetación del reino de Quito, con especial atención a las quininas, y en segundo lugar la Geografía y estadística del mismo territorio, las observaciones astronómicas, barométricas, termométricas, etc., y la descripción de usos y costumbres. Para el desempeño de todo esto le provió de un telescopio acromático, un cronómetro, algunos tubos de barómetro, tres termómetros, algunos libros y moderados auxilios pecuniarios.

Aceptando, y ayudado también con instrumentos y dinero por otros generoso protector de sus talentos, empezó Caldas una serie de excursiones científicas saliendo de Quito en julio de 1802, después de haber observado el solsticio de junio, hacia los Corregimientos de Ibarra y Otavalo, cuya carta levantó por observaciones astronómicas y trabajos geodésicos, en que midió las montañas nevadas de Cotacachi, Mojanda e Imbabura, entrando en el cráter de este último volcán, y colectó, describió y diseñó multitud de plantas. La fijación exacta de la latitud de Quito, con diversos objetos, le había ocupado y siguió ocupándole de una manera seria; y a su regreso a aquella ciudad, por instancias del Presidente Barón de Carondelet y por recomendación de Mutis, se comprometió a explorar el territorio por donde se pretendía abrir un nuevo camino de Ibarra hacia la embocadura del río Santiago, en el mar Pacífico, llamado camino de Malibuco.

Penetró en efecto en aquellos bosques emmarañados, solitarios y malsanos, y desempeñó su comisión cumplida satisfactoriamente en julio y agosto de 1803; levantando el plano topográfico con minucioso trazado del curso de los ríos, y con determinación astronómica y barométrica de todos los puntos importantes. Hizo numerosas herborizaciones, cortó el perfil del terreno desde la nieve perpetua hasta el océano, estableció la altura del mercurio y el grado de ebullición del agua hirviendo al nivel del mar; y al cabo de indecibles penalidades se retiró enfermo de calenturas que le mantuvieron por muchos meses en estado valedudario.

Los días de su lenta convalecencia fueron empleados en arreglar y poner en limpio los resultados de la exploración, en notables observaciones astronómicas, y en apresto de instrumentos, libros y lo demás necesario para una nueva y más extensa correría en dirección al sur de Quito, en busca de las quininas; y acaso de mayor interés para Caldas por seguir las huellas de La Condamine y Bouguer en su memorable viaje científico del siglo anterior, por comparar con las observaciones de aquellos académicos y de sus ilustres compañeros, las suyas propias, y por salvar algunas reliquias de los destruidos monumentos de su inmortal trabajo. La salida tuvo lugar el 10 de julio de 1804.

Recorrió los Corregimientos de Latacunga, Ambato, Riobamba y Alausí, la Gobernación de Cuenca, y el Corregimiento de Loja hasta los confines del Perú, recopilando datos astronómicos y geodésicos para la carta geográfica que confeccionó después. Recogió, describió y diseñó cinco especies de quininas y gran número de plantas útiles; hizo multitud de observaciones astronómicas, barométricas, meteorológicas y sobre el calor del agua, que en la cumbre del Asuay resultó ser 68,3 grados de Reaumur; midió y dibujó los res-

tos de varios palacios, fortalezas y caminos de los antiguos Incas; y como tesoro precioso se apoderó de una lápida de mármol blanco de las colonadas por M. de La Condamine con inscripciones relativas a la medición del grado del meridiano terrestre, la cual había servido por largos años de puente en una acequia, y quitada de allí iba a ser perforada para colocarla de rejilla en otra acequia. En el curioso itinerario de esta peregrinación, que existe íntegro en la Biblioteca Pineda, hoy Biblioteca de Obras nacionales, llama la atención del lector el sentimiento profundo con que lamentaba Caldas la extinción completa de todo vestigio material de los trabajos de los académicos franceses. "¡Qué suerte tan triste, dice entre otras cosas, la del viaje más célebre de que puede gloriarse el siglo XVIII! Lápidas, inscripciones, pirámides, torres, todo cuanto podía anunciar a la posteridad que estos países sirvieron para decidir la célebre cuestión de la figura de la tierra, ha desaparecido. Nosotros, desechos de perpetuar lo que se pueda, hemos fijado en nuestro plano (de la ciudad de Cuenca) el lugar en que existió esta torre (de la iglesia mayor), más célebre que las pirámides de Egipto".

Esa misma relación contiene reglas prácticas interesantes para el uso del barómetro. De ella aparece una observación adicional de Caldas de la temperatura del agua en ebullición; a saber: que avivado ya el fuego lo necesario para obtener el hervor del agua, y conseguido éste, el grado de calor baja cuando se sopla el fuego o lo bate naturalmente el aire; y otra observación zoológica, que acredita ser los las especies del cóndor de los Andes, una de color negro brillante con collar blanco, y otra de color enteramente pardo. Allí resalta su compasivo afecto por la desdichada raza indígena, víctima de los Corregidores, verdaderos Verres, opresores de los Indios, que sólo pensaban en enriquecerse por esos infelices, antiguos señores de la tierra, convertidos en máquinas destinadas a las comodidades de los Curas, Corregidores y poderosos. Allí se le descubre cada día algún pensamiento de amor a las ciencias, a la Patria, a la humanidad, de gratitud a los que algo hacen por la propagación de las luces, por la mejora material de los poblados; de indignación contra la presuntuosa ignorancia de los nobles, contra los vicios del clero, contra los abusos de los mandatarios. Y allí se tropieza frecuentemente con animadas descripciones y con felices frases jocosas, como la de llamar purgatorio de los astrónomos al cielo nebuloso de Tigua y de Cuenca, y a los salvajes y miserables pastores de las altas regiones contiguas a la nieve, lapones de la línea.

El 25 de diciembre de 1804 estuvo Caldas de regreso en Quito.

Consagró tres meses a dirigir y ordenar los abundantes materiales colectados en su expedición al sur, a determinar con precisión la longitud del péndulo de segundos en aquella ciudad, a corregir su plano, a observar la ley de sus variaciones barométricas, y a multiplicar los elementos astronómicos para la fijación de su posición geográfica, especialmente en cuanto a la longitud, en que de los trabajos anteriores aparecía hasta grado y medio de discrepancia; y llevando adelante el plan de exploraciones principiado, salió hacia Pasto, Popayán y Bogotá el día 28 de marzo de 1805.

Después de atravesar el territorio ya reconocido de Otavalo e Ibarra, en que nada faltaba por hacer, prosiguió su tarea científica en la antigua Provincia o demarcación de los Pastos que se extendía desde el río Chota hasta el Guálitara; en la Gobernación de Pasto y Popayán hasta Quitara; y en las cercanías de Cali por el occidente, y hasta el páramo de Guanaca por el norte; y en la Plata, Timaná y demás Distritos poblados de la vasta hoyada del río Magdalena en la ruta hacia la Capital. Colectó quininas de diversas especies, y esqueletó gran número de plantas de importantes correcciones en la acreditada carta del reino de Quito, por Maldonado, y fijó astronómicamente por operaciones geodésicas las posiciones de varios lugares; trabajó con el barómetro y el termómetro; continuó sus apuntamientos de estadística; y el 10 de diciembre se presentó en Bogotá al señor Mutis, con todo el material que había recopilado desde 1802 hasta aquella fecha (es decir en cuatro años afanosos), contenido en diez y seis cajas comunes.

Consistía este acopio, según la relación oficial de Caldas, en un "herbario respetable de cinco a seis mil esqueletos, en un volumen de descripciones, muchos diseños de las plantas más notables, semilla, cortezas de la índole, algunos minerales, el material necesario para formar la carta geográfica de la mitad del Virreinato (1), la carta botánica y la

(1) Debe entenderse que parte del material para la carta geográfica eran trabajos de época anterior, hechos por otras personas, como los de Maldonado y La Condamine, del Ingeniero Talleo, de Fidalgo, de la Comisión Delimitadora con el Brasil, y aun de Humboldt, de que basta bastantes trazos; pero que hasta entonces no le había sido posible visitar el territorio en toda su extensión.

zoográficas, los perfiles de los Andes en más de nueve grados, la altura geométrica de las montañas más célebres, más de mil y quinientas alturas de diferentes pueblos y montañas deducidas barométricamente, un número prodigioso de observaciones meteorológicas, un volumen de astronómicas y magnéticas, y algunos animales y aves".

Trajo, además, consigo una colección numerosa de éptipas, o impresiones de las plantas vivas sobre el papel con el auxilio de la prensa portátil, y dos volúmenes descriptivos de usos, costumbres, industria, agricultura, tintes, recursos, población, enfermedades endémicas, vicios, literatura, etc., en el país recorrido. Así consta de la misma relación.

En agosto de 1806 registró los montes de Zipacón, Anolaima, Mesa de Juan Díaz y de Limones, Melgar, Cunduy, Pandí y Fusagnugá para completar sus conocimientos en punto a las quinas; con lo cual pudo ya afirmar haber visto vivas en sus lugares nativos todas las del Virreinato, y tenerlas cuidadosamente estudiadas. Por los diseños de Caldas se formaron las grandes láminas de aquellas quinas incorporadas en la Flora de Bogotá, que se adelantaba en las oficinas de la Expedición Botánica.

El señor Mutis había recibido con el más grande agasajo a Caldas, se había mostrado plenamente satisfecho de sus trabajos y de su arribo a la capital, le había hecho entrega del Observatorio astronómico, que construyó por sus esfuerzos y terminado desde el 20 de agosto de 1803, no estaba en servicio todavía.

Este bello y sólido edificio, primer templo erigido a Urania en el nuevo continente, según se expresa Caldas al describirlo, y monumento que mientras exista recordará al olvido el venerando nombre de Mutis a todo patriota sincero, a todo amigo de las ciencias, es en la principal una torre octógona de 4 metros 22 centímetros de lado (13 pies de rey), y 18 metros 19 centímetros (56 pies) de altura. Su diámetro interior, o sin grueso de muros, mide 8,77 metros. Tiene tres cuerpos, siendo el centro un salón con siete ventanas muy rasgadas, con bóveda superior hemisférica perforada para dar paso a un rayo de luz que cae sobre la meridiana trazada en el pavimento; que forma un gnomón de 12,21 metros de elevación, y que está coronado por una azotea. La escalera sube en espiral por otra torre cuadrangular adosada a una de las caras de la principal, y que se eleva hasta 23,55 metros; conteniendo en lo alto un pequeño gabinete de observación, también cubierto con bóveda con ranura de norte a sur.

Caldas lo estrenó, empezando por trazar la meridiana y por montar los instrumentos que permanecían encajonados. Los que recibió enviados de España por el Gobierno o por donación por el señor Mutis, fueron: un cuarto de círculo de Simson, dos teodolitos, fueros; un cuarto de círculo octantes y un horizonte de Adams, un grafómetro, algunos octantes y tres de reflexión artificial; cuatro telescopios acromáticos y tres de reflexión de Dollond y varios anteojos menores; tornómetros de Dollond y de Nairne, barómetros de diversas clases; dos cronómetros de Emery y el péndulo astronómico, obra maestra de Graham, que después de servir a los Académicos franceses del viaje al Ecuador por cuenta de manos de La Condamine a las de un fraile dominicano de Quito, de éste a la Audiencia territorial, luego a el Observatorio, considerándolo justamente como alhaja de inestimable precio. A todo esto se agregaba, por donación de don José Ignacio Pombo, desde Cartagena, un cuarto de círculo de Bird, de 18 pulgadas de radio y con micrómetro exterior, que había usado el Barón de Humboldt en su viaje al Orinoco; una grande aguja azimutal, un teodolito, un micrómetro sextante con limbo de platina y las tablas astronómicas francesas o del Observatorio de la Isla de León para muchos años.

Desde entonces, y ayudado tan sólo por un sirviente ágil y de comprensión despejada, a quien adoctrinaba en lo que era necesario, principió Caldas y prosiguió con perseverancia, Mutis, a la edad de setenta y siete años, ocurrido el 11 de septiembre de 1808, una serie metódica de observaciones astronómicas que comprendía las alturas diarias meridianas del sol, las de las estrellas en las noches despejadas, los eclipses de luna y de sol, las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, las ocultaciones de astros por los planetas y demás fenómenos celestes notables; y series de observaciones diarias, a tres horas diferentes, con el barómetro, el termómetro y el higrómetro; además de trabajos especiales sobre las refracciones astronómicas al nivel y latitud del Observatorio, de la revisión, coordinación y complementación de sus apuntamientos anteriores, de algunas operaciones geométricas hechas en los alrededores de la ciudad, como la que tuvo por objeto medir la altura del cerro

nevado del Tolima, y sin perjuicio de sus quehaceres en su calidad de agregado a la Expedición Botánica (1).

En cuanto a esto último, Caldas hubo de pasar por no pocos sinsabores en el interés de las ciencias y en guarda de su reputación después de la muerte de Mutis. Era preciso recoger con buen orden, con inteligente, cuidadosa e imparcial discriminación, los manuscritos y colecciones científicas de aquel sabio, calificado por Linneo de esclarecido botánico americano, cuyo nombre inmortal jamás borrará el tiempo; y por Cavanilles de varón sapientísimo, digno de ser inscrito entre los príncipes de la Botánica en Europa. Era preciso dar forma regular a sus trabajos, que habían costado al erario crecidas sumas, completarlos y prepararlos para la luz pública. Y hecho con prolijidad y solemnidad, con intervención del Secretario del Virrey, el examen e inventario de sus registros, legajos y colecciones, se halló todo en confusión, todo incorrecto y deficiente. La obra magna de la Flora, con lagunas y vacíos muy reparables, con descripciones poco inteligibles y truncas, con falta de muchas láminas. Y celos y animosidades deplorables, y sobra de mesquinidad e indolencia en la autoridad superior, impedían obrar en concierto y buena armonía, entrahaban todo plan racional. Mutis había sentido, desde luego, en vida, la necesidad de iniciar en los misterios de su gabinete de estudio a algún sujeto capaz de comprenderlos, y muchas veces dijo a Caldas, por escrito y de palabra, que él sería su sucesor, y como tal su confesor político, depositario de todos sus conocimientos, de sus manuscritos, de sus libros, de sus riquezas; pero lo muy avanzado de su edad, lo decadente de su salud y la habitual reserva de su carácter hicieron que bajase al sepulcro antes de principiar la confesión prometida, antes de haber levantado el velo para introducir al neófito en el santuario. Caldas exhalaba, con tal motivo, sentidas quejas, al contemplar cuán difícil era descifrar los enigmas de Mutis y llevar a cumplida madurez los frutos de su costosa Expedición. Si entre esas quejas se le escaparon a veces frases un tanto depresivas del mérito inexcusable del hombre distinguido a quien más de una vez colmó y colmaba de elogios, y a quien se mostró siempre cordialmente agradecido, hay que atribuirlos al calor de un noble entusiasmo.

En vista de la situación de las cosas, los empeños de Caldas se dirigieron a salvar de la ruina que amenazaba a la Flora sus trabajos botánicos de la parte meridional del Virreinato. Reclamó con energía, haciendo presente que tenía un derecho indisputable a ellos; que le habían costado su dinero y su salud; que habiendo sólo él visto vivas las plantas de su herbario, sólo él poseía su clave y podía dar ordenación a su trabajo, y manifestando que se proponía arreglarlos y publicarlos si se le prestaban, para ello, los necesarios auxilios. No lo consiguió, y conforme lo predijo, sus trabajos y los de Mutis corrieron igual suerte, de perderse y ser olvidados, yendo a parar como despojo de cruces soldados a un rincón de España.

La época más dichosa de la vida de Caldas fueron los años en que gozó de la plena y pacífica posesión del Observatorio. Digno sacerdote de la divinidad tutelar de aquel santuario elegante consagrado fervorosamente a su culto, pasaba allí la mayor parte del día con sus libros, con sus instrumentos, o con la pluma en la mano, en diversas tareas científicas a que se había dedicado; pasaba allí también parte de la noche si el estado del cielo era favorable para las observaciones astronómicas; y allí le amanece, tras de pocos ratos de inquieto sueño en su catre de campaña, cuando así lo demandaba la circunstancia grave de algún notable fenómeno. Un paciente inmediato y dos o tres amigos íntimos, incapaces de abusar de su confianza, y algún jovenito que recibía de él lecciones de matemáticas, eran las únicas personas a quienes franqueaba sin disgusto la entrada de aquella su habitual residencia, en que el espíritu de orden todo lo regulaba, y el menor acto de perturbación era un crimen.

Habíale asignado el Virrey, después del fallecimiento del señor Mutis, mil pesos de dotación anual como adjunto a la Expedición Botánica en cuyo arreglo intervenía, y como encargado del Observatorio, y el mayor domo de la Expedición le suministraba papel y algunos útiles de escritorio; y entre los deberes correlativos que tenía impuestos, y que desempeñaba con escrupulosa puntualidad, era uno de ellos el de informar cada cuatro meses sobre los trabajos astronómicos que estaban a su cargo. En cuanto a los primeros, el período se extendió después a un año.

En uno de estos informes, de fecha 19 de julio de 1806, participaba Caldas estar ocupado con empeño preferente en tres obras, a saber:

1ª Colección de observaciones astronómicas hechas en el Virreinato de Santafé de Bogotá desde 1797 hasta 1805, con

(1) La mayor parte de estos trabajos se ha perdido para la posteridad. Por más diligencias que se han hecho no ha sido posible hallar ni una siquiera, de las observaciones astronómicas de Caldas, para darle cabida en esta Revista.—N. D.

todas las que se han verificado en el Real Observatorio astronómico de esta Capital, desde 1806 para adelante". El objeto de la obra era la geografía y topografía del país que comprenden hoy las dos Repúblicas de Nueva Granada y Ecuador: su carta perfeccionada y completada con una memoria especial anexa, relativa a la longitud de Quito. Nunca se apartó de la mente de Caldas este gran pensamiento, su pensamiento favorito, cuya realización exigía considerable tiempo, perseverancia y paz interior; por dondequiera que viajaba, aun en las posteriores circunstancias políticas harto calamitosas, recogía con esmero materiales geográficos, topográficos y estadísticos; y en varias ocasiones presentó mapas o cartas parciales, planos de terrenos poco extensos, y croquis de caminos, de ríos, etc., a las autoridades que pedían o necesitaban estos datos.

2ª Clusografía, o geografía de los árboles de la quina, formada sobre las observaciones y medidas hechas desde 1800 hasta... Allí se resolvían varios problemas botánico-económicos para reconocer, dado un lugar de los Andes ecuatoriales, si hay quinas en sus bosques, cuáles especies se producen y qué especie prosperará mejor por el cultivo; para designar los lugares más adecuados a ese cultivo, etc. Todavía deseaba Caldas hacer exploraciones nuevas en los Andes del Quindío, que no tenía visitados, para dar perfección a esta obra enteramente suya, pero no le fue posible verificarla. Ignoramos el estado en que dicha obra quedó, y presumimos que, con título cambiado, es la Quinología puesta en limpio de su propia mano y firmada con su nombre, que fue vendida después de su muerte a un extranjero por la señora su viuda, en momentos de necesidad extrema, y que, rescatada como reliquia preciosa, existe hoy en poder de un compatriota muestro, el señor M. M. Mosquera.

3ª Fitografía, o geografía de las plantas del Ecuador comparadas con las producciones vegetales de todas las zonas y del globo entero, formada sobre las medidas y observaciones hechas en la vecindad del ecuador desde 1800 hasta... Formaba el fondo de esta obra la carta botánica del Virreinato, con diez y ocho grandes láminas de planos y perfiles en los Andes ecuatoriales; estaba ella dividida en tres partes principales: plantas medicinales, plantas útiles para la subsistencia y para las artes, y plantas de aplicación desconocida, o vegetación en general; y la precedía un extenso discurso sobre todos los grandes fenómenos del globo, altura, temperatura, meteoros, etc., que influyen en la vegetación. Ya se ha dicho antes algo acerca de este proyecto colosal.

En 19 de noviembre remitió Caldas al Virrey la memoria que había redactado acerca de las refracciones astronómicas al nivel y latitud del Observatorio; dedicándosele junto con una planta a cuya flor había puesto en su obsequio el nombre de Amaria.

A principios de 1809 le había sido conferida la cátedra de una clase elemental de matemáticas que se estableció en el Colegio del Rosario, y dedicaba a su desempeño una hora diaria. Tomó posesión de dicha cátedra en un mismo acto con otro sujeto respetable que se encargaba de una de Jurisprudencia; éste pronunció un pequeño discurso inaugural; y a él siguió el de Caldas, que merece citarse, reducido a estas pocas palabras:

"Señores: El ángulo al centro es duplo del ángulo a la periferia".

Tiempo es ya de traer a cuenta la empresa grandiosa en su objeto, y ominentemente patriótica, de la publicación del "Semanario del Nuevo Reino de Granada", llevada a ejecución desde el día 3 de enero de 1808, fecha del primer número.

Varios sujetos ilustrados y patriotas de la Capital, americanos todos, cooperaron con sus esfuerzos a dar vida e impulso a la empresa, pero el director y el alma de ella era Caldas. Aquel periódico afeba su carrera cuando en la vasta extensión del Virreinato no existía otro que el que, bajo el título de "Redactor Americano", publicaba en Bogotá el bibliotecario real don Manuel del Socorro Rodríguez, natural de la isla de Puerto Rico, bajo la dirección de la autoridad, papel bien intencionado pero indigesto, de noticias y versos, que malta tres veces por mes. En el "Semanario", consagrado a la difusión de las luces y al fomento de los intereses materiales del país, hasta donde era compatible con las trabas del régimen colonial, fue donde empezaron a revelarse al mundo la vasta instrucción y alta inteligencia de Caldas, la sublimidad de sus pensamientos, su estilo fluido y correcto aunque siempre grave, y sobre todo su hambre y sed insaciables de bien público; apareció en pliegos semanales en 1808 y 1809, y continuó después bajo la forma de cuadernos o memorias mensuales, de que no alcanzaron a imprimirse sino once, y con mucho retardo, por haber sólo dos imprentas, escasas además de viejas, y estar ellas cargadas de trabajo con motivo de las ocurrencias políticas.

Das producciones importantes de Caldas merecen especial mención, entre las diversas suyas contenidas en el primer bienio del "Semanario".

1ª "Estado de la Geografía del Virreinato, con relación a la economía y al comercio, etc."

A grandes pinceladas traza el autor el cuadro geográfico del país, diseñando sus límites, sus costas, sus cadenas de montañas, sus páramos y nevados, sus altas mesetas y bajas planicies y sus valles, y el contrapuesto curso de sus aguas; computando la extensión de su litoral en ambos mares y su área territorial; indicando la elevación sobre el nivel del mar, la temperatura, la vegetación, la calidad del suelo, las condiciones atmosféricas y los fenómenos meteorológicos de sus tan variadas regiones; analizando las ventajas de su posición y configuración para sus relaciones con todos los pueblos de la tierra, y sus vías naturales o más practicables de comunicación, fluviales y terrestres, para el tráfico interior; dando idea de sus productos vegetales y riquezas minerales, de los animales que pueblan sus bosques y sus ríos, y de las razas de la especie humana que viven agrupadas o diseminadas en él; retratando en riesgos de encantadora prosa poética, el magnífico espectáculo de la erupción de un volcán, la majestad imponente de las tempestades andinas, los horrores de un terremoto en la vecindad de la línea ecuatorial; y, en el contraste de las bellezas y recursos naturales con el atraso y miseria de los habitantes, llamando la atención hacia las necesidades de éstos, hacía planes realizables de adelanto positivo en el conocimiento del terreno, en la educación pública, en la mejora de los caminos y de los canales navegables. Muchas interesantes citas pudieran hacerse, como muestras del estilo y de las ideas de Caldas en este escrito, y de la osada franqueza con que acostumbraba expresarse; basten las siguientes:

"La posición geográfica de la Nueva Granada parece que la destina al comercio del universo. Situada bajo la línea, a iguales distancias de México y California por el norte como de Chile y Patagonia por el sur, ocupa el centro del Nuevo Continente. A la derecha tiene todas las riquezas septentrionales, a la izquierda todas las producciones del mediodía de la América. Con puertos sobre el Pacífico y sobre el Atlántico, en medio de la inmensa extensión de los mares, lejos de los huracanes y de los caribambos de las extremidades polares de los continentes puede llevar sus especulaciones mercantiles desde donde nace el sol hasta el ocaso. Mejor situada que Tiro y que Alejandría, puede acumular en su seno los perfumes del Asia, el marfil africano, la industria europea, las pieles del norte, la balena del mediodía, y cuanto produce la superficie de nuestro globo. Ya me parece que esta Colonia afortunada recoge con una mano las producciones del hemisferio en que domina la Osa, y con la otra las del opuesto: me parece que se liga con todas las naciones, que lleva al polo los frutos de la línea, y a la línea las producciones del polo. Convergemos, nada hay mejor situado en el viejo ni en el nuevo mundo que la Nueva Granada... Volvamos ahora nuestros ojos sobre nosotros mismos, registremos los departamentos de nuestra propia casa, y veamos si la disposición interna de esta Colonia corresponde al lugar afortunado que ocupa sobre el globo.

"La extremidad septentrional del Virreinato, la parte más estrecha del Nuevo Continente, la que constituye el Istmo de Panamá, el más célebre del universo, debió llamar la atención de todos los políticos desde la época de su descubrimiento. Una legua de tierra de quince leguas de ancho, cortada en todos sentidos por ríos que van a desembocar directamente a los dos mares, cuyas montañas apenas merecen este nombre, llamaba a su reconocimiento a todos los geógrafos y a todos los estadistas. No se puede oír sin humillación que hayan corrido trescientos años desde aquella época y que hasta hoy no tengamos un plano que nos dé idea del interior del país, de las proporciones o dificultades de la navegación de esos ríos de su origen y posibilidad de unirlos. Há mucho tiempo que se habla del Atrato, de su inmediación al San Juan, del arrastradero de San Pablo, y se ha mirado como fácil la unión del Pacífico con el Atlántico. Pero, ¿qué hemos hecho con estas esperanzas ilusorias? No hemos dado un solo paso en esta materia importante, y capas de hacer mandar de aspecto las ideas mercantiles de la América...."

Empezando a describir el curso del río Magdalena, da un informe curioso, y que en aquel tiempo tenía, además, el mérito de la novedad.

"San Agustín es el primer pueblo que baña: está habitado por pocas familias de indios, y en sus cercanías se hallan vestigios de una nación artista y laboriosa que ya no existe. Estatuas, columnas, adoratorios, mesas, animales y una imagen del sol desmesurada, todo de piedra, en número prodigioso, nos indican el carácter y las fuerzas del gran pueblo que habitó las cabecezas del Magdalena. En 1797 vi- sító estos lugares, y vi con admiración los productos de sus artes de esta nación sedentaria de que nuestros historiadores nos han transmitido la menor noticia. Sería bien interesante recoger y describir todas las piezas que se hallan esparcidas en los alrededores de San Agustín: ellas nos harían conocer el punto a que llevaron la escultura los habi-

tantes de esas regiones, y nos manifestarían algunos rasgos de su culto y de su policía".

Caldas menciona con honor algunos trabajos corográficos de don Francisco Javier Caro (1779) y del ingeniero don Vicente Taliedo; se entusiasma hablando de los trabajos inmortales hidrográficos del marino español Fidalgo, en las costas de la Nueva Granada; y con respecto al quiteño Maldonado, autor de la carta del reino de Quito, se expresa en estos términos:

"Jamás lloraremos dignamente la pérdida de este hombre grande, que proyectaba nuestra felicidad. Si conocemos una parte de sus acciones lo debemos a una pluma extranjera (de La Condamine). Inagotable, casi hemos olvidado su memoria: las más célebres Academias de la Europa han pronunciado sus elogios, y sus compatriotas apenas lo conocen: el quiteño se afana por pasar a la posteridad el nombre de un juez que le compuso una calle, y ha olvidado erigir un monumento al hombre más grande que ha producido ese suelo. El elogio histórico de este geógrafo debía muy bien ocupar los talentos de sus conciudadanos".

2º "El influjo del clima sobre los seres organizados". De este artículo, que contiene tantos pensamientos como renglones, y cuyo lenguaje animado abunda en bellezas de todo género, no puede dar cualquier análisis sino imperfecta noticia.

"Por clima, dice Caldas, fijando para la materia que va a tratar su punto de partida, entiendo no solamente el grado de calor o frío de cada región, sino también la carga eléctrica, la cantidad de oxígeno, la presión atmosférica, la mayor o menor densidad del aire, la abundancia de ríos y de lagos, la disposición de las montañas, las selvas y los pastos, el grado de población o los desiertos; los vientos, las lluvias, las nieblas, el trueno, la humedad, etc. La fuerza de cada uno de estos agentes poderosos de la naturaleza sobre los seres vivientes, combinada de todos modos y en proporciones diferentes, es lo que llamo influjo del clima.

"Las materias que el hombre saca del reino animal y vegetal, unidas a las bebidas ardientes o deliciosas, la facilidad o lentitud de asimilárselas por la digestión, los buenos o malos humores que producen, en fin, todo lo que puede perfeccionar o degradar, disminuir o aumentar al animal, es lo que llamo influjo de los alimentos.

"La robustez o debilidad de los órganos, el diferente grado de irritabilidad del sistema muscular y de sensibilidad en el nervioso, el estado de los sólidos y de los fluidos, la abundancia o escasez y consistencia de éstos, la más o menos libre circulación, en fin, el estado de las funciones animales, llamo constitución física del hombre.

Y más adelante: "El cuerpo del hombre, como el de todos los animales, está sujeto a todas las leyes de la materia: pesa, se mueve y se divide; el calor lo dilata, el frío lo contrae; se humedece, se seca; en una palabra, recibe las impresiones de todos los cuerpos que lo rodean. Y cuando su parte material sufre alguna alteración, su espíritu participa de ella. Obrando (el clima) sobre su espíritu, obra sobre sus potencias: obrando sobre sus potencias, obra sobre sus inclinaciones, y por consiguiente sobre sus virtudes y sus vicios".

Todos esos elementos que constituyen el clima físico, tal como Caldas lo define, son examinados en seguida uno por uno, marcando la forzosa influencia, directa o indirecta, que cada uno de ellos debe ejercer en el hombre y en los en efecto lo ejercen. No sólo la comparación de las razas, con relación a las regiones en que predominan, sino también la del estado físico y moral del individuo de una misma raza, según el grado de acción de los mismos elementos a que su una impresión profunda, que ratifica y fortalece la concepción del entendimiento.

Los demás escritos de Caldas que se encuentran en el primer tomo del "Semanario" son: las tablas de las observaciones meteorológicas de diversas épocas que hacía el Observatorio, y noticias de algunas astronómicas notables; las descripciones del Observatorio; un artículo necrológico sobre el doctor Mullis; anotaciones curiosas al texto de algunos de los trabajos de otras plumas, sobre todo al del estudio estadísticas, y pequeños artículos ocasionales, como el principal redactor.

Las producciones más interesantes que se insertaron, de las colaboradoras o corresponsales del periódico, y cuyos nombres simples enuncian la utilidad del Semanario, fueron:

Un discurso anónimo sobre educación del pueblo, con un plan de escuelas patrióticas primarias. Su estilo y sus conceptos dan a conocer que no es de Caldas, el cual, por otra parte, siempre firmaba sus artículos; y de un visor del número 20 se infiere haber sido obra de don Diego o de don Nicolás Tanco.

Memoria sobre las serpientes, por don Jorge Tadeo Lozano; y otro artículo del mismo, titulado "El Hombre", frag-

mento de una obra que redacta con el título de "Fauna Cundinamarquesa".

Ensayos sobre el influjo del clima en la educación física y moral del hombre en el Nuevo Reino de Granada, con indicaciones específicas sobre escuelas primarias, por don Francisco Antonio de Ulloa.

Discurso sobre arreglo y erección de obispados en el territorio del Virreinato, por don Frutos Joaquín Gutiérrez.

Noticias sobre el cultivo de cierta grama y de cierta caña de azúcar extranjera, y uso de la miel como antipérida, por don Eloy Valenzuela.

Memoria sobre el río de Prado, por don José Manuel Campos.

Ensayo sobre la geografía, producciones, industria y población de la Provincia de Antioquia, por don José Manuel Restrepo; trabajo de modesto título y sobresaliente mérito, científico y estadístico.

Relación territorial de la Provincia de Pamplona, por don Joaquín Camacho.

La geografía de las plantas, o cuadro físico de los Andes ecuatoriales, ensayo de Humboldt traducido por don Jorge T. Lozano, y anotado por Caldas. Entre las notas se encuentran relacionadas las operaciones de medición geométrica de la altura del Tolima.

Memoria descriptiva de la explanada de Bogotá, por don José María Salazar; con numerosas indicaciones de mejora, noticias históricas, etc.

Observaciones sobre el cultivo del trigo, por don Juan Agustín de la Parra, con algunos comentarios de Caldas.

El arte de nadar, por Oronzio de Bernardi, napolitano; tomado del Semanario de Agricultura y Artes, de Madrid.

Discurso sobre los cementerios, por el doctor Joaquín Gutiérrez.

Las materias tratadas en las once Memorias de 1810 las indicaremos simplemente, sin mencionar sus frecuentes noticias meteorológicas, astronómicas, botánicas, estadísticas, etc., que además contienen:

1º Memoria. Sobre la importancia del cultivo de la cochinilla que produce la Nueva Granada, y la de trasplantar a ella la cañela, clavo, nuez moscada y demás especierías del Asia, por Caldas.

2º y 3º Dos Memorias sobre las causas y curación del coto; una por don Joaquín Camacho, y otra por el doctor José Fernández Madrid.

4º Sobre el cultivo de la cochinilla: sus pormenores, por Caldas.

5º Sobre un nuevo instrumento para medir la degradación de los colores. Humado Chromático, por don Jorge T. Lozano.

6º Sobre la importancia de conaturalizar en la Nueva Granada la vacuna del Perú y Chile, por Caldas.

7º Preliminares al Almanaque del Nuevo Reino de Granada, para 1811 (notablemente perfeccionado); por Caldas. Contiene una prefación muy interesante acerca de las noticias que debe contener un buen almanaque; y artículos sobre Meteorología, sobre Astronomía y sobre la Geografía del Virreinato, con relación de las observaciones hechas para fijar la longitud de Quito; otro sobre Aritmética política tomado del Almanaque de Gotha; y otro relativo al uso del alfiler que americano para curar las enfermedades del hígado y del pulmón. Este cuaderno y los siguientes, dice el autor, iban a ser ocupados con cuatro Memorias póstumas del doctor don Pedro Fermín de Vargas, natural del Socorro, sobre la Agricultura, Comercio, Minas y población del Reino; pero su familia prefirió retenerlas, para hacer de ellas y de otros manuscritos del doctor Vargas una edición completa, que es lástima no se hubiese realizado.

8º y 9º Un extracto de la relación de los viajes del Barón de Humboldt a las regiones ecuatoriales, traducido del Ambigu de Londres, y anotado por Caldas. Las notas son curiosísimas. Allí está la poética descripción de la cascada del Tequendama; allí hay preciosas noticias del cóndor de los Andes; y allí se rectifican y amplían varios pasajes del texto.

10º Estadística de México, por Humboldt; extracto tomado de El Español de Londres, con notas de Caldas.

11º Elogio histórico del doctor don Miguel Cabal, literato y patriota distinguido, muerto en la batalla de Palato, en que servía como jefe de la caballería del Cauca, el día 28 de marzo de 1811; por Caldas. Hay a continuación algunas observaciones sobre el coto, de un corresponsal de Barinas en Venezuela.

La publicación del "Semanario" hará época en la historia de la Nueva Granada; y aquel periódico en que, además de propagarse conocimientos útiles y doctrinas civilizadoras, se estimulaba al patriotismo y al ingenio por medios diversos, uno de ellos los premios pecuniarios, habría honrado las imprentas de cualquier nación culta, y será título imperecedero de gloria cívica y científica para su redactor.

La insurrección popular del 20 de julio de 1810 en la capital de la Nueva Granada, a que habían precedido los pro-

nunciamentos de Cartagena y del Socorro, abrió al país una nueva era arrancando el poder de las manos de las autoridades españolas. Inicióse en aquel día memorable la grande transformación política que no había de consumarse sino con diez años de esfuerzos, sacrificios y calamidades, y que aún requería más dilatado plazo para ser medianamente perfeccionada; la transformación de la Colonia en nación independiente, regida por instituciones libres.

Aquella insurrección, a la cual prestaron sin vacilar apoyo vigoroso todos los patriotas de la ciudad y de sus cercanías, y que por la simpática disposición de los ánimos tomó dimensiones colosales en el espacio de pocas horas, sobrecogió a Caldas en extremo, no obstante su incuestionable patriotismo. Díjase que tristes presentimientos le asaltaban como próximo un divorcio forzado con las ciencias, encanto de su vida, y a sus días fin trágico y prematuro. Pero, repuesto de la sorpresa poco a poco, el entusiasmo universal debía encontrar eco en su alma noble, y el calor revolucionario debía encandecerla; así fue que, invitado por la Junta Suprema gubernativa para redactar y publicar, en unión de uno de sus miembros, el doctor José Joaquín Camacho, el primer periódico que había de ponerla en comunicación con las Provincias, y por cuyo medio se difundiesen las ideas regeneradoras y se procurase encarrillar y uniformar la opinión, aceptó gustoso el encargo, dando a la luz desde el 27 de agosto el "Diario Político".

Se publicó este periódico en números de a medio pliego, de que salían tres por semana. En él fue haciéndose de preferencia una relación histórica de los graves sucesos políticos que habían ocurrido y ocurrían en Bogotá desde el día 20 de julio para adelante, intercalando las reflexiones que se juzgaban oportunas; se insertaba uno que otro documento oficial, y se daba lugar a las noticias de interés nacional que se recibían. El "Diario" se sostuvo durante cuatro o cinco meses: en él se encuentran a cada paso rasgos elocuentes de la pluma de Caldas, con especialidad al hablarse de la brutal carnicería del 2 de agosto en la ciudad de Quito, obra de la soldadesca de los mandatarios españoles.

Por desgracia para la santa causa de la revolución, la cuestión acerca de la nueva forma de Gobierno surgió bien pronto de entre los escombros del régimen virreinal abolido, para dividir los ánimos, suscitar y encanar partidos y pasiones, consumir rápida e improductivamente los grandes recursos del país, y anarquizarlo: las rivalidades y pretensiones de localidad eran el motivo verdadero, las teorías el disfraz, y el ejemplo de los Estados Unidos del Norte, el talismán de la agitación frívola. Cada Provincia quiso ser Estado Soberano, y si en algo se encendían era en el odio común contra la antigua capital: ésta promovía la centralización administrativa, y por todas partes le contestaba orgullo y alarde el monstruo de cien cabezas, el federalismo, en desconcierto no obstante su tenebrosa popularidad. En el centro se constituyó un Estado, con el nombre de Cundinamarca, que por varios medios fue procurando ensanchar sus límites territoriales; y en un lugar de la Provincia de Tunja se instaló más tarde el Congreso Federal, con diputados de algunas de los otros Estados Soberanos de reciente erección. El mayor número de los próceres distinguidos de la revolución, y de los hombres influyentes de la época, incluso no pocos hijos y vecinos de Bogotá, eran federalistas, casi todos de buena fe, por convicción profunda: el centralismo, encabezado por el ilustre y experimentado Nariño, tenía en la capital sus cuarteles y arsenales y su fuerza de más importancia.

Continuaba Caldas sus tareas ordinarias científicas con el habitual fervor, y esperaba poseer dentro de breve término una imprenta propia, comprada en los Estados Unidos, para emprender interesantes publicaciones, cuando Nariño, Presidente de Cundinamarca, de quien dependía su subsistencia, lo comprometió a admitir el nombramiento de Capitán de Ingenieros cosmógrafos, cargo que acababa de crear, con funciones civiles y militares, y en que figuraba como teniente José María Gutiérrez, apellidado el Pogo, y como alférez Luciano D'Eréybar. Entonces Caldas tuvo que dedicarse a estudios militares; a la artillería, la fortificación permanente y de campaña, el ataque y defensa de plazas, las construcciones militares y la ciencia de la guerra, por los libros que pudo encontrar; y pronto se verá que hizo en esos estudios, tan extraños de sus inclinaciones, notabilísimos adelantos.

En marzo de 1812 recibió orden de marchar con una de las expediciones que el Presidente Nariño dirigía hacia las Provincias del norte, a pretexto de la invasión de los valles de Cúcuta por tropas españolas, pero cuyo principal objeto era anexar territorios al del Estado que gobernaba; mandábase el Brigadier Antonio Baraya, Obedece Caldas con resignación, por ser federalista de corazón, porque acababa de legarle su imprenta y trabajaba en montarla, y porque, cuando recientemente por diligencia de sus amigos, y habiéndole nacido un hijo, saboreaba con deleite los gozos de la paternidad; pero se propuso aprovechar el viaje, como había aprovechado todas sus peregrinaciones anteriores, su-

biendo al efecto provisto de los instrumentos necesarios. Empezó a redactar, bajo la forma de cartas, y sobre sus observaciones y apuntamientos diarios, un opúsculo a que daba el título de "Viaje al Norte de Santafé de Bogotá", y remitió desde Tunja su carta 1ª con fecha 28 de marzo; las posteriores ocurrencias paralizaron este trabajo.

La división de Baraya se pronunció el 25 de mayo en Sogamoso, desconociendo el Gobierno de Cundinamarca, y sometiéndose al de Tunja para cooperar con él a la pronta reunión del Congreso federal. Este pronunciamiento produjo en definitiva por resultado una guerra civil, favorable a los federalistas en su principio, pero que, por culpa suya, terminó con la derrota y dispersión de sus tropas en las afueras de Bogotá, el día 9 de enero de 1813. Caldas firmó el acta de Sogamoso; acompañó gustoso al ejército del Congreso, que, a órdenes de los dos generales Baraya y Joaquín Ricaurte, hizo la campaña de Cundinamarca; votó negativamente en Consejo de Guerra, cuando se trató de ocupar la capital a viva fuerza, despreciando sus rendidas propuestas de capitulación; y después de la derrota pudo escaparse con dirección a Ibagué, pasar luego a Cartago, y salir de allí el 9 de mayo, por Supía, para Antioquia, de donde le llamaban con instancia.

Hé aquí los fragmentos de una carta suya de 5 de mayo, escrita de Cartago a un amigo de Bogotá:

"Yo no soy ingeniero, ya no soy oficial de la Unión, ya soy un simple F. J. de Caldas, y nada más: en este correo díjole la renuncia, y con cuatro renglones he adquirido mis derechos imprescriptibles, que son mi paz, mi libertad, mis matemáticas y mi quietud... Después que Baraya tuvo el arrojo de atacar temerariamente a Santa Fe, contra mi voto expreso y contra el de los mejores oficiales de la Unión, yo no puedo vivir en ese suelo querido, pero manchado con la sangre inocente de tantas víctimas sacrificadas a la obstinación y a la ignorancia. ¡Bendito sea Dios! Mis votos fueron pacíficos: no debe ninguna muerte de las alocadas el día 9 en Santa Fe... Ya el Observatorio se acabó para mí, y deseo que caiga en sus manos para que escapen los instrumentos de su ruina... Haga usted este servicio a la posteridad, y aplíquese seriamente a la ciencia de Cassini, Kepler, Copérnico, Newton; continúe lo que yo he comenzado, y sostenga por esfuerzos generosos y repetidos el honor de ese establecimiento, que hace más para la gloria de su Patria que esos ejércitos, esos plumados, esas banderas, esos escudos insensatos, necios, vanos y pueriles..."

El Estado de Antioquia era uno de los más respetables de la naciente Confederación, y se hallaba más tranquilo y mejor gobernado que todos los demás: tenía riquezas, población unida y vigorosa y hombres inteligentes y emprendedores; Caldas fue allí perfectamente acogido, reconociéndosele en el grado de Coronel de Ingenieros que tenía por el Congreso. A poco tiempo de su llegada ocuparon los españoles, acudidos por Sábana, gran parte de la Provincia de Popayán; inmediatamente se comisionó a Caldas para que fortificase los pasos del río Cauca llamados de la Guña y Buñá, dándole un activo auxiliar y celoso compañero en Liberio Mejía, y la comisión quedó desempeñada bien y pronto. Tenemos a la vista los planos y perfiles de las fortificaciones construidas, sus descripciones y la nota remitida al Gobierno de Antioquia de fecha 24 de septiembre de 1813, todo de puño y letra de Caldas. En el escarpado cerro que domina a Buñá levantó un fuerte de mampostería y piedra con doble recinto flanqueado el frente, con baterías para once piezas de artillería y parapetos para fusilería, y con ranchos para cuarteles y almacenes; además de un espaldón aislado y cubierto, en posición más alta y dominante, para un mortero, con tronera para otra pieza. En la Guña, en Arquía y en otros dos puntos importantes construyó otros cuatro fuertes para infantería y artillería, con buenos parapetos, fosos y pozos de lobo, debidamente resguardados. Levantó también la carta militar de la línea fronteriza, para que se tuviera presente en las operaciones de defensa; y a virtud de estos trabajos, quedó asegurada por aquel lado la Provincia.

Desde el 31 de julio del mismo año de 1813, en momentos de alarma, había sido investido en Antioquia con la dictadura para la salvación del Estado, con aceptación general, un hombre muy digno y muy capaz de ejercerla bien, por sus talentos, su probidad, desinterés y energía. El Presidente Dictador, Juan N. del Corral, uniendo a su inteligencia y actividad las luces de Caldas, acometió con él la realización de diversos proyectos importantes; tales fueron la función de artillería, el establecimiento de una fábrica y de un molino de pólvora, la fabricación de fusiles, la de las máquinas indispensables para una casa de amonedación y acuñación de monedas para una Academia de Ingenieros militares para la instrucción científica de doce alumnos, cadetes del Ejército. En todo se procedió con tanto empeño y acierto, que antes del fallecimiento lamentable del señor Corral, ocurrido a mediados de 1814, se habían fundido y montado considerable número de cañones y obuses de campaña, con los nombres de los guerreros más distinguidos de Nueva

Granada y Venezuela; se hallaba arreglada la nitrería en un edificio nuevo, cercano a Medellín, y los demás trabajos materiales quedaban muy adelantados. Caldas era el Director de fábricas e Ingeniero general, y en 19 de enero de 1814 se le confirió el empleo efectivo de Coronel con el sueldo de 2.400 pesos.

El 7 de febrero de 1815, según aviso oficial de Caldas al Gobierno de Antioquia, de fecha 6 de marzo, quedó corriente un molino de pólvora, en otro edificio nuevo inmediato a la nitrería. Un rueda hidráulica de 78 pulgadas de radio, de madera, trabajada por un método original, sin clavazón ni herraje algunos, movía cuatro pilones de a cien libras de peso, que daban hasta treinta y seis golpes por minuto en los respectivos morteros; los fondos de éstos eran piezas separadas, que descansaban sobre tortas de caucho; la rueda podía ser detenida instantáneamente, por el esfuerzo de un dedo. Caldas dio moderadas dimensiones a la máquina, con la idea de que eran preferibles dos o tres pequeños molinos a uno grande.

Muchas dificultades se le presentaron, por falta de libros que le sirvieran de guía para la fundición y tallado de fusiles; pero logró vencerlas "obstaculando en su empresa, armado de paciencia, y sepultado más de dos meses entre los carbones y boñines de la maestranza de Rionegro, preguntando a la naturaleza, y arrancándole sus secretos a fuerza de observaciones y de experiencias". Estas frases son de una comunicación suya de 8 de agosto de 1815 al Gobernador del Estado, en que informaba que podía ya tallarse diariamente dos cañones de fusil, y a la cual acompañaba, por vía de muestra, cuatro fusiles completos de los de la fábrica acabada de establecer.

Las máquinas de amolación estuvieron concluidas poco después; de manera que en octubre creó el Gobierno general de las Provincias unidas, al cual se había reservado este ramo, la Casa de Moneda de Medellín, designando las clases y dotaciones de sus empleados. Varias de esas máquinas, que no llegaron a servir allí, fueron traídas después a la Casa de Moneda de Bogotá, y resultaron perfectas para sus respectivos servicios.

No existía ya el Dietado Corral cuando se abrió en Medellín por Caldas, en octubre de 1814, el primer curso de estudios de la Academia de Ingenieros, con un extenso curso inaugural en que, dando brevemente idea del total plan de enseñanza, se dilataba bastante idea del total plan de enseñanza, recomendando a sus jóvenes alumnos las cualidades propias de un buen militar republicano. Allí, en el lema de un tiempo padre, y de un filósofo, citando con frecuencia a Fenelon y presentando por modelos a varios guerreros de la Grecia, de Roma y de la Francia moderna, les enseñó el honor verdadero y falso, terminando por confusión la aceptación del valor, de la gloria militar en su lealtad y subordinación, de la fidelidad a la Patria, de la gloria en el cumplimiento de sus deberes; les recomendó el amor y buen tratamiento al soldado, y les enseñó el interés, la modestia, la frugalidad, huir del juego y de la to a las materias en general del estudio. Y en cuando distribuidas en seis tratados, además de los preliminares de aritmética, geometría, trigonometría, álgebra, hasta el 29 lectura militar y fortificación; a saber: 19. aritmética; 20. geometría; 21. trigonometría; 22. álgebra; 23. arquitectura hidráulica; 24. geografía militar; 25. táctica general; y 26. arquitectura civil (1).

El Gobierno general, fijado en Bogotá desde los primeros días de 1815, no tardó en llamar con instancia a Caldas a plantearse una Escuela Militar; y consiguió al fin que realizara el viaje con su familia, que se le había reunido poco de diciembre del mismo año, encontrando la siguiente invitación oficial:

"El magnífico Atlas de la Nueva Granada, en que el benemérito Caldas consagraba a su Patria el precioso fruto de sus trabajos geográficos, y daba ocasión a los pintores de la Expedición Botánica de acreditar la perfección a que han llegado en su arte, fue interrumpido desgraciadamente visto con antisficción los primeros pliegos, y persuadido de la importancia y del mérito de la obra, y persuadido de poner su continuación, a que desde luego se prestaron muy gustosos el Coronel de Ingenieros Caldas y el ciudadano Sinfórico Mutis, bajo de cuya inspección han de trabajar los artistas de la Expedición Botánica.

"Instruido ahora el Presidente de las Provincias Unidas del estado de este proyecto, y de que sin su perjuicio el Coronel Caldas trabaja al mismo tiempo en punto menor una

carta de la Nueva Granada que puede servir a la mayor brevedad para las operaciones militares, ha tenido a bien mandar que se manifieste al expresado Caldas el aprecio con que se ha informado de sus trabajos; y que por medio de los Gobiernos de las Provincias y de los papeles públicos se invite a los inteligentes y curiosos a que comuniquen a este Ingeniero las noticias geográficas y las cartas impresas o manuscritas que poseyeren, en inteligencia que el porte será franco en las Administraciones de correos, conforme a la orden que se les da, y que en los mismos términos se devolverán dichas cartas o papeles intactos.—Santafé, noviembre 25 de 1815.—Valenzuela, Secretario de Estado y Relaciones Exteriores".

Ya por este tiempo era muy grave la situación de las cosas en el país, y continuó empeorándose rápidamente. Por el sur, por el norte y por la costa atlántica obraban fuerzas españolas considerables, combinando sus operaciones para la reconquista del territorio. El 6 de diciembre fue evacuada por sus defensores la plaza de Cartagena, después de haber sufrido un largo y riguroso asedio, y ocupada por el ejército expedicionario del general Morillo; el interior no tardó en ser invadido; las armas de la República sufrieron un completo descalabro en Cachirí; las Provincias del Magdalena y las del Norte sucumbieron sucesivamente, y una fuerte división enemiga al mando del Brigadier Latorre, entró en Bogotá el día 6 de mayo de 1816. Los altes empleados, la mayor parte de las personas más comprometidas y algunos militares, emigraron hacia Neiva y Popayán; los restos principales de la fuerza armada se dirigieron por San Martín a los Llanos de Casanare, de donde tres años más tarde debía reaparecer victorioso el pabellón tricolor.

Caldas fue uno de los que emigraron al Sur, con muy pocas esperanzas de salvación, siendo una de ellas la de alcanzar a embarcarse en el puerto de la Buenaventura sobre el mar Pacífico, que se frustró para todos. Popayán estaba libre todavía; pero la acción reñida y desgraciada de la Cuchilla del Tambo, del 29 de junio, puso aquella ciudad a disposición del vencedor Sámano. Caldas, su íntimo y antiguo amigo Ulloa y otros patriotas se ocultaron entonces en la hacienda de Paispamba, diez leguas distante; y allí fueron sorprendidos y arrestados por el jefe patiano Simón Muñoz.

Personas diversas, todas veraces, refieren que al conducir el mismo Muñoz los presos a Popayán, se quedó un poco atrás con Caldas, de cuya suerte estaba compadecido y por quien le interesaban los empeños de su familia, y le ofreció salvarlo haciéndolo pasar a Quito, en donde gobernaba y se distinguía por sus principios de humanidad don Toribio Montes; pero el generoso Caldas, no habiendo podido obtener igual favor para sus compañeros de infortunio, lo rehusó, y a los pocos días se le trajo con ellos a la capital, juzgáronle sumariamente en Consejo de Guerra, haciendo el papel de su defensor Braulio Molina, Oficial del batallón del Tambo, y fue condenado a muerte.

Tanto de palabras, con serenidad y entereza, ante ese Tribunal de pura forma, como por escrito en una carta dirigida al General Morillo, Caldas hizo presente cuánto importaba al servicio de la Nación que se le conservase la vida, aunque fuese temporalmente, y aunque fuese encerrado en un castillo y con una cadena al pie, para terminar el arreglo de los trabajos de la Expedición Botánica de que él sólo tenía la clave, y para completar la coordinación de sus trabajos geográficos y astronómicos, haciendo sobre todo estas súplicas y proposiciones específicas. Algunos de los Vocales del Consejo fueron conmovidos hasta verter lágrimas, por el tono y la sinceridad de sus palabras; pero su comisión no era dictar una sentencia sino cumplir una orden superior; dijeron también que el sanguinario Morillo se inclinaba a perdonarlo; y que su segundo en el mando, el General de Marina Enríle, lo desvió de semejante idea.

En un impreso oficial del Gobierno llamado Pacificador, que tiene por título "Relación de los principales sucesos de la rebelión de este Nuevo Reino de Granada, que después de formados sus procesos han sufrido por sus delitos la pena capital en la forma que se expresa", se leen estas breves cláusulas:

"En 29 de octubre.—Doctor Francisco Caldas; Ingeniero general del Ejército rebelde, y General de Brigada. Fue pasado por las armas por la espalda, y confiscados sus bienes".

Marchó Caldas a la muerte, horrocozido y afligido; tuvo por compañeros de banquillo a su amigo Francisco Antonio Ulloa, al poeta Miguel Montalvo, a Miguel Buch, Gobernador del Chocó, y a José León Armero, Gobernador de Meriquita.

Dejó de existir a los cuarenta y ocho años: en la flor de la edad!

Era Caldas de estatura regular y complexión robusta; su color moreno; el rostro redondo, la frente espaciosa, los ojos negros algo melancólicos, el pelo negro y lacio, el cuello corto; su andar desembarazado, pero lento y contemplativo. Vestía de ordinario una levita o sobretodo de paño os-

curo, que abrochaba y desabrochaba sin cesar cambiando de solapa, de manera que duraban muy poco los botones; y no dejaba de la mano un bastoncito flexible, ni de la boca un pedacito de tabaco fino torcido. Era aseado, pero no pulcro en el traje; de modales suaves, trato afable y conversación amena.

Su carácter franco, su índole pacífica. Ni las riquezas, ni ambición de ninguna especie, tenían para él atractivo; y fuera de la pasión por sus favoritos estudios, no ejercía imperio sobre él otro alguno. Era católico creyente, y de las más puras costumbres. Era un filósofo, en la genuina acepción de esta palabra. Su matrimonio lo contrajo en 1810, recomendando a varios de sus amigos de Popayán que le buscasen mujer digna por sus prendas de ser la esposa de un hombre honrado; y uno de ellos, el señor Agustín Baraona, le propuso a su sobrina la señora María Minueta Baraona, describiéndosela fiel y circunstanciadamente, y obtuvo de ella el consentimiento cuando la hubo aceptado Caldas. Celebrado el enlace en aquella ciudad, por poder que él confirió al señor Antonio Arboleda, vino la novia a Bogotá. Con ella vivió en paz y con templanza, satisfecho con los gozos tranquilos de la mediana, y tuvo un hijo varón, Laborio, que murió en la infancia, y dos hijas que le sobrevivieron, Juliana y Carlota; el Congreso ha asignado a éstas una pensión vitalicia por consideración a la memoria y servicios de su infortunado padre, que no pudo dejarles por herencia sino un nombre ilustre y sin mancha.

Día llegará, debemos esperar, en que el sentimiento de justicia y la munificencia nacional hagan algo más en honor de ese nombre, cuando el mérito de Caldas sea suficientemente conocido; pudiera mientras tanto tomarse interés en que siquiera figurase su busto con decencia en el salón del Observatorio Astronómico, restaurando a su primitiva lozanía ese bello edificio, lo mismo que el antiguo Jardín botánico que le circundaba, y haciéndolos servir para los objetos útiles a que fueron destinados.

Como hombre científico, no es la extensión y profundidad de sus conocimientos lo que recomienda a Caldas, a quien sin duda bastante le faltaba qué saber para ponerse en teoría a la altura de sus contemporáneos europeos; es el partido que sacaba de su clara inteligencia, de su poco común y variada instrucción y la circunstancia de haberla alcanzado casi toda ella por sí mismo, en lucha perpetua y tenaz con las tinieblas que le rodeaban, con dificultades sin cesar renacientes. El necesitaba viajar fuera de su país, ver el mundo culto, relacionarse con los sabios extranjeros, para ensanchar muchas de sus ideas y tomar parte en el movimiento de correlativo progreso de las ciencias, aquellas sobre todo a que le encaminaban sus simpatías y sus talentos; y lo deseaba con vehemencia, y lo habría ejecutado si hubiese vivido más. Tenía intención de observar en Europa el eclipse anular de sol de 1820, invisible en América.

Para dar de él estas noticias biográficas, el afecto ha conducido la pluma, pues que debía pagar, más que un tributo de civismo, una deuda personal de gratitud; pero no serán ciertamente vagas frases laudatorias las que habrán formado su elogio, sino la rigurosa verdad histórica a que se ha procurado ajustar la narración de los hechos.

EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO Y EL LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO DE LA CARTA

De la Memoria del Ministro de Educación al Congreso de 1933 copiamos a continuación párrafos pertinentes de un Informe del Observatorio inserto en ella, para que se tome nota de los esfuerzos hechos de tiempo atrás, con el objeto de obtener del Gobierno la organización del Servicio Fototopográfico de la Carta. Dicen así:

"En dos ocasiones el Agente de la Casa Wild de Suiza, fabricante del estereocatógrafo de propiedad de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería, que reposa en este Observatorio, se ha dirigido a mí manifestándose su extrañeza por el reposo forzado en que se tiene a este magnífico aparato y al instrumental que lo acompaña, cuando en otros países de Sur América, como en el Ecuador, el empleo de la estereofotogrametría aérea y terrestre está dando espléndidos resultados. La misma Casa Wild desde su centro de fabricación me ha dirigido extensa correspondencia a este respecto y creo que lo mismo ha hecho con el Ministerio de Educación, en donde debe haber tenido eco favorable, pues el señor Ministro, mejor que nadie, ha sabido apreciar las ventajas que traería al país el levantamiento fotográfico de la carta, con el empleo de los métodos modernos que son tan eficaces y científicos".

Para refrescar ideas sobre este punto me permito copiar a continuación dos notas de esta Dirección que aclaran mis puntos de vista al respecto. Dice así la primera:

"Bogotá, septiembre 22 de 1932. Señor Ministro de Educación Nacional.—E. S. D.

Muy respetuosamente me permito remitir adjunta la carta de la "Société Anonyme de Vente des Instruments de Géodésie Henri Wild" del 3 de agosto del año en curso, por-

que he creído conveniente que ese Despacho conozca la opinión de esa Sociedad respecto de la practicabilidad de los trabajos que se pueden emprender con el estereocatógrafo Wild que reposa en este Observatorio.

"Mi opinión es la misma que se expone en la carta a que me refiero, y por eso me permito llamar la atención del señor Ministro al hecho de que en la vecina República del Ecuador ya se ha dado principio a trabajos de levantamiento estereofotográfico con el estereocatógrafo.

"Como además del estereocatógrafo Wild, este Observatorio posee un aparato de restitución por proyección, muy apropiado para el levantamiento aéreo de las porciones planas del territorio, me atrevo a insistir, una vez más, en la necesidad de organizar el Servicio aerofotográfico con los elementos con que cuenta el Gobierno y que desde hace tiempo están listos para el trabajo.

"Creo que la lectura de la carta que acompaño decidirá al señor Ministro a un estudio atento de la cuestión, para poder exponer al Gobierno la conveniencia del rápido levantamiento de la carta detallada del país, sobre todo en las regiones fronterizas, en donde se pueden presentar emergencias como la actual.

"Mucho agradecerán al señor Ministro si sirviera considerar de nuevo el plan de acción en este sentido que anteriormente he sometido a la consideración de ese Despacho".

La segunda de las notas a que me refiero fue contestación a otra del Despacho al muy digno cargo del señor Ministro, y dice así:

Bogotá, febrero 21 de 1933. Señor Ministro de Educación Nacional.—E. S. D.

"En relación con el contenido de la nota número 208, de ese Despacho, tengo el honor de informar que el Agente de la Casa Wild en esta ciudad, tuvo conmigo una entrevista para insinuarme la conveniencia de poner en operación el estereocatógrafo que se encuentra en el Observatorio, contratando para ello los servicios de un técnico de la Casa, que se encuentra actualmente en la República del Ecuador.

"A esta exposición contesté que, en mi opinión, no eran necesarios los servicios del técnico de la Casa para organizar el levantamiento por los métodos fotográficos, que en repetidas ocasiones he aconsejado y que el señor Ministro siempre ha estimado muy convenientes.

"Esta idea se funda en la convicción que tengo de que no hay nada misterioso en los procedimientos modernos de levantamiento, y que para aprovechar, tanto el estereocatógrafo Wild, de propiedad de la Facultad de Matemáticas e Ingeniería, como el aparato de restitución o aerocatógrafo del Ministerio de Obras Públicas, que reposan en este Observatorio bajo mi cuidado, lo que es indispensable es la organización de una Comisión topográfica de levantamiento, convenientemente equipada, y que proceda a construir la red de triangulación de que he hablado en informes anteriores, apoyada en puntos fijados astronómicamente.

"Esta Comisión sería la llamada a emplear el teodolito fotográfico Wild para el levantamiento terrestre estereocatógrafo de las porciones montañosas, limpias y accesibles, y a usar las fotografías aéreas, que se tomen por aviones del ejército, ya en la parte plana de los terrenos, con el aerocatógrafo, ya en las porciones montañosas con el aparato Wild y su equipo especial, de que habla el señor Agente de la Casa.

"En mi sentir, sin la organización de esta Comisión, que se podría organizar de modo semejante a la antigua Comisión de geodestas que levantaron parte de la carta a órdenes del Estado Mayor General, es completamente inútil hacer experiencias aisladas con el instrumental mencionado atrás, pues, para el terreno llano la estereometría nunca puede dar tan buenos y rápidos resultados como la proyección aérea, y ésta no es realizable sin el concurso técnico de los aviadores del Ejército.

"Así, parece conveniente seguir las planchetas del Estado Mayor, donde éstas quedaron, y continuar la red de triángulos fundamentales que dejó la Comisión de Ingenieros del Ejército, en la Sabana de Bogotá. Los vértices de esos triángulos y puntos convenientes ligados a ellos geométricamente, se marcarían con balizas visibles en las fotografías que se fueran a llevar al aerocatógrafo, y la parte de correa que rodea la Sabana, correspondiente, se levantaría con el teodolito fotográfico Wild".

"En alguna ocasión expuse en detalle el plan general de acción enumerando el personal estrictamente necesario para esta obra, y por eso me abstengo de hacerlo ahora. Así, pues, para informar sobre lo que se me pide sólo tengo que agregar que los aparatos puestos bajo mi cuidado están en buen estado de conservación y listos para el trabajo.

"De desear en que el Gobierno ponga por obra cuanto ha pensado al respecto el señor Ministro. Por mi parte ofrezco prestar mis servicios irrestrictamente en ese sentido, en la creencia de que tal vez el técnico de que he hablado el Agente de la Casa Wild puede ser sustituido por personal conveniente del país, después de algunas prácticas en el terreno".

(1) En la biblioteca del Colegio de Bogotá existe un libro manuscrito del curso de fortificación dictado por Caldas, hasta el párrafo 650, incompleto, según parece, y sin las láminas. La letra de este manuscrito es, sin duda, de alguno de los alumnos de la Academia de Medellín.

"Posteriormente a esta última comunicación tuve una entrevista con el señor Agente de la Casa Henri Wild, en esta ciudad, y en ella él se manifestó enteramente de acuerdo con mis puntos de vista, agregando que para el Gobierno no tendría objeto ninguno la contratación del técnico de la Casa, que está actualmente en la vecina República del Ecuador, mientras no se organice convenientemente la Comisión de Ingenieros de que he hablado tantas veces al señor Ministro. En este concepto también me coloqué en un terreno de fácil entendimiento con la "Société Anonyme de Vente des Instruments de Géodésie Henri Wild", pues tal vez convendría contratar el técnico mencionado, una vez organizada la Comisión de geodestas, pero sólo por el tiempo necesario para refrescar las ideas al personal formado en la Facultad de Matemáticas e Ingeniería por el anterior técnico que vino con el estereoaquígrafo Wild de esa Facultad.

"Por demás está el insistir ante el Gobierno en el hecho de que es preciso dar empleo a este estereoaquígrafo Wild, magnífico instrumento, que representa una erogación cuantiosa y hasta ahora inútil, lo mismo que al aereocartógrafo pedido por la Casa Berger y que armé personalmente, por cuanto si no se ha organizado el trabajo formal del levantamiento fotográfico de la carta, ello se debe a las circunstancias anormales por las cuales atraviesa el país en la actualidad".

Jorge Alvarez Lleras

Como se ve por los documentos transcritos, en los años anteriores a 1933 el Observatorio no omitió esfuerzos para obtener la creación del Servicio Aerofotográfico de la Carta del país, cosa que hoy se ve realizada en el Instituto Geográfico Militar, establecimiento admirablemente dotado y que promete labores de extraordinaria importancia.

ERRATAS:

página	columna	línea	dice	léase
173	1ª	22	pues, enusar extrañosa la contradicción que hubo en...	-cediendo con lentitud y aun con cierta cautela en...
181	1ª	51	2670.4 y se tendrá 7,498 metros que es necesario añadir a la altura vertical para tener la corregida de la latitud, y será 2677,898	para tenerla corregida de la latitud, y será 2677,898.
182	2ª	43	Sonsonates	Sonsonate
183	2ª	57	La pequeñez de nuestras luces, la falta de observación y que da experiencia a nuestra, etc...	La pequeñez de nuestras luces y la falta de observación que da experiencia a nuestra existencia transitoria...
214	1ª	28	se puede organizar un servicio central de Meteorología; y que los conocimientos del doctor Garavito, etc...	se puede organizar un servicio central meteorológico, los conocimientos del doctor Garavito...
227	1ª	37	posos	posos
228	1ª	48	languedoniense	languedociense
229	1ª	13	olegenética	ologenética
230	2ª	4	Lucksor como el	Lucksor, como el
230	1ª	51	otentotes	hotentotes
232	2ª	22	Brington	Brinton
235	1ª	1	chirishanas	shirishanas
236	1ª	14	magritares	maquiritares
238	1ª	30	superficiales	supericiales
239	1ª	10	Después de	Después del
240	1ª	40	Wessler	Wissler
256	1ª	28	religiose	religieuse
256	1ª	1	Castillo	Castillo
269	2ª	40	salur	salud
271	2ª	6	En estos términos A y B son constantes	En estos términos A y b son const. etc.
283	2ª	34	la Efemérides	las efemérides
283	2ª	13	1' 30"	1' 30"
291	2ª	26	condiciones	correcciones
299	(de la N. 3)	26	condiciones	correcciones
299	(de la N. 0)	3	que aunque superficial, sirva para definirlos en sus dibujos, he resuelto complementarlos con una clave, etc...	pero debido a algunas graves deficiencias en los dibujos, he resuelto complementarla con una clave, etc.
301	1ª	35	En algunos ejemplares se lee:	
			$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$	$\nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$
302	1ª	2	$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v = 0$	$(\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v = 0$
304	1ª	1	$\frac{\lambda}{T} = v = \lambda n$	$\frac{\lambda}{T} = v = \lambda n$
305	1ª	2ª ecuación, sist. (S)	$\nabla^2 v = \frac{\omega}{\mu} \frac{\partial v}{\partial t}$	$\nabla^2 v = \frac{\omega}{\mu} \frac{\partial v}{\partial t}$
305	1ª	primer miembro de la última ecuación	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots$	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots$

COMPOSICION ACTUAL DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS FISICO-QUIMICAS Y NATURALES

SECCION DE CIENCIAS EXACTAS:

- Dr. Jorge Acosta Villaveces. Bogotá, calle 11, número 16-68.
- Dr. Julio Carrizosa Valenzuela. Bogotá, calle 14, número 2-65.
- Dn. Víctor E. Caro. Bogotá, Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- Dr. Darío Roza M. Bogotá, calle 54, número 9-41.
- Dr. Rafael Torres Mariño. Bogotá, carrera 4ª, número 10-42.
- Dr. Daniel Ortega Ricaurte. Bogotá, Oficina de Longitudes.

SECCION DE CIENCIAS FISICO-QUIMICAS:

- Dr. Luis López de Mesa. Bogotá, carrera 13, número 24-50.
- Dr. Antonio María Barriga Villalba. Bogotá, calle 21, número 3-55.
- Dr. Alberto Borda Tanco. Bogotá, Avenida 13, número 72-24.
- Dr. César Uribe Piedrahita. Bogotá, carrera 7ª, número 18-20.
- Dr. Jorge Alvarez Lleras. Bogotá, carrera 5ª, número 6-97.

SECCION DE CIENCIAS NATURALES:

- Dr. Calixto Torres Umaña. Bogotá, calle 16, número 4-66.
- Dn. Luis María Murillo. Bogotá, Instituto Botánico Nacional.
- Dr. Enrique Pérez Arbeláez, Pbro. Bogotá, calle 34, número 16-21.
- Dr. Luis Cuervo Márquez. Bogotá, calle 13, número 4-50.
- Dr. Luis Patiño Camargo. Bogotá, carrera 13, número 13-73.

ACADEMICOS DE HONOR:

- Prof. José Cuatrecasas. Del Jardín Botánico de Madrid y del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Farmacia. Bogotá.
- Rdo. Padre Simón Sarasola S. J. Bogotá, Colegio de San Bartolomé.
- Rdo. Hermano Apolinar María (de las Escuelas Cristianas). Instituto de La Salle. Bogotá.
- Dr. Ricardo Lleras Codazzi (antes académico de número). Cali, Barrio Granada, calle Castilla, número 4.

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES:

- Profesor Joseph C. Bequaert. De la Universidad de Harvard.
- Rdo. Padre Luis Rodés S. J. Director del Observatorio del Ebro. Tortosa (España).
- Prof. Ulises Rojas. Director del Jardín Botánico de Guatemala, Guatemala (C. A.).
- Dr. Emilio Robledo, Profesor en la Universidad de Antioquia. Medellín (Antioquia).
- Abate Th. Moreux. Director del Observatorio de Bourges.—Cher (Francia).
- Profesor H. Pittier. Herbario Nacional de Venezuela. Caracas (Venezuela).
- Dr. Edmundo Escomel, Profesor en la Universidad de San Marcos. Lima (Perú).
- Dr. Carlos E. Porter, Profesor en la Universidad de Chile. Santiago (Chile).
- Dr. Enrique Ernesto Gigoux. Sección Zoológica del Museo Nacional. Santiago (Chile).
- General Georges Perrier. Asociación Geodésica Internacional. París (Francia).
- Rdo. Padre H. J. Rochereau. Director del Museo de Ciencias Naturales de Pamplona (Colombia).
- Prof. José Pérez de Barradas. Arqueólogo del Ministerio de Educación Nacional. Bogotá.
- Rdo. Hermano Nicéforo María (de las Escuelas Cristianas)—Instituto de la Salle. Bogotá.
- Dr. Ciro Molina Garcés. Director de la Granja Experimental de Plantas forrajeras. Cali, Avenida 4ª número 9-47.
- Dn. Armando Dugand G. Profesor de Botánica. Barranquilla, Apartado 341.

CARGOS ACADEMICOS:

- Presidente: Dr. Jorge Alvarez Lleras.
- Secretario: Dr. Daniel Ortega Ricaurte.
- Tesorero: Dr. Antonio María Barriga Villalba.

ADVERTENCIAS IMPORTANTES

El presente número de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales está dedicado a la ciudad de Bogotá con motivo de la conmemoración de su IV Centenario.

Con este número de la Revista van hasta el presente publicados los Nos. 1 a 6, de los cuales los cuatro primeros forman el Volumen I, y los dos últimos parte del Volumen II.

Esta Revista se sirve en canje con publicaciones análogas, nacionales y extranjeras. También se envía a los Institutos científicos y docentes, a los profesionales, catedráticos y educandos que la solicitan, tanto del país como del extranjero.

Es muy difícil conseguir los 5 primeros números; por eso no se pueden servir suscripciones en lo sucesivo sino desde el presente número.

Toda correspondencia debe dirigirse a la Dirección de la Revista en Bogotá (Colombia), Observatorio Astronómico Nacional, Carrera 8ª No. 8-00, Apartado No. 2584.

Toda colaboración extraña que se envíe para la Revista será sometida al dictamen del Comité de Redacción, o en su defecto, a una Comisión especial designada por la Academia.

La Revista no publica sino trabajos inéditos, salvo casos excepcionales, y que se relacionen con la índole y fines de la misma.

En la Academia se compra o se permuta por otros números de la Revista el número 1 de ésta.