

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

PUBLICACION DEL MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

SECCION EDITORIAL

INICIACION DE LOS TRABAJOS DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES, CORRESPONDIENTE DE LA ESPAÑOLA DEL MISMO INSTITUTO, Y BREVE NOTICIA REFERENTE A SU CREACION Y ESTABLECIMIENTO

Merced al apoyo generoso del actual Despacho de Educación Nacional, a cuyo frente se encuentra un hábil y prestigioso estadista asesorado por un joven escritor de ideales patrióticos y de capacidad constructiva apta para ejecutar, sale la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales del período inactivo de su iniciación, para ocuparse decididamente en las labores propias de su carácter, y entre las cuales está, en primer lugar, la publicación de su órgano de propaganda científica y cultural.

Naturalmente, lo primero que ocurre al comenzar la obra de esta Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, es explicar brevemente al lector cuáles han sido los propósitos de sus fundadores, historiando brevemente su origen; y así hallamos conveniente insertar a continuación algunos documentos referentes al establecimiento de esta Institución en Colombia, establecimiento debido, en su mayor parte, al celo y a la eficacia de nuestro ex-Ministro ante la República española, señor doctor don José Joaquín Casas.

Con el propósito de colmar algún vacío que se ha hecho presente entre nuestros cuerpos de profesores y hombres de letras, y queriendo imitar a los fundadores de la Academia Colombiana de la Lengua, quienes nacionalizaron una institución sapiente de la madre Patria para dar a los estudios gramaticales, entre nosotros, más alto relieve, el doctor José Joaquín Casas hizo en Ma-

drid gestiones con la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la que fue hasta hace poco Presidente el sabio ingeniero español Torres Quevedo, con el objeto de lograr la fundación en Bogotá de un cuerpo científico correspondiente y que sirva de núcleo para el avance intelectual que el país seguirá en breve, en los ramos de las ciencias de que se ocupa la Academia matriz.

Inaugurada la Academia Colombiana correspondiente, se aprobó el Reglamento que nos permitimos insertar a continuación, juntamente con la correspondencia inicial, que da bien idea del origen, propósitos y medios de acción de la Academia que se acaba de instalar oficialmente.

En las cartas de la Presidencia de la Academia copiadas en seguida, se dijo así al Gobierno para explicar cuáles eran los propósitos del Instituto, de acuerdo con la Ley 34 de 1933, que le dio título oficial:

“Bogotá, diciembre 26 de 1933

Señor Ministro de Educación Nacional—E. S. D.

En mi carácter de Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, correspondiente de la Española del mismo Instituto, tengo el honor de dirigirme a ese Despacho para manifestar que tal Corporación científica está organizada debidamente, de tiempo atrás, en obediencia a sus propios Estatutos, que fueron ya aprobados por el centro matriz de Madrid.

Así, la Ley 34 del año en curso, que le da ca-



rácter oficial a nuestro Instituto, se ha inspirado en el deseo que abriga el Legislativo de Colombia de que se estrechen los vínculos intelectuales que hoy nos unen a la Madre Patria, mediante el establecimiento —en materias científicas— de relaciones semejantes a las que afortunadamente han ligado de tiempos atrás a los literatos nuestros con los de la Península.

Por tal circunstancia parece de importancia la ley a que me refiero, la cual en su artículo 2º dispone que nuestra Academia coopere con el Gobierno 'en la creación y funcionamiento de un Museo de Ciencias Naturales, un Jardín Botánico y otro Zoológico, los que se establecerán en la capital de la República según vayan permitiéndolo las capacidades fiscales de ella'.

Tal disposición bastaría para justificar el apoyo oficial de que habla la ley, apoyo que, además, por el artículo 3º se explicaría suficientemente, pues según dicho artículo 'queda también a cargo de la Academia estudiar y proponer al Gobierno la forma en que la nación colombiana pueda participar en la publicación de las obras de José Celestino Mutis existentes en la Biblioteca del Jardín Botánico de Madrid'.

Como no se escapa a la clara comprensión del señor Ministro, la expedición de la Ley 34 del corriente año nos obliga a laborar intensamente para hacernos dignos de la confianza en nosotros depositada por la Academia Central de Madrid, que nos designó sus miembros correspondientes en Colombia, y para corresponder de la mejor manera a los deseos del legislador, el cual ha querido con ella ordenar una labor cultural de gran trascendencia en este país.

Ahora bien: sin el apoyo personal y directo del señor Ministro es imposible que nuestros esfuerzos alcancen las realizaciones deseadas para bien de la Patria, y así la Academia vino a resolver en su sesión ordinaria del 14 de los corrientes, solicitar muy respetuosamente del señor Ministro se sirva aceptar la designación de Presidente honorario de ella, en la forma en que lo ordenan sus Estatutos.

Como por el artículo 4º de la ya mencionada ley se dispone que el Gobierno proporcione local y elementos para la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, me ha parecido conveniente, en mi carácter de Director del Observatorio Astronómico Nacional, darle albergue en este Establecimiento, que recuerda las glorias de la Expedición Botánica, y parece expresamente destinado por su ilustre fundador para servir de nexo entre la ciencia peninsular y la que aquí se vaya desarrollando en virtud de esa feliz iniciativa de gran valor histórico y de realización posible en los tiempos de ahora, cuando cerebros privilegiados renuevan las glorias científicas de España.

Esta apreciación tiene fundamento si se consi-

deran con detenimiento los trabajos que publica la Academia matriz —centro de nuestro Instituto— la cual bajo la acertada dirección de grandes científicos, como Torres Quevedo, compete con centros similares de Europa y de los Estados Unidos, en una labor de investigación que, desgraciadamente, es poco conocida entre nosotros.

A hacerla conocer, a popularizar el concepto de que de la Madre Patria nos puede venir también la inspiración técnica que necesitamos, tienden principalmente los esfuerzos de esta Institución que presido, por causa de la benevolencia de mis colegas, los cuales han querido ser iniciadores de esta obra de hispanoamericanismo movidos por su sincero amor al país y por la voluntad dinámica del doctor José Joaquín Casas, ilustre hombre público que llevó con decoro irreprochable la representación de Colombia en Madrid y en otro tiempo fundó la Academia Nacional de Historia.

Al hacerme vocero de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pidiendo al Gobierno, por el muy digno conducto del señor Ministro, apoyo para sus labores, quiero personalmente tener la aprobación de ese Despacho en el sentido de prestar el contingente de este Observatorio en el desarrollo de ella, mientras la situación del Erario permite dotarla de elementos apropiados, local, etc., etc., como lo ordena la ley.

Con toda atención y respeto soy del señor Ministro, atento y seguro servidor,

Jorge Alvarez Lleras

Bogotá, enero 3 de 1934

Señor Ministro de Educación Nacional—E. S. D.

Muy atentamente correspondo a la nota N° 2.163 de 29 de diciembre próximo pasado (Sección 1ª) procedente de ese Despacho, enviando adjunta copia del Reglamento interno de esta Academia, ya debidamente aprobado por nuestro centro matriz de Madrid, según carta del Secretario General, Ilmo. Sr. Dn. José María de Madariaga, del 28 de octubre del año que acaba de terminar.

Según el señor Secretario General, la Junta de Gobierno de la Academia Española tuvo a bien aprobar el Reglamento cuya copia envío respetuosamente al señor Ministro, y sólo formuló dos observaciones: la una referente a la designación de *correspondiente*, que se debe usar de manera que no haya lugar a confusiones con la 'Academia de la Lengua', que también es correspondiente del respectivo Instituto peninsular, y la otra que dice relación con el nombramiento de Secretario, que debe ser perpetuo, según el concepto de los Académicos de Madrid, y que en nuestro Reglamento sólo desempeña su cargo por períodos de dos años.

Salvo estas dos ligeras observaciones, que se

refieren más a la forma que no al fondo, nuestros Estatutos tienen ya el carácter de oficiales en lo que respecta a la Academia matriz, y sólo falta la aprobación de ese Despacho para que ellos tengan toda la fuerza de una institución del Estado.

Tal aprobación no se había solicitado antes porque se esperaba la ley que hubiera de dar carácter oficial a nuestro Instituto; pero la obligación de solicitar tal aprobación estaba implícita en el Reglamento, como podrá observarlo el señor Ministro.

Siguiendo la práctica del Centro de Madrid, se ha dividido esta Academia en tres Secciones que cuentan con el siguiente personal, hasta el presente:

Sección de Ciencias Naturales:

Dr. Luis Cuervo Márquez.
Rdo. Hermano Apolinar María—de las Escuelas Cristianas.
Dr. Federico Lleras Acosta.
Dr. Ricardo Lleras Codazzi.

Sección de Ciencias Exactas:

Dr. Darío Rozo M.
Dr. Rafael Torres Mariño.
Dr. Jorge Acosta Villaveces.

Sección de Ciencias Físicas:

Dr. Antonio María Barriga Villalba.
Dr. Alberto Borda Tanco.
Dr. César Uribe Piedrahita, y el que suscribe.

El Reglamento prescribe que los doce académicos de número sean colombianos, pero se ha hecho una excepción con el R. Hermano Apolinar María, por tratarse de un insigne hombre de ciencia que ha consagrado largos años de estudio a este país y se considera ya como hijo de él.

Para proveer al nombramiento de Académicos correspondientes me he dirigido a los Directores de Educación solicitando su apoyo y mostrándoles cómo la Ley 34 de 1933 dispone que se constituyan Academias correspondientes en los Departamentos.

Creo que con lo que acabo de exponer quedará ampliamente informado ese Despacho respecto a lo que es, hasta ahora, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, correspondiente del Instituto de igual designación de la Península.

Sin otro particular soy del señor Ministro atento, seguro servidor,

Jorge Alvarez Lleras

* * *

Posteriormente a estas comunicaciones, el Gobierno nacional dictó el Decreto número 424 de 1934, con el objeto de reglamentar la Ley 34 de 1933; pero a pesar de esto —y siempre contando con la buena voluntad del Ministerio de

Educación Nacional— por causas que no es del caso explicar en esta Revista, la realización de los propósitos de la Academia vino posponiéndose indefinidamente, hasta cuando la protección decidida y eficaz del actual Ministro y del Secretario del Ministerio, aceleró el lento proceso de su desarrollo para colocarla en capacidad efectiva de acción.

Hoy, contando la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Colombia, con el apoyo decidido del Gobierno de la República, con la aprobación del Centro matriz de España y con la colaboración de los prestigiosos hombres de ciencia que la apoyan, podrá, sin duda, realizar obra positiva y duradera en el campo, poco explotado hasta ahora en nuestra Patria, de la investigación científica.

Para completar esta información, que debe dar al lector idea precisa de lo que es la nueva Institución científica y hacer conocer en el público los fines que ella se propone, se publican a continuación el Decreto número 1218 de 1936, que acaba de reorganizarla dándole recursos y elementos apropiados para su labor, y los Estatutos y Reglamento que la rigen y que, con debidas y acertadas modificaciones, acaba de aprobar el Ministerio de Educación Nacional.

* * *

Actualmente la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales funciona con el siguiente personal, aprobado por el Gobierno:

Sección de Ciencias Exactas:

Dr. Jorge Acosta Villaveces,
Dr. Julio Carrizosa Valenzuela,
Don Víctor E. Caro,
Dr. Darío Rozo M., y
Dr. Rafael Torres Mariño.

Sección de Ciencias Físico-Químicas:

Dr. Antonio M. Barriga Villalba,
Dr. Alberto Borda Tanco,
Dr. César Uribe Piedrahita,
Dr. Ricardo Lleras Codazzi, y
Dr. Jorge Alvarez Lleras.

Sección de Ciencias Naturales:

Dr. Calixto Torres Umaña,
Don Luis M. Murillo,
Dr. Enrique Pérez Arbeláez Pbro.,
Dr. Luis Cuervo Márquez, y
Dr. Federico Lleras Acosta.

Miembros honorarios: R. Hermano Apolinar María, Director del Museo de Ciencias Naturales de La Salle, y R. P. Simón Sarasola S. J., Director del Observatorio Meteorológico de San Bartolomé.

La Academia, como demostración de reconocimiento, eligió oportunamente a su fundador, Dr. José Joaquín Casas, como uno de sus Presidentes honorarios, y en su Reglamento interno ha

establecido que el señor Ministro de Educación Nacional también lo es por derecho propio.

* * *

En la actualidad, forman la Comisión de la mesa los siguientes Académicos de número:

Presidente: Dr. Jorge Alvarez Lleras, Director del Observatorio Astronómico Nacional.

Secretario perpetuo: Dr. Alberto Borda Tanco.

Tesorero: Dr. Antonio M. Barriga Villalba.

* * *

DECRETO NUMERO 1218 DE 1936
(28 de mayo)

por el cual se reglamentan las Leyes 39 de 1913 y 34 de 1933, y se modifican y complementan los Decretos números 424 de 1934 y 486 de 1935.

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

Artículo 1º Declárase oficialmente constituida la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Colombia, correspondiente de la española del mismo Instituto, como cuerpo consultivo del Gobierno, especialmente para lo relativo a la organización y fomento de los estudios de aquellas ciencias en los establecimientos oficiales y para la enseñanza de ellas entre las clases populares, de acuerdo con lo prescrito en la Ley 34 de 1933.

Artículo 2º La Dirección del Observatorio Astronómico Nacional destinará un local conveniente, en el mismo Observatorio, con destino a la Academia, mientras se provee de local propio, como lo ordena la ley.

Artículo 3º La Academia editará, por medio de la Sección de Publicaciones del Ministerio de Educación Nacional, un boletín trimestral, y establecerá premios anuales para los mejores trabajos que se presenten sobre matemáticas y ciencias físicas y naturales, por medio de concursos que reglamentará la misma Academia.

Artículo 4º A partir de la fecha del presente decreto, la Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales quedará refundida dentro de la Academia de Ciencias Exactas, a la cual pasarán la biblioteca, muebles y demás enseres de aquélla.

De igual manera la Sociedad de Ciencias Na-

turales quedará gozando del auxilio concedido por la Ley 39 de 1913.

Artículo 5º De acuerdo con el artículo 3º de la ley citada, la Academia estudiará y propondrá al Gobierno la forma como la Nación pueda participar en la publicación de las obras de don José Celestino Mutis existentes en la Biblioteca del Jardín Botánico de Madrid y para fundar en Bogotá el Museo de Ciencias Naturales, un Jardín botánico y otro zoológico.

Artículo 6º El Ministerio de Educación Nacional incluirá en el proyecto de Presupuesto de cada año, la partida de \$ 4.000.00 de que trata el artículo 4º de la Ley 16 de 1929.

Artículo 7º Los Estatutos y Reglamento internos de la Academia de Ciencias son los aprobados por la Resolución número 174 de 1936 (mayo 22) y modificados por la Resolución número 185 de 1936.

Artículo 8º Todas las modificaciones a los Estatutos y Reglamento de la Academia, lo mismo que los nombramientos de académicos honorarios y de número, deberán ser sometidos a la aprobación del Gobierno Nacional.

Artículo 9º Apruébase la siguiente designación de académicos de número, así:

1—Dr. Jorge Acosta Villaveces; 2—Dr. Antonio María Barriga Villalba; 3—Dr. Alberto Borda Tanco; 4—Dr. Julio Carrizosa Valenzuela; 5—Don Víctor E. Caro; 6—Dr. Luis Cuervo Márquez; 7—Dr. Federico Lleras Acosta; 8—Dr. Ricardo Lleras Codazzi; 9—Don Luis María Murillo; 10—Dr. Enrique Pérez Arbeláez; 11—Dr. Darío Rozo M.; 12—Dr. Rafael Torres Mariño; 13—Dr. Calixto Torres Umaña; 14—Dr. César Uribe Piedrahita, y 15—Dr. Jorge Alvarez Lleras.

Artículo 10. Deróganse los Decretos números 424 de 1934 y 486 de 1935.

Comuníquese y publíquese.

Dado en Bogotá, a 28 de mayo de 1936.

(Fdo.) *Alfonso López*

El Ministro de Educación Nacional,

(Fdo.) *Darío Echandía*

Es copia. (Fdo.) *L. Méndez D.* Oficial Mayor. (Sello).

**ESTATUTOS Y REGLAMENTO DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES CORRESPONDIENTE DE LA INSTITUCION
DE LA MISMA DENOMINACION DE MADRID (E.).**

ESTATUTOS:

Artículo 1º La Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de Bogotá, correspondiente de la Institución de la misma denominación de Madrid, se constituye con los seis miembros co-

respondientes de la mencionada Academia de Madrid, pudiendo ingresar a ella nuevos miembros, de acuerdo con lo que disponga su Reglamento.

Artículo 2º La Academia tiene por objeto y

por función propender al desarrollo de las ciencias a cuyo estudio está destinada. A este fin hará conocer sus trabajos y estimulará la investigación científica y la observación por los medios que a su alcance juzgue más adecuados: publicaciones, conferencias, concursos, etc., sobre asuntos de interés científico nacional.

Artículo 3º La Academia se regirá por el Reglamento que se dicte, el que será sometido a la aprobación del Ministerio de Educación Nacional.

REGLAMENTO:

Capítulo primero. — Objeto y organización de la Academia.

Artículo 1º La Academia tiene por objeto cultivar el estudio y propagar el conocimiento de las ciencias exactas, físicas y naturales en su esencia y en sus principales aplicaciones.

Artículo 2º La Academia consta de quince académicos de número y de quince corresponsales nacionales.

Artículo 3º Para ser elegido académico numerario, se necesita:

1º Ser colombiano y estar en posesión de todos los derechos civiles.

2º Haberse distinguido en cualquiera de las ciencias del Instituto de la Academia.

3º Tener la residencia habitual en Bogotá, al tiempo de la elección.

Artículo 4º Será obligación de los académicos numerarios: contribuir con sus trabajos científicos a los fines de la Academia; desempeñar los cargos que se les confieran por ésta; asistir con puntualidad a las sesiones y contribuir con su opinión y voto en cuantos asuntos lo requieran.

Artículo 5º Los corresponsales deberán también contribuir con sus noticias y trabajos a los de la Academia, de análogo modo que los académicos numerarios, y podrán asistir a las sesiones de la Corporación, con voz, pero sin voto.

Artículo 6º A partir de la aprobación, por el Gobierno, de estos Estatutos, cuando un académico de número no hubiese asistido, sin causa justificada, a un número de sesiones de la Academia igual o mayor que las dos terceras partes de las celebradas durante un año, quedará privado en el próximo siguiente del derecho de emitir su voto en toda clase de elecciones que la Academia celebre.

Si dejase de asistir durante tres años consecutivos a las sesiones de la Academia, sin autorización especial de aquélla, se entenderá que renuncia su plaza.

A los académicos numerarios que por su avanzada edad o falta de salud, no pudiesen asistir a las sesiones, la Corporación podrá dispensarles de esta asistencia y considerarlos como presentes.

Artículo 7º Los académicos de número lleva-

rán en los actos públicos a que concurran, una medalla, que les será entregada el día de su recepción. Cuando por fallecimiento u otra causa, deje un académico de pertenecer a la Academia, la medalla que había recibido será devuelta a la Corporación, la cual conserva siempre la propiedad de aquélla.

Artículo 8º Dentro de las leyes generales del Estado colombiano, la Academia es autónoma en cuanto concierne a la resolución de los asuntos científicos, gubernativos y económicos de carácter interno, en que ha de entender.

Capítulo segundo. Cargos académicos.

Artículo 9º La Academia tendrá: un Presidente, un Vicepresidente, un Secretario general y un Tesorero.

Estos cargos serán desempeñados por académicos numerarios, elegidos por la misma Academia.

Artículo 10. Los cargos de Presidente y Vicepresidente son trienales; el de Tesorero bienal, y el de Secretario será perpetuo.

Artículo 11. Son atribuciones del Presidente: Presidir la Academia;

Cuidar del exacto cumplimiento de los Estatutos y de la ejecución de los acuerdos de la Corporación;

Convocar a las sesiones ordinarias y extraordinarias;

Nombrar los individuos que hayan de componer las comisiones, cuya formación determine la Academia;

Dar cuenta a la Academia de las vacantes que se produzcan por disposición de los artículos correspondientes de los Estatutos, en la primera sesión que se celebre, cumplidos que sean los plazos establecidos en dichos artículos;

Tomar, en caso de urgencia, las providencias necesarias, sin perjuicio de dar cuenta después a la Junta de gobierno o a la Academia, de tales determinaciones;

Designar los individuos que han de reemplazar en los cargos a los empleados de la Academia, cuando éstos fallezcan o no pudieren desempeñarlos;

Ejercer las demás funciones de índole especial que le confieran los acuerdos de la Academia, y

Autorizar con su visto bueno las cuentas y libramientos que se expidan.

Artículo 12. El Vicepresidente tiene las mismas atribuciones y obligaciones que el Presidente, en caso de vacante o en ausencia de éste.

Artículo 13. El Secretario será jefe de la Secretaría y del archivo, y como tal, tendrá a su cargo, auxiliado del indispensable personal de oficina, la conservación y custodia de los documentos, registros, libros de actas y demás efectos de ambas dependencias.

Será, además, de su obligación el redactar y

autorizar las actas de las sesiones generales de la Academia; preparar los asuntos que en estas sesiones han de ser tratados; trasladar, a quienes corresponda, los acuerdos que se adopten; redactar anualmente un resumen de aquellas actas que comprendan y pongan de relieve los trabajos de la Corporación; autorizar con su firma los acuerdos, certificaciones y correspondencia que no exijan la del Presidente y, así mismo, los libramientos y cuentas de gastos de la Academia.

Artículo 14. El Tesorero recaudará y custodiará las cantidades que por todos conceptos corresponda percibir a la Academia, expedirá las libranzas correspondientes y hará los pagos en virtud de los debidos libramientos, llevando las cuentas necesarias al efecto.

Capítulo tercero. Tareas académicas.

Artículo 15. Las tareas con que la Academia ha de cumplir los fines de su institución comprenden, principalmente, los puntos siguientes:

1º Las investigaciones y estudios de toda especie en los diferentes ramos de las ciencias exactas, físicas y naturales.

2º El despacho de los informes que le encarguen el Gobierno u otras autoridades, por orden del mismo Gobierno.

3º El despacho de las consultas o informes pedidos por los particulares, cuando por la importancia de los asuntos de que se trate, la Academia juzgue conveniente hacerlo.

4º La publicación de las actas, memorias, informes y otros escritos, en la forma y con la extensión que se consideren oportunas.

5º El señalamiento y adjudicación de premios por concurso público, en cuestiones importantes de las ciencias que cultive la Academia.

Artículo 16. No se comunicará a los particulares ni a las corporaciones de carácter privado, ningún dictamen de la Academia, sin que ésta así lo acuerde expresamente y determine, además, la forma en que deba hacerse.

Artículo 17. La Academia en pleno celebrará una sesión ordinaria cada mes, y las extraordinarias que la misma Academia o su Presidente consideren necesarias o convenientes.

Artículo 18. Para facilitar el desempeño de las tareas de la Academia se nombrarán, por acuerdo de la misma, comisiones especiales compuestas de uno o varios individuos. Estas comisiones podrán ser de carácter temporal o permanente.

Artículo 19. La Academia no admite, para deliberar sobre ellas, más proposiciones que las formuladas y firmadas por alguno de sus socios de número.

Artículo 20. Para derogar cualquier acuerdo de la Academia se necesita proposición formal, firmada por tres académicos, al menos, y acerca de lo que en ella se pida no se tomará resolución alguna en la misma sesión en que se presente.

Artículo 21. El orden de los asuntos que han de formar el objeto de las sesiones de la Academia es el siguiente:

Acta de la sesión anterior.

Correspondencia.

Comunicaciones del Gobierno, de las autoridades oficiales y de índole particular.

Informes y tareas científicas.

Asuntos de gobierno interior de la Academia.

Artículo 22. Serán públicas las sesiones de la Academia cuando ella lo acuerde; y la misma determinará el orden de las sesiones y los actos que en ellas se habrán de verificar.

Capítulo cuarto. Publicaciones.

Artículo 23. La Academia publicará sus trabajos conforme lo permitan los recursos de que disponga. Asimismo podrá publicar trabajos científicos de personas extrañas a la Corporación.

Artículo 24. La Academia no se hace solidaria de las opiniones cuestionables en materia científica de sus individuos. Cada autor es responsable de las proposiciones y asertos que contengan los escritos del mismo que la Academia publique.

Artículo 25. Se consideran de propiedad de la Academia las publicaciones que haga a sus expensas, teniendo el derecho de prioridad para la publicación de los trabajos que se le remitan, y la reimpresión de los mismos, pero quedando reservado al autor su derecho para publicar por su cuenta otras ediciones, una vez publicada la primera por la Academia.

Artículo 26. Sólo cuando la Academia no pueda por razones económicas proceder a la impresión de los trabajos presentados, dentro de un plazo que en cada caso la misma Academia al tomar su acuerdo fijará, podrán los autores, sean o no académicos, publicar sus estudios o memorias por cuenta propia, antes que la Academia.

Artículo 27. Si los autores, al publicar los trabajos presentados a la Academia y aceptados por ésta, hicieren modificaciones en los mismos, deberán expresarlo así en las portadas de las publicaciones.

Artículo 28. En el archivo de la Academia se conservarán los originales de cuantas memorias hubiere censurado la Corporación y calificado en favorable o desfavorable sentido; pero los autores podrán a sus expensas sacar copia de las mismas en la Secretaría, previa autorización del Secretario y durante las horas habituales de oficina.

Capítulo quinto. Premios.

Artículo 29. Con el fin de promover el estudio, progreso y propagación de las diferentes partes de las ciencias que forman el instituto de la Academia, o el de las aplicaciones de las mismas, se destinará, cuando los recursos lo permitan, una cantidad para premiar trabajos publicados o inéditos, cuyos autores se presenten al concurso que cada año se abrirá con tal fin. Será re-

quisito indispensable que aquellos trabajos se hubiesen publicado por la Academia o a ella se entreguen con el objeto indicado.

Artículo 30. La propuesta de estos premios corresponde a la Academia y el otorgamiento definitivo lo hará ella en pleno, previos la discusión y el cotejo de las anteriores propuestas.

Artículo 31. La Academia podrá subvencionar, cuando su estado económico lo permita, aquellos trabajos que, a su juicio, lo merezcan. Para solicitar estas subvenciones es indispensable la presentación de publicaciones de trabajos anteriores que revelen en el aspirante la preparación indispensable en el orden de conocimientos a que se refiera la solicitud.

Artículo 32. Las memorias en que se dé cuenta de los resultados obtenidos deberán entregarse a la Academia para su primera publicación. Sólo después de hecha ésta, o de transcurridos tres meses de la entrega sin que la publicación se hubiese comenzado, queda el autor en libertad para dar a luz su trabajo en Colombia o en el extranjero.

Artículo 33. La Academia podrá también, cuando lo estime oportuno para promover el estudio de problemas en Colombia no presentados, o para completar la literatura científica nacional en algún capítulo de la ciencia, proponer temas de trabajos científicos de todo género, o de obras de exposición, señalando el premio que estime oportuno y el plazo que crea prudente.

Artículo 34. La Academia podrá aceptar, cuando lo juzgue procedente, el encargo que le confíen otras corporaciones o los particulares, de examinar y juzgar los trabajos que se presenten para optar a premios por dichas entidades ofrecidos.

Artículo 35. La Academia acordará la distri-

bución en comisiones de los trabajos presentados, para el estudio y censura de los mismos.

Capítulo sexto. Admisión de nuevos miembros.

Artículo 36. Para ser admitido como académico de número o corresponsal, debe el que lo desea dirigirse por escrito a la Academia solicitando su admisión; y tal solicitud debe ser presentada por dos académicos de número que coadyuven a ella, manifestando su opinión de que el solicitante es digno, en todos sentidos, de hacer parte de la Corporación.

Artículo 37. Con su memorial presentará el solicitante dos ejemplares de cada uno de los trabajos importantes —libros o folletos— que haya publicado, o una colección ordenada de artículos sueltos publicados, o ambas cosas. Podrá también presentar trabajos inéditos, claramente escritos en máquina y en conveniente orden.

Artículo 38. La Academia Colombiana enviará, si lo juzga conveniente, estos trabajos a la Academia española, para que ésta los califique y conceptúe si alcanzan mérito suficiente para que su autor sea admitido como académico.

Capítulo séptimo. Fondos de la Academia.

Artículo 39. Los fondos de la Academia consistirán:

1º En la asignación ordinaria que se le concede en los presupuestos del Estado.

2º En las extraordinarias con que el Gobierno y los donadores o fundadores particulares quieren proteger los varios objetos de su Instituto.

3º En los productos de sus obras o publicaciones.

Artículo 40. La Academia queda autorizada para interpretar las prescripciones de estos Estatutos, y para aclarar las dudas que pudiera originar su aplicación.

* * *

NOTA — Estando en prensa estas primeras páginas del primer número de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ocurrieron los espantables acontecimientos que han llevado a nuestra Madre Patria a la actual guerra civil, la más grave, terrible y trascendental de cuantas la han perturbado durante el curso de su accidentada historia.

Como es natural, nuestro Instituto se ha conmovido profundamente por nuevas tan lamentables y que lo afectan de modo especial, y así se ha visto obligado a prescindir de la dirección y del consejo de su centro matriz de Madrid, por lo menos por el tiempo que dure la situación caótica española del momento y mientras se consolide el orden, volviendo a surgir tal centro científico al campo fecundo de sus actividades anteriores.

Así, y por si ese retorno no ocurriere en el breve espacio que deseamos, queda, por ahora, la Academia de Colombia actuando como absolutamente independiente de la de España, con su carácter propio de Instituto colombiano sostenido por el Gobierno, y con fines tales como los expresados por su Estatuto y por la ley que le dió origen oficial.

LA REDACCION.

TRABAJOS ACADEMICOS

ESPECIES COLOMBIANAS DEL GENERO CALOSOMA WEBER

HERMANO APOLINAR MARIA

Profesor en el Instituto de La Salle de Bogotá.

Apuntes históricos:

El género *Calosoma* (de *calos*, hermoso; *sooma*, cuerpo) fue descrito por el Dr. Weber en 1801; descripción publicada en "Observ. Ent., p. 20".

Fischer, en una carta a su amigo Pander, describe en 1821 el género *Callisthenes* (de *Kallisthenes*, robusto), género que el Dr. Steph. Breunning en su "Monographie der Gattung Calosoma" publicada en 1927 y 1928, considera como un subgénero del género *Calosoma*.

No se publicó ningún trabajo general sobre este grupo hasta que en 1885, Géhin dio a luz su "Catalogue Synonymique et Systématique des Coléoptères de la tribu des Carabides, Remiremont 1885". En este trabajo el autor da los principales caracteres de los subgéneros, y en cuanto a las especies se contenta con dar la lista de las por él conocidas.

En 1896, Reitter, en sus "Bestimmungstabellen der Carabini" se ocupa de las especies paleárticas. En cuanto a las especies nord-americanas, Le Conte, en 1878, y Burgess y Collins, en 1917, publicaron cuadros para su clasificación.

Por fin el Dr. Stephan Breunning publicó en "Koleopterische Rundschau, Bd. XIII 1927"; "Wiener Entomologische Zeitung Bd, XLIV-1927"; y "Koleopterische Rundschau, Bd. XIV-1928" una monografía completa del género que nos ocupa.

Paleontología del género *Calosoma*:

Meunier describió en 1895, "Bull. Soc. Zool. France, p. 207", una impresión de un coleóptero, encontrada en el Eojurásico (Liásico) de Schernfeld (Alemania), con el nombre de *Procalosoma Giardi*; según Breunning, la impresión se encuentra en un estado lamentable de conservación y la clasificación es muy dudosa.

Fuera de la mencionada impresión se conocen unos 14 hallazgos de restos de estos coleópteros en las capas inferiores y medias de los terrenos terciarios.

La forma más antigua es *Cal agassizi Barthelemy Lapomm*, encontrada en el oligoceno inferior de Aix, en Francia. Del oligoceno superior se conoce un élitro que Handlirsch considera como de un *calosoma*.

Todas las demás formas conocidas (una docena) pertenecen al Mioceno; así por ejemplo:

Cal. Jaccardi Heer, del mioceno superior de Locle (Suiza).

Cal. catenulatum Heer, del mioceno superior de Oeningen (Alemania).

Cal. naukianum Heer, del mioceno superior de Oeningen (Alemania).

Cal. deplanatum Heer, del mioceno superior de Oeningen (Alemania).

Cal. escrobiculatum Heer, del mioceno superior de Oeningen (Alemania).

Cal. cockerelli Wickh, del mioceno de Florissant Colorado (EE. UU.).

Cal. emmonsii Scud, del mioceno de Florissant Colorado (EE. UU.).

Datos biológicos:

La larva nace al cabo de 3 a 15 días después de la oviposición. De ordinario sufre dos mudas, a veces tres; al cabo de pocas semanas la larva penetra en el suelo para pasar al estado de ninfa que dura, en las zonas donde existen las estaciones, de otoño hasta la primavera del año siguiente.

En todos sus estados activos, estos insectos son carnívoros y destruyen gran cantidad de especies nocivas. Unas especies, como nuestro *Calosoma glabratum*, son terrestres y persiguen los insectos de toda clase que se mantienen en el suelo; otros, como el *Calosoma sycophanta* de Europa, son arborícolas y se alimentan sobre todo de las orugas que destruyen las hojas de los árboles. En esta última especie, hasta las larvas son arborícolas.

Estado actual de la sistemática:

El Dr. Steph. Breunning en su monografía del género establece 20 subgéneros, incluyendo en el grupo, como ya lo hicimos notar, el género *Callisthenes* de Fischer, comprendiendo 88 especies, 56 subespecies y 55 variedades o aberraciones.

Calosomas colombianos:

De Colombia se conocen tres especies, una subespecie y una variedad.

1º *Calosoma granulatum Perty* var. *Coxale Motsch.* 1865. El color de los élitros es de un rojo cobrizo oscuro (en la forma típica el color cobrizo es más claro); los bordes del tórax y de los élitros son de color más claro o verdoso.

Repartición geográfica: *Cal. gran. Coxale* se encuentra en Trinidad, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú.

La forma típica se encuentra en Brasil y Para-

guay. Los insectos aparecen sobre todo después de un aguacero; la luz los atrae de noche.

2º *Cal. fulgens Chaud.* 1869. La coloración general es de un rojo cobrizo brillante, con ciertos visos bronceados o verdosos. El surco frontal, los bordes del tórax y de los élitros son verdes; este mismo color invade a veces la cabeza y cubre todo el tórax.

Repartición geográfica: Paraguay, Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia. Localidad indicada: Cali, donde Baer cogió algunos ejemplares.

3º *Cal. abbreviatum Chaud.* 1869. Los élitros son de un color bronceado con visos verduzcos; los bordes son verdes; la cabeza y el tórax, con un tinte cobrizo, sobre todo en la parte central de dichos órganos.

Repartición geográfica: Encontraron algunos ejemplares en Cali. También señalaron la misma especie del Ecuador, del Perú y de Bolivia.

4º *Cal. angulatum angulicolle Chaud.* 1869. Coloración general negro; los bordes del tórax y de los élitros azules o verdes.

La forma típica, que se encuentra en México y el Sur de los Estados Unidos, presenta colores algo apagados, al paso que la variedad *angulicolle* tiene colores más brillantes.

Repartición geográfica: Norte de Colombia (Santa Marta) y Venezuela.

5º *Cal. glabratum Dej.* 1881.—*C. glabratum Dej.* es un insecto negro muy común en ciertas regiones de la Sabana de Bogotá (entre Soacha y el Salto de Tequendama); los campesinos lo llaman *chulito*, sin duda por ser de un negro uniforme. Es un insecto muy útil, especialmente en la época (fines de abril, y principios de mayo) del vuelo del pequeño Melolóntido *Clavipalpus ursinus*, cuyas larvas son tan perjudiciales en los potreros.

Repartición geográfica: Este insecto se encuentra en Colombia y Panamá. La especie ofrece un cierto número de variedades:

Cal. glab. bolivianum Geh. de Bolivia.

Cal. glab. Peregrinator Guer. de México y Sur de EE. UU.

Cal. glab. sponsum Cas. de los EE. UU.

Catálogo sistemático y sinónimo de las especies colombianas:

X Subg. *Callistriga* Motsch.

1º *Cal. granulatum* var. *Coxale* Motsch. *Coxale Armatum* Reiche 1842. Rev. Zool. p. 377.

Motsch. 1865 Bull. Mosc. II p./307.

Granulatum Baer 1902. Ann. Soc. Ent. Fce. p. 83.

2º *Cal. fulgens* Chd. *Fulgens* Chd. 1869. Ann. Soc. Ent. France, p. 370.

Alternans var. *fulgens*. Campos, 1921. Rev. Col. Nac. Vic. Rocaf. Guayaquil p. 29.

3º *Cal abbreviatum* Chd. *Abbreviatum* Chd. 1869. Ann. Soc. Ent. Fce. p. 371.

Bonariense. Campos, 1921 Rev. Col. Nac. Vic. Rocaf. Guayaquil p. 29.

XII Subg. *Carabosoma* Geh.

4º *Cal. angulatum* var. *Angulicolle* Chaud. *Angulicolle* Chaud. 1869. Ann. Soc. Ent. Fce. p. 377.

5º *Cal. glabratum glabratum* Dej. 1831. Spec. Col. V. p. 565.

Clave de las especies:

- 1 Insecto negro 2
- 1 Cobrizo o bronceado 3
- 2 Insecto negro con los bordes del tórax y de los élitros azules o verdes. *Cal. Angul. Var. angulicolle* Chd.
- 2 Insecto de color negro uniforme *Cal. glabratum* Dej.
- 3 Insecto de un color rojo cobrizo 4
- 3 Insecto de un color bronceado. *Cal. Abbreviatum* Chd.
- 4 Insecto de un color cobrizo sin visos bronceados o verdes.

Cal. gran. Var. Coxale Motsch.

4 Insecto de un color cobrizo brillante con visos bronceados o verdes.

Cal. Fulgens.

Obras consultadas: Catalogus Coleopterorum Synonymicus et Systematicus.—Dr. Gemminger et B. de Harold.

Monographie der Gattung Calosoma Web.—Von Dr. Stephan Breunning. 1927-1928.

ESTUDIO SOBRE LAS NUBES Y LA CIRCULACION DE LAS CORRIENTES EN BOGOTA

SIMON SARASOLA S. J.

Director del Observatorio Meteorológico de San Bartolomé.

Complicado es el estudio de las corrientes fluviales que investiga la Hidrodinámica, ya por la resistencia que encuentra el agua en su movimiento, ya también por el desarrollo de la fuerza centrífuga y los remolinos que se forman. Mas cuando se aplican esas leyes a las corrientes de la atmósfera, ¿quién no ve las complicaciones a que han de dar lugar los movimientos del aire? La calma en algunas regiones, fuertes brisas en otras, corrientes huracanadas aquí, rachas violentas y ciclones destructores más allá; ¿qué complicaciones no presentan al investigador? Por eso las leyes de la Hidrodinámica aplicadas a la atmósfera son inseguras y están en contradicción con los hechos en muchas ocasiones.

Efecto en parte del turbulento movimiento del aire son las nubes. Estas, arrastradas por los majestuosos ríos aéreos, nos marcan las leyes de la circulación. Vemos cómo se escalonan a diversas alturas y se agolpan unas sobre otras; de qué modo cambian de aspecto y tomando una variedad indefinida de formas, se condensan y vierten torrentes de agua.

Brevemente queremos exponer algunas de nuestras observaciones sobre el nefelismo en Bogotá, resumiendo todos aquellos datos que sirvan para conocer la circulación de la atmósfera en estas elevadas regiones.

Los sondeos atmosféricos por medio de globos son de gran utilidad, pues hemos alcanzado alturas superiores a las nubes más altas; es decir 12, 14 y hasta 18 kilómetros; pero en Bogotá, donde el cielo es muy nebuloso, relativamente son pocos los días despejados en que se puede aprovechar ese método de investigación. Por lo mismo, es indispensable utilizar la atenta observación de las nubes, como se hace en este Observatorio, de dos en dos horas.

La formación de las nubes se debe: 1º al enfriamiento de la atmósfera por efecto de la radiación; 2º por disminución de presión y expansión del aire; 3º por la mezcla de diversas capas de aire a di-

versas temperaturas; 4º por traslación del aire caliente a un lugar más frío.

Mas es de advertir, que de las experiencias llevadas a cabo por Mr. Aitken, se infiere la necesidad de gran cantidad de polvo en la atmósfera para la formación de las nubes. ¿Qué efecto tienen esas partículas infinitesimales en la condensación del vapor de agua? Su presencia sirve como de núcleo para la condensación, como lo probó Aitken con su "koniscopio". Sin las partículas de polvo, cuando el vapor de agua está saturado, los objetos en contacto con la atmósfera harían como de condensadores; nuestros vestidos húmedos irían goteando agua y por todas partes la humedad iría escurriéndose. Véanse las interesantes experiencias de Aitken en el *Report of the International Meteorological Congress*. Allí se ve cómo en el aire filtrado y puro no se producían nubes; pero bastaba introducir el aire ordinario para que éstas aparecieran.

Imaginemos una gran masa de aire a cierta temperatura. Esta masa podrá tener más o menos cantidad de vapor. Las observaciones nos dirán si está o no saturada, es decir, si tiene el máximo de vapor que puede tener. Según esos datos diremos que la masa de aire está saturada, si no admite más cantidad de vapor, o muy húmedo, si se acerca a la saturación. Cuando es muy pequeña la cantidad de vapor diremos que el aire está muy seco, o en términos técnicos, que la humedad relativa es muy baja. Fórmase la nube en esos casos, si la temperatura disminuye y se enfría el vapor de agua, hasta que se condensa y aparece en forma de neblina.

El enfriamiento por contacto es una de las causas más frecuentes de la aparición de las nubes en las montañas. Una atenta observación lo comprueba. Corrientes más o menos fuertes que traen masas de aire con vapor de agua, al ponerse en contacto con los montes cuya temperatura es baja, dan lugar a la formación de grandes masas de nubes o nieblas. Examinemos ahora qué origen

tienen dos clases de nubes llamadas los *cirrus* y los *cúmulus*.

Cirrus ciclónicos:

Creyése en algún tiempo que la presencia de los *cirrus* era señal evidente de una depresión barométrica o de un violento ciclón. Que en muchas ocasiones así suceda no lo negaremos. En ese caso, ¿cómo se forman? ¿Cuál es su origen? Vémoslo.

En el ciclón las corrientes más bajas son arrastradas hacia el vórtice, mas la fuerza centrífuga desarrollada por el movimiento rotatorio los lanza hacia arriba, según se ha comprobado en las corrientes ascendentes del *círculo vortical*. Enfríanse éstas en las altas regiones de la atmósfera, se condensa el vapor de agua y aparecen las plumas de *cirrus* en toda su belleza, a enormes distancias, como las primeras señales de aviso al meteorólogo. Son por demás interesantes las palabras del P. Viñes en su obra "Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas".

"El enfriamiento rápido, necesario para producir la *instantánea solidificación* de los vapores en agujitas de hielo, o sea el paso brusco del estado de vapor al estado sólido, enfriamiento que ha de hacer desaparecer de repente las enormes cantidades de calórico latente de vaporización y de fusión, no tiene otra explicación, a mi parecer, que la repentina y brusca expansión del aire lanzado con violencia a las altas regiones, donde se ve en un punto libre de la presión atmosférica que a tan considerable elevación queda, por decirlo así, anulada o por lo menos enormemente reducida. Esta causa es, por lo demás, suficiente y adecuada para la producción de dicho fenómeno".

"Según esto, cuanto más bruscas y violentas sean las corrientes ascensionales de un huracán, lo que en otros términos equivale a decir, cuanto más repentinamente y terribles sean las rachas huracanadas en las inmediaciones del vórtice del ciclón, tanto mayor será la cantidad de vapor lanzado por ellas a las altas regiones, más rápida la expansión, más repentino el enfriamiento, más brusca la congelación de los vapores, mayor la cantidad de vapor congelada en igualdad de volumen, menor la altura de congelación, más completa ésta y menor la distancia a que quedará congelada la totalidad de los vapores acarreados por las rachas en cuestión".

Cirrus no ciclónicos:

En Colombia las variaciones barométricas son insignificantes: no existen ciclones, ni depresiones semejantes a las de altas latitudes. Sin embargo la observación de los *cirrus* y otras nubes elevadas es bastante frecuente. ¿Cuál es su origen? Si no son ciclónicos, ¿a qué deben su formación? No han faltado autores que la han atribuido a la corriente de los *contralisios* superiores. Pero su existencia no se comprueba con la observación de

estas regiones; al contrario, según nuestras investigaciones, se debe negar la existencia del *contralisio*, como probamos en otro trabajo y veremos más abajo. Esto mismo afirma M. Goyeque, fundándose en las observaciones de Bogotá.

Siendo los *cirrus* las nubes más altas y las que dan origen a los halos, todos admiten que se componen de partículas de hielo. Su altura varía, pero cerca del ecuador debe ser mayor que la de otras latitudes. Las formas con que aparecen son tan múltiples que no hace al caso su descripción en este lugar.

Varias pueden ser las causas de la formación de los *cirrus* en estas regiones, donde no se conocen los cambios barométricos que en otras partes. Obsérvanse corrientes ascendentes y descendentes con alguna frecuencia, y si en los ciclones se admite como causa de su formación el movimiento de torbellino de masas ascendentes, podemos deducir que las corrientes de convección tan ordinarias en los países tropicales dan también origen a la formación de los *cirrus* no ciclónicos.

Un fenómeno hemos observado aquí bastantes veces con su aparición. Cuando en las inmediaciones de Bogotá, sobre todo en la parte montañosa del este y hacia la región de los Llanos han tenido lugar lluvias más o menos intensas, aparecen los *cirrus* de forma prolongada, que vienen del 2º cuadrante. También en esos casos su formación se debe a las corrientes de convección o de distinta temperatura que se mezclan entre sí.

La circulación del aire en los cúmulus:

Estas nubes son más bajas que los *cirrus*, su presencia en el cielo de Bogotá puede decirse que es diaria y casi continua, en gran variedad de formas. Es algo fantástico ver su desarrollo en algunas ocasiones, y su transformación en nubes de lluvia. Son los *cúmulus-nimbus* tempestuosos los que en climas calientes originan un relampagueo continuo. A veces toman aspecto globular y redondeado, en la parte baja se extiende una ancha base; unos se sobreponen sobre otros; el aire parece que se estanca, formando inmensos gigantones, tan frecuentes en los trópicos, durante las horas de más calor.

Es regla bastante general que el tipo verdadero de *cúmulus* se observa con preferencia en regiones en que alterado el equilibrio de la atmósfera por la diferencia de temperaturas, se establece una circulación de masas de aire ascendentes y descendentes.

Estudiando las velocidades de esas nubes, nótese que a su mayor altura corresponde mayor velocidad. Otro modo de formación de los *cúmulus*, sobre todo en los días de pocas nubes en las mañanas, proviene del movimiento en que las capas más bajas de la atmósfera entran, por efecto del calor. El aire caliente, por su menor densidad, sube, y viene a reemplazarlo una capa más fría, es-

tableciéndose así una circulación turbulenta que da origen a la gran variedad de strato-cúmulus, cúmulo-nimbus, etc.

La circulación atmosférica en Bogotá:

No conocemos un estudio de la circulación de las corrientes en esta altiplanicie. ¿Son suficientes las observaciones de unos meses o pocos años para deducir leyes generales? De ningún modo. El viento superficial observado por medio de las velas tampoco da una idea, aun de las corrientes más bajas, si no se hacen observaciones a diferentes horas del día. En Colombia, por razón de su especial topografía, con un dato por la mañana y otro por la tarde, difícilmente se reunirá material bastante para una investigación seria de los diversos climas, y mucho menos para estudiar la circulación general de la atmósfera. La inestabilidad de los vientos más bajos es muy grande, por causa de la topografía de los Andes.

Teniendo delante diez años o más de observación continua, hemos estudiado las diferentes corrientes de la atmósfera en Bogotá.

La dirección de las nubes a diversas alturas ha sido la base de nuestra investigación. Ya en 1923 vislumbramos que muchas de las teorías de la circulación general atmosférica, incluyendo las leyes de Ferret, Bigelow, Mohn etc., no tenían fundamento sólido en las observaciones, sobre todo en lo relacionado con la existencia de los *contralisios* del SW. Entonces escribimos lo siguiente: "No existen argumentos sólidos en favor de la teoría de los *contralisios* tal como la exponen muchos autores. En las observaciones del Ecuador, Bogotá, México y las Antillas no se descubre esa corriente superior constante y fija". (V. *Ibérica* N° 498 p. 238).

Hoy podemos añadir la siguiente ley sobre la circulación general de la atmósfera en la altiplanicie de Bogotá a 2.645 metros de altura.

Para deducirla, hemos aplicado la siguiente fórmula de Lambert:

$$\text{tang } \alpha = \frac{E-W + (NE+SE-NW-SW) \cos 45^\circ}{N-S + (NE+NW-SE-SW) \cos 45^\circ}$$

1) La corriente más elevada de los cirrus y cirrostratus da una resultante de S 78° E.

2) La de los cirro-cúmulus S 68° E.

3) Las corrientes más bajas, incluyendo los *Alcu, cut. st-cu. y nb.* dan una dirección de S 63° E.

Para comprobar nuestras conclusiones, vamos a indicar los resultados obtenidos en los sondeos atmosféricos por medio de globos. Hemos usado ordinariamente el teodolito Zeiss.

Prescindimos en el adjunto cuadro de los sondeos que no alcanzaron cuatro kilómetros de altura. El cielo nebuloso de Bogotá impide con frecuencia la exploración más allá de los cuatro mil metros.

Si estudiamos los datos de la siguiente tabla, veremos que los sondeos confirman las conclusiones deducidas de la observación de las nubes. Nótese cómo de ordinario las corrientes altas hasta los siete u ocho kilómetros de altura sobre Bogotá (cerca de diez u once sobre el nivel del mar) vienen del primero o segundo cuadrante. Claro está, hay alguna que otra excepción, pero la circulación general de la atmósfera está en contradicción con la teoría de los *contralisios*, tal como la exponen muchos autores sin observaciones en qué fundarse.

Pocas veces han subido los globos más allá de los ocho kilómetros. En estos casos se observa una corriente del W al NW bastante normal hasta llegar a los diez y seis kilómetros.

Para dar una idea de la circulación, hemos incluido en la siguiente tabla las direcciones más principales de 500 en 500 metros, partiendo de 4.000 metros de altura. En los cuadros originales ordinariamente la dirección se toma de 200 en 200 metros, que es la velocidad ascensional de los globos por minuto.

SONDEOS DE LA ATMOSFERA CON GLOBOS, EN EL OBSERVATORIO METEOROLOGICO NACIONAL DE SAN BARTOLOME

ALTURA EN KILOMETROS SOBRE BOGOTA Y DIRECCION DE LAS CORRIENTES

Fecha del sondeo	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
1934																					
Abril 16	NE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE															
" 18	E	E	ENE	ENE	ENE	ENE															
Mayo 18	SE		ENE	ENE	ENE	ENE															
Junio 1.º	NE	NNE	NNE	NNE	NE	ENE															
" 15	E	ENE	ESE	ESE	ENE	ENE															
Sepbre. 14	E	E	ESE	ESE	ENE	ENE															
" 15	NW	NE	NE	E	ENE	ENE															
" 17	ESE																				
Novbre. 21	N	W	NW	WNW	SW	SW															
Dicbre. 10	NE	NE	ENE	ENE	S	S															
1935																					
Febrero 14	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	E	E	E													
" 15	E	E	NE	ENE	ENE	ENE															
" 22	NE	NE	NE	ENE	ENE	E	ESE	SE	SE												
" 23	E	E	ENE	ENE	ENE	E	ESE	ESE													
Marzo 7	NNE	SE	SE	SSE	S	S	W	W	WNW	WNW	WNW	WNW	W	NW	NW	WNW	NW	WNW	WNW	WNW	NW
" 8	SE	S	NW	WNW	W	WSW	W	W	WNW	WNW	WNW	WNW	W	NW	NW	WNW	NW	WNW	WNW	WNW	NW
" 9	SE	E	E	W	S	S	W	W	WNW	WNW	WNW	WNW	W	NW	NW	WNW	NW	WNW	WNW	WNW	NW
" 15	SW	SW	SW	S	S	S	SW	SW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW
" 21	NNE	NNE	SW	S	S	S	SW	SW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	W	W	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW

VALLES Y LAGOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

LUIS CUERVO MARQUEZ

Ex-Rector de la Facultad de Medicina y Ciencias Naturales
y Miembro de la Academia Nacional de Medicina.

Guta cavat lapidem.

A la calma relativa de la era secundaria sucedieron las grandes transformaciones que en la era terciaria dieron a la tierra los lineamientos generales del relieve actual. Las grandes convulsiones orogénicas produjeron la invasión y el retiro de las aguas con la consiguiente aparición y desaparición de tierras continentales, que modificaron no solamente la constitución física y geográfica sino también las manifestaciones de la vida, ya aparecidas sobre la tierra. Los Trilobitos de la era primaria, que reinaban como dueños de los mares de esa época, desaparecieron totalmente, para ser reemplazados en la era secundaria por los grandes reptiles y las Ammonitas, que abundan en todo el terreno Cretáceo, los que a su vez se extinguieron al comenzar la era terciaria, época de los grandes mamíferos que poblaron la tierra, de los peces, que llenaron los mares, y de las aves que volaban en el aire. La era primaria fue la de los Trilobitos; la secundaria, la de las Ammonitas, los Dinosaurios y reptiles voladores; la terciaria, la de los grandes mamíferos en la tierra y de los Nummulitas en los mares; la cuaternaria, la de la aparición del Hombre.

Las manifestaciones de la vida en cada una de esas eras, tanto en el reino animal como en el vegetal, fueron propias para cada una de ellas, y pocos seres de la una pasaron a la otra sin que hubieran experimentado las modificaciones o transformaciones que establecen una cadena no interrumpida de adaptación entre el simple protoplasma y los seres más especializados.

Al fin de la era secundaria comenzaron, por impulsiones sucesivas, a emerger los Andes, cuyo levantamiento total no tuvo lugar sino en la terciaria. La gran cordillera, que viene del Sur hasta el Ecuador en un tronco único, está dividida al entrar a nuestro país en tres grandes ramas: la central, la oriental y la occidental. La formación geológica diferente de estos tres brazos gigantes de los Andes colombianos puede sugerir la idea de que primero hubiera tenido lugar el levantamiento del central, y luego, por las mismas fuerzas orogénicas y las presiones laterales, hubieran surgido el ramal oriental y el occidental. El ramal o

cordillera oriental es del Cretáceo-terciario, rica en sal y carbón, en hierro y esmeraldas, y muy pobre en metales preciosos; la central abunda en oro y plata, en granito y materiales de erupción, y muy pobre en sal y carbón; la occidental es rica en oro y platino, en carbón y en manifestaciones de volcanismo antiguo y reciente.

Durante ese período de formación de los Andes, que se cuenta por cientos de milenarios, pues al solo Terciario se le calculan por el método de radioactividad 60 millones de años, las aguas marinas cubrían toda la llanura oriental, que comprende la Orinoquia y la Amazonia colombo-venezolana, y en los movimientos de emersión y de submersión de la cordillera oriental, que aún no había tomado su relieve definitivo, las aguas marinas hacían irrupción a través de las depresiones de la cordillera en formación, dejando más o menos aislados extensos depósitos de agua salada, que, al evaporarse, formaron los bancos de sal en que abunda una parte de la cordillera: Zipaquirá, Tausa, Nemocón, Cumaral y las fuentes saladas de Chita y Muneque, Mámbita, Guateque etc. Siendo de anotarse que las fuentes saladas brotan en las quebradas más o menos profundas o en el lecho de los ríos que corren por la vertiente oriental de la cordillera, y los bancos de sal afloran en el centro de la cordillera, a 2.500 metros sobre el mar o en la estratificación oriental, en donde está el banco salado de Cumaral, a 200 metros sobre el mar, opuesto al grupo de Zipaquirá y distante de él en línea recta alrededor de 100 kilómetros.

El Profesor Scheibe al hablar de la "Colina salada de Zipaquirá", emite la opinión de que "es un *esquema geológico*, o sea una masa levantada, que se movió de la profundidad hacia la superficie" (Estudios geológicos). Si se tiene en cuenta lo que se ha dicho sobre los bancos de sal a uno y a otro lado de la cordillera y de las fuentes saladas en las quebradas y en el lecho de los ríos de la vertiente oriental, el levantamiento debió ser general de toda la masa de la cordillera, lo que está reforzado por los conglomerados de conchas marinas que se encuentran a alturas de 2000 metros y más en la cumbre de la cordillera, entre Tasco y Jericó, y las masas de Foraminíferos en

la misma región, pero a menor altura, en la vecindad del Nevado del Cocuy, sobre el río de la Nieve y en Cheva. Las primeras no se desarrollan sino en el litoral, y los segundos requieren alta temperatura, agua pura y una profundidad no superior a 40 metros. Parecería natural que los depósitos de sal y la fauna marina se hubieran levantado a la vez que el total de la cordillera.

Además de los grandes depósitos de sal, cuyos afloramientos cubren una extensión de más de 300 kilómetros a lo largo de la Cordillera, se encuentran abundantes yacimientos de carbón en el Cretáceo superior y en el Eoceno, que corresponde al Piso de Guaduas, según la clasificación de Hetner, no siendo del Carbonífero del Primario, igual a lo que sucede en otras regiones, tales como el Tonkin y el Japón, en Asia.

En el principio de la era cuaternaria estaba ya establecido el relieve general de los Andes, cuyo lineamiento definitivo se hizo bajo la influencia y por la acción de causas orogénicas, de la acción glacial y de la erosión de las aguas.

1º La poderosa acción orogénica y volcánica, que en la época terciaria modificó continuamente la relación entre los mares y los continentes, sumergiendo tierras antes emergidas y levantando archipiélagos y continentes, continuó, aun cuando en menores proporciones, en los primeros tiempos de la era cuaternaria. Los volcanes, apagados hoy, que se encuentran a lo largo de los Andes, sobre el Pacífico, tuvieron antes una actividad de la cual dan muestras los campos de basalto, de rocas cristalinas, de lavas que cubren regiones donde no hay hoy volcanismo alguno. La extensión de esas huellas, como en el Pedregal de San Angel, en México, indican cuán grande sería la potencia del volcanismo en esa época, aun cuando menor que la de la era terciaria.

2º La primera época glacial, en la cual el hielo cubrió totalmente el norte de Europa, de Asia y de América, desde el paralelo 45 hasta el Polo, debió hacer sentir sus efectos cubriendo de hielo grandes extensiones de los Andes, probablemente de los 2.000 metros de elevación sobre el mar en adelante y sometiendo el resto a un período de lluvias de las cuales no pueden darnos una idea las más fuertes precipitaciones de la época actual.

Los hielos que cubren actualmente los continentes polares, los círculos árticos y las cumbres de los Andes, no son sino fenómenos persistentes de las épocas glaciales.

Y si la acción de ellas se hubiera extendido hasta los Andes, cubriendo de nieve sus cumbres hoy descubiertas, podrían explicarse algunos hechos de difícil interpretación, tales como la conformación de muchas regiones andinas, la presencia de bloques erráticos en las colinas que al sur y al norte y occidente limitan la Sabana de Bogotá, y la presencia de bloques de piedra aislados en la masa de arcilla y de arena que forma el piso de la

misma Sabana, a profundidades hasta de 300 metros.

Al sur, en la colina que domina la Sabana, y dominada a su vez por la cumbre de Sumapaz, se encuentran bloques que parece que hubieran sido depositados suavemente sobre la superficie, o colocados entre las capas de arcilla, que forman la colina, sin alterar sus relaciones ni su dirección.

Los bloques que se encuentran entre las capas de arcilla del piso de la Sabana, pueden ser bloques erráticos que hubieran sido depositados allí durante el deshielo, cuando el lago estaba colmado y el piso sólido producido por la sedimentación, solamente llegara al punto donde se encuentran.

Las lluvias torrenciales de esa época, así como las aguas del deshielo en la sección del páramo de Sumapaz, que domina el valle de Fusagasugá, debieron producir el enorme *drift* que se deslizó por el abra del río Cuja y llenó el entonces profundo valle con los materiales de acarreo —arcillas, arenas, pudings, conglomerados, cantos rodados— de que está formado el suelo del valle. Las aguas, después de que el río Sumapaz se abrió paso hacia la hoya del Magdalena, establecieron su curso a uno y a otro lado, por donde hoy corren los ríos Cuja y Chocho, profundizando su cauce y dejando entre ellos la mesa o llano que, con un ligero declive, se extiende desde Fusagasugá hasta donde termina sobre el río Sumapaz. Los bloques y gravelas del valle de Fusagasugá no tienen aristas, son rodados, hacen parte del piso, cubren la superficie del terreno y provienen del descoronamiento de la cima de la cordillera. Las abras de la cordillera, especialmente la que da sobre Arbeláez, y la dirección de las cuchillas, algunas tajadas a bisel, indican claramente cuál fue la vía que siguió el *drift* en su descenso de las cumbres hacia las partes de más bajo nivel.

Proceso semejante debió haber formado el cañón de La Uvita y Boavita, la Mesa de Juan Díaz, la de los Santos, Chinácota y La Concepción.

3º Al levantarse la cordillera oriental, su superficie debió quedar profundamente quebrada, dejando numerosas cuencas y depresiones en las cuales las aguas se depositaron, formando lagos y estanques que en el transcurso de los siglos desaparecieron por la acción erosiva de las aguas, que les abrió paso hacia las partes de más bajo nivel.

La erosión abrió el canal que casi a nivel da paso a las aguas del río Bogotá del antiguo lago, hoy valle de Chocontá, a la Sabana de Bogotá. La quebrada profunda en la cual se encuentran las célebres Rocas de Suesca, es de origen acuático. A uno y a otro lado del río Bogotá, que por ella corre, se ven claramente las huellas de la erosión.

Fue, asimismo, la erosión la que abrió el boquerón de Sumapaz y la que en su obra milenaria formó la profunda sima por cuyo fondo corre el

río del mismo nombre y sobre la cual está tendido el puente natural de Icononzo.

El puente natural es *enterizo*, es decir, que está formado por la misma roca de gres o asperón que forma las paredes de la grieta, sin solución de continuidad. Es un arco que tiene 14 metros y medio de longitud por 13 de ancho y 2 y medio de espesor en el centro. Su altura sobre el nivel de las aguas es de 98 metros, y sobre el nivel del mar de 893 metros. El ancho de la grieta es de 12 metros en su parte superior, y su longitud, desde que comienza a formarse en la parte superior hasta donde el río vuelve a la luz en su parte inferior, es de 4 kilómetros.

16 metros bajo este puente se encuentra otro, formado por tres rocas, dos laterales y una central, que se enclavaron.

En su interesantísimo estudio sobre "Conmociones Geológicas de la Epoca Cuaternaria", el General Carlos Cuervo Márquez describe otro puente natural que se encuentra como a 400 metros arriba del puente conocido, sobre la misma grieta, a 60 metros bajo el nivel del borde de la grieta, *enterizo*, es decir, que se continúa de uno a otro lado del abismo.

Según Humboldt, "El río forma dos bellas cascadas en el punto en que entra en la grieta, al oeste de Doa, y en el punto por donde sale al descender hacia Melgar. Es muy probable que esta grieta haya sido formada por un terremoto" (*Vue des Cordillères*). Para el General Cuervo la grieta sería el resultado de una violenta conmoción geológica, que habría abierto la roca y habría dado salida a las aguas.

En la parte superior del muro izquierdo de la grieta, formado por gres, se ven, desde la cornisa del lado opuesto, las estrías que el paso de las aguas y el roce de los sedimentos que arrastraban dejaron cuando el nivel de las aguas estaba a esa altura. Además, los dos puentes formados por la perforación en la misma masa del cerro, puentes *enterizos*, sin solución de continuidad, parecen indicar que la grieta es el resultado de la acción de las aguas, que en el transcurso de muchos centenares de siglos labraron su cauce ahondando su lecho, lenta pero persistentemente. En esos tiempos, como se ha anotado, el río debía llevar un caudal de aguas enorme, cargadas de sedimentos provenientes de la erosión en las cumbres de la cordillera, que hacían el papel de lima sobre el lecho primitivo.

Al ver la erosión tremenda que la acción de las aguas ha tenido en el relieve de la cordillera oriental, que es del Cretáceo-terciario, y cómo ha modificado la Geografía física aplanando cordilleras, colmando valles, abriendo gargantas, formando el lecho de los ríos, descoronando cerros, se comprende la teoría de Suess y Neumayr, según la cual no habría habido levantamiento sino hundimiento y depresión de la corteza de la tie-

rra, es decir, que las regiones que consideramos como levantadas serían regiones que habrían permanecido fijas, inmóviles, mientras que la superficie de la tierra se hundía alrededor de ellas. Esta teoría, que no da importancia a las presiones laterales y a los plegamientos consecuenciales, no explica los fenómenos orogénicos con levantamiento de regiones antes sumergidas, ni las vetas y filones metálicos entre las rocas, ni la presencia de capas de carbón superficiales a grandes alturas sobre el nivel del mar, ni la inmovilidad de los terrenos de la Rusia central, que conservan su horizontalidad desde la edad primaria.

En terrenos cretáceos planos que dominan una parte más baja, suelen presentarse, con las aguas de lluvia, cauces que forman pequeñas hoyas que se unen a otra más grande, dando toda la apariencia de un mapa en relieve: hoyas de ríos que confluyen a otra de río caudaloso, dejando entre ellas cordilleras con sus ramales, contrafuertes, valles y lagos.

El mayor número de ríos de Colombia corrieron en tiempos remotos por lechos más altos de los que hoy tienen; tal cosa sucede con el río Bogotá en Apulo, con el Zulia, el Chicamocha, cuya acción erosiva es poderosa y continua, el de La Concepción etc.

Casi todos los valles de la cordillera oriental fueron lagos que se llenaron con los sedimentos que acarrearaban las corrientes de agua que a ellos afluían, tales como los valles de Sogamoso y Bogotá; en otros las aguas se abrieron paso a niveles inferiores, como en Pamplona y Chocontá. Los lagos que se alimentan con aguas de lluvia y pequeñas corrientes no cargadas de sedimentos, tales como el lago de Tota, y los más pequeños de Guatavita y Suesca, se han conservado, aun cuando su nivel ha bajado en algunos de ellos, sea porque la evaporación es mayor que el aporte que reciben o porque éste haya disminuído; el lago de Tota ha bajado en forma que Puebloviejo, que estaba a su ribera, está hoy a más de 5 kilómetros de distancia. A los que llegan ríos o riachuelos cargados de sedimentos y tienen su descargue lejos de la entrada y fuera de la dirección general de la corriente, que puede ser tortuosa, la sedimentación es permanente y acaban por desaparecer, como en los nombrados de Sogamoso y Bogotá. Otros, como el de Fúquene, no son sino ensanchamientos de un río; cuya corriente arrastra los sedimentos o no permite que se formen, y se conservan siempre al mismo nivel.

La Sabana de Bogotá es el tipo del antiguo lago llenado por los sedimentos depositados por las aguas que lo formaron.

Cuando emergió la cordillera oriental, la Sabana de Bogotá era un valle o depresión limitada por los ramales de la cordillera que aún la circundan.

Las aguas de lluvia reunidas en torrentes y en ríos se precipitaban en ella, llenándola lentamente.

SABANA DE BOGOTA

Cultivo de trigo. Superficie de lo que era el antiguo lago.



SABANA DE BOGOTA

Trigo cosechado en lo que era el antiguo lago.



EL TEQUENDAMA EN UNA GRAN SEQUIA

Rocas estratificadas en las cuales se nota la erosión de las aguas.

SALTO DE TEQUENDAMA

Rocas estratificadas en vía de disgregación.



te. El río Bogotá y sus afluentes, que descendían de la cordillera, le aportaban enorme caudal de aguas en forma torrencial. Así se formó el que debió ser hermoso lago con sus numerosas ensenadas, promontorios e islas, formados por las estribaciones de la cordillera.

Cuando las aguas llenaron la cuenca o valle, salieron o rebosaron por el lugar de más bajo nivel de sus riberas, como se derrama o rebosa el agua en una copa o en un estanque. La salida tuvo lugar por Tequendama, como hubiera podido ser por la depresión de Bojacá o de Los Robles, si allí hubiera estado el más bajo nivel.

El agua que salía, que debía ser un enorme torrente, seguía las líneas de descenso y a su paso arrastraba arenas, arcillas, dislocaba las rocas y ahondaba su cauce. La cordillera tiene grandes escarpados y al llegar a uno de ellos, las aguas se precipitaron formando el Salto de Tequendama, que es una de las más bellas cascadas, superior por su profundidad al Niágara o al del Zambesa. El río Bogotá, que drena toda la Sabana y su hoya hidrográfica, corre lentamente y con un débil desnivel hasta 3 a 4 kilómetros del Salto. Allí su corriente se hace más rápida, se forman raudales, corre por entre grandes piedras y su lecho se angosta entre las rocas que forman sus paredes, hasta que encuentra la quiebra por la cual se precipita.

El Salto debió estar situado mucho más adelante del sitio actual. Las rocas que forman las paredes escarpadas después del Salto, en forma de una U, cuyos brazos tienen más de 300 metros de longitud, indican uno de los puntos en donde debió tener lugar la precipitación de las aguas. Es decir, que el Salto debió quedar a 300 metros, por lo menos, adelante de su situación actual.

En el Niágara el retroceso de la catarata ha tenido lugar desde Georgetown hasta su sitio actual, de donde sigue retrocediendo en una extensión de 33 centímetros por año. Basado en esto, Lyell calcula que la catarata ha empleado 37.000 años en recorrer la distancia anotada. En el Niágara se han empleado dos métodos para calcular el tiempo que hace que se formó la Catarata. El primero es el del Barón de Geers, que consiste en contar las capas de sedimentos en los lugares donde hay glaciares y referir a un año las dos capas de depósitos que se encuentran, el uno de verano y el otro de invierno; el segundo método es el de calcular por el retroceso del lugar por donde se precipitaron las aguas, el tiempo transcurrido entre la formación de la catarata y la época actual.

El método de Geers, que presupone estacione y fundición de hielo, no puede aplicarse entre nosotros, y para calcular el tiempo del retroceso del Tequendama se necesitaría conocer el punto preciso donde tuvo origen el Salto y el avance anual que ha tenido. Lo que sí es evidente es que el Salto se formó cuando el valle o depresión de Bogotá

se hubo llenado y las aguas que le llegaban encontraron salida por la depresión de Tequendama; que el valle de Bogotá quedó formado cuando la cordillera oriental hubo adquirido los lineamientos generales de su relieve; que las copiosísimas lluvias y las aguas de deshielo, debieron llenarlo en relativo corto espacio de tiempo. Habiendo sido en el fin del Terciario y en el Pleistoceno del Cuaternario cuando la cordillera oriental tomó sus caracteres actuales, puede deducirse que el Salto de Tequendama existe, a lo menos, desde el Pleistoceno. Tomando como base de estimación el método radio-activo, que consiste en la transformación de los cuerpos radioactivos, como el radio, el uranio etc., en helio, primero, y en plomo después, Marcellin Boule llega a la estimación de 500.000 años de duración para la era cuaternaria hasta la época actual (Les Fossiles, 1935), cifra que se cita para tener una idea de la inmensidad de las éras geológicas.

Los grandes mamíferos, como el Mastodonte, existieron en las inmediaciones del lago de Bogotá hasta el Pleistoceno. Los restos fósiles que de ellos se han encontrado están en la inmediación de lo que es hoy Sabana de Bogotá y que antes fue lago (Carlos Cuervo Márquez—"Conmociones Geológicas", etc.), pero no en la misma Sabana, lo que indica que ya existía el lago, lo que está de acuerdo con lo dicho antes.

Cuando se llenó de agua la cuenca, los sedimentos arrastrados por ella se fueron depositando en capas de materias diferentes, según fuera la formación geológica que atravesaran los ríos o torrentes, pero todas ellas están formadas por arcillas, arenas silicosas de grano sumamente fino, arenas de grano más grueso, cascajo, residuos vegetales e intercalados entre ellas cantos de arenisca, troncos de árboles y tractus de piedras, como si fueran lecho de un torrente.

Lentamente y en el transcurso de muchos siglos los sedimentos depositados fueron llenando el espacio ocupado por las aguas hasta que lo ocuparon totalmente. Las que seguían llegando formaron sobre la masa sedimentaria los cauces de los ríos y riachuelos que actualmente cruzan la Sabana y otros, hoy secos, que fueron lecho de corrientes de agua ya desaparecidas, quedando en las partes más bajas lagunas o pantanos, de los cuales son muestra la laguna de La Herrera, la de Fontibón y los pantanos que avecinan al Cerrito del Santuario.

En perforaciones hasta de 150 metros de profundidad, que hemos hecho a 5 kilómetros al occidente de Bogotá y un poco apartados de la serranía, en la hoya tributaria del río Tunjuelo, hemos encontrado: primero una capa de arcilla blanca muy dura, de unos pocos centímetros de espesor; después una capa de color negro, de 10 a 15 centímetros de espesor, formada por restos vegetales, según análisis hecho, y proviene de plantas acuáticas, llamada por las gentes *capa de neme*. Esta ca-

pa se extiende desde Muzú hasta Sibaté en una extensión de 20 kilómetros; otra capa de la misma arcilla blanca, muy dura e impermeable; una capa de arena fina; otra de arcilla gris, blanda y untuosa; una capa de cascajo grueso, rico en agua. En esta capa se perforó un tronco de árbol de un metro de diámetro, que parecía ser de un roble, a 40 metros de profundidad; otra capa de cascajo fino; otra espesa capa de arcilla gris y rojiza.

Al occidente de la Sabana la formación ha sido en varios pozos taladrados: una capa de tierra vegetal de 60 a 90 centímetros; una serie de capas de arcilla gris o rojiza, tal cual canto de arenisca, unas veces blando y otras muy duro; bajo de ellos continúa la arcilla; capas de arena muy fina entre las cuales circula agua a altas presiones, lo que da aguas saltantes a temperaturas variables, según la profundidad del pozo. A 300 metros el agua salió a 15° sobre la ambiente, es decir, a 30°. En todas las perforaciones bajo 200 metros, se han encontrado troncos de árboles, que me han parecido, por los restos sacados por el barreno, ser de roble o de nogal.

En todos los pozos ha salido metano, que prende al acercarle una llama. En uno de ellos a los 120 metros salió a alta presión un chorro de agua y de barro y gas metano, que prendió durante cinco días, al cabo de los cuales se secó totalmente. En

ninguna de las perforaciones hechas parece que se haya llegado al piso primitivo bajo el relleno sedimentario. Este piso debe encontrarse a diferentes profundidades, según la dirección de los contrafuertes de la cordillera, que asoman los promontorios de Tabio y Tenjo, en las islas de Serrezuela y Suba, etc., etc.

La presencia de los troncos de árboles en el piso indica cuán poderosa debió ser la fuerza de las aguas. Fueron arrastrados por la corriente, nadaron en el agua hasta que se depositaron en el lecho ya formado por los sedimentos.

La Sabana de Bogotá es, con el valle de Sogamoso, una de las más bellas y ricas altiplanicies de los Andes colombianos. A una altura media de 2.600 metros sobre el mar, con un temperatura media de 15°, se desarrolla de sur a norte en una extensión de 75 kilómetros y una anchura media de 35 kilómetros. Está casi en la cima de la cordillera oriental y a 10 kilómetros de el divortium aquarum de las aguas que al oriente van al Orinoco y al occidente al Magdalena. En la Sabana hay más de 30 pueblos y ciudades con más de 450.000 habitantes. Está cruzada por carreteras y líneas férreas y en ella se cultivan con opimos frutos el trigo, la cebada, el maíz, la papa, los árboles frutales y las flores de bellos colores y ricos perfumes.

RESUMEN DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE EL BACILO DE LA LEPROA

FEDERICO LLERAS ACOSTA

Director del Laboratorio Central de Lepra.

En el mes de mayo de 1933 comuniqué a la Academia de Medicina de Bogotá haber obtenido un cultivo puro de un bacilo ácido-resistente, sembrando sangre de leproso de formas cutáneas avanzadas en medio de Petraghani. El bacilo cultivado presenta caracteres morfológicos, coloración, manera de agruparse, etc., iguales a los del bacilo de Hansen hallado en la linfa y en el moco.

Desde entonces mi bacilo conserva estos caracteres, a pesar de que ha tenido ya más de 50 pasos.

En estos cuatro años he sembrado 66 sangres de leproso y he obtenido cultivo en 20, o sea un porcentaje de 30,33% de casos positivos.

Todos mis esfuerzos se han dirigido a encontrar la manera de probar la especificidad del bacilo aislado. He llegado a obtener resultados verdaderamente sorprendentes con una reacción de desviación del complemento, usando como antígeno un extracto metílico preparado con mi cultivo. En la preparación de este antígeno he seguido la técnica que siguen Boquet y Negret, del Instituto Pasteur, para la preparación de su antígeno metílico tuberculoso. Con este antígeno practico la reacción siguiendo la técnica de Kolmer.

Si algún leprólogo quisiera comprobar la reacción, tendría mucho gusto en remitirle no sólo todos los detalles de la técnica sino también cultivo y una muestra de mi antígeno.

El resumen de los resultados de la reacción es el siguiente: se han practicado 3.038 reacciones, que se descomponen así:

Primer grupo. 638 reacciones practicadas con sueros de leproso clínica y bacteriológicamente confirmados. De estas reacciones, 634 fueron positivas, o sea un porcentaje de 99,38%, es decir, prácticamente un 100%.

Segundo grupo. 360 reacciones practicadas en individuos clínicamente leproso, pero con ausencia de bacilos en la linfa y en el moco: formas maculo-anestésicas, nerviosas, etc. De estas 360 reacciones fueron positivas 333, o sea un porcentaje de 92,50%. Sumando estos dos grupos, tenemos 998 reacciones practicadas en leproso, con un porcentaje de positividad de 96%.

Es de advertir que la sífilis no tiene ninguna influencia sobre mi reacción, pues en el primero de estos dos grupos hubo un 47% de reacciones de Wassermann y de Kahn positivas, y en el segundo un 24,5%.

Tercer grupo. 211 reacciones practicadas en sueros de hijos de leproso de los lazaretos. De éstas, 24 fueron positivas, o sea un 11,38%. Eaminados estos niños, por leprólogos competentes, resultó que casi todos presentaban algunos signos más o menos sospechosos, como manchas acrómicas y ligeras anestias. En algunos se practicó la punción ganglionar y pudo ponerse en evidencia el bacilo de Hansen.

Cuarto grupo. 211 reacciones practicadas en individuos sanos en apariencia, pero que viven en el lazareto con parientes enfermos. De estas reacciones fueron positivas 39, o sea un porcentaje de positividad de 18,48%. Examinadas cuidadosamente estas personas, entre las cuales la mayor parte son esposas de leproso, se encontró que todas presentaban más o menos signos sospechosos: algunas manchas, algunas anestias, adenitis, etc. En algunas la punción ganglionar permitió poner en evidencia el bacilo de Hansen.

Quinto grupo. 160 reacciones practicadas en personas consideradas como curadas socialmente o próximas a ser consideradas como tales. De éstas, 61 fueron positivas o sea un porcentaje de 38,12%. De estos individuos curados socialmente que dieron la reacción positiva, un examen cuidadoso demostró algunas manifestaciones clínicas, y en algunos todavía la presencia del bacilo de Hansen.

Sexto grupo. 264 reacciones practicadas en individuos afectados de enfermedades no leproso: tuberculosis, sífilis secundaria, escleromas, sarnas, vitiligo, eczemas, psoriasis, lupus, diversas adenopatías, epitelomas, paludismo agudo, amibiasis, anemia tropical, eritema reumatisal, etc. De éstas hubo 4 positivas, o sea un error de 1,52%. De estas 4 hay 2, un eritema reumatisal y una iritis, que no sería raro que fueran de origen leproso, pero fueron enfermos de consulta externa que no pudimos ver.

Séptimo grupo. 1.194 reacciones en individuos sanos, hasta donde es posible averiguarlo. De éstas hubo una positiva, o sea un 0,09% de positividad y esta reacción fue de una mujer a quien se le encontraron unas manchas acrómicas en la espalda.

De esta primera parte de mi trabajo he sacado las siguientes conclusiones:

1ª—La reacción de desviación del complemen-

to en la lepra, empleando como antígeno un extracto metílico de los cultivos del bacilo aislado por mí de la sangre de los leprosos, es específica.

2ª—Por su sensibilidad, la reacción permite descubrir lepras ignoradas y latentes, y por consiguiente asegura un diagnóstico precoz.

3ª—La reacción puede orientar el diagnóstico en casos dudosos, así como también ser factor importante en el diagnóstico diferencial de la lepra con otras afecciones.

4ª—La reacción, convenientemente ejecutada e interpretada, puede llegar a ser la base de una profilaxis verdaderamente científica de la lepra, así como servir para controlar el resultado de los tratamientos.

5ª—Los resultados de la reacción aportan una prueba de innegable valor respecto a la especificidad del bacilo aislado por mí.

He preparado con mis cultivos, sembrando el bacilo en caldo glicerinado al 4%, un producto que llamo "leprolina", y en cuya preparación he seguido la técnica de la preparación de la tuberculina bruta de Koch.

Con esta leprolina practico una prueba que consiste en la inyección intradérmica de 0,2 de c.c. del extracto glicerinado. Esta intradermo-reacción

es positiva en los individuos sanos, en los cuales aparece después de 24 a 48 horas una pápula eritematosa, caliente y que presenta muchas veces en su centro una vesícula. En algunos hay reacción general. En los leprosos la reacción es negativa en un alto porcentaje. En vista de estos resultados, considero que la reacción es una reacción de inmunidad y no una reacción alérgica.

Como última prueba hemos practicado inoculaciones experimentales en curies, conejos, ratas, ratones blancos y macacos. El cultivo lo inyectamos mezclado con el factor T., de Durán Reynals, del Instituto Rockefeller. Debido a este artificio he podido obtener lesiones en estos animales, que consisten en nódulos, en adenopatías, etc. En estas lesiones se ha encontrado el bacilo con su agrupación característica, tanto en los frotis como en los cortes histológicos. El estudio anatomo-patológico hecho independientemente por 3 especialistas, demuestra lesiones muy similares, si no idénticas a las de la lepra humana.

Estas son, en resumen, las investigaciones que he llevado a cabo después de muchos años de continua labor.

Junio de 1936.

CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA ENTOMOLOGIA ECONOMICA Y LOS SERVICIOS DE SANIDAD VEGETAL EN EL PAIS

LUIS MARIA MURILLO

Entomólogo del Ministerio de Agricultura y Comercio.

Basta una información superficial del número de entidades, de las publicaciones y de los profesionales dedicados a la investigación de la entomología económica en los países que en el mundo van a la cabeza del desarrollo agrícola, para que se comprenda la trascendencia indiscutible de esta ciencia.

Para dar una idea, doy los siguientes datos, tomados de los "Documentos relativos a la Conferencia Interamericana de Agricultura", y que corresponden a los Estados Unidos:

a) Las pérdidas causadas por los insectos, valen más de dos millones de dólares, de las cuales se pueden evitar, por lo menos, las dos terceras partes, por medio de la acción de los entomólogos económicos.

b) Hay más de dos mil entomólogos oficiales dedicados al estudio de las plagas.

c) Anualmente se produce un promedio de quinientas publicaciones sobre entomología económica.

d) La difusión y divulgación se hace por cerca de dos mil quinientos agentes, y

e) Para el trabajo de demostración se ocupan cerca de mil quinientos obreros, etc."

No debe pensarse que por la incipiencia de nuestra agricultura, los problemas que atañen a la represión de nuestras plagas, son más sencillos.

En un país de vastísima extensión, sin vías de comunicación suficientes, con ocho millones de habitantes distribuidos en pequeñas agrupaciones, y plenos de libertad para hacer las industrias a su acomodo, armados los cultivadores de una ignorancia refractaria a todo consejo, los sistemas de higienización vegetal mejor concebidos tienen grandes probabilidades de fracaso.

Ante la magnitud del problema, no hallo otro medio para proseguir en la solución, que el de la divulgación intensiva en las escuelas y entre las masas campesinas, acción cultural que debe robustecerse con demostraciones y con campañas en los casos en que se trate de proteger industrias agrícolas verdaderamente organizadas, contra las afecciones de las plagas, como en los casos de la "morrocoyita del banano"; del "muque", el "mosqueador" y el "perforador" de los tubérculos de la

papa; el "gusano rosado" y demás plagas del algodón; las plagas del tabaco, los gorgojos y polillas de los granos almacenados, etc., bien sea por medio de insecticidas, por medios mecánicos, con atrayentes o repelentes, por sistemas biológicos, con suspensión temporal o rotación general de cultivos, con cuarentenas sobre comercio interior de artículos vegetales, o por la implantación obligatoria y general de determinados sistemas, como serían los de graneros para lograr la industrialización y regularización del mercado de cereales y de otros artículos similares sometidos hasta hoy a cotizaciones inciertas, puestas al margen de los movimientos regulares de la bolsa, porque los agricultores no pueden controlar la oferta y la demanda por la imposibilidad de guardar por largo tiempo sus productos, que tienen la amenaza grave y cierta del gorgojo.

Hay algunos problemas de higiene cuya solución no está, sin embargo, en manos del entomólogo; me quiero referir especialmente a los cultivos de cacao y de coco (1).

Muchos de los insectos que parasitan estos cultivos en el país, no son otra cosa, en realidad, que huéspedes saprofitos que han encontrado en la decadencia y la vejez de las plantas, un ambiente propicio para su desarrollo.

Esto me hace pensar en la necesidad de inculcar en el alma del agricultor, la ley fatal de la vida: *Todos los seres nacen, crecen, se desarrollan, envejecen y mueren*, verificándose el ciclo, para cada especie, dentro de un término también fatal.

Los cacaotales y los cocoteros, cuya vida media oscila entre los quince y los treinta años, y los doce y los cuarenta y cinco, respectivamente, ofrecen, entre nosotros, plantaciones envejecidas, muchas centenarias, que han mermado consecuentemente su producción.

Tales cultivos son especies de ancianatos en donde cada baja suele ser sustituida, por sus propietarios, por una planta joven, así como si en la vida humana se organizasen salas-cunas dentro de los asilos de hombres decrepitos.

El envejecimiento de las plantaciones y la esterilidad son, pues, la principal causa de las infor-

(1) Lo mismo puede decirse para el café.

tunadas producciones, que nuestros agricultores no quieren comprender, a pesar de que la experiencia se permite mostrarnos el amargo estigma de la impotencia, cruzado de pronto, como una señal, en la curva de la vida de los distintos seres.

Este punto de higiene es, contra todo lo que los agricultores se imaginan, un problema de total sustitución de las plantaciones.

Si el Estado pudiera emprender por su propia cuenta la fundación de los nuevos cultivos bajo normas estrictamente técnicas, para ofrecerlos después al mejor postor en subastas públicas, sería seguro el éxodo definitivo de los sistemas rutinarios.

Plagas exóticas:

Si es necesario el mantener una lucha contra nuestros insectos dañinos, se impone mayormente una acción enérgica contra la introducción de plagas exóticas.

Para este efecto es necesario el establecimiento de organizaciones de sanidad en los puertos marítimos y terrestres, dirigidas y vigiladas por entomólogos y fitopatólogos especializados en esta materia, y dotadas de cámaras de desinfección y de todos los elementos necesarios para la investigación.

Debido a las dificultades que existen para hacer una dotación completa de sanidad para cada uno

de los puertos de la República, me parece conveniente el que la introducción de artículos vegetales se disponga por dos o tres solamente.

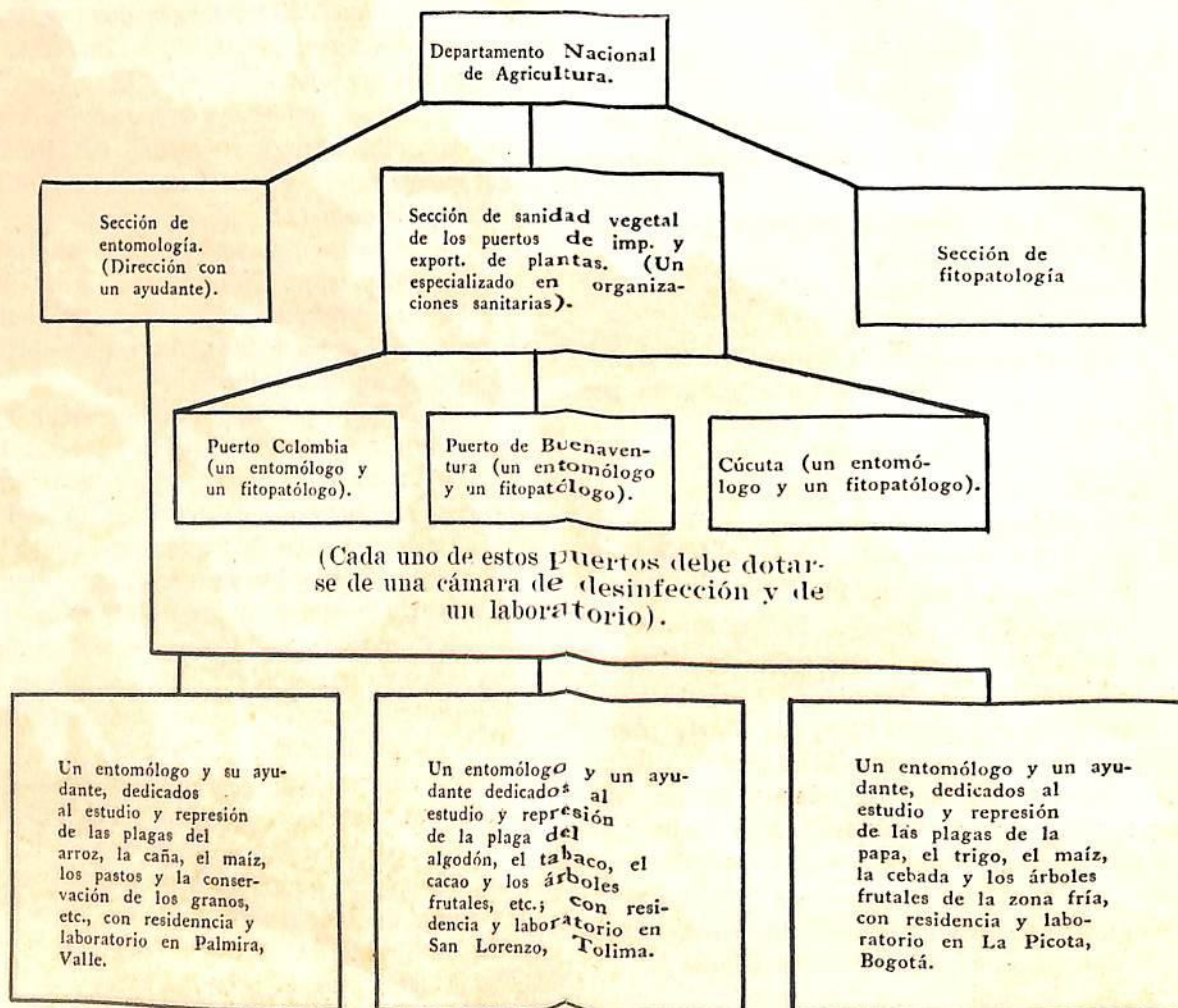
Para dar una idea, aunque sea breve, de la importancia de las organizaciones sanitario-vegetales en los puertos, enumero algunos de los principales insectos cuya introducción al país podría tener desgraciadas consecuencias para nuestro desarrollo agrícola:

El *Pectinophora gossypiella* y el *Anthonomus grandis*, plagas gravísimas del algodón; el *Pyrausta nubilalis*, barrenador de la caña de maíz; el *Stephanoderes coffeae* del café; el *Ceratitis capitata*, el *Popilia japónica* y el *Aleurocantus Woglumi* de los árboles frutales; el *Cosmopolitis sordidus*, del banano; el *Diatrea saccharalis*, de la caña de azúcar; el *Leptinotarsa decemlineata*, de la papa; el *Phytonomus posticus*, de la alfalfa, etc. etc.

Por falta de ese importante servicio, existen, ya aclimatadas en nuestros cultivos, entre otras, las siguientes plagas:

El *Eriosoma lanigerum* del manzano; el *Colaspis hipochlora* del banano; los *Trypopermon spp.* de la papa; el *Araerocerus fasciculatus* del café y del cacao, etc., etc.

Ensayando un esquema de organización de entomología económica para el futuro, podría llegarse a un derrotero igual o semejante al que ahora presento:





EL LEPTINOTARSA DECEMLINEATA, PLAGA GRAVISIMA DE LOS CULTIVOS DE PAPA QUE, COMO MUCHAS OTRAS DE LOS CULTIVOS DEL ALGODON, LA CAÑA DE AZUCAR, EL CACAO, EL CAFE, ETC., NO EXISTEN AUN EN EL PAIS, PERO QUE PUEDEN INTRODUCIRSE SI EL GOBIERNO NO TOMA LAS MEDIDAS INMEDIATAS Y CONVENIENTES PARA EVITARLO.

La forma en que podrían desarrollarse estos servicios puede deducirse, en gran parte, de los informes, proyectos y estudios rendidos por el entomólogo.

Reducido así el problema, a modestísimas proporciones, se necesitarían siete entomólogos y un especializado en organizaciones sanitarias.

Aunque no puede resolverse este problema para el presente, por razones obvias, sí tiene solución para un futuro próximo; veámoslo.

La ley 100 de 1931 faculta al gobierno para enviar al exterior, cada año, en comisión, a tres profesionales del departamento de agricultura, a que se perfeccionen en sus respectivas especializaciones; y la ley 64 del año pasado, lo autoriza para becar hasta diez agrónomos competentes, con el fin de que se especialicen en entomología y otras carreras de importancia para la industria agrícola.

Sí en el caso de la primera de las leyes citadas, aún no cumplida hasta hoy, se escoge a quienes deben cumplir las comisiones, entre aquellos funcionarios del ramo de agricultura que por su hoja de

servicios, el conocimiento que tengan del país, su vocación y su sacrificio ofrezcan mayores méritos, y para el caso de la ley 64, a los agrónomos cuyos méritos universitarios, juventud y conducta revelen más elevadas capacidades, tendrá el departamento de agricultura una feliz oportunidad de mejorar sus servicios para los años venideros, sin que el concurso, tan insinuado por muchos, de los especialistas extranjeros, sea necesario.

Aunque la ley 64 no señala el período o término de las becas, es natural que éstas no durarán menos de cuatro a cinco años, ya que los becados deberán seguir cursos regulares en las universidades extranjeras escogidas para sus estudios.

Muy distinta es la ley 100, en la cual se fijó a los comisionados, muy tinosamente, el término de un año, teniéndose en cuenta que su labor en los laboratorios y estaciones de experimentación a donde concurren, será solamente de perfeccionamiento.

Mayo 15 de 1936.

JOSE CUATRECASAS

Profesor del Jardín Botánico de Madrid y del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Farmacia.

Con motivo de la celebración en Colombia del Segundo Centenario del nacimiento de Mutis (en 5 de abril de 1932), al cual llevé la representación de varios centros culturales españoles, tuve ocasión de hacer algunas excursiones botánicas por los Andes colombianos, que me permitieron efectuar abundantes recolecciones para el Jardín Botánico y algunas observaciones geobotánicas para mí completamente nuevas.

Mi estancia en Colombia duró unos dos meses, pero los actos oficiales que me llevaron a Bogotá absorbieron lógicamente buena parte de este tiempo. Las excursiones fueron realizadas algunas desde Bogotá, en la Cordillera Oriental, y otras desde Ibagué, en la Cordillera Central, además de otras cortas que hice a localidades de la Cordillera Occidental desde Cali, en donde me vi obligado a permanecer unos diez días en espera de barco para emprender el regreso.

Desde Bogotá exploré algunas localidades de la Sierra del Monserrate que miran a la Sabana, principalmente la Quebrada de la Vieja y los matorrales de la falda de La Peña. En compañía del Dr. Pérez Arbeláez, que me prestó valiosa ayuda, recorrí el Páramo de Guasca y visité la estación cafetera de La Esperanza, donde pude estudiar la vegetación que rodea los cafetales. Desde Ibagué exploré cerca del pueblo el exuberante barranco de La Pola y emprendí la ascensión al monte Tolima, cuya cumbre (5,620 m. alt.) no pude alcanzar por la lluvia y falta de tiempo, pero llegué al nivel de la nieve perpetua, a 4,500 m. alt., pudiendo tomar interesantes datos de la vegetación del páramo. Desde Cali fui a la conocida localidad occidental La Cumbre y herboricé en el Cerro de las Cruces.

En total reuní más de tres mil pliegos de plantas, cuya determinación he realizado en su mayor parte en el Museo del Jardín Botánico de Berlín, algunos de cuyos ilustres profesores se prestaron amablemente a determinar algunas de las familias. A todos ellos, principalmente al Director y Subdirector, profesores Diels y Pilger, respectivamente, del citado centro, me complazco en manifestarles mi gratitud por las facilidades que me dieron. Las especies recogidas no están todavía totalmente estudiadas y de ellas pienso publicar

en breve un catálogo con la indicación de cuantas personas colaboraron en su determinación.

El hecho de ser muy poco conocidas las asociaciones vegetales de los países tropicales y sus montañas, es lo que me ha decidido a publicar estas observaciones con unos cuadros de vegetación y fotografías, que creo podrán ser útiles para otros trabajos y generalizaciones geobotánicas. La flora de las regiones tropicales es tan rica y variable, y la vegetación tan exuberante, que el establecimiento de las cliserias podrá hacerse solamente después de un conocimiento muy exacto de todas las climas regionales y locales de los valles andinos. Las líneas generales de los pisos de vegetación y regiones botánicas indicadas por antiguos viajeros fueron establecidas a base de observaciones demasiado locales y hoy no son admisibles.

Por ejemplo: leemos con frecuencia que en los Andes hay en la cliserie altitudinal de Colombia una región caracterizada por las *Chinchona*. Yo no las he visto, así como tampoco los *Polylepis* en el límite altitudinal de los frútices; esto no quiere decir que no los haya (incluso en las mismas localidades), pero sí que no constituyen las dominantes y que aquellas especies que se creyeron características de grandes zonas, serán sustituidas por otras una vez bien conocidas las diversas flores locales. Yo mismo me guardaría de generalizar la distribución de las asociaciones que he obtenido en una ascensión, a toda una cordillera.

Los paisajes estudiados se exponen en cuadros que corresponden a individuos de asociación, a asociaciones o a complejos de asociación. Algunas sinecias tienen una composición caracterizada por dominantes específicas o genéricas que las precisan y denominan. Otras, por el contrario, comprenden varias o numerosas especies en asocietas, todas constantes o características por igual, y son precisamente las sinecias que corresponden o se aproximan más al máximo biológico del planeta (clímax geográfica). La falta de datos sobre la composición de las asociaciones del bosque ecuatorial dificulta su clasificación en tipos. Estas mismas dificultades se presentan para una clasificación de las formaciones que se tienen que basar en factores excesivamente ecológicos.

En la exposición que sigue de los cuadros observados se distribuyen las sinecias según un criterio ecológico, siguiendo la clasificación de H. del Villar, para primeras categorías. Para los subgrupos se utiliza la clasificación ecólogo-morfológica de Diels, según viene en el esquema que se da

más adelante con indicación de las formaciones a que cada asociación corresponde y situación de las mismas en la cliserie altitudinal de los trayectos recorridos.

18 de marzo de 1934.

METODOLOGIA

Criterio geobotánico.

En el estudio e interpretación de las sinecias sigo el criterio sucesionista cristalizado en España en la escuela de Huguet del Villar, de quien uso el método en la exposición y terminología.

Por lo que se refiere al estudio de la asociación se dan para cada especie los índices de sociabilidad y cantidad, con los símbolos convencionales siguientes, referentes a sociabilidad:

Para las climas	Para sinecias no climáticas	
CS = Consocietas	cs = consocias.	(dominancia de una especie).
AS = Asocietas	as = asocias	(dominancia de varias especies).
S = Societas	s = socias..	(distribución regular de la especie por toda la sinecia).
GR = Grex	gr = gregias.	(reunión de los individuos de la especie en uno o varios grupos grandes).
CM = Cúmulus	cm = cumulies.	(acumulación de los individuos de la especie en pequeños grupos).
SP = Sporadium	sp = esporadies.	(representación aislada de la especie por uno o pocos individuos).

Una especie se puede presentar también, por ejemplo, en cúmulus repartidos uniformemente en la sinecia; resulta entonces una societas de cúmulus que se representa por S^{cm}. Así se pueden ofrecer diversas combinaciones de sociabilidad, expresables en forma parecida, por ejemplo S^{gr} significa societas de grex (grex repartidas en societas); S^{sp} societas esporádica (individuos aislados que se repiten regular, pero raramente); etc.

El concepto de dominancia se puede referir a veces a una sola simorfia prescindiendo de las demás de la sinecia. En este caso se habla de una *consocietas simorfial*, *consocias simorfial*, o de una *asocietas simorfial*, por ejemplo.

Y referentes a cantidad:

\bar{S}	= societas cerrada y muy densa.
\bar{S}	= > medianamente densa.
\bar{S}	= > medianamente esparcida.
\bar{S}	= > esparcida.
\bar{S}	= > esporádica o poco más.

Estos índices tienen la siguiente correspondencia con los de la escala de Braun-Blanquet = 5, 4, 3, 2 y 1, respectivamente.

Por estar algunos conceptos todavía poco generalizados y para precisar la acepción que aquí se da a otros, en que no coinciden todos los autores, se dan a continuación las definiciones de los términos más usados en este trabajo:

Sinecia, es un conjunto de seres vegetales, que vi-

ven reunidos, individualizado y definido por la estructura de sus componentes.

Simorfia, es el conjunto de elementos de una sinecia, que presentan la misma forma biológica (biotipo).

Complejo, complejo sinecial, complejo de asociación, es una suma de sinecias relacionadas entre sí, que se suelen distribuir en mosaico formando un conjunto social de superior categoría. A este mosaico de vegetación corresponde siempre otro mosaico ecológico (complejo ecológico). Es un concepto de sineciología estática.

Tipo de sinecia, tipo de asociación, es una variante de asociación caracterizada por las dominantes de una simorfia inferior a la principal. Prácticamente es sinónimo de subsinecia o subasociación

Facies, es una variantes de asociación, explicada por factores ecológicos.

Climax, es el estado de vegetación de una región que ha adquirido el máximo desarrollo (mayor masa) posible, con caracteres de estabilidad, en las condiciones actuales de su clima. Se aplica el término a toda sinecia que alcanza este estado.

Conclímax, es un complejo de sinecias en clímax (complejo de clímax).

Climácico, derivado de clímax, a diferencia de climático, adjetivo de clima.

Serie, es el conjunto de las sinecias que se suceden en el tiempo al evolucionar la vegetación de un territorio. Cada una de estas sinecias constituye una *etapa* de la serie. La clímax es siempre, en una serie, su etapa final.

Priserie, es toda serie que tiene su origen sobre un suelo nuevo. En ella se presentan todas las etapas anteriores a la clímax, desde las más iniciales.

Subserie, es la que se origina sobre un suelo cuya vegetación ha sido destruida. Representa una serie en "recuperación" de la clímax, en la que faltan etapas iniciales.

Peniclímax, es una clímax parcial, en la que por la acción del hombre se conservan unas especies, cuyo desarrollo puede favorecer en perjuicio de otras, que elimina total o parcialmente.

(1) Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, España. Serie Botánica número 27. Año 1934.

Paraclimax, son sinecias de dominantes exóticas con caracteres externos de climax.

Subclimax, son etapas subseriales (o priseriales) estacionadas con apariencia de climax por causas perturbadoras, generalmente antropógenas, de la sucesión normal.

Preclimax, es un estado climácico inferior con respecto a otro; el criterio de superioridad lo determina un factor ecológico, que puede ser la humedad, por ejemplo; en este caso, la climax de una localidad sobre estación seca será *preclimax*, y sobre estación húmeda será *postclimax*. Por ser las condiciones ecológicas en las subseries inferiores a las que determinan la climax, las subclimax resultan ser *preclimax*.

Cliserie, es un conjunto de climax relacionadas en el espacio. Si la sucesión (espacial) viene determinada por la altitud, la cliserie es altitudinal y sus sinecias se distribuyen en pisos.

SIMORFIAS.

En la clasificación de las simorfias me atengo a la de H. del Villar, fundada en los conceptos fisionómicos clásicos (Humboldt, Griesebach) y afine a las de otros autores modernos (Clements, l. c., p. 263). También utilizo las denominaciones latinas creadas (en las distintas clasificaciones) por razón de precisión y universalidad.

En la exposición que sigue, no obstante, se crean algunas modificaciones a la clasificación tipológica por presentar las asociaciones estudiadas tipos biológicos especiales, que procuro definir y situar en la misma.

Así, en los altos páramos andinos existen las plantas del género *Espeletia*, constituídas por un tallo sencillo de uno a tres metros de altura, formados por una recia vara leñosa, cilíndrica y recta de cuatro a diez centímetros de diámetro, terminada por un rosetón de abundantes hojas elíptico-alargadas, densamente cubiertas de un fieltro lanoso blanco o marilento. Las hojas se van renovando por el centro de la roseta a medida que el tallo va creciendo lentamente y al mismo tiempo que las hojas inferiores del penacho se desecan. Las hojas muertas dejan sus largas y anchas vainas imbricadas, formando un estuche compacto y grueso que cubre totalmente en su longitud el verdadero tallo. Las *Espeletia* forman parte de un tipo biológico especial dentro del lignetum y del arboretum: un nanoarboretum que denomino *Caulirossuletum*. En la terminología de Raunkiaer se llamaría *Rossulacaulon* y más claro *Rossulicaulon* (*Phanerophyta rossulata*).

Por otra parte, a medida que se aumenta en altitud, hacia los páramos, los árboles se van reduciendo y el fruticetum se hace cada vez más pequeño, no sobrepasando la altura de otras simorfias bajas (por ejemplo: un graminetum), que for-

man con él un estrato común. Este fruticeto o sufruticeto puede adoptar formas rastreras y reptantes y aun formar céspedes y almohadillas por apretarse sus ramificaciones, entre las cuales los residuos de las hojas muertas o de su putrefacción lenta, forman una masa húmifera compacta, que las protege ocultándolas completamente. Otras veces las ramas se hacen subtérreas y desarrollan al aire sólo partes floríferas provistas de hojas arrosietadas en la base, a ras del suelo. En estos casos puede ocurrir que el tallo esté bastante ramificado o que, por el contrario, lo sea poco, o sencillo, produciendo una sola roseta foliar. Entre estas plantas de tallo subterráneo y hojas en rosetas y las de ramas entrelazadas formando espesas almohadillas o céspedes, existe una serie de formas de tránsito y no se puede establecer una separación completa. Ambas son adaptaciones ecológicas de defensa contra los factores desfavorables del páramo (que determinan la sequedad fisiológica y los mecánicos del viento; véase más adelante), así como la disposición de las hojas en roseta (defensa contra el viento y aprovechamiento de la superior temperatura del suelo) y la aparición de densas vestiduras algodonosas, a veces pluriestratificadas (v. Goebel, l. c., p. 18). Pero en todas estas plantas referidas predomina una tendencia, que consiste en la ocultación de la parte leñosa de la planta, ya haciéndose densa (entre ramas y residuos), ya haciéndose subterránea, y ya, o al mismo tiempo, recubriéndose los tallos un poco salientes con un estuche de vainas foliares (rosuletum de *Erigeron pellitus*).

Todas estas formas, tipológicamente no separables, las reúno en un tipo que llamo *Cryptolignuletum*. Son formas que constituyen un grupo ecológicamente muy natural y que en la clasificación de Raunkiaer vendrían dispersadas entre varios tipos (Camefitas, Hemicriptofitas y aun Criptofitas de muy imprecisa definición aplicada a la vegetación de los Andes). El criterio de considerar la altura de las yemas de reemplazo sobre el nivel del suelo no es aceptable para distinguir nuestras formas biológicas; yo creo que la reducción de la talla de la planta con la altitud no persigue solamente la protección de tales yemas (que es morfológica), y que el hecho biológico que interesa es la tendencia a buscar la protección de los órganos vegetativos normales de la planta, aun conservando su estructura leñosa. En los altos páramos andinos visitados he visto caer la nieve normalmente sobre las plantas en plena actividad vegetativa y de floración, y la nieve no puede ser el elemento protector de las plantas ni de sus yemas en la época desfavorable, porque precisamente el período de reposo (que es el más frío y el de mayores variaciones térmicas) coincide con la época más seca, sin nieve.

El *Cryptolignuletum* comprende, por lo tanto, aquellas formas enanas, con un aparato leñoso más o menos desarrollado, oculto y protegido ya

por el mismo suelo, ya por residuos de sus hojas, ramas o humus que le cubren y rellenan los espacios que separan la trama de sus ramificaciones. Hay varios subtipos; los principales son el *rossuletum* y el *caespitosum* o *pulvinosum*.

En la clasificación de Du Rietz se llamaría *Cryptocorm* en contraposición al *Aerocorm* (es decir, aerolignetum), concepto distinto del *Geocorm*, de

peletia) y estaciones (páramo andino, Kilimandjaro) estas formas desarrollan su tallo en una vara aérea larga, terminada por su roseta foliar. Es decir, que el *Caulirossuletum* es una forma genéticamente derivada del *Cryptolignetum* rosulado y éste lo es del cespitoso. Compárese el *Erigeron pellitus* o *Espeletia* acaules (infantiles) con las *Espeletia* caulescentes. Presentan un tallo cortísimo

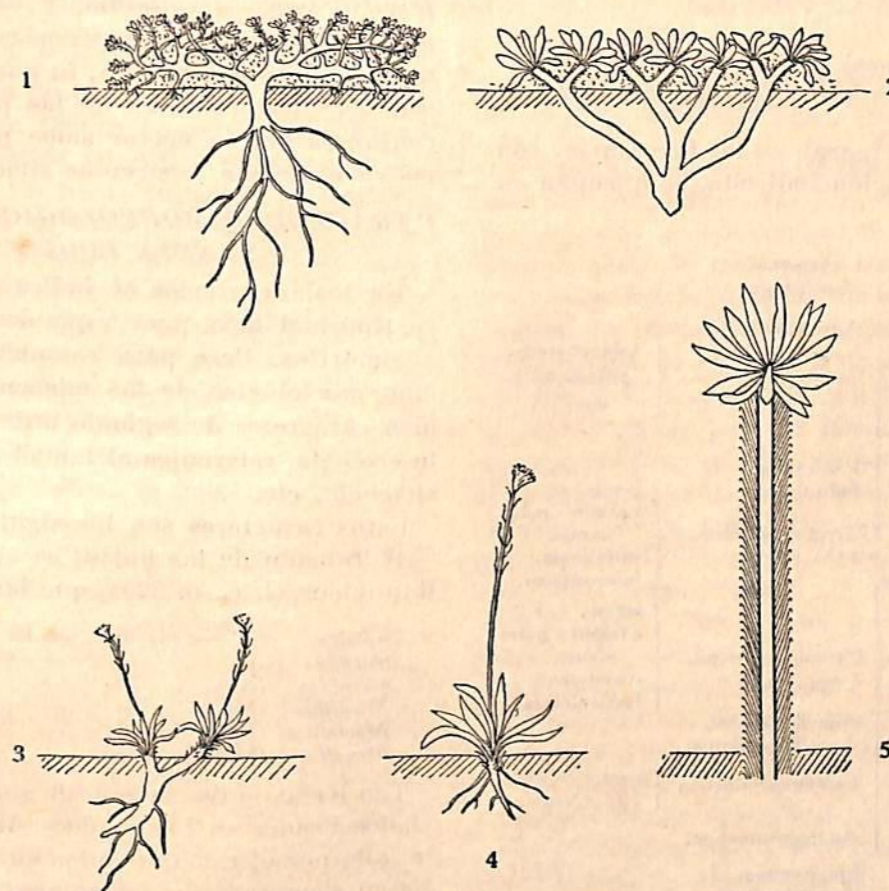


Fig. 1. — Formas de *Cryptolignetum*: 1. El fruticeto se achaparra y las ramas leñosas entrelazadas quedan protegidas por vainas y residuos foliares entre su trama. 2. Las ramas se entierran parcialmente, siendo la parte aérea más reducida, también cubierta, terminando en penachos o en rosetas de hojas. 3. Exageración del caso anterior, que conduce al número 4, de planta típicamente arrosietada. 5. Desarrollo aéreo excepcional del tallo en la planta arrosietada, originando el *Caulirossuletum*.

Du Rietz (l. c., pág. 48), que implica la parte leñosa completamente enterrada.

En cuanto al *Caulirossuletum* nuestro, generalizando, le incluyo otros subtipos biológicos de un porte fisionómico parecido. Son los helechos arbóreos, las monocotiledóneas del tipo *Kingia*, *Yucca* y el palmetum.

Tiene muchísimo interés considerar estas formas en relación con su genética. El rosulicaulon filogenéticamente es forma primitiva y se presenta en los grupos inferiores de las cormofitas (Pteridofitas). En los grupos más superiores de la serie filética (por ejemplo, Compuestas), fenómenos ecológicos (altitud, páramo) originan formas locales reducidas del lignetum que conducen al *Cryptolignuletum*, riquísimo en especies. La forma extrema del *Cryptolignuletum* es el rosuletum (acaulirossuletum); pero en ciertos grupos (*Senecio*, *Es-*

(vulgarmente acaule), cubierto por espeso mechón de vainas foliares; no hay más que considerar que este tallo se alarga para representarnos la filogenia del caulirossuletum (fig. 1). Su origen es por lo tanto derivado. En las Monocotiledóneas son también formas de regresión o derivadas, puesto que lo es toda la clase.

Es interesante que estas formas se encuentren en los países tropicales, donde la climax absoluta se cumple por completo. Pero los caulirossuletum que se encuentran en ella son los de origen primitivo. Los de origen derivado aparecen en las localidades que por circunstancias especiales (altitud, sequía, etc.), las condiciones del medio son priseriales (por ejemplo, las *Espeletia* en el páramo andino).

Con criterio fisionómico clasifico así el caulirossuletum:

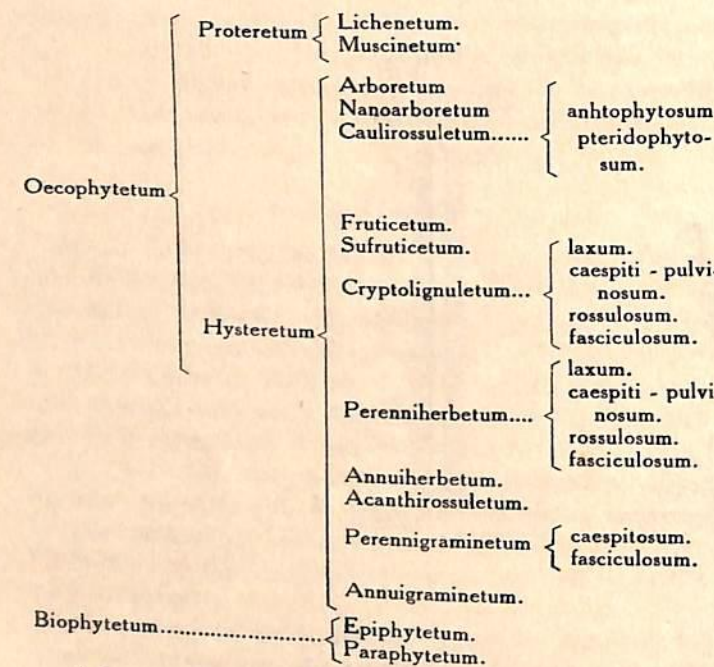
Caulirossuletum { Anthrophytosum Dicotyl. (derivado, ecológico).
 Anthrophytosum Monocotyl. (derivado, sistemático).
 Pteridophytosum (primitivo).

Con criterio genético:

Lignetum → Arboretum - Nanoarboretum
 → Caulirossuletum (filogenético). { Pteridophytosum.
 Anthrophytosum.

Cryptolignetum → Rossuletum:
 Acaulirossuletum → Caulirossuletum (ecológico).

Las simorfias que figuran en los inventarios con arreglo a la clasificación indicada, se agrupan en la forma siguiente:



Además se utilizan algunos nombres muy conocidos de biotipos que comprenden grupos de los antes citados o conceptos parciales de ellos: *lignetum* que comprende las formas leñosas aéreas; *arbusculetum*, diminutivo de arboretum; *palmetum*, subdivisión de arboretum; *elati-herbetum* y *meso-herbetum*, en que a veces conviene desglosar el herbetum (frecuentemente perenni-herbetum); *elati-graminetum*, simorfia de gramíneas gigantes que interesa separar del resto del perennigraminetum; *craso-rossuletum* (*rossuli-crassuletum*), que comprende las plantas crasas arrosadas como las pitas.

Por otra parte, en los inventarios sineciales, además del biotipo, se indican a veces para las especies los subtipos, e incluso caracteres morfológicos, como los que figuran en el capítulo siguiente, que, junto a algunos otros, constituyen lo que se puede llamar "caracteres simorfiales (o biotípicos) secundarios", puesto que completan la calificación tipológica de las especies y de las sinecias.

Algunos de estos caracteres simorfiales, que adquieren la categoría de subtipo biológico, se en-

cuentran en varias simorfias al mismo tiempo, y resulta muy interesante también computarlos en el "esquema tipobiológico" respectivo, con individualidad propia, entre la lista de los caracteres simorfiales secundarios. Tal se hace, por ejemplo, en los subtipos *rossulosum*, *fasciculosum*, *caespitosum*, etc., de diversos biotipos, y al tratarlos con independencia se utilizan aquí con la misma terminación que se da a las simorfias: *rossuletum*, *fasciuletum*, *caespitetum*. Y es que, realmente, más que simorfias o categorías cerradas de las mismas (de los biotipos), lo que importa precisar son las características de las plantas y de sus conjuntos por la mayor suma posible de los que podemos llamar "conceptos simorfiales".

CARACTERES MORFOLOGICOS DE IMPORTANCIA ECOLOGICA.

En los inventarios se indica para cada especie su tipo biológico, puesto que se ordenan conforme a simorfias. Pero para completar la caracterización morfológica de las mismas se indican también caracteres de segundo orden, que interesan a la ecología, referentes al tamaño de las hojas, consistencia, etc.

Estos caracteres son los siguientes:

1º Tamaño de las hojas; se sigue la escala de Raunkiaer (l. c., p. 229), que las clasifica en:

<i>leptofilas</i>	(l)	de superficie inferior a	25	mm ²
<i>nanofilas</i>	(n)	— — a	225	—
<i>microfilas</i>	(m)	— — a	2.025	—
<i>Mesofilas</i>	(M)	— — a	18.225	—
<i>Macrofilas</i>	(MM)	— — a	164.025	—
<i>Megafilas</i>	(MMM)	— — de más que la anterior.		

Las letras entre paréntesis son los índices abreviados usados en los cuadros. Las definiciones de la hoja por el tamaño dadas en los cuadros se refieren siempre a los ejemplares de mi colección y a la misma localidad de la sinecia. En muchos casos la medida oscila sobre el límite de dos tipos, entonces se indica con los índices de ambos separados por un guión (por ejemplo, m-M, indica que las hojas oscilan alrededor de 2.025 mm.², habiéndolas menores y mayores).

2º La consistencia foliar: Si son esclerófilas (cor.), subcoriáceas (subcor. o cart.), o bien herbáceas (h.). Muchas veces se incluyen en las herbáceas hojas de bastante consistencia, pero que no se pueden incluir en las coriáceas o subcoriáceas.

3º El tomento: Se indica también si son pubescentes (pub.), vellosas (vell.), densamente tomentosas (tom.), lanosas (lan.), provistas de abundantes pelos sin orden o rígidos (hisp.), de superficie pulverulenta (pulv.), escabrosa (scabr.), de nervios pubescentes (n. pub.) o de bordes ciliados (cil.). Cuando el tomento o lanosidad está desarrollado sólo en el envés o en el haz de la hoja se indica con una raya colocada debajo o encima de la palabra (*tom*, *lan*). A veces se indica que la vestidura es de color rojizo (roj.).

4º La vestidura de las ramas jóvenes.

5º Particularidades de las hojas: aciculifolias (acicul.), con los bordes revueltos (rev.), imbricadas (imbr.), rugosas (rug.), con secreción viscosa (visc.) (gl.) y divididas (div.). Cuando son compuestas y se toma una foliola por tipo se indica en el lugar correspondiente (fol.).

6º En el graminetum se indica su naturaleza esclerófila en las hojas arrolladas en tubo (revoluti-graminetum) o su naturaleza tenuifolia. 1º, revolutifolio; 2º, planifolio.

ESQUEMAS BIOTIPOLOGICOS.

A cada inventario de asociación le corresponde el llamado "esquema biotipológico" de la misma, en el cual se representa cuantitativamente su estructura simorfial. En todo "esquema" se destina una columna a cada simorfia (o biotipo), con indicación en primer término del número de especies que la representan en la sinecia, y en segundo, de la cifra de su tanto por ciento en la misma.

Además, para cada simorfia y para el total de la sinecia se representan en número de especies y en porcentajes los caracteres morfológicos de importancia ecológica inventariados en los cuadros y diversos conceptos biotipológicos aplicables a varias simorfias.

En muchos de estos "esquemas", además de las simorfias normales, se representa a la derecha del total el lignetum, suma de los biotipos que lo constituyen en la sinecia inventariada; en él se indica también el número de especies y el porcentaje de las mismas en cada carácter e incluso (en la base de la columna) de las simorfias en que puede descomponerse.

Algunos caracteres inventariados se refunden en los "esquemas". Así en "tom" se reúnen las hojas tomentosas, lanosas, hirtas y pubescentes cuando la vestidura es importante.

De este modo la descomposición de la sinecia en sus simorfias, en caracteres simorfiales secundarios y en grupos de simorfias para representar sus porcentajes, facilitará mucho la comprensión de la importancia que cada uno de los caracteres considerados tiene en la definición de las sinecias y en su estudio comparativo.

En el texto, a continuación de cada "esquema biotipológico" se resumen los caracteres biotipológicos de la sinecia en estudio, comentando las características que más sobresalientes le parecieron al autor. La forma detallada y la polifacética de los esquemas permitirá al lector ahondar más en la apreciación de consecuencias. El autor ha tenido siempre en cuenta al estudiar los esquemas biotipológicos las características sociológicas representadas en los inventarios, y la comparación de ambos cuadros (inventario y esquema) será siempre necesaria para deducir resultados reales. En los números que representan tantos por cientos se ha prescindido de las cifras decimales para mayor claridad; sólo en algunos casos se redondean a 0,5. Se tiene en cuenta que la precisión ma-

temática en sineciología es de importancia relativa.

NOTA.— Al considerar las dificultades para clasificar muchas plantas dentro de los tipos establecidos se tendrá en cuenta que la mayoría de las descripciones clásicas de las especies son incompletas y faltas de datos sobre la tipología biológica de la planta. Aquí se atiende siempre a los ejemplares herborizados, en algunos casos también insuficientes, y a las notas y fotografías tomadas en el campo.

HYGROPHYTIA

A. HYGRODRYMIUM

I. SELVA ECUATORIAL DEL MAGDALENA

En gran parte de la cuenca inferior del caudaloso río Magdalena (1) las asociaciones climácicas han sido destruidas por el hombre. La vía natural y fácil de transporte que representa el río ha favorecido la explotación excesiva y exterminadora de la madera en grandes extensiones, la introducción de cultivos y la extensión de los pastos más o menos artificiales. Grandes áreas fácilmente irrigadas por las filtraciones o inundaciones del río forman, una vez suprimidas las conlímax de selva, exuberantes prados de socias de gramíneas (por ejemplo, *Panicum maximum* "yerba guinea", *Tonidion parviflorum* "teatino", *Eriochloa polystachya* "janeiro", *Panicum barbinoide* "yerba pará", *Pennisetum purpureum* "pasto elefante", etc.), introducidas y propagadas por el hombre. De estas paraclímax las más extensas son las consocias del llamado pasto pará, seguramente de más de una especie de gramíneas, y forman parte considerable del mosaico de formaciones del complejo que se extiende a lo largo de la cuenca.

Otras formaciones paraclimácicas que integran dicho mosaico, interrumpiendo las facies o etapas diversas de la conlímax, son los cultivos abundantes y conocidos de plantas tropicales, que prestan al territorio peculiar fisionomía. De ellas principalmente maíz, la caña de azúcar, ñame, batata, yuca, arroz, guayabo, café (por ejemplo, en Calamar), algodón (en Sitio Nuevo), mango, árbol del pan, guamo, papayo, guanábano, poma rosa y también guindo, cerezo, naranjo y olivo (en Bocas del Rosario), muchas de cuyas especies se encuentran en gregios completamente asilvestradas. Las paraclímax más cercanas al máximo autóctono de vegetación son las del *Musaetum*. Los plataneros, en sus diversas variedades o especies (banano, plátano, guineo, cachaco, manzano, bocadillo y respandor), se cultivan extensamente en Colombia, especialmente en el Departamento del Magdalena; pero además de sus formaciones, controladas y cuidadas por el hombre, se encuentran exclaves de

(1) Según datos de la Estación Meteorológica de Honda, de precipitación anual de cerca de 2.000 mm., siendo los meses de mayor precipitación, sin grandes diferencias, los de marzo a mayo y los de octubre a diciembre. Las temperaturas medias anuales son de 28,3 y 29,1º, con máximas frecuentes de 40º y de 23º la mínima absoluta conocida, sin grandes oscilaciones periódicas. Humedad relativa entre 54 y 90.

plantas perfectamente naturalizadas dentro de la vegetación espontánea que forman las asociaciones climácicas o subseriales de la selva.

Una formación típica de la conclímax es el *Palmetum*, que abarca extraordinaria extensión y preside varias asociaciones que difieren por causas ecológicas. De ellas es la más importante, especialmente en la cuenca inferior del Magdalena, la consocietas de *Cocos nucifera*. Ocupa extensas zonas, ya en estado de clímax, ya, y más generalmente, de peniclímax. En los palmares del trayecto medio y superior del Magdalena presiden otras especies, principalmente las llamadas por los indígenas palma amarga, palma de cora, palma real

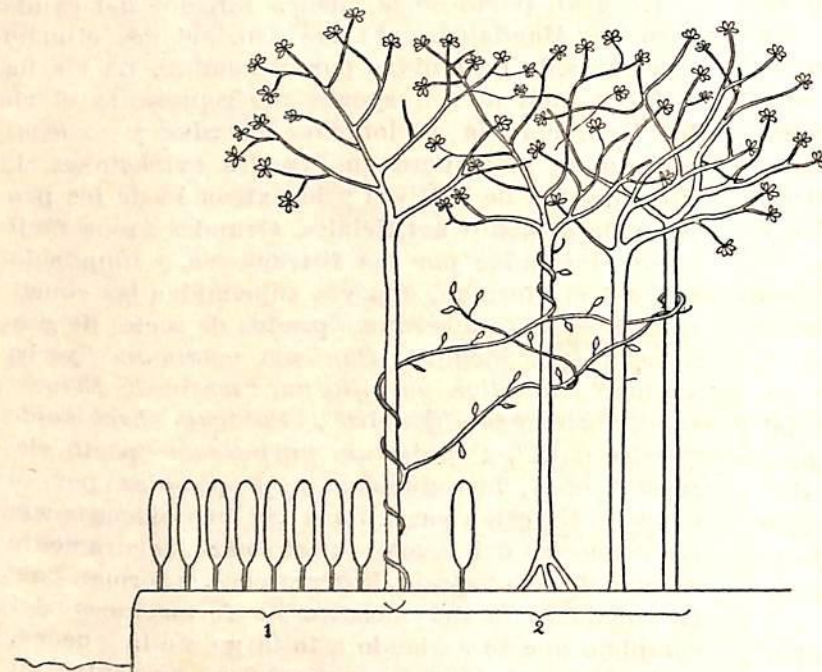


Fig. 2

o de vino (*Cocos butyracea*) y la palma del marfil (*Phytelephas*).

Alternando con el palmetum de *Cocos* y en áreas perfectamente delimitadas, seguramente por zonas de distintas características edáficas, se encuentran asociaciones de estructuras xerofíticas. Son extensas consocietas de *Cereus* sp. de gran desarrollo, presentándose, ya en una facies de *Crassicauletum* puro, ya en la de un *Crassicauletum fruticetosum*. En la segunda son especies acompañantes diversos frútices no estudiados, especialmente leguminosas de estructura xerofítica.

La verdadera clímax, conclímax de asociaciones en la zona del Magdalena, es la selva. En su etapa final sólo se encuentra raramente y en gran parte está representada por extensos fruticetos de sus componentes o de bosques irregular e intensamente mutilados. En mi viaje (prisionero del barco) a lo largo del río, sólo pude observar algunos de sus componentes más destacados, entre ellos las *Cecropia* sp. div. (guarumos), ceibas en societas muy constantes y consocietas locales; *Robinia maculata* en consocietas locales y asocietas; campanos (*Copaifera officinalis*) en societas muy cons-

tantes y consocietas locales extensas, guacamayos (*Rivina octandra*), guayabo, higuerazos (*Ficus* sp. div.) en societas y consocietas locales; cámbulo (*Cassia* div. sp.), jobos, cañandongos, cantagallinos y cabalongos.

Una de las asociaciones de arboretum más abundante en la conclímax es la consocietas de *Cecropiae*, con sus elevadas copas de hojas coriáceas palmaticompuestas, la de ceibas (escasa representación tropofítica), las de campanos y de jobos. Estas sinecias, con otras de arboretum, forman con los palmares la conclímax y su complejo.

Aquí, además de estos tipos biológicos, intervienen otros característicos, el de especies epifitas (Orquídeas Bromeliáceas, helechos) y parásitas (Lorantáceas, Clorantáceas), bejucos, que adquieren enorme desarrollo entre la trama espesísima del arboretum y fruticetum, raíces estribos (lám. II) y otras en el intrincado conjunto característico del bosque higrofítico y megatérmico ecuatorial.

El gigantiberbetum adquiere particular desarrollo, ya como simorfia subordinada del arboretum en la selva clímax, ya como simorfia superior y casi única de una sinecia típica. Cerca de la desembocadura del río Carare he podido observar una de ellas. Constituye una extensa faja de vegetación de varios metros de anchura a lo largo de la orilla y en su mismo borde. Se trata de una espesa consocietas de *Heliconia Biahí* de cuatro o cinco metros de anchura. La asociación constituye con la contigua un complejo de dos clímax en correlación con un complejo ecológico (factor humedad).

En la figura 2 se representa la situación respectiva de los dos individuos de asociación de la conclímax. En la orilla del río, en la parte intensamente afectada por la humedad de éste, existe un exuberante *Heliconietum Biahí* de la siguiente composición:

<i>Heliconia Biahí</i>	CS.....	M M M
<i>Heliconia episcopalis</i>	CS.....	M M M
<i>Calathea altissima</i>	CS y CS local	M M M
<i>Carica Papaya</i>	S.....	M M (láms. III y IV).

La parte distante del margen, y donde se deja sentir en mucha menor proporción la influencia de la imbibición e inundación, la ocupa un arboretum con diversas societas arbóreas y de lianas y epifitas, presidido por *Cecropia* sp. (lám. II).

La relación entre las dos asociaciones no solamente es estático-ecológica, sino también dinámica; ambas representan distintas etapas de la serie. Pero aquí la etapa anterior es precisamente el arboretum. El *Heliconion* (*Heliconietum*, *Calatheaetum*) es la asociación de postclímax, o si se quiere la facies postclimácica. Sus exigencias más higrofíticas sólo le permiten empezar su desarro-



Lámina I
Un aspecto de la peniclímax de *Cocos nucifera* en el litoral de Venezuela, que comparte con formaciones extensas de *Cereus* y cultivos



Lámina II - Fig. 1
Detalle del higrodrímium en la cuenca del Magdalena: consocietas de *Cecropia* provistas de las típicas raíces estribos; elatiberbetum de Escitamíneas; lianas, etc.

Lámina III
Heliconietum Biahí contiguo a un *Cecropietum*. Postclímax de las márgenes del Magdalena, cerca de la desembocadura del Carare.



Lámina II - Fig. 2
Aspecto de la selva del Magdalena en sus orillas, cerca de Bocas del Rosario.

llo a la sombra del bosque mesofítico como simorfia inferior más o menos clara; luego gana terreno en las orillas, donde se va estableciendo en apretadas asociaciones, pero en fajas nunca muy anchas, pues la conservación de su clímax requiere la protección que le presta la vecindad de las simorfias gigantes (láminas III y IV); el bosque ecuatorial mantiene el ambiente de humedad y de sombra que el Heliconion necesita. Donde el bosque ha sido destruido desaparecen generalmente las asociaciones en cuestión o llevan una vida raquítica al lado de los fruticetos preclimáticos. De ello resulta que las asociaciones que forman las *Heliconia* y *Calathea* (u otras Escitamíneas), perfectamente individualizadas, conservan su clímax mientras la mantienen las otras asociaciones contiguas morfológicamente superiores. Las consocietas del Heliconion y la de *Cecropia* constituyen, pues, un complejo asociativo superior, que comprende las dos etapas extremas de la serie en equilibrio (conclímax). Estas asociaciones postseriales ocupan muchos kilómetros a lo largo del río Magdalena.

Numerosas playas o islotes del gran río están desnudos de vegetación, por estar sometidos a constantes inundaciones y acarreos. En algunas playas ya algo levantadas se puede observar la primera etapa priserial, de vegetación abierta pobre, de pasto herbáceo, en que intervienen varias gramíneas; en otras, ya más firmes y antiguas, en una segunda etapa, presentan formaciones fruticosas higrófilas de "mimbre". Son asociaciones de *Salix Humboldtiana* $\overline{\text{C5gr}}$, de fisionomía en un todo parecida a la que ofrecen los Salicetum en las ramblas de nuestros ríos, y muy extendidas a lo largo del río Magdalena, sobre todo en su parte media. En la margen levantada cerca de Canaletal pude observar, sucesiva y especialmente distribuidas, diversas etapas de una priserie que constituían un complejo fitoecológico dinámico.

La figura 3 es un esquema que lo representa en un corte normal a la dirección del río. En 1, la primera etapa sobre los aluviones más recientes, de una consocietas de elatigraninetum de *Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv., acompañada de otras pocas pequeñas especies de gramíneas. En 2, la segunda etapa sobre suelo todavía muy intensamente irrigado, pero ya con cierta cantidad de humus, constituida por un fruticetum alto de *Salix Humboldtiana*. En 3, la tercera etapa en suelo más sólido y horizonte superficial húmifero con el arboretum desarrollado, consocietas de *Cecropia* sp.

No es posible, por lo tanto, confundir o asimilar las consocietas higrófiticas de *Salix* y *Gynerium*, por ejemplo, con las de Zingiberáceas; aquéllas son asociaciones priseriales; éstas, por el contrario, postclimáticas.

También en un islote en las Bocas del río Regla pude observar unas asociaciones priseriales y sacar el inventario de sus componentes.

Es un islote reciente de suelo de aluvión, suelto, con cantos y arena arcillosa desprovista de humus (a simple vista) en las partes abiertas, sujeto a continuadas inundaciones en las partes menos elevadas; algunos puntos alcanzan unos dos metros sobre el nivel del río. Estas partes ofrecen una vegetación con un estrato fruticetoso de unos tres metros de altura, constituido por una consocietas de leguminosas y por societas y consocietas locales de *Salix Humboldtiana*. Un estrato inferior lo constituye un herbetum y una simorfia dominante de graminetum que cubre casi por completo la isla.

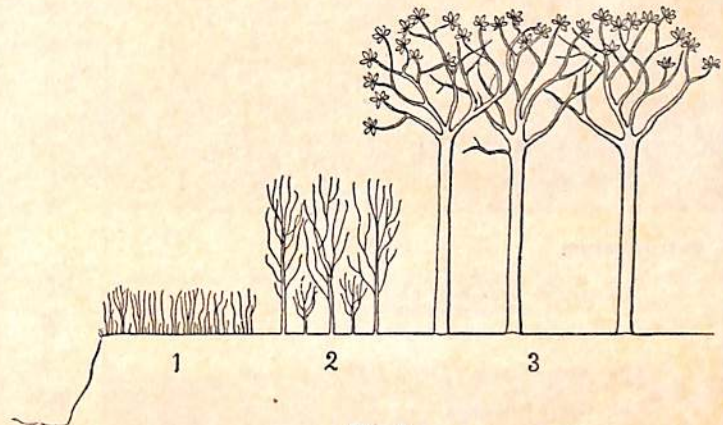


Fig. 3.

En el mosaico vegetativo este estrato es espeso y exclusivo sobre las partes más bajas del islote y de suelo más reciente. Constituye un pasto en el cual, a pesar de intervenir con importancia especies exóticas (yerba pará), es espontáneo. Su composición viene indicada en el cuadro 1.

Se trata de una suma de asociaciones imbricadas en un complejo. La estación estudiada es objeto de una invasión y los componentes del complejo son las primeras etapas de una priserie. Las especies predominantes del graminetum y herbetum (*Imperata tenuis*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum conjugatum*, *Panicum* sp., *Gynerium sagittatum* en las orillas, *Euphorbia*, *Sida*, *Polygonum*, *Blechnum*) son la primera etapa de la serie, exclusivas en las partes más recientes del islote; en lugares más firmes la serie avanza con el fruticetum de *Salix Humboldtiana*, y en lugares más avanzados se suman los otros frutices (que a su vez van localizando el sauce a las estaciones más irrigadas) en una tercera etapa en dirección a la clímax, que aquí es la selva y no se cumple. Resulta el *Mimosion asperatae*, formado por *Gynerietum sagittati*, *Salicetum Humboldtianae* y *Mimosetum asperatae*. El complejo es, en un todo, comparable a la sucesión indicada de Canaletal.

De la observación del cuadro número 1 se destaca una preponderancia de la hoja herbácea (de 75% en el lignetum) y un número ya relativa-

Cuadro 1.
Complejo priserial en Caños del Regla (Magdalena).
(*Mimosion asperatae*).

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia foliar.	Vestidura foliar.	Otros caracteres foliares.	Vestidura de los ramúsculos.	Caracteres especiales.
Fruticetum.							
<i>Salix Humboldtiana Willd.</i>	Š y Gr	m	h.				
<i>Mimosa asperata L.</i>	As	n-m	h.	vell.	div.	tom.	
<i>Neptunia plena Benth.</i>	As	n-m	h.			pub.	
<i>Pithecolobium ligustrinum Klotsch</i>	As	M	cor.		div.		
<i>Cassia alata L.</i>	Š	MM	cor.		div.	± pub.	
<i>Aschynomene sp.</i>	Š	n	h.	vell.	div.	pub.	
<i>Indigofera anil L.</i>	Š	m	h.	vell.	div.	pub.	
<i>Buncosia glauca Kunth.</i>	Š	M	h.			± pub.	
<i>Serjania sp.</i>	Š	m	cor.	pub.		pub.	
<i>Piper tuberculatum Tacq., v. minor</i>	Š	M	h.			pub.	scandens
<i>Desmodium incanum DC.</i>	Š	m	h.	tom.	div.	tom.	scandens
Sufruticetum.							
<i>Trichostigma octandrum (L.) H. W.</i>	Š	m-M	cart.	pub.		pub.	
<i>Sida spinosa L.</i>	Š	n	h.	pub.		pub.	
<i>Chamissoa altissima (Tacq.) HBK.</i>	Š	m	h.			pub.	
<i>Luffa operculata Cogn.</i>	ŠCm	M	h.	pub.		tom.	scandens
<i>Solanum asperrimum Moritz.</i>	Š	M	h.	pub.		tom.	scandens
Herbetum.							
<i>Tessaria integrifolia R. et P.</i>	Š	m	cart.	pub.		pub.	
<i>Jaegeria hirta (Lag.) Less.</i>	Š	n-m	h.			pub.	
<i>Euphorbia thymifolia Burn.</i>	Š	l	h.	pub.		pub.	
<i>Blechnum Brownei Tuss.</i>	Š	n	h.				
<i>Polygonum glabrum Willd.</i>	Š	m	h.				
<i>Jussiaea pilosa HBK.</i>	Š	n-m	h.			pub.	
<i>Cynachum lanceolatum HBK.</i>	ŠCm	n	h.	pub.			scandens
<i>Commelina virginica L.</i>	Š	m	h.				scandens
CAESPITI-FASCICULOSUM.							
<i>Fimbristilis diphylla (Retz.) Vahl.</i>	Gr	n			lineal		
<i>Cyperus ferox L.</i>	Gr	m			lin.		
<i>Heleocharis geniculata R. Br.</i>	Gr	M			lin.		
Elatigraminetum.							
<i>Cynerium sagittatum (Aubl.) P. B.</i>	Gr						
Perennigraminetum.							
<i>Imperata tenuis Hack.</i>	ŠCm						
<i>Hymenachne amplexicaulis (Rud.) Nees.</i>	ŠCm						
<i>Panicum sp.</i>	ŠCm						
<i>Paspalum conjugatum Berg.</i>	ŠCm						
<i>Eriochloa punctata (L.) Harm.</i>	ŠCm						



Lámina VI - Fig. 1

Consocietas de *Bambusa Guadua* en la concímax higrofitica de La Esperanza.



Lámina IV

Calathea altissima, contiguo al *Cecropietum* de la selva del Magdalena. También *gigantiherbetum* postclimático.



Lámina VI - Fig. 2

Cultivos de *Carica Papaya* en La Esperanza. (Cordillera Oriental de Colombia)



Lámina V

Un aspecto de la selva climax de Ibagué (descrita en el cuadro 2.^o) Destacan la *Condaminea corymbosa*, *Anthurium*, sp., numerosas ramas pendientes y lianas que forman la vegetación enmarañada característica de la sinecia (aquí un *Clusietum*).

Esquema biotipológico del cuadro 1.

Simorfas	Fruticetum		Sufruticetum		Peren-herbet.		Elatigraminetum		Perennigram.		TOTAL		LIGNETUM	
Cantidad de especies	11		5		11		1		5		33		16	
Tanto por 100 del total	33,5		15		33,5		3		15				48,5	
	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%
l.	>	>	>	>	1	9	>	>	>	>	1	3	>	>
n.	2	18	1	20	4	36,5	>	>	>	>	7	21	3	19
m.	5	45,5	2	40	5	45,5	>	>	>	>	12	36,5	7	44
M.	3	27	2	40	1	9	>	>	>	>	6	18	5	31
MM.	1	9	>	>	>	>	>	>	>	>	1	3	1	6
MMM.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
cor.	3	27	>	>	>	>	>	>	>	>	3	9	3	19
subcor.	>	>	1	20	1	9	>	>	>	>	2	6	1	6
h.	8	73	4	80	10	91	1	100	5	100	28	85	12	75
rev.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
tom.	5	45,5	4	80	3	27	>	>	>	>	12	36,5	9	56
imbr.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
acicul.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
div.	6	54,5	>	>	>	>	>	>	>	>	6	18	6	37,5
ram. pub.	7	63,5	5	100	3	27	>	>	>	>	15	45,5	12	75
escandentes.	2	18	2	40	2	18	>	>	>	>	6	18	4	25
													Fruticet.	99
													Sufrut. .	31

mente elevado de especies trepadoras (25% en el lignetum) y vellosidad de la hoja poco desarrollada (en un 36%). Ausencia de hojas revueltas por los bordes y aciculares y un predominio de la hoja microfila; este hecho, que está de perfecto acuerdo con el carácter priserial del complejo, contrasta con la sinecia higrofítica climática del Cecropia-Heliconion, caracterizada por un predominio específico y social de las formas macrofilas y megafilas.

II. SELVA DE IBAGUE. (CECROPION)

Cuadro 2.

El individuo de asociación está situado en una vertiente inferior de la Cordillera Central, en el valle de Combeima, junto a Ibagué (en el lugar llamado La Pola). Son las faldas de un cerro de 40° de inclinación, recorrido por un arroyo (1.100-1.300 metros alt.).

El suelo es probablemente laterítico, a pesar de distinguirse un horizonte superficial pardo o negruzco, a juzgar por los profundos depósitos de color rojo que se observan en muchas zonas de esta región.

Los datos meteorológicos conocidos son los siguientes:

Precipitación en cuatro años:

Años	Total Milímetros	MAXIMA		MINIMA	
		Meses	Milímetros	Meses	Milímetros
1924	1.599,3	Mayo	306,5	Julio . . .	34,7
1928	1.825,6	Abril	376,5	Agosto . .	4
1930	1.527,8	Octubr.	319,5	— . . .	12
1931	2.339,2	Abril	430	Agosto y enero	13 y 11

Nótase la cifra elevada de pluviosidad anual, unos 2.000 milímetros. Parece que se reparte en dos estaciones largas durante el año, cuya duración es variable; la primera de febrero a julio, con un máximo de pluviosidad en el mes de abril o mayo; la otra es más corta, y abarca de septiembre a noviembre, pudiéndose retrasar en un mes y aun ofrecer inflexiones de descenso en uno de ellos, en el de octubre por ejemplo. Estas inflexiones se presentan también en el primer período menos pronunciadas, por ejemplo, en marzo de 1924, y excepcionalmente en mayo (año 1930, con máximas en febrero-marzo y octubre-noviembre-diciembre).

Temperatura	1924	1928	1930	1931
Media anual . . .	20,9°	21,5°	22,2°	21,4°
Media máxima . .	26,8° agosto	26° agosto	29° feb-marzo-dic.	28,8° enero
Media mínima . .	16,7° enero	17,6° junio	15,8° junio	13,6° junio
Media mensual máxima	22,6° agosto	22,4° agosto	24,2° marzo	23,4° enero
Media mensual mínima	19,7° enero	21° junio	20,8° junio	19,3° junio
Máxima absoluta . .		28° agosto	40° diciembre	33° enero
Mínima absoluta . .		15° abril	13° febrero	13,5° nov.-dic.

Cuadro 2.

Asociación de selva en Ibagué (Cecropion).

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Arboretum.							
Siparuna macrophylla (HBK) A. DC.	Š-AS local	M	cart.	tom.		tom.	
Siparuna laurifolia (HBK) A. DC.	Š-AS local	M	cor.			pub.	
Inga vera Willd.	Š	M-MM	cor.	tom. roj.	div.	tom. roj.	
Cupania americana L.	Š-AS loc.	M	cor.	tom.		tom.	
Clusia sp. div.	Š-AS y CS loc.	mM-MM	cor-crass.				
Casearia silvestris Sw. f. parviflora Willd.	Š-AS loc.	m-M	cor.				
Casearia aff. praecox Griseb.	Š	m-M	cor.				
Cordia corymbosa (L.) Don.	Š-AS loc.	m	h.	hisp.		hisp.	
Condaminea corymbosa (R. et P.) DC.	Š-AS loc.	MM	cor.			± pub.	
Miconia caudata DC. var stenoura (Tr.)	Š-AS loc.	M	cor.	tom. roj.		pub.	
Trema micranthum (L.) Bl.	S-AS loc.	m-M	cart.	scabr.		tom.	
Boehmeria Pavonii Wedd.	Š	M	± cor.	tom.		tom.	
Urera caracasana Griseb.	Š	MM	h.	hisp.		tom.	
Psidium guineense Sw.	Š	M	cor.	tom.		tom.	
Cecropia sp.	Š-CS loc.	MM	cor.	scabr.		pub.	
Myrcia sp.	Š	m-M	cor.			pub.	
Acalypha macrostachya Tacq.	Š	M	h.	tom.		tom.	
Vismia dealbata HBK. v. hirsutissima (Mill.) MA.	Š-AS	M	cor.	tom. roj.		tom. roj.	
Meriania longifolia (Naud.) Cogn. var. Spruceana (Cogn.)	Š	m-M	cor.		div.	± pub.	
Weinmannia ibaguensis Cuatr.	Š	m	cor.			pub.	
Piper leucophyllum DC.	Š	M	cor.	tom.-scabr.		pub.	
Croton hibiscifolius HBK.	Š	m-M	h.	lan.		lan.	
Sauvagesia erecta L.	Š	MM	cor.	tom. hisp.		tom.	
Fruticetum.							
Cavendishia pubescens (HBK) Hook. var.	Š-GR	M	cor.	hisp.		pub.	
Meriania barbinervis (Naud.) Cogn.	Š	M	cart.				
Clidemia spicata DC.	GR	m-M	± cor.	hisp. tom. roj.	rug.	tom. hisp.	
Clidemia hirta D. Dn.	S-GR	m	h.-cart.	hisp.		hisp.	
Clidemia neglecta D. Dn.	GR	m-M	± cor.	hisp.-roj.	rug.	hisp.	
Mimosa pudica L.	ŠCm	n-m	h.	hisp.	div.	hisp.	
Mimosa somnians H. et B.	ŠCm	n-m	h.	hisp.	div.	hisp.	
Indigofera lespedezoides HBK.	Š	n-m	h.	hisp.	div.	hisp.	
Solanum sp.	Š	m-M	h.	tom.		tom.	
Lantana sp.	Š	m	h.	pub.		pub.	
Baccharis sp.	Š	m-M	h.	tom.		tom.	
Centrosema pubescens Benth.	Š	M	h.	tom.	div.	tom.	scandens
Centrosema sp.	Š	m	cart.		div.		scandens
Mandevilla mollissima HBK.	ŠCm	m	cor.	tom.		tom.	scandens
Passiflora coriacea Tuss.	ŠCm	M	cor.			pub.	scandens
Gonolobus sp.	Š	m-M	cart.	tom.-lan.		tom. roj.	scandens
Piper sp.	Š	m-M	cart.	± pub.			scandens
Smilax Schlechtendali Kunz.	ŠGr	m-M	cor.				scandens
Baccharis rhexioides HBK.	Š	m	h.				scandens
Clibadium villosum Benth.	Š	M	cart.	hisp.-gl.		tom.-lan.	scandens

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades plantas
Calea glomerata Klatt	Š	n-m	cart.	hisp.		pub.	scandens
Calea prunifolia HBK.	Š	m	cor.			pub.	scandens
Vernonia trilactorum Gl.	Š	m-M	cor.	pub.		pub.	scandens
Calopogonium caeruleum Desv.	Š	m					scandens
Eupatorium iresinoides HBK, var.	Š	m	h.	pub.		pub.	scandens
Sufruticetum.							
Koeleria spicata (Humb.) Orot.	Š	M	h.-cart.	vell.-tom.		tom.	
Centropogon cornutus L. Dsne.	Š	M	h.	± pub.		pub.	
Tibouchina longifolia Bail.	Š	M	h.-cart.	hisp.		pub.	
Tibouchina gracilis Cogn.	Š	m	h.-cart.	hisp.		pub.	
Stylosanthes sp.	Š	n-m	h.	hisp.		pub.	
Cuphea strigulosa HBK.	ŠCm	n	h.	cil.		cil.	
Stachyarpeta mutabilis Vahl.	Š	m	h.	tom. lan.		tom.-lan.	
Escobedia scabrifolia R. et P.	Š	m-M	cor.	hisp.		tom.	
Archyrocline saturejoides (Lam.) DC. var.	Š	n	h.	tom.		lan.	
Sida rhombifolia L.	Š	n	h.	pub.		pub.	
Manettia calycosa Griseb.	Š	m	cor.	scabr.		tom.	scandens
Phaseolus truxilensis HBK.	Š	m	± cor.		div.		scandens
Bidens pilosa L.	Š	m	h.		div.		scandens
Eupatorium pycnocephalum Less.	Š	m	h.	hisp.		pub.	scandens
Melothria fluminensis Gardn.	CM	m	h.	tom.		pub.	scandens
Elaterium Trianaei Cogn.	CM	M	h.	pub.	div.	pub.	scandens
Anthurium sp.	ŠCm	MM	h.				scandens
PTERIDOPHYTOSUM.							
Lepycistis lanceolata Diels.	Š	m			div.		scandens
Gleichenia pectinata (Willd.) Pers.	ŠCm	MM-MMM			div.		scandens
Caulirossuletum (Pteridophyt).							
Alsophila elongata Hk.	Š	MMM	± cor.		div.		
Cryptolignatum.							
Blechnum occidentale L.	Š	M-MM			div.		
PTERIDOPHYTOSUM.							
Dryopteris sp.	Š	MM-MMM			div.		
Pteris Kuntzeana Ag.	Š	MM-MMM			div.		
Asplenium sp.	Š	m			div.		
Nephrolepis exaltata L.	Š	M-MM			div.		
PALMOSUM.							
Carludovica palmata R. et P.	GR.	MM	cor.		div.		
Elati-herbetum.							
Anthurium sp.	Š y CS loc.	MM	h.				
Heliconia Mutisiana Cuatr.	(GR)	MMM	h.-cart.	nerv.-vell.			
Heliconia hirsuta L. v. cannoidea (Rich.) B.	(GR)	M-MM	h.-cart.			± pub.	
Costus cylindricus Tacq.	(GR)	M-MM	h.-cart.				
Sobralia sp.	Š	M	h.-cart.				
Loasa dolychostemum Urb. Gilg.	Š	M	h.	hisp.		hisp.	
Chelonanthes acutangulus (R. et P.) Gilg.	Š	M	h.-cart.				

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades hoja.
Meso-herbetum. (Pteridophyt).							
Selaginella.....	Gr y S	l	h.		Conj.MM imbr.		
Elaphoglossum piloselloides (Pr.) Moore.....	Gr	n-m	h.	hisp. roj.			
(ANTOPHYT.)							
Stellaria ovata Willd.....	S	n-m	h.				
Euphorbia arenaria Kunth.....	S	m	h.	pub.		pub.	
Hyptis sp.....	S	m	h.				
Scutellaria Hartwegiana Benth.....	S	m	h.				
Borreria capitata (R. et P.) DC.....	S	n	h.	± hisp.		pub.	
Borreria tenella Ch. et. Sch. var.....	S	n	h.	± hisp.		pub.	
Coccocypselum canescens Willd.....	S(C _m)	m	h.	hisp.		hisp.	
Elephantopus angustifolius Sw.....	S		h.				
Polygala asperuloides HBK.....	S	n	h.			± pub.	
Commelina sp.....	S	m	h.				scandens
Rosula-crasuletum.							
Fourchroya sp.....	SP	MM-MMM					
Perenni-graminetum.							
Lasiacis sorghoidea (Desv.) Hick.....							
Lasiacis divaricata (L.) Hick.....							
Panicum frondescens Meyer.....							
Setaria geniculata (Lam.) P. Beauv.....							
Epiphytetum.							
Epidendrum ibaguense HBK.....	S	m	h.				
Physurus palacaceus Schl.....	S	m	h.				
Paraphydetum.							
Phoradendron gracilispicum Trel.....		m-M	cor.				
Phoradendron sp.....		M	cor.-cras.				
Proteretum.							
Polystictus sanguineus (L.) Mey.....	Sp						

Se observa una gran irregularidad en la distribución mensual de las variaciones de temperaturas, y en algún año una cierta coincidencia entre las temperaturas más elevadas y meses de mínima precipitación. Las variaciones son poco pronunciadas, de sólo tres o cuatro grados en las temperaturas medias mensuales. Las temperaturas más extremas durante tres años son 13° y 40°, que se registraron en 1930. Más generalmente entre 13,5° y 33°. La humedad de la atmósfera oscila entre 61 y 85%.

Esta relativa armonía de factores climatológicos conduce a la *Mesophytia hygrophytica*. Las irregulares variaciones mensuales originan cortos periodos de sequedad relativa, a los cuales se deben las adaptaciones xerofíticas que encontramos en algunas estructuras. Pero como la humedad es muy elevada y esas variaciones anuales no son muy profundas ni regulares, las condiciones ecológicas no alcanzan los caracteres de la *Subhygrophytia*.

Esquema biotipológico del cuadro 2.

Caracteres: De la observación de la sinecia inventariada resulta: Asociación rica en especies (103 observadas). Tanto por ciento elevado de las formas del arboretum y del fruticetum (47,6%) y gran desarrollo de las mismas adquiriendo gran masa. Societas constantes numerosas (y asocietas locales) (*Siparunae*, *Cupania americana*, *Clusia* sp. div., *Casearia silvestris*, *Cordia corymbosa*, *Condaminea corymbosa*, *Trema micranthum*, *Miconia caudata*, *Vismia dealbata*); algunas forman consocietas locales, de las que las más extensas son las de *Cecropia* sp., y las más postseriales parecen ser las de *Clusia*, cuyas grex buscan las estaciones más irrigadas y profundas a pesar de su estructura foliar xerofítica (craso-coriácea).

Lignatum con predominio de micro y mesofilas, ausencia de leptofilas y presencia de macrofilas (8,5%) y aun de megafilas (*Alsophila*). Elevado porcentaje de hoja esclerófila (40%), pero existe un número elevado de hoja eminentemente herbácea (20%) en las mismas simorfias (la macrofila *Urera*, *Cordia*, *Acalypha* y *Croton* en el arboretum) representando los elementos más higrófilos, además de un 21% de hoja semicoriácea o semi-herbácea, por ejemplo las hojas gruesas, rugosas, densamente hirsutas de algunas *Melastomataceas*, que son las consocietas simorfiales más o menos locales del sotobosque. Esta clase de vestidura de las *Melastomataceas* indicadas es adaptación higrófitica en muchos casos por evitar el que se moje la hoja, y la disposición de sus nerviaciones y la terminación aguda de la misma o sus apéndices caudales, que facilitan el escurrimiento del agua, son adaptaciones de algunas especies socialmente importantes en la sinecia (*Miconia caudata*, *Vismia*, *Meriania*...). Las mismas hojas coriáceas no son, excepto en las *Clusia*, muy gruesas y tienen la superficie lisa. El carácter higrófitico se

manifiesta también en la ausencia completa de aciculifolias y hojas de bordes revueltos. Las formas trepadoras intrincadas entre las erguidas son numerosas. La estratificación entre las especies arbóreas y las fruticetas no se puede esquematizar, pues se pasa insensiblemente de los árboles más elevados (50 m.) hasta los pequeños de tres o cuatro metros (*Croton*, *Piper*), y los frutices, por otra parte, confunden sus ramajes con el arboretum desde algunos que alcanzan seis u ocho metros (por ejemplo, *Cavendishia pubescens*) hasta los más bajos, sobrepasados por el herbetum.

El sufruticetum (18,5%) es un semi-herbetum donde la hoja herbácea es casi exclusiva, generalmente con vestidura más o menos tomentosa, predominando las formas micro y mesofilas también. La mitad del mismo son formas escandentes, entre ellas Pteridofitas, y la característica arácea macrofila *Anthurium* sp.

El caulirrosuletum es higrófitico (pteridofitum), bien desarrollado, megafilo y fisionómicamente característico.

El criptolignuletum es un 83% pteridofitoso y encierra abundantes especies frondosas macro y megafilas del exuberante sotobosque. El nanopalmetum de *Carludovica*, que forma grex postclimáticas locales, se incluye también en esta simorfia. Faltan formas rosuladas.

En la frondosidad de este sotobosque polisimorfial el elatierbetum (7%) es nota llamativa, especialmente las grex de *Heliconia* y de *Costus*, que señalan facies postclimáticas en estaciones más irrigadas, y las societas de *Anthurium* sp. y *Sobralia* sp. constantes y consocietas simorfiales. La macro y megafilia de alguna de estas especies, como la de un *Anthurium*, bejuco con superficie lisa, brillante, impermeable y llamativa, entre la maraña complicadísima de simorfias entrelazadas, contribuyen en alto grado a dar al interior de la selva su fisionomía peculiar (lám. V).

El meso-herbetum, sin características especiales, es la única simorfia que presenta una especie leptofila, predominando las microfilas; es también elemento interesante del sotobosque (11,5%), y especialmente la grex de *Selaginella*.

El rosula-crasuletum en societas o grex esporádicas de *Fourchroya* es de extraña explicación en tal sotobosque.

El graminetum es poco importante, y en cambio lo son las formas epifíticas y parásitas fruticetas (*Phoradendron*).

Sistemáticamente se acusan las *Melastomataceas*, *Gutíferas*, *Monimiáceas*, *Rubiáceas* y *Urticales*, y en segundo plano *Leguminosas*, *Compuestas*, *Sapindáceas*, *Monocotiledóneas*, etc. Las Pteridofitas están bien representadas en varias simorfias, desde las arbóreas hasta la minúscula *Elaphoglossum piloselloides*, y son importantes elementos fisionómicos.

Esquema biotipológico del cuadro 2.

Simorfias	Arboret.	Fruticet.	Sufrut.	Criptolig.	Caulitros.	Elati-herb.	Meso-herbelum	Crassoros.	Perenni-graminet.	Epiphyt.	Paraphyt.	Proteret.	TOTAL	LIGNETUM
Cantidad de especies	23	25	19	6	1	7	12	1	4	2	2	1	103	70
Tanto por 100 del total	22	24	18,5	6	1	7	11,5	1	4	2	2	1		67,5
	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%
l.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	1	1
n.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	9	9
m.	5	22	14	56	3	16	1	17	>	>	>	>	40	39
M.	13	56,5	9	36	4	21	1	17	>	>	>	>	32	31
MM.	5	22	>	>	1	5	3	50	>	>	>	>	12	11,5
MMM.	>	>	>	>	1	5	1	17	1	100	>	>	4	4
cor.	16	69,5	7	28	2	10,5	1	17	1	100	>	>	29	28
subcor.	3	13	8	32	4	21	>	>	>	>	>	>	16	15,5
h.	4	17,5	10	40	>	>	5	83,5	>	>	>	>	43	42
rev.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
tom.	14	61	17	68	12	63	>	>	>	>	>	>	47	45,5
imbr.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	1	1
acicul.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
div.	2	9	5	20	5	26	6	100	1	100	>	>	19	18,5
ram. pub.	18	78	19	76	13	68,5	>	>	>	>	>	>	54	52,5
escandentes.	>	>	14	56	9	47,5	>	>	>	>	>	>	24	23
pteridofitosum.	>	>	>	>	2	10,5	5	83,5	1	100	>	>	>	>
rosulosum.	>	>	>	>	>	>	>	>	1	100	>	>	7	7
fruticosum.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	2	100	3	3

La Quebrada de El Sacrificio.

Las asociaciones, aun a poco más de 1.000 m. de alt., conservan completamente la exuberancia de formas y macro-formas de la selva baja ecuatorial, especialmente las estudiadas o vistas en las vertientes inferiores de los Andes del Tolima. En estaciones de las mismas, que por falta de tiempo sólo pude atravesar rápidamente, las observé todavía más exageradas, por ejemplo en el Cañón de Cay, a 1.500 m. de alt., en las orillas del arroyo junto a su desembocadura al río Combeima. Entre las especies arbóreas de gran altura se ven *Cassiae*, *Ficus*, *Urera caracasana*, alguna palmera, fruticetos muy desarrollados; pero dan a la asociación la fisionomía característica los bejucos de gran desarrollo. Entre ellos *Anthurium* muy típicos que se entrelazan con los árboles; el matorral con sus inflorescencias y grandes hojas llamativas, y los *Smilax* que, como en nuestros países la yedra, cubren densamente matorrales y grandes árboles enteros en su exceso de prosperidad. Las epifitas son, con estas lianas, otra forma biológica importantísima por su densidad (helechos, Bromeliáceas, Orquídeas), y por lo llamativo ya de sus órganos vegetativos (helechos, Bromeliáceas, líquenes, musgos), ya por la vistosidad de sus flores (Bromeliáceas, Orquídeas).

El estrato medio (de tres a cuatro metros de altura) es sumamente interesante por la densidad de las macro y megaformas herbáceas o arbustivas frondosas, como son: *Urera baccifera* (S^{GR} y CS simorf.), *Meriania nobilis* (S^{GR}, AS simorf.) y *Piper subpeltatum* (S^{GR}, AS simorf.), y además *Gunnera chilensis* (GR), *Anthurium* (hojas hasta

dos metros, GR), *Ricinus communis* (S), *Bocconea arborea* (S^{GR}) *Rubus* (GR).

La inclinación del suelo no es obstáculo para que se manifieste este mismo tipo de vegetación, que se presenta con los mismos caracteres en las vertientes de la Quebrada, por ejemplo, en toda la falda llamada El Sacrificio, entre unos 1.700 y 2.600 metros de altura, con una pendiente de 60 y más grados. Aquí, entre el arbolado espeso y enorme y los matorrales colgantes y entrelazados de *Smilax*, vi *Cavendishia Mutisiana*, *Meriania nobilis*, *Acalypha subandina* v., *Phyllanthus* sp. *Solanum heterophyllum*, *Solanum asperrimum*, *Tovaria pendula*, *Elleanthus* sp., *Pedicellaria lateralis*, *Monnina Sodiroana*, *Loasa triphylla* var., *Browallia speciosa*, *Habracanthus sanguineus*, *Besleria* sp., *Kohleria tolimensis*, *Gurania Antranii*, *Urera baccifera*, *Piper subpeltatum* y helechos. En este complejo, además de aquellas formas biológicas ya citadas (epifitas, bejucos), es constante el micro-arboretum de helechos arbóreos. En dicha estación se observa la transición climática de la parte baja a la superior; en ésta las consocietas climáticas se transmiten a las *Weinmannia*, *Clusias*, etc., del bosque templado.

El carácter climático de las especies de esta asociación se manifiesta también en lo abundantemente repartidas que, como residuos, se encuentran en las estaciones donde la climax fue exterminada. Así vemos en todas partes, incluso entre las mismas huertas, márgenes abandonados de caminos y arroyos dentro del pueblo de Ibagué y en los extensos cafetales con guamos, exuberantes ejemplares y grupos de guadas, ricinos, croton, cecropias, casias, guamos, *Ficus*, etc., en unión de

Cuadro 3.

Bosque en La Esperanza (Ingion).

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Arboretum.							
<i>Inga marginata Willd.</i>	S	M	cor.		div.		
<i>Inga vera Willd.</i>	S	M-MM	cor.	tom.	div.	tom.	
<i>Inga spectabilis Wild</i>	S	M	cor.		(fol.)		
<i>Inga sp.</i>	S	M	cor.		div.		
<i>Cassia bicapsularis L.</i>	S	M	cart.		div.		
<i>Cassia bacillaris L.</i>	S	M-MM	cor.	tom.	div.	tom.	
<i>Jacaranda brasiliana (Lamk.) Pers.</i>	S	l	cor.	hisp.	(fol.)		
<i>Cecropia Mutisiana Milbr.</i>	S	MM	cor.	tom.-scabr.		tom.	
<i>Guazuma ulmifolia Lam. v. tomentosa (HBK.) K. Sch</i>	S	M	h.	pub.		tom.	
<i>Cordia corymbosa (L.) Don.</i>	S	m	subcor.	tom. roj.		tom.	
<i>Urera caracasana Griseb.</i>	S	MM	h.	hisp.		tom.	
<i>Salix Humboldtiana Willd.</i>	S ^{Gr}	m	h.				
<i>Chlorophora tinctoria (L.) Gand</i>	S	m	h.	pub.		pub.	
<i>Psidium guineense Sw</i>	S	M	cor.	tom.		tom.	
<i>Psidium guayaba L.</i>	S	M	cor.	pub.		tom.	
<i>Anona cherimolia Mill.</i>	S	M	cart.	tom.		tom.	
<i>Crescentia Cujete L.</i>	S	m	cor.				
<i>Solanum sp.</i>	S	M-MM	cor.				
<i>Erythrina aff. micropteryx Poepp.</i>	S	M	cart.		div.		
<i>Croton hybiscifolius HBK.</i>	S	M-MM	subcor.	lan.		lan.	
<i>Carica Goudotiana Tr. et. Pl.</i>	S	MM	h.		(fol.)		
<i>Sambucus sp.</i>	S	m-M	h.				
<i>Acalypha macrostachya Taq. var. hirsutissima (Mill) M. A.</i>	S	M		tom.		tom.	
Fruticetum.							
<i>Cassia riparia HBK.</i>	S	m	h.		div.	hisp.	
<i>Cassia hirsuta L.</i>	S	M-MM	h.	hisp.	div.	hisp.	
<i>Gliricidia sepium (Taq.) Steud</i>	S	M	h.		div.	± pub.	
<i>Baccharis quitensis Kunth var.</i>	S	m	cor.		rev.	pub.	
<i>Zinnia elegans Taq.</i>	S	m	cart.	hisp.		pub.	
<i>Phyllanthus acuminatus Vahl.</i>	S	n-m	h.		(fol.)	pub.	
<i>Miconia desmantha Benth. v. cordata</i>	S	M	cart.	tom. hisp. roj.	rug.	tom.hisp.roj	
<i>Clidemia neglecta D. Dn.</i>	S	m-M	subcor.	tom hisp.		pub.	
<i>Lantana sp.</i>	S	m	h.	pub.		tom.	
<i>Mimosa pudica L.</i>	S	n-m	h.	hisp.	div.	pub.	
<i>Indigofera anil L.</i>	S	m	h.	hisp.	div.	pub.	
<i>Indigofera lespedezoides HBK.</i>	S	n-m	h.	hisp.	div.	pub.	
<i>Piper dilatatum Rich. form.</i>	S	M	cart.	nerv. pub.		pub.	
<i>Lycianthes sp.</i>	S	m	h.			pub.	scandens
<i>Trichanthera gigantea HBK.</i>	S	M	cor.			tom.	
<i>Smilax campestris Griseb.</i>	S ^{Gr}	M	cor.				scandens
<i>Clematis sericea HBK.</i>	S ^{Gr}	M	cart.	tom. arg.	div.	tom.	scandens
<i>Cissampelos Pareire L.</i>	S	m	cart.	tom.			scandens
<i>Mucuna Andreana Mich.</i>	S ^{Cm}	M	cart.		div.	pub.	scandens

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Mucuna altissima DC	ŠCm	M-MM	cart.		div.	pub.	scandens
Canavalia ensiformis DC	Š	M-MM	cart.		div.	± pub.	scandens
Vitis caribea DC	Š	M	cart.	tom.		tom.	scandens
Passiflora quadrangularis L	Š	M	cart.				scandens
Passiflora alba L. et Ott	Š	M	cart.				scandens
Passiflora biflora Lam	Š	m	cart.				scandens
Paulinia sp	ŠCm	M	cart.				scandens
Oxypetalum riparium HBK	Š	m-M	cart.	pub.		pub.	scandens
Echites trifida Tacq	Š	m-M	cor.				scandens
Eupatorium turbacense Hieron	Š	M	h.				scandens
Melochia mollis HBK	Š	M	h.-cart.	tom.		tom.	scandens
Melochia venosa L. K. Schum	Š	m-M	h.-cart.	tom. lan.		tom.	scandens
Scutellaria Ventanati Hook	Š	m	h.	tom.		tom.	scandens
Indigofera mucronata Spreng	Š	m	h.	hisp.	div.	hisp.	scandens
Triumfetta diversifolia Karsten	Š	m	h.	hisp.		hisp.	scandens
Buetneria mollis HBK	Š	M	h.	tom.	spinos.	tom.	scandens
Sufruticetum.							
Centropogon cornutus L. Desn	Š	M	h.	± pub.		pub.	scandens
Acalypha villosa Tacq	Š	m	h.	lan.		pub.	scandens
Stylosanthes sp	Š	n-m	h.	hisp.		hisp.	scandens
Visradula hirsuta Presl	Š	M	cart.	tom.		tom.	scandens
Iresine celosioides L	Š	m-M	h.				scandens
Adenaria floribunda HBK	Š	m	h.			pub.	scandens
Cuphea racemosa (Mut.) Sp. var. tropica Ch. Schl	Š	m	h.			cil.	scandens
Zoonia diphylla Pers	Š	n	h.			± pub.	scandens
Capsicum baccatum L	Š	m	h.	± hisp.		pub.	scandens
Stachycharpheta mutabilis Vahl	Š	m	h.	tom. lan.		tom.	scandens
Stachycharpheta dichotoma Vahl	Š	m	h.	± cil.		± hisp.	scandens
Desmodium tortuosum DC	Š	m	h.	± hisp.	div.		scandens
Desmodium frutescens (Tacq.) Sch	Š	m	h.	± hisp.	div.		scandens
Centrosema brasilianum Benth	Š	M	cart.		div.	pub.	scandens
Centrosema Plumieri Benth	Š	M	cor.	tom.	div.	tom.	scandens
Desmodium uncinatum DC	Š	M	h.	tom.	div.	tom.	scandens
Calopogonium aff. caeruleum Desv.	Š	M	h.		div.		scandens
Eupatorium pycnocephalum Less	Š	m	h.	hisp.		pub.	scandens
Cardiospermum corindum L	Š	m	h.	pub.	(fol.)	pub.	scandens
Cissus sicyoides L	Š	M	cart.	pub.		pub.	scandens
Teramnus uncinatus Sw	Š	m	cart.	hisp.	div.	tom.	scandens
Clitoria ternatea L	Š	m-M	h.		div.	pub.	scandens
Decaschampia scandens L	Š	m	h.	vell.		vell.	scandens
Melothria fluminensis Gardn	Š	m	h.	tom.		pub.	scandens
Capsicum sp	Š	m	h.	± hisp.		pub.	scandens
Cryptolignuletum.							
Dryopteris sp	Š	MM	h.		div.		scandens
Nephrolepis exaltata L. f. Neuberteri	Š	M-MM	h.		div.		scandens
Perenni-herbetum.							
Canna glauca L	GR	M-MM	h.				scandens
Canna coccinea Mill	GR	MM	h.				scandens
Monnina padifolia (Bonpl.) Chod	Š	m-M	h.			pub.	scandens

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Anoda acerifolia Du	Š	m	h.				scandens
Malachra rudis Benth	Š	m	h.			pub.	scandens
Jussiaea erecta L	Š	n-m	h.				scandens
Jussiaea peruviana L	Š	n-m	h.		div.	vell.	scandens
Artemisia Abrotanum L	Š	m-M	h.				scandens
Ricinus communis L	Š	MM	h.				scandens
Asclepias curassavica L	Š	m-M	h.			pub.	scandens
Mirabilis Jalapa L	CM	M	h.				scandens
Amaranthus caracasanus HBK	Š	m-M	h.			pub.	scandens
Amaranthus caracasanus HBK	Š	n	h.	pub.		pub.	scandens
Crotalaria nitens HBK	Š	m	h.	tom.		tom.	scandens
Euphorbia hirta	Š	n	h.	hisp.		pub.	scandens
Euphorbia lasiocarpa Pl	Š	n	h.	pub.		pub.	scandens
Euphorbia graminea Tcq	Š	n	h.				scandens
Eryngium foetidum L	Š	m-M	h.				scandens
Heliotropium indicum L	Š	m-M	h.	± hisp.		pub.	scandens
Verbena littoralis HBK	Š	m	h.			hisp.	scandens
Hyptis mutabilis Briq	Š	m	h.	pub.		pub.	scandens
Hyptis obtusata Benth	Š	n-m	h.	tom.	rug.	tom.	scandens
Leonotis nepetifolia R. Br	Š	M	h.	± pub.		± pub.	scandens
Browallia demissa L	Š	M	h.				scandens
Blechum Brawnei Tuss	Š	n	h.	± hisp.		± hisp.	scandens
Borreria laevis (Lam.) Griseb	Š	m	h.			± pub.	scandens
Arenaria lanuginosa Rohr. Mart	Š	n	h.	pub.		pub.	scandens
Nasturtium hispidum (Dew.) DC. v. glaucum O. E. Schultz	ŠCm	M	h.	± hisp.	div.	± pub.	scandens
CRASSULOSUM.							
Portulaca oleracea L	Š	n-m	crass.				scandens
Talimum patens (Tacq.) Willd	Š	m	crass.				scandens
FASCICULOSUM.							
Kyllingia pumila f. elatior	Š	m	h.		lineal		scandens
Cyperus Mutissi (HBK.) Griseb	Š	m	h.		lineal		scandens
Zebrina pendula Scht	Š	m	h.				scandens
Commelina nudiflora L	Š	m	h.				scandens
Annuiherbetum.							
Borreria ocymoides (Hier.) DC	Š	n	h.				scandens
Galingsonia hispida Hier	Š	m	h.	± hisp.			scandens
Lepidium virginicum L. v. centrali-amer. Thel	Š	m-M	h.			± pub.	scandens
Perennigraminetum.							
Paspalum Humboldtianum Fluegge	ŠCm						scandens
Paspalum fimbriatum Kunth	ŠCm						scandens
Eriochloa punctata (L.) Ham	ŠCm						scandens
Eragrostis pilosa (L.) P. Beauv	ŠCm						scandens
Oplismenis Burmanni (Retz.) P. Beauv	ŠCm						scandens
Elati-cauli-graminetum.							
Guadua sp	GR local						scandens
Epiphytetum.							
Tillandsia recurvata L	Š	n			lineal	hisp.	scandens
Galeandra Beyrichii R. f	CM				vainas		scandens
Paraphytetum.							
Phoradendron Trianae Eich	Š	m-M	cor-crass.				scandens
Struthanthus sp	Š	n-m	cor.				scandens
Struthanthus orbicularis (HBK.) Eich	Š	M	cor.				scandens
Phthirusia pyrifolia (HBK.) Eich	Š	m-M	cor.				scandens

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Mucuna altissima DC	Š Cm	M-MM	cart.		div.	pub.	scandens
Canavalia ensiformis DC	Š	M-MM	cart.		div.	± pub.	scandens
Vitis caribea DC	Š	M	cart.	tom.		tom.	scandens
Passiflora quadrangularis L	Š	M	cart.				scandens
Passiflora alba L. et Ott	Š	M	cart.				scandens
Passiflora biflora Lam	Š	m	cart.				scandens
Paulinia sp	Š Cm	M	cart.				scandens
Oxypetalum riparium HBK	Š	m-M	cart.	pub.		pub.	scandens
Echites trifida Tacq	Š	m-M	cor.				scandens
Eupatorium turbacense Hieron	Š	M	h.				scandens
Melochia mollis HBK	Š	M	h.-cart.	tom.		tom.	
Melochia venosa L. K. Schum	Š	m-M	h.-cart.	tom. lan.		tom.	
Scutellaria Ventanati Hook	Š	m	h.	tom.		tom.	
Indigofera mucronata Spreng	Š	m	h.	hisp.	div.	hisp.	
Triumfetta diversifolia Karsten	Š	m	h.	hisp.		hisp.	
Buetneria mollis HBK	Š	M	h.	tom.	spinos.	tom.	
Sufruticetum.							
Centropogon cornutus L. Desv	Š	M	h.	± pub.		pub.	
Acalypha villosa Tacq	Š	m	h.	lan.		pub.	
Stylosanthes sp	Š	n-m	h.	hisp.		hisp.	
Visradula hirsuta Presl	Š	M	cart.	tom.		tom.	
Iresine celosioides L	Š	m-M	h.				
Adenaria floribunda HBK	Š	m	h.			pub.	
Cuphea racemosa (Mut.) Sp. var. tropica Ch. Schl	Š	m	h.			cil.	
Zoonia diphylla Pers	Š	n	h.			± pub.	
Capsicum baccatum L	Š	m	h.	± hisp.		pub.	
Stachycharpheta mutabilis Vahl	Š	m	h.	tom. lan.		tom.	
Stachycharpheta dichotoma Vahl	Š	m	h.	± cil.		± hisp.	
Desmodium tortuosum DC	Š	m	h.	± hisp.	div.		scandens
Desmodium frutescens (Tacq.) Sch	Š	m	h.	± hisp.	div.		scandens
Centrosema brasilianum Benth	Š	M	cart.		div.	pub.	scandens
Centrosema Plumieri Benth	Š	M	cor.	tom.	div.	tom.	scandens
Desmodium uncinatum DC	Š	M	h.	tom.	div.	tom.	scandens
Calopogonium aff. caeruleum Desv	Š	M			div.		scandens
Eupatorium pycnocephalum Less	Š	m	h.	hisp.		pub.	scandens
Cardiospermum corindum L	Š	m	h.	pub.	(fol.)	pub.	scandens
Cissus sicyoides L	Š	M	cart.	pub.		pub.	scandens
Teramnus uncinatus Sw	Š	m	cart.	hisp.	div.	tom.	scandens
Clitoria ternatea L	Š	m-M	h.		div.	pub.	scandens
Delechia scandens L	Š	m	h.	vell.		vell.	scandens
Melothria fluminensis Gardn	Š	m	h.	tom.		pub.	scandens
Capsicum sp	Š	m	h.	± hisp.		pub.	scandens
Cryptolignuletum.							
Dryopteris sp	Š	MM	h.		div.		
Nephrolepis exaltata L. f. Neuberteri	Š	M-MM	h.		div.		
Perenni-herbetum.							
Canna glauca L	GR	M-MM	h.				
Canna coccinea Mill	GR	MM	h.				
Monnina padifolia (Bonpl.) Chod	Š	m-M	h.			pub.	

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Anoda acerifolia Dv	Š	m	h.				
Malachra rudis Benth	Š	m	h.				pub.
Jussiaea erecta L	Š	n-m	h.				
Jussiaea peruviana L	Š	n-m	h.			div.	vell.
Artemisia Abrotanum L	Š	m-M	h.				
Ricinus communis L	Š	MM	h.				
Asclepias curassavica L	Š	m-M	h.				pub.
Mirabilis Jalapa L	CM	M	h.				
Amaranthus caracasanus HBK	Š	m-M	h.				pub.
Amaranthus caracasanus HBK	Š	n	h.	pub.			pub.
Crotalaria nitens HBK	Š	m	h.	tom.			tom.
Euphorbia hirta	Š	n	h.	hisp.			pub.
Euphorbia lasiocarpa Pl	Š	n	h.	pub.			pub.
Euphorbia graminea Tcq	Š	n	h.				
Eryngium foetidum L	Š	m-M	h.				
Heliotropium indicum L	Š	m-M	h.	± hisp.			pub.
Verbena littoralis HBK	Š	m	h.				hisp.
Hyptis mutabilis Briq	Š	m	h.	pub.			pub.
Hyptis obtusata Benth	Š	n-m	h.	tom.	rug.		tom.
Leonotis nepetifolia R. Br	Š	M	h.	± pub.			± pub.
Browallia demissa L	Š	M	h.				
Blechum Brawnei Tuss	Š	n	h.	± hisp.			± hisp.
Borreria laevis (Lam.) Griseb	Š	m	h.				± pub.
Arenaria lanuginosa Rohr. Mart	Š	n	h.	pub.			pub.
Nasturtium hispidum (Detw.) DC. v. glaucum O. E. Schultz	Š Cm	M	h.	± hisp.	div.		± pub.
CRASSULOSUM.							
Portulaca oleracea L	Š	n-m	crass.				
Talium patens (Tacq.) Willd	Š	m	crass.				
FASCICULOSUM.							
Kyllingia pumila f. elatior	Š	m	h.				lineal
Cyperus Mutissi (HBK.) Griseb	Š	m	h.				lineal
Zebrina pendula Scht	Š	m	h.				scandens
Commelina nudiflora L	Š	m	h.				scandens
Annuiherbetum.							
Borreria ocymoides (Hier.) DC	Š	n	h.				
Galingsonia hispida Hier	Š	m	h.	± hisp.			
Lepidium virginicum L. v. centrali-amer. Thel	Š	m-M	h.				± pub.
Perennigraminetum.							
Paspalum Humboldtianum Fluegge	Š Cm						
Paspalum fimbriatum Kunth	Š Cm						
Eriochloa punctata (L.) Ham	Š Cm						
Eragrostis pilosa (L.) P. Beauv	Š Cm						
Oplismenis Burmanni (Retz.) P. Beauv	Š Cm						
Elati-cauli-graminetum.							
Guadua sp	GR local						
Epiphytetum.							
Tillandsia recurvata L	Š	n					lineal
Galeandra Beyrichii R. f	CM						vainas
Paraphytetum.							
Phoradendron Trianae Eich	Š	m-M	cor-crass.				
Struthanthus sp	Š	n-m	cor.				scandens
Struthanthus orbicularis (HBK.) Eich	Š	M	cor.				
Phthirusa pyrifolia (HBK.) Eich	Š	m-M	cor.				scandens

las paraclímax de *Musa*, cañas y otras naturalizadas.

III. BOSQUE EN LA ESPERANZA

Cuadro 3.

Localidad de la Cordillera Oriental, a unos 1.500 m. de alt., en la alta vertiente del río Apulo. Tiene como centro una granja de experimentación agronómica que junto al pueblo de La Esperanza posee la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Esta sociedad dispone de terrenos donde se ensayan variedades de café y diversas formas de cultivo, en el cual desempeñan gran importancia los árboles de sombra.

El complejo de asociación estudiado es bosque de gran elevación, que se extiende por los márgenes de los cafetales y de los caminos en contacto con la montaña; realmente no corresponde a una clímax, sino más bien a una peniclímax.

En la localidad hay cultivos intensivos de café y, además, de cacao, plátanos, papayas (lám. VI), chirimoyas, aguacates, granadillas, naranjo, limón, guamo, tomates, maíz, yuca, manihot y caña. Los árboles de sombra más extendidos en cafetales son los guamos (*Inga* sp. div.), acacias y carbonera (*Albizia* sp.).

Datos meteorológicos:

Años	PRECIPITACION		
	Total	Máxima mensual	Mínima mensual
	Milímetros	Milímetros	Milímetros
1930	?	435,6 octubre	23,6 septiembre
1931	2.284,9	375 noviembre	28,6 enero

La cifra total acusa un grado de precipitación grande repartida en todo el año, pero con dos períodos de máxima: uno de febrero a junio y otro de octubre a diciembre. En los escasos datos que se tienen aparecen en este segundo período, las máximas mensuales más acusadas y también, como en Ibagué, un descenso brusco en el mes de marzo.

Temperaturas		1931
Media anual		22,2°
Máxima media		29,2° marzo
Máxima media mensual		23,7° marzo
Mínima media		16,7° septiembre
Mínima media mensual		21,2° diciembre
Máxima absoluta		31,5° enero
Mínima absoluta		15° febrero - junio

Dada la escasez de observaciones, no se puede sacar una consecuencia por lo que respecta a la relación entre los períodos térmicos y los pluviométricos; parece, sin embargo, que las temperaturas más extremas se registran en los meses más secos (por ejemplo: enero, julio, agosto). La variación térmica no es tampoco pronunciada; durante todo el año oscilan las temperaturas entre

31,5° y 15°; es decir, que hay 16° de diferencia entre la máxima y la mínima absoluta, diferencia que se reduce a 12,5° si nos referimos a las extremas medias mensuales.

Se trata, por lo tanto, de un clima cálido húmedo, con grandes lluvias y temperatura media elevada y constante:

Precipitación, 2,280 mm. Media anual, 22,2°. Humedad, 72-90%.

Corresponde una clasificación ecológica de la vegetación en la *Mesophytia* e *Hygrophytia*.

Esquema biotipológico del cuadro 3.

Caracteres: Asociación muy rica en especies (134 observadas), con un arboretum y fruticetum bastante bien representados, siendo superior el segundo con respecto al primero; sus especies adquieren gran desarrollo y se entrelazan sin estratificación. Hay varias asocietas que predominan igualmente en el bosque o forman consocietas locales, como son las *Ingae*, *Cecropia*, *Cassiae*, *Guazuma*, *Clorophora* y *Cordia*, además de algunas especies de *Acacia* y *Albizia*, especialmente presentes en los mismos cafetales. El carácter higrofito se manifiesta bien por el porcentaje de la hoja y su naturaleza. En el lignetum predominan las formas mesofilas (47%) y les siguen las microfilas, habiendo un 8% de formas macrofilas; las esclerófilas se reducen a un 23% en dichas simorfias, habiendo un 45% de hoja herbácea y un resto elevado de hojas subcoriáceas o subherbáceas. Exponente del mismo es una proporción elevada de hojas divididas y de especies trepadoras. Las hojas aciculares o revueltas por los bordes son nulas o casi. Las formas con indumento son más frecuentes que en las simorfias inferiores. El lignetum parafítico es constante (3%).

El sufruticetum adquiere gran desarrollo e importancia social en el intrincado sotobosque, con características anatómicas de adaptación higrofitica (indicadas en el lignetum).

El perenniherbetum adquiere mucha importancia numérica y social por lo abierto del bosque en algunas estaciones y la influencia de las tierras de labor, con caracteres señaladamente higrofiticos (consistencia y desnudez de la hoja) y formas trepadoras.

El annuiherbetum es pobre, pero es de señalar su presencia.

El criptolignuletum es frondoso y pteridofítico, por lo tanto atípico.

El perennigraminetum es constante en sus varias especies, así como algunas del herbetum y sufruticetum, con visos locales de subserial.

Las guaduas forman grex, que realmente constituyen asociaciones autónomas de carácter postclimático.

Las epifitas son abundantes, pero se nota la influencia antropógena que destruye la clímax, dificultando su prosperidad.

Esquema biotipológico del cuadro 3.

Simorfias	Arboret.	Fruticet.	Sufrut.	Criptolig.	Perenniherbetum	Annuiher.	Perennigram.	Elatigram.	Epiphyt.	Paraphyt.	TOTAL	LIGNETUM									
Cantidad de especies..	23	35	25	2	34	3	5	1	2	4	134	87									
Tanto por 100 del total..	17	26	19	1,5	25,5	2	3,5	1	1,5	3		65									
	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%	Num. de especies	%							
l.....	1	4,5	>	>	>	>	>	>	>	>	1	0,75	1	1							
n.....	>	>	2	6	1	4	>	>	>	1	100	13	10	3	3,5						
m.....	4	17,5	13	37	16	64	>	>	>	2	50	53	39,5	35	40						
M.....	13	56,5	18	51,5	8	32	1	50	7	20,5	>	2	50	49	36,5	41	47				
MM.....	5	22	2	6	>	>	1	50	3	9	>	>	11	8	7	8					
MMM.....	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>				
cor.....	11	48	4	11,5	1	4	>	>	>	>	4	100	20	15	20	23					
subcor.....	5	22	16	46	4	16	>	>	>	>	>	>	25	18,5	25	29					
h.....	6	26	13	37	20	80	2	100	34	100	3	100	5	100	1	100	84	63	39	45	
rev.....	13	56,5	1	3	>	>	>	>	>	>	>	>	1	0,75	1	1					
tom.....	>	>	18	51,5	12	48	>	>	>	>	1	100	>	51	38	43	49,5				
imbr.....	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
acicul.....	9	39	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
div.....	12	52	11	31,5	9	36	2	100	2	6	>	>	33	24,5	29	33					
ram. pub.....	>	>	25	71,5	18	72	>	13	38	>	>	>	68	51	55	63					
ram. y h. visc.....	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
escandentes.....	>	>	15	43	14	56	>	2	6	>	>	>	2	50	33	24,5	31	35,5			
pteridofitosum...	>	>	>	>	2	100	>	>	>	>	>	>	2	1,5	Arboret.	20,5					
rosulosum.....	>	>	>	>	>	2	6	>	>	>	>	>	2	1,5	Fruticet.	40					
fasciculosum....	>	>	>	>	>	2	6	>	5	100	>	>	7	5	Sufrut.	29					
															Paraph.	4,5					

Los helechos arbóreos forman societas constantes en las clímax contiguas del complejo.

Abundan, principalmente, las leguminosas (numérica y socialmente), y además Urticales, Compuetas, Euforbiáceas, Piperáceas, Malváceas, Esterculiáceas, Melastomatáceas, Monocotiledóneas.

IV. MICONIETALIA

Cuadro 4.

En Cali, en Cerro de Las Cruces, 1.000-1.200 m. de alt., sobre suelos probablemente lateríticos (1), se suceden unas formaciones fruticetosas completamente subclimáticas, con varias dominantes locales del género *Miconia*, que ofrecen una fisonomía propia. Son las que vienen detalladas en el cuadro 4, que comprende todo el complejo. La consocietas principal del nano-arboretum es la *Miconia prasina*, pero la más extendida es del fruticetum, la *Miconia rubiginosa*, a la que acompañan las otras especies del inventario en societas, predominando Melastomatáceas y Esterculiáceas. De ésta es importante la *Waltheria americana*, que forma gregias consociales en una facies del complejo. Tenemos un complejo de *Miconietum prasinae*, *Miconietum rubiginosae* y *Waltherietum americanae*.

(1) Tierra pedregosa rojiza u ocrácea, con un horizonte superficial negro poco desarrollado.

Las tierras rojas las he observado extensamente por los alrededores (Valle del Cauca, cerca de Dagua, 800-1.000 m. de alt.; La Cumbre, 1.580 m. de alt.) y hasta Venezuela, por debajo de estas altitudes, en forma de una arcilla plástica y muy profunda, roja, a veces el horizonte superior amarillo y deleznable. Son especialmente manifiestas donde la vegetación es subserial; cuando no lo es hay un horizonte A, pardo o negruzco, más o menos profundo, que seguramente indica su estado de madurez. Sospecho que los suelos rojos lateríticos que se estudian en las obras son simplemente suelos de capitados.

En una de las estaciones más elevadas, una de las societas corrientes, la *Hagenia* sp., adquiere el desarrollo de un pequeño árbol y forma grandes gregias que se pueden considerar como asociación especial: *Hagenietum*.

Esquema biotipológico del cuadro 4.

Caracteres: Lignetum muy desarrollado, más del 70%, al que sigue un herbetum y un graminetum pobre. Rosuleto reducido a una especie arvense. Predominio de las formas microfilas y mesofilas con pocas nanofilas, faltando las leptofilas. Porcentaje bastante elevado de hojas coriáceas o subcoriáceas (un 50%) en el lignetum y de las provistas de abundante lanosidad. Protección por una disposición del indumento, especialmente desarrollada en las ramas jóvenes del fruticetum.

V. CONSOCIETAS DE BAMBUSA

Las formaciones de guadua son asociaciones postclimáticas, constituidas por diversas especies de *Bambusa Guadua* C.S. Se presentan en grex, generalmente grandes, de 50 a 500 metros cuadrados o más, a lo largo de ríos y prados contiguos a los mismos u otras estaciones, donde por causas diversas el suelo está abundantemente irrigado; son siempre grupos cuyos tallos adoptan formas elegantes, muy característicos de la conclímax en la *Hygrophytia* mega y mesotérmica. Constituyen un verdadero tipo biológico caracterizado por la estructura y por la vida constantemente consocial que ofrecen. Las he observado extensas en las vertientes y rellanos de arroyos en el Apulo, en La Esperanza (1.500 m. de alt.); en la parte baja del

Cuadro 4

Miconietalia en Cerro de las Cruces.

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia foliar.	Vestidura foliar.	Otros caracteres foliares.	Vestidura de los ramúsculos.	Caracteres especiales.
Arbusculetum.							
<i>Bejaria glauca HBK.</i>	Si	m	cor.	pub.			
<i>Malpighia glabra L. var. typica Nied.</i>	Si	m	cor.			tom.	
<i>Euphorbia cotinifolia L.</i>	Si	m	h.				
<i>Jatropha gossypifolia L. v. elegans Mull. Arg.</i>	Si	M	h.	hisp.		hisp.-gland.	
<i>Clusia sp.</i>	Si	m	cor.-crass.				
<i>Hagenia sp.</i>	Si-gr	n	cor.	tom.		tom.	
<i>Solanum amatum M.</i>	Si	M	h.	tom.	rug.	tom.	
<i>Eupatorium laevigatum Lam.</i>	Si	m	cor.	± pub.		gland.	
<i>Pithecolobium dulce Benth.</i>	Si	M	cor.		div.	± pub.	
<i>Visradula amplissima (L.) RE.</i>	Si	m	h.	tom.		tom.	
<i>Miconia albicans Sw. Tr.</i>	Si-gr	M	cor.	pub.-roj.		pub.	
<i>Miconia prasina (Sw.) DC.</i>	Si-CS (loc.)	M	cor.				
<i>Clidemia capitellata Bonpl.</i>	Si-gr	M	± cor.	hisp.	rug.	hisp.-roj.	
Fruticetum.							
<i>Miconia stenostachya (Schr. et M.) DC.</i>	Si-gr	m	cor.	pub.		pub.	
<i>Miconia rubiginosa (Bonpl.) DC.</i>	Si-CS	m	cor.	roj.-pub.		pub.	
<i>Miconia rufescens DC.</i>	Si	M	cor.	hisp.-roj.		pub.	
<i>Clidemia rubra Mart. v. microphylla N.</i>	Si	m	± cor.	vell.		pub.	
<i>Clidemia hirta D. Du.</i>	Si	m(-M)	subcor.	hisp.		hisp.	
<i>Turnera ulmifolia L.</i>	Si	m	h.	tom.		tom.	
<i>Waltheria americana L.</i>	Si-CS	m	h.	tom.		tom.	
<i>Lantana sp.</i>	Si	m	h.	pub.		pub.	
<i>Mimosa pudica L.</i>	Si	n-m	h.	vell.	div.	vell.	
<i>Stylosanthes viscosa Sw.</i>	Si	l-n	h.	vell.	div.	vell.	
<i>Phyllanthus sp.</i>	Si	n	h.		(fol.)	pub.	
<i>Lycoseris mexicana (L. f.) Cass.</i>	Si	m-M	cor.	tom.		tom.	
<i>Calca glomerata Klatt.</i>	Si	n-m	subcor.	hisp.		pub.	scandens
<i>Mandevilla mollissima HBK.</i>	Si	m	cor.	tom.		tom.	scandens
<i>Ipomaea sp.</i>	Si	m	h.	pub.		pub.	scandens
Sufruticetum.							
<i>Desmodium ascendens DC.</i>	Si	m	± h.	pub.	div.	pub.	scandens
<i>Clitoria glycinoides DC.</i>	Si	M	± cor.	tom.	div.	tom.	scandens
<i>Trichogyne arguta (Kunt.) Benth.</i>	Si	n	h.-pap.			pub.	
Herbetum.							
<i>Zornia diphylla Pers.</i>	Si	n	h.	± pub.			
<i>Euphorbia lasiocarpa Kl.</i>	Si	n	h.	pub.		pub.	
<i>Datura Stramonium L.</i>	Si	M	h.				
<i>Solanum sisymbriifolium Lam.</i>	Si-gr	M	h.	tom.	div.	tom.	espinoso
<i>Solanum mammosum L.</i>	Si-gr	M	h.	tom.	spin.	tom.	
<i>Peperomia sp.</i>	Si	m	h.				
ROSSULOSUM.							
<i>Plantago major L. v. paludosa Beq.</i>	Si-Cm	M	h.				
<i>Borreria latifolia (Aubl.) K. Schr.</i>	Si	n-m	h.	± hisp.			
<i>Richardsonia scabra L.</i>	Si	n-m	h.	pub.		pub.	
<i>Commelina sp.</i>	Si	m	h.				scandens
Graminetum.							
<i>Lasiacis sorghoidea (Desv.) Hitch.</i>	Si-Cm						
<i>Panicum laxum Sw.</i>	Si-Cm						

Esquema biotipológico del cuadro 4.

Simorfas.	Arbusculetum		Fruticetum		Sufruticetum		Perenniherb.		Perennigram.		TOTAL		LIGNETUM	
	13		15		3		10		2		43		31	
	30		35		7		23		4,5				72	
	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%	Núm. de especies	%
l.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
n.	1	8	2	13,5	1	33	3	30	>	>	7	16	4	13
m.	6	46	11	73,5	1	33	3	30	>	>	21	49	18	58
M.	6	46	2	13,5	1	33	4	40	>	>	13	30	9	29
MM.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
MM.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
cor.	9	69	5	33,5	>	>	>	>	>	>	14	32,5	14	45
subcor.	>	>	3	20	3	100	>	>	>	>	6	14	6	19
h.	4	31	>	>	>	>	10	100	2	100	16	37	4	13
rev.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
tom.	7	54	13	87	2	67	4	40	>	>	26	60,5	22	71
imbr.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
acicul.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
div.	1	8	3	20	2	67	1	10	>	>	7	16	6	19
ram. pub.	8	61,5	15	100	3	100	4	40	>	>	30	70	26	84
ram. y h. visc.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
escandentes.	>	>	3	20	2	67	1	10	>	>	6	14	5	16
Rosulosum.	>	>	>	>	>	>	1	10	>	>	1	2		
													Arboret.	42
													Fruticel.	48,5
													Sufrut.	9,5

Combeima, sobre Ibagué, a lo largo de sus prados; en el Valle del Cauca; en grandes grex constantes a lo largo del río sobre las orillas y prados que las rodean, entre Armenia y Cali (1.000 m. de alt.) y en la Cordillera Occidental, en los prados de sus vertientes, bajando de La Cumbre a Buenaventura (lám. VI).

VI. QUERCETUM TOLIMENSIS

Cuadro 5.

En La Suiza, entre Ibagué y El Tolima, cubre profundos barrancos a altitudes que oscilan por los 2.500 m. de alt., sobre terrenos muy quebrados y pendientes pronunciadas. La asociación estudiada ocupaba una extensa quebrada sobre un valle abierto al Este, a dicha altura. La consocietas es el *Quercus tolimensis*, a cuya especie acompaña en importancia la *Clethra sp.* y después las *Clusia* y *Saurauia excelsa*, que forman un arboretum de grandes proporciones (de más de 40 m.). De las otras especies la que alcanza más desarrollo es la *Tibouchina lepidota*, gran árbol cuyas copas redondeadas y cubiertas de flores destacan como grandes manchas coloradas en la superficie del bosque.

Entre las especies lianas merecen señalarse la *Bomarea frondea*, vistosísima por sus grandes inflorescencias de flores anaranjadas de más de 30 centímetros, y las extraordinarias cabezuelas de flores escarlatas de la *Mutisia grandiflora*.

Faltan observaciones climatológicas, y creo, por mis datos, que la temperatura media es de unos 12°. La precipitación ofrecerá caracteres parecidos a la de Ibagué, siendo la cantidad total superior.

Corresponde, por lo tanto, a la *Hygrophytia* y a la *Isomesothermia* de Drude.

Esquema biotipológico del cuadro 5.

Caracteres: Arboretum muy desarrollado con bastantes especies (un 27 %) un estrato muy alto y cerrado, esencialmente esclerófilo. Hojas con indumento escaso y pocas veces tomentosas. Predominantemente mesofilas, con algunas macrofilas y pocas divididas.

En todo el lignetum se acusan caracteres parecidos con ausencia de nanofilas y escaso porcentaje (3%) de leptofilas (en el fruticetum). Persistencia de formas macrofilas y aun de megafilas; éstas corresponden al caulirrosuletum, por completo pteridofítico, por otra parte constante y típico. Ausencia de aciculifolias, imbricadas y lineales. Fruticeto y sufruticeto con mesofitia más acusada por su más elevado porcentaje en hoja herbácea. Formas trepadoras bien desarrolladas.

Criptolignuletum esencialmente pteridofitoso, exuberante, frondoso y macrofilo; higrofitico. Indicanse unas formas locales de poco desarrollo de rosuletum y otras de céspedes flojos.

Herbetum mesofítico de especies constantes y abundantes en un estrato inferior sin anuales, del que se destaca ya como simorfia especial, monoestratificada y megafila, un elatiterbetum de *Gunnera chilensis*, que origina extensas consocietas simorfiales densas de facies postclimáticas. Sus hojas alcanzan dos metros de diámetro (lám. VII).

La falta de estratificación acusada aumenta con el elatigraminetum caulinoso escandente (*Arthrostylidium*), que se desarrolla enmarañado entre el fruticetum, elevándose hasta las copas del arboretum. La exuberancia y frondosidad extraor-

Cuadro 5
Quercetum tolimensis en La Suiza

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia foliar.	Vestidura foliar.	Otros caracteres foliares.	Vestidura de los ramúsculos.	Caracteres especiales.
Arboretum.							
<i>Quercus tolimensis HBK.</i>	CS	M	cor.	pub.		pub.	
<i>Clethra</i> sp.	S	M	cor.	pub.	rev.	pub.	
<i>Clusia</i> sp.	S	M y MM	cor.-crass.				
<i>Saurauia excelsa Willd.</i>	S	MM	cor.	tom.-hir.		tom.	
<i>Meriania tolimana Cuatr.</i>	S	M	cor.-pap.	± hisp.		pub.	
<i>Tibouchina lepidota Baill.</i>	S	m	cor.	lep. pub.	rev.	lep.	
<i>Miconia Mutisiana Mark.</i>	S	M	cor.	± pub.		pub.	
<i>Cavendishia obtusa A. C. Smith.</i>	S	m	cor.-crass.				
<i>Solanum</i> sp.	S	M	± cor.	tom.-lan.		pub.	
<i>Sciadophyllum</i> sp.	S	M	cor.		(foliol.)		
<i>Miconia psychrophylla Naud.</i>	S	M	± h.	± pub.		pub.	
<i>Miconia crinita Naud.</i>	S	M	subcor.	hisp.	rug.	hisp.	
<i>Inga</i> sp.	S	M-MM	cor.	tom.	div.	tom.	
<i>Senecio Sinforosii Cuatr.</i>	S	M	h.	± hir.			
<i>Croton</i> sp.	S	M	± cor.	lan.		lan.	
Fruticetum.							
<i>Disterigma acuminata (HBK.) N.</i>	S	l	cor.				
<i>Fuchsia nigricans Lind.</i>	S	m	± h.			pub.	
<i>Columnnea campanulata Bth. var.</i>	S	M	h.	± pub.		pub.	scandens
<i>Rubus eriocarpus Liebm.</i>	S	M	h.				
<i>Rubus guyanensis Focke.</i>	S	m-M	h.	n. ± pel.	(fol.)	pub.	
<i>Mutisia grandiflora H. et B.</i>	S	m	cor.	lan. ron.	div.	lan.	scandens
<i>Solanum</i> sp.	S	m-M	h.			tom.	scandens
Sufruticetum.							
<i>Centropogon Willdenowianus (Presl.) E. Wim.</i>	S	m-M	± cor.	tom.		tom.	scandens
<i>Centropogon barbellatus Gleas.</i>	S	m-M	h.	tom.	rug.	tom.	scandens
<i>Eupatorium phoeniticum Rob.</i>	S	M	h.	roj. lan.		lan.	
<i>Eupatorium guapulense Klatt.</i>	S	M	h.	hisp.		pub.	scandens
<i>Bomarea racemosa Killip.</i>	S	M	h.			pub.	scandens
<i>Spigelia pedunculata Roem.</i>	S	M	h.				scandens
<i>Viola scandens Willd.</i>	S	n-m	h.			pub.	scandens
<i>Habracanthus sanguineus Nees.</i>	S	M	h.	± pub.		pub.	scandens
Caulirossuleto (Pteridophytosum).							
<i>Alsophila pruinata Klf.</i>	S	MMM	± cor.	tom.	div.		
Cryptolignuleto.							
<i>Dryopteris formosa (Th.)</i>	S	M	h.		div.		
<i>Dryopteris</i> sp.	S	MM	h.		div.		
<i>Histiopteris incisa (Thbg.) T. Sm.</i>	S	MM - MMM	h.		div.		
<i>Marettia Kaulfussii T. Sm.</i>	S	MM	h.		div.		
<i>Pteris podophylla Sw.</i>	S	MM	h.		div.		
<i>Jamessonia australis Kze.</i>	S	n	h.	roj. hisp.	fol.	roj. hisp.	

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia foliar.	Vestidura foliar.	Otros caracteres foliares.	Vestidura de los ramúsculos.	Caracteres especiales.
CAESPITOSUM.							
<i>Nertera depressa Frank et Sol.</i>	S	l-n	h.				
ROSSULETOSUM.							
<i>Plantago hirtella Kunth.</i>	S	M	h.	± hisp.		hisp.	
Elati-herbetum.							
<i>Gunnera chilensis Lamk.</i>	S y GR	MMM	cor.-h.	hisp. scabr.		hisp.	
Perenniherbetum.							
<i>Pilea Mutisiana (Spreng.) Wedd.</i>	S Cm	M	h.	± pub.		pub.	
<i>Losa dolichostemon Urb. Gilg.</i>	S	M	h.	hisp.		hisp.	
<i>Phytolaca rugosa Br. et B.</i>	S	m	h.		rug.		
<i>Peperomia crassilimbus C. DC.</i>	S	m	h.-crass.	pub.		pub.	
<i>Duchesnea indica (Andr.) Focke.</i>	S	m	h.	pel.	div.	pub.	
<i>Jaegeria hirta (Lag.) Less.</i>	S	n-m	h.	pel.		pub.	
<i>Solanum</i> sp.	S	m	h.				scandens
Elatigraminetum (Caulinosum).							
<i>Arthrotylidium</i>	S GR		h.		lineal		scandens
Epiphytetum.							
<i>Epidendrum fimbriatum HBK.</i>	S	n-m	h.				
<i>Peperomia</i> sp.	S	m	h.-crass.				
<i>Hymenophyllum</i> sp.	GR	M-MM	h.		div.		
Paraphytetum (Fruticosum).							
<i>Hediosmum aff. sicutum R. et P.</i>	S	m	cor.		vainas.		
<i>Loranthaceae</i> gen.	S	m	cor.				
Proteretum.							
<i>Polytrichadelphus</i> sp.	S Gr						
<i>Stereocaulon ramulosum (Sw.) Raenschel.</i>	S Gr						
<i>Lentinus strigosus Tr.</i>	S Cm						

Esquema biotipológico del cuadro 5.

Simorfias	Arboret.	Fruticet.	Sufrut.	Caulirros.	Cryptolig.	Elati-herb.	Perenni-herbetum	Elati-gr.	Epiphyt.	Paraphyt.	Proteret.	TOTAL	LIGNETUM	
Cantidad de especies	15	7	8	1	8	1	7	1	3	2	3	56	33	
Tanto por 100 del total	27	12,5	14	2	14	2	12,5	2	5	3,5	5		59	
	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0	Num. de especies	0/0
l.	1	14,5	1	12,5	1	12,5	1	14,5	1	33	2	3	3	
n.	2	13,5	3	43	2	25	1	57	1	33	2	14	27	
m.	10	67	3	43	6	75	2	28,5	2	33	2	23	57,5	
M.	3	20	3	43	3	37,5	4	50	1	33	2	8	9	
MM.	3	20	3	43	3	37,5	4	50	1	33	2	8	9	
MMM.	10	67	2	28,5	1	100	1	100	1	100	2	15	45,5	
cor.	4	27	1	14,5	3	37,5	1	100	1	100	1	9	8	
subcor.	1	6,5	4	57	5	62,5	8	100	1	100	1	26	30	
h.	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	2	6	
rev.	8	53,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	20	48,5	
tom.	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	7	15	
imbr.	11	73,5	5	71,5	7	87,5	2	25	1	100	5	31	69,5	
acicul.	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	11	27	
div.	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	7	15	
ram. pub.	11	73,5	5	71,5	7	87,5	2	25	1	100	5	31	69,5	
ram. y h. visc.	3	20	3	43	3	37,5	4	50	1	33	2	8	9	
escandentes	3	20	3	43	3	37,5	4	50	1	33	2	8	9	
pteridofitosum	1	6,5	4	57	5	62,5	8	100	1	100	1	26	30	
cespitosum	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	7	15	
rosulosum	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	7	15	
fruticosum	2	13,5	3	43	4	50	1	100	1	100	1	7	15	
												Arboret.	45,5	
												Fruticet.	21	
												Sufrut.	24,5	
												Caulirr.	3	
												Paraph.	6	

dinaria de esta selva aumenta con la profusión de las epifitas y parásitas y las especies del liquenatum y muscinetum, que cubren parte del suelo y troncos y ramas de los frútices.

VII. CONSOCIETAS DE CORDIA LANATA

Cuadro 6.

Cerca de Bogotá (1.650-1.750 m. alt.), sobre Chapinero, en la sierra de Monserrate, se encuentra la clímax, todavía poco desfigurada, en lo fondo de los barrancos, y en uno de ellos, en una profunda quebrada llamada Quebrada de la Vieja, la he podido examinar con cierta detención. La altitud de la localidad es de unos 1.750 metros, el suelo es de la serie turbosa (1), la inclinación de la vertiente es de unos 40-50°, pero es irregular y atraviesa la asociación un arroyo. Residuos de paraclímax la rodean; antes de llegar a ella se encuentran formaciones de *Eucalyptus* (cs.), y colonias jóvenes o individuos aislados de esta especie forman enclaves en la misma. La presencia esporádica del *Cupressus macrocarpa* indica, por lo menos para una parte del individuo de asociación estudiado, un carácter subserial, de recuperación de la

(1) Este suelo consta de tres horizontes: Horizonte A: De 40 centímetros de profundidad. En algún sitio hasta de un metro. Tierra negra cuando húmeda y pardo-negruzca en seco; compacta, más o menos pastosa en la superficie y cruzada de pequeños espacios aéreos, como esponjosa. Horizonte B: Intermedio, irregularmente definido. De 20 centímetros a un metro de espesor. Tierra parda, rojiza o rojiza clara, de fractura irregular, englobando pequeños cantos agudos de piedra deleznable. Horizonte C: Estratos inclinados de grandes bloques de piedra blanca, poco dura, que no reacciona con ClH. Hay dos clases de roca; otra de la misma apariencia y de menor dureza, además de un cemento plástico y deleznable. Roca caolinizada? Estas características, y por comparación con otro suelo ensayado, corresponden a un tipo de suelo de la serie turbosa. Las muestras que recogí del corte completo se perdieron durante el viaje y se malogró su estudio.

clímax. Sin embargo, esto no basta a enmascarar la clímax; se trata de un bosque bastante cerrado, con arboretum polimorfo en que predomina una especie (*Cordia*) y un fruticetum muy desarrollado y con muchas lianas, que se entrelaza con aquél. *Cordia lanata* es la planta más constante, pero no constituye la mayoría de la masa arbórea, pues en ella son societas también constantes y subsocietas, *Vallea stipularis*, *Palicourea lineariflora* y *Palicourea angustifolia*, grex de *Clusia*, *Baccharis floribundum* y *Stevia lucida*, *Piper croccatum*, *Oreopanax incisum*, que se entrelazan con las *Miconia*, constantes, *Durantha Mutisii*, *Solanum cornifolium*, *Cavendishia cordifolia*, *Lantana*, *Eupatorium* div. sp., etc., sin estratificación precisa.

A este fruticetum le comunican un gran carácter de bosque enmalezado las especies trepadoras, por ejemplo, los *Smilax*, formando espesas grex que se elevan a gran altura, y especialmente la *Mutisia clematidis* y otras compuestas (*Eupatorium*, *Calea*, *Vernonia*, etc.) (lám. VIII). Las hierbas escandentes contribuyen con la variación del tipo biológico a aumentar el aspecto de exuberancia del bosque.

Datos meteorológicos:

Hay dos épocas con lluvias más abundantes, una a principios y otra a fin de año. A veces se adelanta la segunda, iniciándose ya en septiembre, o se retrasa la primera hasta mayo, junio y julio. La época más seca es de unos dos meses de duración, entre diciembre y febrero. Hay dos periodos térmicos irregulares: uno con grandes variaciones, que va de otoño a primavera, y otro suave, que

Cuadro 6

Consocietas de Cordia lanata en Bogotá.

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestidura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Arboretum.							
<i>Alnus jorullensis</i> HBK. v. <i>ferruginea</i> (HBK.) O. Ktze...	ŠGr	m-M	subcor.	tom.		tom.	
<i>Cordia lanata</i> HBK.	CS	m	subcor.	lan. tom.	rug.	tom.	
<i>Prunus Capulli</i> Cav. var.	S	M	subcor.				
<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	Š-Š	m	cor.	lan.	rev. div.	tom.	
<i>Oreopanax incisum</i> Dec Pl.	S	MM	cor.	tom.	div.	tom.	
<i>Cassia pistacifolia</i> HBK.	Cm	MM	cor.	tom.	div.	tom.	
<i>Vallea stipularis</i> Mutis	S	m	cor.				
<i>Palicourea lineariflora</i> Wern.	S	M	cor.			± pub.	
<i>Palicourea angustifolia</i> HBK.	S	M	cor.			± pub.	
<i>Solanum</i> sp.	S	M-m	cor.				
<i>Baccharis floribundum</i> HBK.	S	m	cor.	± hisp. visc.		pub. visc.	
<i>Stevia lucida</i> Lag.	S	m	cor.	visc.		visc.	
<i>Psychotria boqueronensis</i> Wern.	S	n m	cor.				
<i>Rapanea ferruginea</i> (R. P.) Mez v. <i>Jelskii</i> (Mez.)	S	m	cor.			tom. roj.	
<i>Clusia</i> sp.	S	m	cor.-crass.				
<i>Croton bogotanus</i> Cuatr.	S	M	cor.	lan.		lan.	
<i>Bocconia frutescens</i> L.	S	MM	cart.	± pub.			
<i>Piper croccatum</i> R. et P.	S	m-M	cor.	tom.	rug.		
<i>Vernonia suaveolens</i> Kunth.	S	M	cor.	pub.	rug.	pub.	
<i>Eupatorium tinifolium</i> HBK.	S	m-M	cor.				
<i>Miconia squamulosa</i> Tr.	S	m	cor.	squam.		lepid.	
<i>Miconia Cuatrecasae</i> Mkrgr.	S	M	cor.	roj.-pub.		pub.	
<i>Phaenax hirtus</i> Wedd.	S	m-M	h.	hisp.		tom.	
Fruticetum.							
<i>Cavendishia cordifolia</i> (HBK.) Hook.	S	m	cor.				
<i>Palicourea costata</i> HBK.	S	M	cor.			pub.	scandens
<i>Durantha Mutisii</i> L. f.	S	m	cor.	± pub.		± pub.	
<i>Lantana</i> sp.	S	m	h.	pub.		pub.	
<i>Cestrum</i> sp.	S	n-m	cor.	hisp.		tom.	
<i>Abatia parviflora</i> R. et P.	S	M	subcor.	tom.	rug.	tom.	
<i>Psoralea glandulosa</i> L.	S	m	h.	hisp.	div.	hisp.-glo.	
<i>Rubus Schomburgkii</i> Kl.	S	m-M	h.		(fol.)	pub.	
<i>Eupatorium staechadifolium</i> L. f.	S Cm	m-u	h.	tom.		tom.	
<i>Solanum cornifolium</i> HBK.	S	M	subcor.				scandens
<i>Calea caracasana</i> HBK.	S	m	subcor.	hisp.		pub.	scandens
<i>Mutisia clematis</i> L.	ŠGr	m	cor.	lan.	(fol.)	lan.	scandens
<i>Smilax tomentosa</i> Kunth.	ŠGr	m-M	cor.	tom.		tom.	scandens
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> Meissn. v. <i>oligobotrys</i> Gross.	ŠGr	m	h.			± scand.	
<i>Anchietea frangulifolia</i> (HBK.) Melch.	Gr	m	subcor.	tom.		tom.	scandens
<i>Eupatorium klattianum</i> Hier.	S	m	h.	pub.		pub.	scandens
<i>Eupatorium scabrum</i> L.	S	n	cor.	tom.	rug. rev.	lan.	scandens
<i>Bidens rubifolia</i> HBK.	S	m		± hisp.	div.		scandens

	Sociabilidad y cantidad.	Tamaño foliar.	Consistencia hoja.	Vestiura hoja.	Particularidades hoja.	Vestidura ramas jóvenes.	Particularidades planta.
Sufruticetum.							
<i>Desmodium frutescens (Taq.) Schdl.</i>	§	m	h.			± pub.	scandens
<i>Bomarea frondea Mast</i>	§	m					scandens
<i>Polypodium glaucophyllum Kze.</i>	§ Cm	m	cor.				scandens
<i>Alonsoa caulialata R. et P.</i>	§ Cm	n	h.				
<i>Cuphea serpyllifolia HBK.</i>	§ Cm	n-l		cil.		pub.	
Cryptolignuletum.							
<i>Blechnum occidentale L.</i>	Cm	M-MM	h.		div.		
<i>Asplenium sp.</i>	§	M-MM	h.		div.		
<i>Displazium hians Kze.</i>	§ Cm	MM	h.		div.		
<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn v. caudatum (Max).</i>	§ Cm	MM-MMM	h.		div.		
<i>Dryopteris sp.</i>	§ Cm	MM	h.		div.		
<i>Pteris deflexa Link.</i>	§ Cm	MMM	h.		div.		
<i>Salvia paleafolia Rth.</i>	§-GR	m	h.	hisp.		hisp.	
<i>Aster marginatus HBK.</i>	§	n	h.	hisp.		vell.	
<i>Alchemilla aphanoides Mutis.</i>	§ Cm	n	h.	± hisp.	div.	pub.	
ROSSULETOSUM.							
<i>Plantago hirtella Kunth.</i>	§	M	h.	± hisp.		hisp.	
FASCICULOSUM.							
<i>Excremis coarctata (R. et P.) Baker.</i>	§	M	h.		lineal		
<i>Orthosanthus chimboracensis (HBK) Bak.</i>	§	M	h.		lineal		
Perenniherbetum.							
<i>Gnaphalium spicatum Lam. v. alpinum (Wedd.) Hier.</i>	§	n	h.	lan.		lan.	
<i>Jaegeria hirta (Lag.) Less.</i>	§	n-m	h.			pub.	
<i>Erigeron bonariensis L.</i>	§	n	h.			tom.	
<i>Peperomia angularis DC.</i>	§	m	h. ± crass.				
<i>Pilea Lindeniana Wedd.</i>	§	m	h.	hisp.		hisp.	
<i>Pilea rhombea (L. f) Lieb.</i>	§	m	h.	hisp.		hisp.	
<i>Ranunculus flagelliformis Sm.</i>	§ Cm	n	h.				caesp.
<i>Arenaria lanuginosa R. Mart.</i>	§	n	h.	pub.		pub.	
<i>Lepidium bipinnatifidum Desv.</i>	§	n	h.		div.	± pub.	
<i>Cardamine bonariensis Pers.</i>	§ Cm	m	h.		div.		
<i>Cardamine ovata Benth.</i>	§	n	h.		div.		
<i>Trifolium repens L.</i>	§	n-m	h.		div.		
<i>Vicia andicola HBK.</i>	§	n	h.		div.		
<i>Rebunium ciliatum Hemsl.</i>	§ Cm	l		cil.			caesp.
<i>Hydrocotyle Bomplandii Rich.</i>	§ Cm	n	h.			pub.	caesp.
<i>Cyperus cayanensis Lam.</i>	§ Cm	m	h.		lineal		caesp.
<i>Oxalis scandens HBK.</i>	§ Cm	n-m	h.		div.		scandens
<i>Tropeolum Dawei Hughes.</i>	§ Cm	m	h.	± pub.		± pub.	scandens
<i>Galium piliferum HBK.</i>	§	n	h.	cil.		pub.	scandens
Elatigraminetum.							
<i>Chusquea sp.</i>	§-GR				lineal		scandens
Perennigraminetum (Caesp.).							
<i>Agrostis perennans (Walt.) Tuckerm.</i>	§						
Epiphytetum.							
<i>Tillandsia sp.</i>	§-Cm	M		± pub.		± pub.	
<i>Epidendrum Schnittheri Schl.</i>	§-Cm	n-m			vaina imbr.		sufrut.
<i>Guzmania sp.</i>	§-Cm	M					
Proteretum.							
<i>Frullania sp.</i>	§ Gr						
<i>Symphyogyna sp.</i>	§ Gr						



Lámina VII

Aspecto de una facies higrofitica del *Quercetum tolimensis*, en un barranco de La Suiza —2500 metros de altura— (Cordillera Central de Colombia).

Lámina VIII

Detalle de una grex de *Smilax tomentosa* Kunth, en un *Cordietum lanatae*, junto a Bogotá, a 2650 metros de altura.

Años.	PRECIPITACIÓN				TEMPERATURAS					Variación extrema anual...	Humedad relativa.
	Lluvia total.	Precipitación máxima.	Precipitación mínima.	Días de lluvia media...	Máxima extrema.	Mínima extrema.	Media mensual superior.	Media mensual inferior.			
1923..	644,4	113,7 dicbre.	4,1 febrero	179	14,6	22,1 dicbre.	3,2 enero	15,1 marzo	13,6 julio	18,9	57-72
1924..	1.027,6	248,1 novbre.	3,3 febrero	197	14,8	23,6 abril	6,1 febrero	15,7 enero y marzo	13,9 septbre.	17,5	61-78
1925..	907,9	247 abril	18,4 enero	194	14,5	22,5 mayo	5 enero	15,3 mayo y octubre	13,8 enero	17,5	61-74
1926..	865,4	167 octubre	7,3 enero	169	15,2	24 marzo	4,3 enero	16 abril	14,1 dicbre.	19,7	57-74
1927..	912,4	136,8 octbre	17,2 dicbre.	208	14,8	23,1 febrero	6,5 enero	15,2 mayo	14 julio	16,6	63-72
1928..	937,8	217,5 novbre.	32,4 octubre	208	14,8	23,3 febrero	4,5 enero	15,4 febrero	14,2 dicbre.	18,8	62-76
1929..	623,4	135 abril	3,9 enero	157	14,9	23,4 enero	4,3 enero	15,3 febrero y abril	14,5 junio	19,1	59-70
1930..	885,7	136 octubre	22,8 mayo	186	14,9	23,5 febrero	5,8 en.-dic.	15,7 marzo	14,2 septbre	17,7	62-71
1931..	823,8	172,4 novbre.	25,7 enero y 18,5 marzo	180	14,9	24 marzo	5,4 enero	15,6 marzo	14,1 julio	18,6	64-72

comprende los restantes meses. En general, los meses más lluviosos corresponden a los de menor variación térmica, pero no existe una correlación regular. En cambio, hay una coincidencia completa entre los meses de mínimas térmicas extremas con los que ofrecen una menor precipitación (enero, febrero y diciembre).

Esquema biotipológico del cuadro 6.

Simorfias.	Arboret.	Fruticet.	Sufrut.	Criptolig.	Perenniherbetum	Elatigr.	Perennigram.	Epifit.	Proteret.	TOTAL	LIGNETUM
Cantidad de especies. .	23	18	5	12	20	1	1	3	2	85	46
Tanto por 100 del total. .	27	21,5	6	14	23,5	1	1	3,5	2,5		54
	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies	Núm. de especies
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
l.	>	>	>	>	1	5	>	>	>	1	1
n.	>	2	11	2	40	2	17	12	60	18	21,5
m.	11	48	12	67	3	60	1	8,5	7	35	41
M.	9	39	4	22	>	>	4	33,5	>	2	07
MM.	3	13	>	>	>	>	4	33,5	>	7	8,5
MMM.	>	>	>	>	>	>	1	8,5	>	1	1
cor.	18	78	7	39	1	20	>	>	>	16	30,5
subcor.	4	17,5	4	22	>	>	>	>	>	8	9,5
h.	1	4,5	7	39	2	40	12	100	20	100	100
rev.	1	4,5	1	5,5	>	>	>	>	>	2	2,5
tom.	11	48	12	67	>	>	3	25	4	20	4
imbr.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
acicul.	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
div.	3	13	4	22	>	>	7	58,5	6	30	30
ram. pub.	12	52	15	83	2	40	4	33,5	9	45	45
ram. y h. visc.	2	9	>	>	>	>	>	>	>	>	>
escandentes.	>	>	10	55,5	3	60	>	>	3	15	100
pteridofitosum	>	>	>	>	>	6	50	>	>	>	6
rosulosum.	>	>	>	>	>	1	8,5	>	>	>	1
fasciculosum.	>	>	>	>	>	2	17	>	>	>	2
cespitosum.	>	>	>	>	>	4	20	>	1	100	5
											2
											100
											7
											8,5
											Arboret. 50
											Fruticet. 39
											Sufrut. 11

Esquema biotipológico del cuadro 6.

Caracteres: Arboretum y fruticetum bien representados, con un 50% del número total de especies, adquiriendo además gran masa. Bosque de cinco a diez metros de alto, sin estratificación notable. Lignatum con predominio elevado de hoja microfila (56,5%), siguiéndole en importancia la forma mesofila, y se acusa un aumento de las nanofilas con respecto a las asociaciones anteriormente estudiadas. Faltan formas leptó y megafilas. Se eleva el elemento esclerófilo (56,5%) y la hoja de bordes revueltos, así como la vestidura de la hoja, tomentosa e incluso lanosa, en un tanto por ciento elevado. Se presentan formas de hojas divididas en societas de importancia y esclerófilas. Algunas ofrecen secreciones viscosas en hojas y ramas jóvenes. Las especies trepadoras revisten importancia. El sufruticetum, como simorfia, carece de ella. El criptolignatum es predominantemente pteridofitoso, frondoso y ramoso. Representa un 14% de la vegetación total. El de aquel as-

pecto (Pteridofitas) es macrofilo, de fronde dividida y forma un estrato importante. El rosuletosum es local y de escasa magnitud, y el fasciculosum es de Monocotiledóneas y socialmente poco extendido. El herbetum sin hapaxantomas está bien representado, pero sin alcanzar masas de consideración. Algunas de sus especies son trepadoras y se ramifican profusamente por los fruticetos (por ejemplo, *Tropeolum Dawsoni*) y otras forman un estrato inferior estacional de prado de césped (*Ranunculus*, *Hydrocotyle*, *Cyperus*) en unión de otras especies de otras simorfias (*Alchemilla*, *Agrostis*). En esta simorfia predominan las formas nanofilas y son sólo pubescentes en 20%. El elatigraninetum de *Chusquea*, en societas o societas gregarias, es simorfia fisionómicamente de importancia, constante y característica del bosque meso y microtérmico. El perennigraminetum carece de desarrollo en la climax. En cambio lo adquieren, sobre todo social, el epifitetum de Orquideas y Bromeliáceas y el *Bryophytetum* cespitoso.

(Continuará)

Ha sido propósito de los directores de nuestra Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, desde su fundación, y lo es actualmente del Comité de Redacción de esta Revista, el dar a conocer de modo completo y efectivo toda la obra científica del sabio astrónomo y matemático colombiano, ya esté ella inédita, ya ande dispersa en folletos diversos que se publicaron en distintas fechas y están plagados de errores tipográficos que los hacen casi ilegibles.

Naturalmente, lo primero que se nos ha ocurrido para cumplir este objeto, es reproducir en las presentes páginas dichos folletos, agregando artículos sueltos publicados en otras revistas científicas, que con ellos forman cuerpo de doctrina, dejando para después la publicación de aquellos trabajos inéditos, que reposan en poder del Observatorio Astronómico y en manos de los deudos del ilustre científico de nuestra Patria.

A la categoría de los primeros pertenecen, especialmente, todos los escritos de Garavito que se relacionan con la Óptica y están entre los segundos, en primer término, sus magistrales conclusiones relativas al movimiento de la luna y que son un aporte extraordinario a la obra mecánica portentosa de la ciencia moderna, a que tanto contribuyó el matemático americano Simon Newcomb, en el siglo pasado.

Comenzando, pues, ahora, con los trabajos de Garavito referentes a los problemas planteados por la Astronomía a la Física matemática en lo que respecta a los fenómenos de la propagación de la luz a través de medios en movimiento, conviene, antes de reproducirlos en esta Revista por orden cronológico, el hacerlos preceder de una "Explicación preliminar" que haga ver al lector cómo los problemas resueltos magistralmente, a nuestro juicio, por Garavito, son aún hoy de palpitante actualidad en el mundo científico, anotando, de paso, que en el espíritu del sabio astrónomo, durante años, fuese formando con la meditación y el estudio ese admirable criterio independiente que nunca se sometió a las innovaciones reinantes sin hacerlas pasar antes por el tamiz de la crítica científica más reposada y severa.

Los folletos sobre Óptica matemática que publicó Garavito y que se van a reproducir completos en esta Revista, purgándolos de sus muchos yerros tipográficos y acompañándolos de notas y explicaciones convenientes, son: 1º "Teoría de la Aberración de la luz". 2º "Notas sobre Óptica matemática". 3º "Paradoja de la Óptica", y 4º "Óptica astronómica".

Naturalmente, apareciendo hoy los tales en su conjunto para integrar un todo homogéneo y un cuerpo de doctrina bien definido, los lectores que no pudieron seguir las varias exposiciones de Garavito sobre cuestiones nuevas que se fueron presentando al mundo científico desde 1912 (fecha de la primera publicación) hasta 1920, cuando vio la luz su trabajo póstumo (Óptica astronómica), podrán ahora estimarlas con entera comodidad, dándoles la inmensa importancia científica que tienen en sí y en relación con las evoluciones ideológicas sobre ciencias físicas que ocurren ahora atropelladamente en el mundo moderno, tan trabajado por el progreso material formidable de los últimos años.

Así, pues, y para lograr tal resultado seguramente, se hace preceder la primera reproducción de la Óptica de Garavito, hecha en esta Revista, de la explicación preliminar de que se habló atrás, que habrá, sin duda, de facilitar la comprensión y el buen entendimiento de este esfuerzo cultural realizado en pro del nombre científico de nuestro país.

Además de esta "Explicación" se reproduce en el presente número de nuestra Revista, el informe que rendimos a la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1915 —referente a los trabajos sobre Óptica de Garavito— sin agregarle ni quitarle una coma, pues lo que entonces se pensó por algunos respecto de la posición de la Física ante la lógica y la experiencia, subsiste ahora integerrimo e inobjetable, después de las últimas conclusiones informales del Congreso de Física de Roma de 1932.

LA REDACCION.

En el supuesto de que nos dirigimos en el presente escrito a quienes no estén muy familiarizados con los antecedentes y la naturaleza de los problemas resueltos por Garavito en el dominio de la Óptica matemática y astronómica, conviene hacer primeramente una relación histórica breve sobre los puntos siguientes, antes de transcribir los folletos a que nos hemos referido:

1º Sobre el descubrimiento del fenómeno de la Aberración de la luz;

2º Referente a la interpretación de él en el campo de las teorías de la propagación de la luz;

3º Sobre las ideas tenidas hasta ahora respecto al papel del éter en la propagación de la luz, cuando se trata de medios diáfanos en movimiento;

4º Referente a los experimentos verificados para estudiar el movimiento del éter en ese caso; y

5º Sobre la intervención de la teoría einsteniana de la relatividad para explicar los experimentos de Fizeau y de Michelson y Morley.

Historiando estos puntos por separado, y de la manera más completa que lo permitan los límites reducidos de este escrito, será fácil comprender los puntos de vista de Garavito respecto de la Física moderna, y prever el alcance de sus escritos en el campo de la crítica científica.

* * *

Breve relación histórica referente al descubrimiento de la Aberración y a la aplicación que de tal fenómeno se ha hecho en el campo de la Astronomía de posición y de la Geometría celeste.

Fue Bradley quien en 1725 efectuó este descubrimiento, uno de los más importantes que se hayan hecho, de carácter astronómico, en los últimos tiempos, y que en el terreno de la Física hayan provocado más activas investigaciones prácticas y especulativas.

Este descubrimiento imprevisto tuvo lugar durante una serie de observaciones emprendidas por Bradley para hallar paralajes estelares, paralajes que sólo pudieron determinarse un siglo más tarde, pues todos sabemos que la paralaje de la estrella más cercana a nosotros, no alcanza a un segundo de arco.

A pesar de esta circunstancia, varios astrónomos del siglo XVII pretendieron haber determinado tales paralajes. Picard, en 1680, adujo como resultado de diez años de observación, que las variaciones de posición de la estrella polar

llegaban, por año, a 40". Flamsteed, en 1689 y años posteriores, aseveró que la declinación de la polar era 40" menor en julio que en septiembre, y Hooke, en 1674, dedujo de sus observaciones que γ Draconis estaba 23" más al norte en julio que en octubre.

Cuando Bradley y Molyneux empezaron a ocuparse de este asunto de las paralajes estelares, en 1725, todavía reinaba entre los astrónomos mucha incertidumbre sobre los resultados obtenidos hasta entonces, y así Bradley se dedicó a este trabajo con gran asiduidad en Kew, empleando, con su compañero, un telescopio especial sujeto verticalmente y cuya posición se había fijado cuidadosamente por medio de la plomada. La estrella que usaron los dos astrónomos fue la misma empleada por Hooke (γ Draconis), por ser ésta una estrella que pasa muy cerca del zenit en la latitud de Kew, pudiéndose así prescindir en las observaciones de las correcciones de refracción (1).

En diciembre de 1725 comenzaron estas célebres observaciones, y el 17 del mismo mes Bradley encontró que la estrella se movía hacia el sur, siendo de notar que como el movimiento de la estrella en esta época del año, por causa de la Aberración, es rápido (cerca de 3" 2 en 10 días), la atención de los observadores tenía que fijarse en tal hecho culminante con singular cuidado. Por consiguiente, ellos continuaron sus observaciones hasta marzo del año siguiente, cuando la posición de γ Draconis, hacia el sur, se había separado 20" de su posición en diciembre. En abril fue aparente para ellos que la estrella volvía de nuevo hacia el norte, y en septiembre de 1726, que había alcanzado su límite norte extremo. Así, entre marzo y septiembre, se verificaba el mayor desplazamiento de la estrella en cerca de 40".

Aunque Bradley y su compañero perseguían tal resultado, inmediatamente se dieron cuenta de que el fenómeno observado no podía atribuirse a paralaje de la estrella, o sea al desplazamiento debido al cambio de posición de la tierra en su órbita, por cuanto el máximo de tal desplazamiento paraláctico para γ Draconis debería ocurrir entre junio y diciembre. Desde luego, se ve que la Aberración y la paralaje se distinguen fácilmente por su diferencia de faz de tres meses, puesto que el desalojamiento de la estrella debido a la Aberración hace siempre un ángulo de 90° con el debido a la paralaje.

(1) Estas medidas se practicaron con un micrómetro.



Una de las hipótesis que podía aceptarse entonces para explicar este hecho, observado por Bradley y Molyneux, era que la dirección del eje de la tierra y, por consiguiente, la de la vertical, variaba, produciéndose un desalojamiento aparente de la estrella, cuando su posición se medía en relación con la dirección de la plomada. Así, y para aclarar este punto, se hicieron observaciones con otra estrella diametralmente opuesta a γ Draconis en relación con el polo. Pero entonces los resultados demostraron que los desalojamientos anotados no podían atribuirse a movimientos del eje terrestre.

Desde luego, es preciso advertir que sí existen tales movimientos, aunque en un grado mucho menor de lo observado entonces, y que para separarlos de los desalojamientos estelares debidos a la Aberración, fue preciso que Bradley mejorara sus observaciones con un telescopio zenital micrométrico que le permitía observar estrellas distantes del zenit hasta 6° al sur y al norte, y que empleara mayor número de estrellas en ese estudio.

Así, y después de numerosas observaciones sobre quince estrellas apropiadas, pudo él hablar de la *nutación* como efecto debido a desplazamientos reales del eje de la rotación de la tierra, y de la *Aberración* como fenómeno debido al cambio de dirección del rayo luminoso que nos llega de la estrella y que a cada instante es el resultado de la composición de la velocidad variable de la tierra en su órbita, con la velocidad definida de la luz, que previamente había descubierto Roemer en 1666.

He ahí descubierta la Aberración anual debida al movimiento orbital de la tierra y que actualmente se tiene en cuenta por los astrónomos juntamente con la precesión y con la nutación, para reducir la posición aparente de las estrellas a sus posiciones medias, agregando una pequeña corrección atribuible a la *aberración diurna*, es decir, a la debida al movimiento del observador al rededor del eje terrestre por causa de la rotación de la tierra.

Como la velocidad de la luz se ha medido con extrema precisión por los físicos últimamente, y la constante de la Aberración se conoce por observaciones numerosísimas y muy exactas, se concibe que, por este medio, se pueda conocer la velocidad de la tierra sobre su órbita. Esta misma velocidad puede calcularse conociendo el radio de la órbita terrestre mediante observaciones de la paralaje solar.

Así, la determinación de la *constante astronómica: paralaje solar* y de la *constante de la Aberración*, venían sirviendo para verificarse mutuamente, hasta cuando David Gill, Director del Observatorio del Cabo, en 1896, dijo lo siguiente, copiado por Garavito, en una *Memoria* sobre la *determinación de la paralaje solar, de la masa de la luna, etc.*:

“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 para ello, 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”.

Evidentemente, la seriedad de esta cuestión planteada por Gill en términos tan precisos, es inobjetable, y debió llamar ella poderosamente la atención de los físicos contemporáneos, pues desde tiempos de Arago, en 1818, se indicó por este astrónomo que la refracción en un prisma (que depende de la relación de velocidades de la luz en el aire y en el vidrio), debería alterarse por causa del movimiento del prisma a través del éter.

* * *

Breve relación histórica referente a los conceptos de los físicos sobre el éter y la propagación de la luz.

Evidentemente, la explicación más sencilla que puede darse del fenómeno de la Aberración reside en el concepto cinemático de la primitiva teoría corpuscular de la luz (teoría de la emisión, o de Newton; generalmente aceptada cuando ocurrieron los descubrimientos de Bradley); por cuanto si imaginamos el *rayo de luz* que procede de una estrella como una *corriente* de proyectiles que nos llega con una velocidad definida, es claro que la dirección aparente del punto de donde provienen esos proyectiles tendrá que ser afectada por el movimiento de la tierra en su órbita.

Por esa razón nosotros consideraríamos como fundamentalmente más razonable la teoría de la emisión, y más conforme con los hechos, si los físicos no hubieran tenido que inventar la teoría ondulatoria de la propagación de la luz por circunstancias que veremos adelante.

Naturalmente, en la teoría ondulatoria la existencia del *éter* se desprende como consecuencia fatal, puesto que con ella es necesario concebir un medio o vehículo de propagación del *es-*

tremecimiento elemental, que constituye la onda imaginada por Huyghens.

La Aberración y el éter.—Acabamos de decir que en la teoría de la emisión y para explicarnos el fenómeno de la Aberración, podíamos imaginarnos la luz moviéndose en línea recta desde una estrella, sin que ese movimiento fuera modificado por el de la tierra, que arrastra al observador consigo, siendo sólo el cambio de posición del punto luminoso mera composición cinemática de dos velocidades.

Pero en presencia de la teoría ondulatoria, los físicos tuvieron que decirse: “Esto no puede ser verdad si el éter en nuestra vecindad fuera arrastrado por la tierra en su movimiento, por cuanto cuando la luz llega a esta *región de éter en movimiento* su carrera se perturbará sobreponiéndose el movimiento de ese éter a la velocidad ordinaria de la luz que lo atravesara en reposo”. Por eso Arago, en 1818, como se dijo atrás, indicó que los índices de refracción deberían alterarse por causa del movimiento de la tierra a través del éter, y así concluyó que como tal alteración no ocurría, el éter tenía que ser arrastrado totalmente por ese desplazamiento de la tierra en el espacio.

Naturalmente, para los espíritus lógicos, como el de Garavito, tal conclusión debería imponerse sin restricciones, aceptando él, según veremos adelante, *el arrastre total del éter por la atmósfera de la tierra*, para explicar la Aberración y la refracción de la luz a través de las capas sucesivas de esa atmósfera.

Para nosotros, en nuestra simpleza de criterio, no hay complicación alguna en este punto, pues suponemos que el fenómeno de la propagación de la luz, a lo largo de un tubo de flujo luminoso (rayo de luz), se puede efectuar fraccionariamente de dos maneras: por transporte de corpúsculos en movimiento (proyectiles que provienen del cuerpo luminoso) en la parte del tubo que corresponde al espacio *vacío*, y por propagación del estremecimiento ondulatorio, de la teoría de Huyghens, en la parte que corresponde a los cuerpos diáfanos, en cuyo interior molecular la luz se propaga según lo supone la teoría.

Pero no sucede lo mismo a los físicos imbuidos en la necesidad de que haya un medio que llene los espacios interestelares para servir de vehículo de propagación de los fenómenos luminosos, siendo para Arago evidente, al tratarse del prisma de nuestro ejemplo, que si no había alteración en el índice de refracción de ese prisma, en relación con el aire que lo rodeaba, por causa del desalojamiento del conjunto (aire y vidrio) a través del éter, era necesario concluir que el éter que rodeaba al prisma participaba por completo de su movimiento.

Mas no era esto solo lo que consideraban los físicos al analizar el asunto: también miraban ellos el resultado de medir la velocidad de la luz

a través de la atmósfera de la tierra en movimiento con relación al éter en reposo, siendo claro que según este criterio de deslizamiento absoluto del éter, los valores medidos horizontalmente sobre la superficie terrestre, de la velocidad de propagación de los fenómenos luminosos, debían acusar tal movimiento.

Según las modernas ideas del átomo, introducidas por Rutherford en 1911, los electrones y los núcleos atómicos son tan pequeños que el éter puede deslizarse a través de los vacíos interiores del átomo tan fácilmente como si lo hiciera a través del sistema solar. Así en esa fecha no se creyó posible que ocurriera choque alguno entre los átomos y el éter, considerándose como absurdas las ideas del siglo XIX, y que obligaron a pensar en un arrastre total. Desde luego, pues, apareció contradictorio el experimento de Michelson, después del análisis de Rutherford; pero, ¿no tendrían razón quienes pensaron, como Arago, cuando vieron confirmadas sus ideas por tal experimento?

De esa suerte pensó Garavito, cuando dijo: “Los experimentos de Michelson nos han parecido superfluos, pues para nuestra manera de ver, semejaban a la tentativa de medir la velocidad de un tren con un anemómetro colocado en el interior de un vagón cerrado. No nos fundábamos, pues, para esto, en el principio de la relatividad. No tenemos derecho de suponer en reposo absoluto el medio en el cual se propaga la luz; puede éste quizás desalojarse en el espacio con nuestra Vía Láctea con relación al vehículo que transmite la gravitación, por ejemplo”.

En realidad, las complicaciones que ha introducido la hipótesis del éter en la explicación de la Aberración han sido tantas que se comprende perfectamente la necesidad del arrastre parcial de Fresnel.

En su tiempo, Fresnel replicó a la argumentación de Arago introduciendo *un coeficiente de arrastre*, en la hipótesis de que el éter vehículo de la luz dentro del prisma, no participaba por completo del movimiento de éste, siendo solamente arrastrado en parte.

Este hecho se verificó aparentemente por Fizeau en 1851, enviando un rayo luminoso en direcciones opuestas a través de una corriente circular de agua y estudiando su velocidad en la dirección de esa corriente y en sentido contrario. Según la interpretación de Fizeau, su experimento demostraba el arrastre parcial. Pero Garavito, como se verá en los escritos a que sirve de introducción esta “Explicación preliminar”, demostró que la experiencia de Fizeau había sido mal interpretada y que ella confirmaba, precisamente, el arrastre total.

Posteriormente, en 1871, Airy realizó su telescopio de agua, sugerido por Boscovitch, y por medio del cual midió la constante de la Aberración. Razonando de manera muy sencilla era

claro en este experimento que usando un anteojo cuyo tubo estuviera lleno de agua, el valor de la Aberración debería crecer, desde luego que la velocidad de la luz en el agua es menor que en el aire. Pero contra todo lo esperado, se obtuvo el valor normal de la Aberración y no otro.

Como Fresnel había predicho que debería haber una compensación cuando se tenía en cuenta la alteración de la refracción en la superficie del líquido en movimiento, parecía deducirse de estos resultados que el arrastre del éter estaba limitado al interior de los cuerpos en movimiento y que sus efectos se compensaban por cambios de refracción en la superficie de esos cuerpos, excepto cuando, como en el experimento de Fizeau, se trataba de diferencia de movimientos.

De esta suerte, el éter fuera de la tierra estaba en reposo como lo exigía la teoría de la Aberración. Pero de acuerdo con el experimento de Michelson y Morley, ya mencionado, resultó que el éter era arrastrado totalmente por la tierra en su movimiento orbital, planteándose así el conflicto que condujo a la teoría de la relatividad para tratar de explicarlo.

Hé aquí por qué puede decirse sin exageración que el problema o los problemas tratados por Garavito son aún de palpitante actualidad y no han sido resueltos hasta ahora satisfactoriamente desde el punto de vista de la Física moderna.

El éter en los fenómenos de la propagación de la luz a través de medios diáfanos en reposo o en movimiento relativo.

Antes de continuar adelante, conviene recordar que la teoría ondulatoria se funda en las siguientes hipótesis:

1ª Existe en el universo un fluido eminentemente sutil, al cual se ha dado el nombre de *éter*, y del cual acabamos de hablar incidentalmente.

2ª Ese fluido está extendido en todos los cuerpos ponderables.

3ª Es perfectamente elástico.

4ª Sus propiedades físicas pueden variar según la manera como estén agrupadas las moléculas en cada punto del cuerpo ponderable que penetra.

5ª Los cuerpos luminosos comunican al éter vibraciones rectilíneas.

6ª Un estremecimiento en un punto cualquiera del fluido se transmite en el vacío o en un cuerpo isotrópico, con una misma velocidad en todas las direcciones, y llega en un mismo instante a todos los puntos de la superficie de una esfera cuyo centro es el origen del movimiento. Esta superficie es una onda que a una distancia suficientemente grande del centro de estremecimiento, puede ser considerada como plana.

7ª Que la onda sea esférica o plana, el movimiento vibratorio es perpendicular al rayo.

Dando extensión a ese hecho experimental, Huyghens formuló el principio siguiente:

“Las vibraciones del éter en un punto cualquiera del espacio pueden ser consideradas como

resultante de la reunión de los movimientos elementales que producirían aisladamente al mismo instante todas las partes de las superficies de las ondas en cualquiera de sus posiciones anteriores”.

Con el auxilio de las ocho hipótesis que se han transcrito, Fresnel logró explicar *la doble refracción, las interferencias, la difracción y la polarización*. La Aberración anual y la refracción astronómica quedaron, sin embargo, sin explicación, según vimos, y una nueva hipótesis, el arrastre parcial o deslizamiento del éter se hizo indispensable para tal efecto.

Además de esto y para sintetizar en este punto de nuestra explicación cuanto hemos dicho atrás, procurando, al mismo tiempo, refrescar ideas elementales sobre Óptica general, nos valemos de las propias palabras de Garavito, en esta forma:

“La propagación de la luz obedece a las siguientes leyes:

“1ª En los medios homogéneos la luz se propaga en línea recta. Sobre este hecho, la Física experimental funda la teoría de las sombras y la de las imágenes formadas por las pequeñas aberturas.

“2ª Cuando la luz pasa de un medio a otro, los rayos incidente y refractado están en un mismo plano normal a la superficie de separación de los dos medios, y la relación de los senos de los ángulos de incidencia y refracción es constante. Las superficies pulidas reflejan la luz como si se tratase de un choque elástico.

“Las observaciones astronómicas han puesto de manifiesto los siguientes hechos:

“3ª La luz se propaga en el espacio con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo, próximamente.

“4ª La velocidad de la luz se compone, conforme a la Cinemática, con la velocidad de la tierra, de manera que los astros se ven en la dirección de la velocidad relativa (fenómeno de la Aberración).

“5ª La refracción astronómica, referente a la propagación relativa de la luz, es independiente del ángulo de las velocidades de la luz y de la tierra.

“Las experiencias físicas han demostrado que:

“6ª La luz se propaga con igual velocidad en todos sentidos horizontalmente en el interior de la atmósfera de la tierra (Experiencias de Michelson y Morley).

“7ª Al formar un sistema dióptrico en el interior del cual haya un líquido transparente (agua) al cual se le pueda imprimir un rápido movimiento, se observan los hechos siguientes: el rayo que desciende la corriente de agua y el rayo que la asciende, describen en el mismo tiempo espacios distintos: como si la luz fuese arrastrada parcial y no totalmente por el agua. (Experiencia de Fizeau).

“8ª La luz es una forma de la energía, puesto que ciertas radiaciones solares afectan al termómetro, otras a las placas fotográficas y a la retina.

“9ª Hay además razones muy poderosas para admitir que la luz o la energía que esa manifestación representa, se transmite de unas masas a otras, como se transmite la energía vibratoria que produce el sonido. Cuando el aire está en reposo, la velocidad del sonido es la misma en todos sentidos horizontalmente: el aire es arrastrado por la tierra en su movimiento. Las experiencias de Michelson y Morley, según las cuales la velocidad de la luz es la misma en todos sentidos horizontalmente, demuestra que el vehículo de la luz en la superficie de la tierra o dentro de la atmósfera, es arrastrado totalmente por ésta en su movimiento.

“Fresnel, después de haber elaborado la teoría de la luz, sobre la hipótesis ondulatoria de Huyghens, se encontró con hechos elementales, los que no había tenido en cuenta al principio de sus investigaciones: tales hechos son los marcados con los números 4º y 5º. Logró, no obstante, explicar el conjunto de los fenómenos 4º y 5º, mediante la hipótesis de un arrastre parcial del éter por la materia”.

Del repaso que hiciéramos de estas leyes y de la consideración de las hipótesis relativas a la teoría ondulatoria de la propagación de la luz que nos sirvieran para explicar las interferencias, la difracción, la polarización, la doble refracción, etc., fenómenos estudiados en los medios diáfanos materiales que están al alcance de nuestra experimentación directa, deduciríamos claramente que la hipótesis de la emisión necesariamente falla para explicarlos, como es inadecuada, hasta cierto punto, la teoría ondulatoria para explicar la propagación rectilínea de la luz a través del espacio vacío inaccesible a toda experiencia. *Por tal motivo la idea de combinar ambas teorías para satisfacer los conceptos físicos que hasta ahora tenemos de la acción a distancia, absurda a primera vista, merece, sin embargo, un análisis más detenido, de acuerdo con la interpretación mecánica que del rayo de luz nos da Garavito.*

Al analizar esta interpretación, conviniendo simplemente en que la luz es energía, y que se trata, por tanto, del transporte de energía en el espacio, debemos ocuparnos con mayor detenimiento de las consecuencias que se derivan de la hipótesis del éter en la teoría ondulatoria.

Según los físicos modernos, el término *éter* se refiere de modo general a *cierta entidad especial que llena todo el espacio, sin separación, cavidad ni vacío alguno, en forma de una realidad física omnipresente, y de la cual la materia misma es una de sus modificaciones en el universo material.*

Evidentemente, esta definición es tan vaga, tan metafísica y abstracta, que se escapa a toda concepción nuestra por los sentidos, a toda idea que hubiera estado primero en los sentidos, que son los medios de contacto entre nuestro entendimiento y el mundo externo (1).

Así, de las propiedades del éter podemos tener las ideas que nos vengan en gana, ya que ellas están por encima de todo el mundo físico. Si se trata de la densidad y de la elasticidad, por ejemplo, de este fluido misterioso imponderable, llegamos a la conclusión de la Física moderna que adopta la materialización electromagnética del átomo de Rutheford, de que en términos de propiedades materiales, la inercia del éter es del orden de la de masas de 1.000 toneladas por milímetro cúbico, siendo su elasticidad igual a su densidad multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz.

Además de esta fantástica densidad y de su elasticidad infinitamente más fantástica e inconcebible, el éter debe poseer una transparencia perfecta, no disipando energía alguna a través de su masa, pues de lo contrario las nebulosas espirales situadas a distancias enormes de nosotros, no podrían enviarnos su luz. No puede haber fricción alguna entre el éter y la materia, pues al haberla, el movimiento planetario sufriría modificaciones que ya la Mecánica celeste hubiera puesto en evidencia. En el éter no puede haber, pues, viscosidad, ni fricción fluida alguna; no hay calor, ni sonido, ni manifestación elástica alguna distinta de la que aparece en la propagación por ondas de la energía a una velocidad constante y definida, que es la velocidad de la luz, la velocidad universal.

De acuerdo, pues, con la Física moderna, y hablando en términos concretos, el éter es un fluido imponderable y continuo de una densidad infinita, de una elasticidad infinita, de una movilidad absoluta y de una tenuidad infinita, puesto que pasa a través del espacio interelectrónico que constituye el átomo, con la misma facilidad con que lo hiciera a través de los espacios interplanetarios. Además de esto es infinitamente diáfano y diatérmano, pues, transmite el calor y la luz, por radiación, sin absorción alguna en los espacios infinitos, y posee toda la energía eléctrica potencial, y la magnética, en los campos de fuerza de líneas magnéticas y eléctricas concadenadas, tal como se explica la propagación de la luz en la teoría electro-magnética de Maxwell.

Ciertamente, parece imposible que de tal fluido inmaterial y esencialmente misterioso, podamos formarnos idea física aceptable, y entonces al imaginarlo los físicos han colmado una laguna insondable en la posibilidad de nuestros conocimientos reales, con una hipótesis metafísica de

(1) Nihil est in intellectu quod primum non fuerit in sensu.

carácter teológico incompatible con los métodos experimentales de investigación usados anteriormente, en el siglo XIX, cuando la Mecánica racional tenía contacto directo con la experimentación de nuestros sentidos y, lo mismo que la Geometría, era una intuición de nuestro cerebro, influenciado secularmente por el medio, a través de las generaciones.

Por estas consideraciones, más o menos complejas, podemos aceptar sin limitaciones el concepto puramente matemático de Garavito, quien al explicar mecánicamente la propagación luminosa prescinde de toda hipótesis referente a la constitución íntima de la luz.

Valor crítico de los puntos de vista de Garavito.

Y así ha obrado este sabio profesor porque en realidad y por conclusiones negativas a que se llegó en el Congreso de Física de Roma de 1931 (1), la inmensa labor científica de los físicos de las postrimerías del siglo XIX y primer cuarto del presente, necesita una reconsideración general para ver de establecer los principios de la ciencia sobre fundamentos sólidamente indiscutibles.

A este propósito dijo Garavito:

“Esta consideración ha servido a Emile Picard para explicar la dificultad con que tropiezan los físicos modernos, puesto que se tiene inmenso acopio de observaciones físicas de alta precisión, que aumentan diariamente y las cuales, siendo resultantes de múltiples causas de diferente orden, es imposible separarlas”.

“Pero la dificultad no está solamente en esto; hay en mi concepto una causa aún mayor que imposibilita hacer de la Física una ciencia racional, un apéndice de la Mecánica. El universo astronómico es, en efecto, más sencillo desde el punto de vista de la Mecánica que el mundo molecular: todo es visible en el primero, todo es oculto en el segundo. La gran solidez que tiene la ciencia astronómica consiste precisamente en la objetividad de la causa y del efecto. Le Verrier, por ejemplo, supuso que un nuevo planeta era el causante de las perturbaciones conocidas de Urano, calculó la posición de esa masa oculta y la observación descubrió a Neptuno. La causa se hizo así visible. En Física una verificación semejante es de todo punto imposible”.

“Es injustificable la pretensión de los físicos modernos de conferir a sus teorías hipotéticas valor equiparable al de la astronómica. Lo único verificable en Física es la comprobación de que sus fenómenos obedecen a las leyes de la Mecánica; pero es incauto aspirar al conocimiento íntimo y detallado de ellos”.

(1) M. Jean Labadié, en el número 176 de “La Science et la Vie”, correspondiente a febrero de 1932, dijo así: “Es, pues, ahora que se va a comenzar la verdadera revolución de la ciencia física, después de que un sabio feliz haya puesto en evidencia este espejismo que hace inextricables las ecuaciones de la Física moderna. Todo el trabajo que se ha hecho desde 1900 hasta nuestros días, no será, pues, sino un trabajo de **desmonte**, de **demolición**, como lo dice tan justamente M. Eddington...”

“La Óptica astronómica debe establecerse desligada de las teorías hipotéticas de la Física, que no son sino teorías provisionales; ella debe fundarse sobre bases experimentales de valor incontrovertible”.

Cuáles deban ser éstas bases, nos lo está indicando Garavito, cuando en otra parte de sus escritos agrega:

“La Astronomía comprueba que los movimientos celestes obedecen a la Mecánica racional, conclusión de alta importancia filosófica, puesto que demuestra que lo que pudiéramos llamar material abstracto del entendimiento, ya se le considere como verdades necesarias, ya como asociaciones indisolubles, corresponde a la realidad externa”.

“A esta misma conclusión deberá llegarse por medio de la Física”.

“En un sistema material en donde no haya sino fuerzas interiores, como sucede en el universo entero, la energía total se conserva constante siempre que las fuerzas cumplan cierta condición analítica, la de depender de una función potencial. En la hipótesis cinética la función potencial es constante y la energía afecta la forma actual; las fuerzas no serían en esta hipótesis sino efectos debidos a los choques, de la misma manera que esta teoría explica la gravitación; y los diversos agentes físicos o físico-químicos no serían tampoco en este supuesto, sino manifestaciones aparentemente distintas de una sola cosa: la energía cinética”.

“De ahí la equivalencia de las transformaciones de los diversos agentes físicos entre sí, como la energía calorífica en química, en eléctrica, etc. y de éstas en trabajo mecánico, equivalencia que se verifica satisfactoriamente hasta donde es posible”.

“Esta conclusión no confirma, sin embargo, la hipótesis cinética, porque con otras hipótesis podría llegarse al mismo resultado; pero sí comprueba la conservación de la energía y la unidad de las fuerzas físicas; y hace ver que esta conservación y esta unidad concuerdan bien con la razón humana. Tal es el principal papel de esta hipótesis”.

“Para demostrar definitivamente tal conservación y tal unidad, los fenómenos físicos deben cumplir también con el principio de la menor acción, y el objeto de la Física matemática no deberá ser otro que el de verificar esta verdad, con lo cual la comprobación será concluyente”.

Y esto lo ha realizado Garavito aplicando tal principio a la propagación de la luz, al aceptar el hecho de que la luz produce un empuje o impulsión en el sentido en que se propaga (1) y al deducir que la conservación del flujo de energía, antes y después de la refracción, es condi-

(1) Los físicos americanos Nicholls y Hull, en 1908, ante la Sociedad Física Americana pusieron de manifiesto, de modo satisfactorio, que las radiaciones luminosas producen un empuje o acción mecánica sensible.

ción suficiente para la existencia del índice de refracción entre dos medios.

Así él nos habla del transporte en el espacio de un estremecimiento que equivale a la energía que anima en un instante a una porción o cantidad de agente luminoso, cuando dice:

“La masa individual m no se transporta en el espacio, sino el estremecimiento que la ha activado. La intensidad de la luz varía, en efecto, en razón inversa del cuadrado de la distancia, y como la velocidad de propagación en el mismo medio es constante, resulta que habrá conservación de energía y de cantidad de movimiento a condición de conservarse constante la cantidad de masa vibrante, siempre que se considere como masa mecánica, esto es, como coeficiente de inercia. El estremecimiento se propaga en línea recta en un mismo medio, y se refleja formando ángulos iguales de incidencia y de reflexión, de manera que cumple las condiciones de mínimo espacio y mínimo tiempo, de conformidad con el principio de la menor acción”.

“Por tanto, la energía que anima, a un instante dado, a la porción de masa m , se transporta sucesivamente activando masas individualmente distintas pero iguales en cantidad, y ese transporte cumple exactamente las mismas condiciones mecánicas que cumpliría una misma masa mecánica individual m , animada de la misma velocidad, y siguiendo la misma trayectoria que el estremecimiento. Así se puede en rigor individualizar el transporte de la luz y estudiar su movimiento con las leyes de la Mecánica, cualquiera que sea la naturaleza de ese agente físico”.

Como hemos dicho, Garavito no hizo hipótesis alguna sobre la constitución de la luz, en obediencia a un impulso categórico de su criterio científico, al cual repugnaba por modo completo todo aquello que no se dedujera mediante la lógica matemática del razonamiento. Así nosotros, al sugerir una nueva hipótesis al respecto, faltamos, hasta cierto punto, a las enseñanzas del maestro; pero como se trata de una explicación sencilla y sin compromisos, que sirva para hacer sensible la idea de un flujo luminoso o de energía lumínica a lo largo de un tubo de flujo de energía —de que él nos habla en su transporte mecánico— creemos del caso insistir sobre este punto manifestando que se puede prescindir del éter como vehículo de las radiaciones de energía a través del *espacio vacío*, volviendo a la descartada hipótesis de Newton, que en realidad no desentona por completo con las últimas teorías relativas al flujo de la energía. (Teoría de Planck).

Así sucede que del cuerpo luminoso, o mejor, del cuerpo que emite energía en el espacio, proceden corpúsculos o electrones, para darle algún nombre, que se mueven con una velocidad definida en línea recta, y a los cuales, en un medio

material, se asocian ondas que se mueven juntamente con él. (Hipótesis de Broglie).

A través del *espacio vacío*, en donde no podemos efectuar experiencia alguna, estas ondas no existen: el electrón es un corpúsculo de masa mecánica m (coeficiente de inercia), que se mueve con determinada velocidad v representando así cierta cantidad de energía potencial que se transforma, mediante la presencia de un medio ponderable (conjunto de átomos de los medios diáfanos) en movimientos ondulatorios (energía cinética).

Aquí conviene recordar que el fracaso del átomo de Bohr en espectroscopia, ha conducido últimamente a la Mecánica *ondulatoria* de Broglie, la cual consiste fundamentalmente en *suponer que un electrón es, en realidad, una sucesión de ondas*. Un átomo en esta nueva Mecánica, a diferencia del átomo de Rutherford, consistiría en un núcleo positivo rodeado por una distribución continua de electricidad negativa que oscilara con frecuencia determinada. Así la radiación emitida se determinaría por la aceleración de la electricidad, de acuerdo con la teoría clásica electromagnética.

Pero no pretendemos entrar en consideraciones de este orden, ajenas por completo a lo que nos proponemos, sino tan sólo hacer notar que el concepto mecánico de Garavito subsiste íntegramente dentro de la nueva hipótesis, como se ve claro en los siguientes párrafos:

“ Toda la actividad que anima a la materia móvil que cubre la corteza terrestre proviene del sol y nos llega bajo la forma de radiaciones solares. Los efectos mecánicos de la luz se ponen de manifiesto por medio de aparatos especiales”.

“ Pero si aquello que nos llega bajo la forma de radiaciones luminosas es algo que se transforma en energía mecánica es porque realmente es energía homogenizable producto de masa mecánica por velocidad”.

“ En la teoría balística la luz estaría constituida por masas animadas de velocidad; en la teoría elástica el mecanismo de la propagación consistiría en una sucesión de transformaciones de energía potencial en cinética, y recíprocamente, en la cual la masa activada avanza sucesivamente como en la teoría balística, pero con la diferencia de que no sería la misma masa individual sino masas sucesivas, como acontece en el sonido. En la teoría electromagnética la propagación se efectúa a causa de transformaciones sucesivas de la energía eléctrica en electrodinámica y recíprocamente, pero el lugar de la transformación avanza de manera continua como la masa balística o como la masa activada en la teoría elástica; pero todos estos diversos modos de considerar la luz poseen una identidad completa en lo que concierne a la propagación de la energía mecánica a través del espacio”.

La inexistencia del éter como realidad física no repugna, según lo indicamos atrás, sino desde el punto de vista metafísico de las escuelas filosóficas, pero cabe dentro de las teorías einsteinianas, por las cuales al concepto newtoniano de la gravitación se sustituye esta afirmación escueta y sin compromisos ulteriores: la gravitación es una propiedad del espacio.

Suponiendo que las cosas fueran en realidad como se sugiere en este escrito, en donde se avanza tímidamente la idea de asociar la teoría balística de la luz, con la elástica o la electromagnética (teoría ondulatoria) para prescindir del éter y explicar el transporte ondulatorio a través de los medios diáfanos de realidad física experimentada, la experiencia de Michelson no serviría sino para afirmar el hecho de que el vehículo de transporte del estremecimiento ondulatorio se desaloja totalmente con la tierra en el espacio, por cuanto es la propia atmósfera de ella.

Entonces resultaría claro que la Física podría contestar victoriosamente al astrónomo Gill, diciendo: "Puede tenerse como exacta la teoría generalmente aceptada de la Aberración, por cuanto la hipótesis de la emisión tiene fuerza si se considera el espacio fuera de la atmósfera terrestre; siendo la teoría ondulatoria aplicable sólo a los medios diáfanos terrestres, en donde se verifica que la velocidad de propagación de la luz depende de la densidad del medio, y la refracción es un fenómeno que no admite discusión".

Y esto dentro de la Mecánica clásica, como lo entiende Garavito, conservando al tiempo y al espacio las cualidades absolutas que les concediera el viejo concepto newtoniano, y que nuestro sabio profesor explica de esta suerte: "La generalidad de los filósofos considera el tiempo como una idea derivada únicamente de la sucesión de los acontecimientos. Pero si meditamos sobre la inercia de la materia y sobre la alta importancia que esta cantidad desempeña en Mecánica, podemos entrever la realidad de su existencia desde otros puntos de vista. ¿Cómo es posible calcular un péndulo que dé determinado número de oscilaciones en un día? ¿Qué significado tiene la aserción de que los días solares no son iguales, mientras los siderales sí lo son?" "Las propiedades cuantitativas son algo como la armadura o esqueleto del medio que nos rodea, y cuya persistente influencia ha modelado y modela continuamente y sucesivamente el organismo humano a través de todos sus ascendientes, y, en especial, la forma cerebral, en donde residen aquellas ideas en estado latente de memoria orgánica almacenada, como material de una mina que aprenden a explotar los que ejercitan el entendimiento".

"La Mecánica, al concebir el espacio absoluto y el tiempo absoluto, ha llegado a conclusiones que la experiencia confirma. ¿Es que los fundadores de la Mecánica crearon el espacio y el tiempo? O ¿es, más bien, que han sabido inter-

pretar correctamente las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos?"

"No es la sola sucesión de los acontecimientos la única y principal fuente de experiencias o de hechos que han servido para modelar nuestra abstracción del tiempo. La ley de inercia ha influido aquí como influyó también en el concepto de la orientación".

"No poseemos sentidos absolutos: el medio externo influye sobre nuestra sensibilidad mediante impulsiones mecánicas, y el resultado de nuestras impresiones implica de hecho una relación entre las entidades externas. De ahí que podamos hacer depender cada una de las entidades externas de la combinación de las otras. Si poseyésemos sentidos absolutos, tendríamos cuatro unidades fundamentales en vez de tres. Carecemos de ellos, pero la gran variedad de impresiones recibidas y la enorme diversidad de circunstancias en que se reciben, hace que esas dependencias se nos presenten de manera tal que, aunque imperfectamente, nos han sugerido ideas atávicas o intuitivas sobre la existencia propia de todas y cada una de esas entidades".

"La orientación del universo en el espacio y la uniformidad absoluta del tiempo, son, en cierto modo, el resultado de la eliminación de las entidades que con ellas se relacionan en el juego incesante de las percepciones del medio externo. Es a la ley de inercia a la que debemos esos conceptos; y esta ley no es, por otra parte, otra cosa que la conservación del movimiento".

Por lo expuesto hasta aquí habremos de deducir que la tarea de Garavito en el campo de la Óptica astronómica ha sido esencialmente conservadora y destinada a salvar viejos principios, de acuerdo con la experiencia secular. Estos principios se han visto ahora arrollados por la avalancha demoledora que las hipótesis físicas ensayadas en sucesiva y rápida evolución, han desatado sobre la sólida estructura mental de la Geometría de Euclides y la Mecánica de Newton.

Tales hipótesis se van pesando y al hallarse fallidas para explicar nuevos hechos, necesariamente se reemplazan por otras, llegándose así al estado reconocido por el Congreso de Física de Roma, de 1931, en donde se indicó, por algunos, la conveniencia de reconstruir el complicado edificio elevado por los físicos de fines del siglo XIX y primer cuarto del siglo XX, levantándolo de nuevo desde sus cimientos.

Esta labor es la que previó el genio de Garavito como necesaria e indispensable, pues él pudo demostrar que hechos aparentemente en contradicción, en el dominio de la Óptica, fácilmente pónense de acuerdo, explicándolos dentro de la Mecánica clásica y de acuerdo con la vieja Geometría euclidiana, sin necesidad de echar por tierra esos dos pilares milenarios sobre que ha descansado hasta ahora la razón humana: el Tiempo y el Espacio.

TEORIA DE LA ABERRACION DE LA LUZ

JULIO GARAVITO ARMERO

Director del Observatorio Astronómico Nacional, de 1893 a 1919.

(PRIMER ESCRITO DE LA SERIE SOBRE OPTICA MATEMATICA)

El célebre profesor David Gill, Director del Observatorio del Cabo, en una Memoria referente a la *Determinación de la paralaje solar, de la masa de la luna, etc.* dijo lo siguiente, al tratar de la aberración de la luz:

"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 para ello; 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". (*Bulletin Astronomique de l'Observatoire de Paris*. Tom. XIII — 1896).

En el año de 1896, después de haber leído la Memoria del Profesor Gill, nos propusimos estudiar el citado fenómeno de acuerdo con la teoría ondulatoria. Aceptábamos en ese tiempo, como lo aceptamos hoy, el arrastre total del éter por la atmósfera de la tierra. No hemos podido concebir la refracción de la luz en las capas sucesivas de la atmósfera sin admitirlo.

Los experimentos de Michelson nos han parecido superfluos, pues para nuestra manera de ver, semejaban a la tentativa de medir la velocidad de un tren con un anemómetro colocado en el interior de un vagón cerrado. No nos fundábamos, pues, para esto, en el principio de la relatividad. No tenemos derecho de suponer en reposo absoluto el medio en el cual se propaga la luz;

puede éste quizás desalojarse en el espacio con nuestra Vía Láctea, con relación al vehículo que transmite la gravitación, por ejemplo.

El estudio puramente cinemático que emprendimos entonces, nos condujo a una consecuencia legítima que nos pareció absurda en aquel tiempo, en virtud de que admitíamos *a priori* una hipótesis implícita que era falsa.

Ultimamente hemos tenido ocasión de leer un artículo del Profesor G. Castelnuovo: *Principe de relativité et phénomènes optiques*, publicado en el Vol. IX, Año V (1911) de "*Scientia*", y por el cual se ve que el problema propuesto a los físicos por el Profesor Gill no ha sido resuelto.

La laudable ambición de abarcar en una teoría general todos los fenómenos de la luz y del electromagnetismo, ha llevado a los físicos modernos demasiado lejos para poder dedicar su atención a un asunto, en cierto modo elemental, y han dejado sin respuesta esta cuestión, que interesa sólo a la ciencia astronómica.

Por ser de alguna utilidad en la determinación de las constantes de que habla el Profesor Gill, presentamos el estudio que hemos hecho, destinado a llenar una necesidad de carácter puramente astronómico, pero, a nuestro juicio, sin gran importancia en lo que respecta a la física de la luz.

Consideraciones generales.

Sea m la masa o cantidad de agente de una porción definida de onda luminosa, y v la velocidad con la cual se propaga el estremecimiento en un medio isótropo.

La masa individual m no se transporta en el espacio, sino el estremecimiento que la ha activado. Si a un instante t la onda ocupa una posición A y activa a una masa M , a otra instante t' ocupará la posición B y activará otra masa igual M . La intensidad de la luz varía, en efecto, en razón inversa del cuadrado de la distancia, y como la velocidad de propagación en el mismo medio es constante, resulta que habrá conservación de energía y de cantidad de movimiento a condición de conservarse constante la cantidad de masa vibrante, siempre que se considere como masa mecánica, esto es, como coeficiente de inercia. El estre-

mecimiento se propaga en línea recta en un mismo medio y se refleja formando ángulos iguales de incidencia y de reflexión, de manera que cumple las condiciones de mínimo espacio y mínimo tiempo, de conformidad con el *principio de la menor acción*.

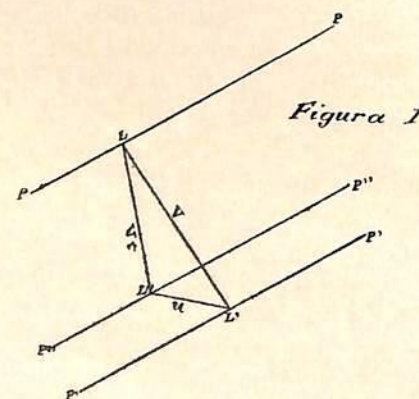
Por tanto, la energía que anima, a un instante dado, a la porción de masa m , se transporta sucesivamente activando masas individualmente distintas pero iguales en cantidad, y ese transporte cumple exactamente las mismas condiciones mecánicas que cumpliría una misma masa mecánica individual m animada de la misma velocidad, y siguiendo la misma trayectoria que el estremecimiento. Así se puede, en rigor, individualizar el transporte de la luz y estudiar su movimiento con las leyes de la Mecánica, cualquiera que sea la naturaleza de ese agente físico.

Cuando la luz pasa de un medio a otro, se verifica un fenómeno semejante al choque de cuerpos elásticos. La propagación en el segundo medio puede simbolizarse de la misma manera, pero no considerando ya la misma masa individual del primer medio, sino otra distinta que ha recibido la impulsión.

El rayo luminoso llega al ojo del observador después de sufrir una serie de refracciones sucesivas desde las primeras capas atmosféricas hasta la tierra. Habrá una primera capa en donde se refracta la luz, y es a esa capa a la que nos referimos en el presente estudio.

* * *

Sean P y P' dos posiciones de la onda luminosa separadas por un intervalo de tiempo igual a la unidad. La normal LL' (figura 1) común, representará la dirección y magnitud



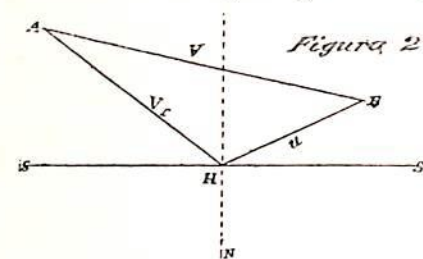
de la velocidad de la luz en el espacio interplanetario, así $LL' = V$.

El transporte de la onda con relación a la tierra se puede considerar como el movimiento relativo de un plano que se halla animado de una traslación en el espacio con relación a otro sistema material animado también de un movimiento de traslación. En consecuencia, la cuestión se reduce a una simple composición de velocidades. Bastará aplicar a cada punto de la onda una ve-

locidad $L'L''$ igual, paralela y contraria a la de la tierra.

La onda luminosa se mueve de P a P' en la unidad de tiempo, de manera que un punto L de dicha onda, que recorre la dirección normal LL' (propagación de la luz), se moverá con relación a la tierra de P a P'' en la misma unidad de tiempo, pero el punto L de la onda se transporta oblicuamente de L a L'' (propagación relativa de la luz). Es éste un punto importante, sobre el que volveremos más adelante.

Sea (figura 2) AB la velocidad con la cual se propaga la luz en el espacio interplanetario, SS' la superficie de separación de la atmósfera de la tierra y del espacio; sea HB la velocidad de la tierra en el espacio, AH representará,

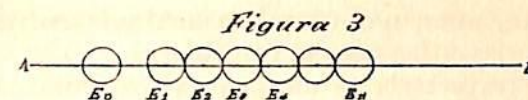


pues, la velocidad relativa de la luz, es decir, la velocidad LL'' de la figura 1. La individualización legítima que hemos hecho de la propagación del estremecimiento elástico o electromagnético, nos ha puesto en condiciones de determinar la trayectoria relativa de dicho estremecimiento de acuerdo con la Cinemática clásica.

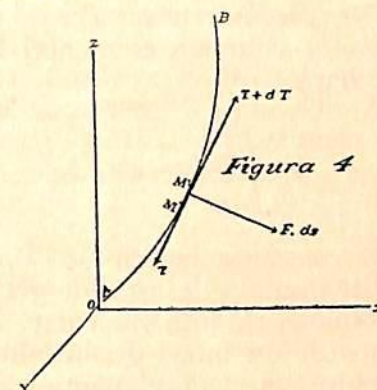
Toda la actividad que anima a la materia móvil que cubre la corteza terrestre, proviene del sol y nos llega bajo la forma de radiaciones solares. Los efectos mecánicos de la luz se ponen de manifiesto por medio de un pequeño aparato llamado *radioscopio*, muy conocido.

Pero si aquello que nos llega bajo la forma de radiaciones luminosas es algo que se transforma en energía mecánica, es porque realmente es energía homogenizable, producto de masa mecánica por velocidad.

En la teoría balística la luz estaría constituida por masas animadas de velocidad; en la teoría elástica el mecanismo de la propagación consistiría en una sucesión de transformaciones de energía potencial en cinética, y recíprocamente, en la cual la masa activada avanza sucesivamente como en la teoría balística, pero con la diferencia de que no sería la misma masa individual sino masas sucesivas, como acontece en el sonido. En la teoría electromagnética la propagación se efectúa a causa de transformaciones sucesivas de la energía eléctrica en electrodinámica y recíprocamente, pero el lugar de la transformación avanza de manera continua como la masa balística o como la masa activada en la teoría elástica; pero todos estos diversos modos de considerar la luz poseen una identidad completa en lo que concierne a la propagación de la energía mecánica a través del espacio.



Para que se comprenda bien la idea que queremos expresar, nos serviremos de un símil grosero: Si a una bola de billar se le da una impulsión en el sentido AB (figura 3) ella recorrerá el espacio AB en cierto tiempo t al no hallar obstáculo alguno en su camino; pero si encuentra a una serie de bolas idénticas $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ situadas en la línea recta AB y en contacto unas con otras, ella choca con la primera comunicándole la energía cinética de que estaba animada hasta quedar en reposo; la E_1 comprimida durante un intervalo (período de compresión) reacciona después sobre E_0 y E_2 de manera de anular el movimiento de E_0 y comunicar a E_2 la energía cinética de E_0 y así sucesivamente hasta E_n la que continúa el movimiento que traía E_0 , como si aquella no hubiese sido detenida por las bolas intermedias.



Considerada de esta manera la propagación de la energía, se ve que hay identidad mecánica en la manera como ella se propaga entre el punto de impulsión A y el punto de llegada B , sea que se considere una misma masa individual o una serie de masas intermedias.

Las fuerzas elásticas que se desarrollan en las bolas intermedias de nuestro ejemplo, nos son más desconocidas aún que las acciones eléctricas y electrodinámicas; nada, pues, cambia al considerar la propagación electromagnética en vez de la propagación elástica, en lo que concierne a la idea que queremos expresar.

Nos hemos permitido hacer estas indicaciones porque más de un lector extrañará el empleo de cantidades mecánicas en una cuestión de Óptica; pero si se reflexiona que las radiaciones solares se transforman en la energía mecánica que utilizamos a diario, se echa de ver que es tan legítimo el empleo de las cantidades mecánicas, en lo que respecta al transporte de la luz, como lo es el de las electromagnéticas o elásticas. Por otra parte, las teorías ópticas se refieren al mecanismo íntimo de las acciones y reacciones del medio en donde se propaga la luz, como sucedería si se tratase de las deformaciones y de las fuerzas elás-

ticas de las bolas de billar de nuestro ejemplo, y nó del transporte total de la energía.

Lo que llega a nuestra vista es propiamente una energía mecánica, la cual ha sido transportada, sea por una sola masa mecánica (hipótesis balística), sea por una serie de masas intermedias (hipótesis ondulatoria); pero de todos modos dicho transporte debe obedecer a las leyes más generales de la Mecánica, y es ésta la hipótesis que hacemos en nuestro estudio.

* * *

Aplicación del teorema de la menor acción a la propagación de la luz.

Antes de entrar en la aplicación del principio de Maupertius, recordaremos algunas cuestiones clásicas para mejor entendimiento de la teoría que vamos a tratar.

Principiaremos por recordar un problema que interesa directamente al asunto en cuestión.

a) Dados dos puntos A y B del espacio, hallar la curva que los une, de manera que a lo largo de ésta la integral

$$I = \int_{(A)}^{(B)} F(x, y, z) ds$$

sea mínima. La resolución de este problema se reduce a la integración de las ecuaciones

$$(1) \quad \begin{aligned} d \left[F \frac{dx}{ds} \right] &= \frac{\partial F}{\partial x} ds \\ d \left[F \frac{dy}{ds} \right] &= \frac{\partial F}{\partial y} ds \\ d \left[F \frac{dz}{ds} \right] &= \frac{\partial F}{\partial z} ds \end{aligned}$$

b) *Curvas funiculares*—Sea AMB (figura 4) una curva funicular; $MM' = ds$ un arco infinitesimal solicitado por las tensiones T y $T+dT$ en sus extremos, y por $F ds$ en su punto medio, siendo F la fuerza externa que actúa por unidad de longitud. Las ecuaciones diferenciales de la funicular son:

$$(2) \quad \begin{aligned} d \left[T \frac{dx}{ds} \right] &= -X ds \\ d \left[T \frac{dy}{ds} \right] &= -Y ds \\ d \left[T \frac{dz}{ds} \right] &= -Z ds \end{aligned}$$

Si se proyectan las fuerzas sobre la tangente en el punto de aplicación de $F ds$ se tendrá en cantidades de primer orden:

$$T + dT + F ds \cos(F, ds) - T = 0$$

de donde

$$dT = -F ds \cos(F, ds) = -(X dx + Y dy + Z dz)$$

Por tanto:

$$\frac{dT}{dx} = -X \quad \frac{dT}{dy} = -Y \quad \frac{dT}{dz} = -Z$$

Llevando estos valores a (2) se tendrá:

$$d \left[T \frac{dx}{ds} \right] = \frac{\partial T}{\partial x} ds$$

$$d \left[T \frac{dy}{ds} \right] = \frac{\partial T}{\partial y} ds$$

$$d \left[T \frac{dz}{ds} \right] = \frac{\partial T}{\partial z} ds$$

las cuales no son otra cosa que las (1) para

$$T = F(x, y, z).$$

Por tanto, la funicular es la curva que hace mínima la integral

$$I = \int_{(A)}^{(B)} T ds$$

esto es, la curva que hace mínimo el trabajo de la tensión a lo largo de la curva.

c) *Mínima acción*: Sea un punto material de masa m el cual se mueve en un campo de fuerza en donde hay conservación de energía. Las ecuaciones de movimiento son:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = X \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = Y \quad m \frac{d^2 z}{dt^2} = Z$$

$$y \quad d(\frac{1}{2}mv^2) = Xdx + Ydy + Zdz.$$

Ahora bien, llamando $v = \frac{ds}{dt}$ la velocidad, y ds el arco de trayectoria, se tendrá:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot \frac{d}{dt} \left[v \frac{dx}{ds} \right] = X$$

Pero se tiene también

$$X = \frac{\partial(\frac{1}{2}mv^2)}{\partial x} = mv \frac{dv}{dx} = v \frac{\partial(mv)}{\partial x}$$

por tanto

$$\frac{\partial(mv)}{\partial x} = \frac{X}{v} \quad \frac{\partial(mv)}{\partial y} = \frac{Y}{v} \quad \frac{\partial(mv)}{\partial z} = \frac{Z}{v}$$

Las ecuaciones de movimiento se harán, pues

$$(3) \quad \begin{aligned} d \left[mv \frac{\partial x}{\partial s} \right] &= \frac{\partial(mv)}{\partial x} ds \\ d \left[mv \frac{\partial y}{\partial s} \right] &= \frac{\partial(mv)}{\partial y} ds \\ d \left[mv \frac{\partial z}{\partial s} \right] &= \frac{\partial(mv)}{\partial z} ds \end{aligned}$$

Comparando estas ecuaciones con (1) resulta que la trayectoria del móvil es la curva a lo largo de la cual la integral

$$I = \int_{(A)}^{(B)} mv ds$$

es mínima.

Existe, pues, una completa analogía entre las trayectorias y las curvas funiculares.

Una trayectoria es una curva funicular, cuya tensión en cada punto es la cantidad de movimiento de que está animado el móvil en virtud de las fuerzas externas que actúan sobre él, y la impulsión elemental de la fuerza exterior que actúa sobre el punto móvil representaría la fuerza que solicitaría al elemento ds de trayectoria, considerada como curva funicular.

Si en la curva funicular la tensión T ha de ser constante, el mínimo de la integral

$$I = \int_{(A)}^{(B)} T ds$$

conduce a la mínima longitud, esto es, a la línea recta. Si en el movimiento se ha de conservar constante la cantidad de movimiento, la trayectoria será rectilínea.

Si llamamos w la sección del hilo en la curva funicular y T la tensión por unidad de área, la diferencial $T ds$ se convierte en $T w ds$ y llamando $du = w ds$ el volumen elemental de l hilo, la integral se hará

$$I = \int_{(A)}^{(B)} T du$$

Suponiendo constante la tensión T , por unidad de área, el mínimo de esta integral conduce al mínimo volumen de hilo funicular.

Si llamamos dt un intervalo infinitesimal de tiempo, se tendrá, en el movimiento del punto, $ds = v dt$. La diferencial $mv ds$ se hará $mv^2 dt$ y la integral será

$$I = \int_{(A)}^{(B)} mv^2 dt.$$

Suponiendo constante la fuerza viva mv^2 del móvil, el mínimo de la integral conduce al mínimo tiempo gastado en recorrer el espacio (AB) .

Las curvas funiculares se convierten en líneas poligonales cuando la fuerza que solicita al hilo no actúa de manera continua en todos los puntos de éste, sino que está concentrada en ciertos puntos. En estos casos no sería correcto aplicar el mínimo de la integral indicada. Sin embargo, a pesar de la discontinuidad de las fuerzas en los polígonos funiculares, se verifica el mínimo trabajo de tensión a lo largo del hilo. En efecto, supongamos una polea móvil sostenida por un cable. Dicha polea describe una elipse en el plano vertical, y el punto de equilibrio es el punto más bajo de la curva. Al dar un desalojamiento cualquiera a la polea, el peso asciende y este trabajo se efectúa a expensas de las tensiones.

Así como las curvas funiculares se convierten

en líneas poligonales cuando la fuerza que solicita al hilo no obra de una manera continua en todos los puntos de éste, sino que se halla concentrada en ciertos puntos, así mismo las trayectorias de los móviles se convierten en líneas poligonales cuando el móvil no sufre de una manera continua la acción de una fuerza sino en determinados puntos del espacio.

En cada medio homogéneo la luz conserva su energía cinética, y, por tanto, la energía potencial será constante en el espacio ocupado por ese medio homogéneo; lo cual no implica que dicha energía sea la misma en otro medio diáfano distinto. Para que se comprenda lo que queremos expresar, supondremos, por ejemplo, que la naturaleza de la luz sea electromagnética. En esta hipótesis la energía electrostática podría ser la energía potencial, y la electrodinámica, la cinética. Ahora bien, el potencial electrostático del aire puede ser distinto del de el agua, y al pasar la luz de un medio al otro, su energía potencial cambiaría bruscamente de valor sin que por ello dejase de haber conservación de energía total, pues el cambio en la potencial sería compensado por otro cambio inverso en la cinética. Así, aun en caso de discontinuidad en la impulsión de la fuerza, puede verificarse la mínima acción como en los polígonos funiculares el mínimo trabajo de tensión.

La superficie de separación de dos medios es una superficie de nivel en lo que respecta al campo de fuerza, al cual se refiere la energía luminosa. En efecto, la luz cambia de dirección al atravesar esta superficie, lo que pone de manifiesto la acción de una fuerza sobre la propagación de la luz, la cual se manifiesta también en el cambio de velocidad. Ahora bien, la luz no cambia de dirección pero sí cambia de velocidad cuando se propaga normalmente, luego la fuerza actúa normalmente a la superficie. Así, pues, las líneas de fuerza son normales a la superficie de separación de dos medios diáfanos de diferente refrangibilidad.

Sean (m) y (M) dos medios diáfanos separados por una superficie (S) . Como nuestro propósito no es el de hacer una teoría de la luz, no tenemos motivo para ocuparnos en dilucidar qué magnitud es la que representa en las teorías electromagnética o elástica aquello que es la masa mecánica que sirve a cada instante de vehículo a la energía luminosa. Consideremos una cierta cantidad de luz, para hablar en términos que no se comprometan con tal o cuál hipótesis particular sobre la naturaleza de ésta. Sabemos, por experiencia, que es energía, y como tal, homogenizable en producto de masa por cuadrado de velocidad. Ahora bien, como tratamos del transporte de la luz, debemos considerar el factor masa mecánica de la energía luminosa y la velocidad de transporte de dicha energía, sin que ello impli-

que el que no puedan considerarse en la teoría de la luz otras cantidades distintas.

Al hablar de masa mecánica no queremos decir masa material, sino el factor de la aceleración en el sentido de la mecánica abstracta, o aun el cociente de la energía transportada por la mitad del cuadro de la velocidad, con la cual se transporta.

Sea, pues, m la cantidad de masa mecánica que transporta sucesivamente cierta cantidad de luz, y v la velocidad del transporte en el primer medio. Sean M y a las mismas cantidades en el segundo medio, de manera que M es la transformada de m al pasar la porción de luz del primero al segundo medio. El primer medio puede considerarse como un volumen de nivel cuyo potencial tiene cierto valor; el segundo medio es otro volumen de nivel a potencial distinto, y la superficie de separación de los dos medios es una superficie de nivel, es una superficie normal a las líneas de fuerza. Al pasar la luz de un medio al otro, se conservará, pues, intacta la cantidad de movimiento proyectada sobre el plano tangente a la superficie. Llamando I el ángulo de incidencia del rayo luminoso y R el de refracción, tendremos:

$$mv \sin I = Ma \sin R.$$

Por tanto

$$\frac{\sin I}{\sin R} = \frac{Ma}{mv}$$

Como lo veremos más adelante, la mínima acción impone la constancia de la relación $\frac{Ma}{mv}$ y esto mismo es lo que confirma la experiencia.

El índice de refracción es, pues, el cociente inverso de las cantidades de movimiento de la luz en los dos medios.

Si el medio (M) es el más refringente, tendremos, llamando n el índice de refracción de (M) con relación a (m)

$$\frac{Ma}{mv} = n \quad n > 1.$$

Las cantidades de movimiento Ma y mv son, pues, distintas y debe actuar una impulsión P sobre la luz al atravesar la superficie que separa los dos medios. Llamando P esta impulsión, tendremos

$$Ma - mv = P$$

o bien, puesto que $\frac{mv}{Ma} = \frac{1}{n}$

$$\frac{P}{M} = \frac{a(n-1)}{n}$$

La experiencia prueba que a y n son constantes, luego la impulsión por unidad de masa debe ser constante.

Sea A el punto del cual parte el rayo luminoso (figura 5) y H el lugar en donde encuentra a la

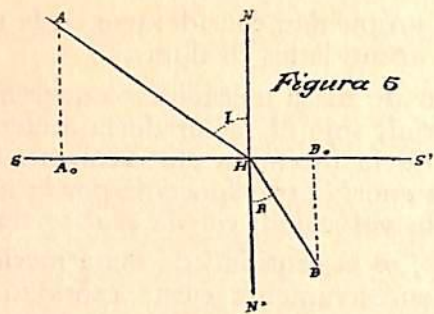


Figura 6

superficie ss' de separación de los dos medios. En H la luz encuentra otro medio en el cual se propaga con la velocidad constante a . Sean w y W las cantidades de movimiento de cierta porción de luz en el primero y en el segundo medio, respectivamente, de manera que W es la transformada de w al pasar al segundo medio.

Llamando s los trayectos recorridos en el primer medio y s' en el segundo: $S=AH$ y $S'=BH$; la acción empleada por la porción de luz desde el punto de partida A hasta el de llegada B , será

$$I = \int_{(A)}^{(B)} (wds + Wds') - wS + WS'$$

pues w y W conservan valores constantes en AH y HB .

Vimos que $\frac{W}{w} = \frac{Ma}{mv} = \frac{\sin I}{\sin R}$. Llamemos n esta relación: tendremos

$$I = w(S + nS')$$

Llamemos $x=A_0H$ y $e=A_0B_0$. $I=AHN$ y $R=BHN'$, tendremos

$$dI = w(\sin I dx - n \sin R dx + S' dn)$$

o bien

$$dI = \left[\sin I - n \sin R + S' \frac{dn}{dx} \right] dx$$

y como

$dI=0$ y además: $\sin I = n \sin R$ se deberá tener que

$$\frac{dn}{dx} = 0$$

es decir, que la relación $n = \frac{W}{w}$ debe ser independiente de x y, por tanto, independiente de la incidencia del rayo luminoso, lo cual se acuerda bien con el índice de refracción.

El principio de la menor acción se verifica, pues, en la transmisión de la luz, lo cual demuestra que hay conservación de energía. Si hubiese conservación de fuerza viva de transporte, se tendría $\frac{1}{2}Ma^2 = \frac{1}{2}mv^2$

$$\text{o sea } Ma^2 = mv^2$$

es decir:

$$Wa = wv$$

$$\text{de donde } n = \frac{W}{w} = \frac{v}{a}$$

y se vuelve al valor conocido del índice de refracción. Este valor del índice de refracción se explica muy bien en la teoría ondulatoria de la luz, según el concepto de Huygens. Corresponde al caso de ortogonalidad de la onda con la velocidad de propagación y a la conservación de la fuerza viva de transmisión.

Pero estas no son las circunstancias en el caso de refracción cuando hay movimiento relativo de los dos medios, en el cual, habiendo conservación de energía total, no hay conservación de la fuerza viva de transmisión.

En la luz debemos distinguir dos energías, a saber: la energía correspondiente al transporte de la luz o fuerza viva y la energía transversal. En el ejemplo que pusimos respecto de las bolas de billar, las esferas se deforman transversalmente en la compresión debida a la fuerza viva transmitida y, recíprocamente, la energía de deformación se transforma en fuerza viva. Estas energías desempeñan el papel de cinética y potencial, que se transforman mutua y sucesivamente. En la teoría elástica de la luz, la energía potencial sería debida a la deformación de las moléculas y la cinética al semiproducto de la densidad del medio por el cuadrado de la velocidad. En la teoría electromagnética, la energía potencial sería la energía eléctrica y la cinética la electrodinámica.

Estas energías son iguales, puesto que la transmisión se efectúa por cambios sucesivos de la una en la otra, y recíprocamente.

En el caso de movimiento relativo de uno de los medios con relación al otro, como sucede con la atmósfera de la tierra en su movimiento al rededor del sol, la energía cinética de la luz cambia de valor, según el ángulo de su propagación con el de la velocidad de la tierra.

Si llamamos m la masa mecánica y v la velocidad en el espacio, la energía cinética propia es

$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

e igual valor tendrá la energía transversal, así:

$$T_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

Pero con relación a la atmósfera de la tierra, la energía cinética no es E_0 sino E_1 . Así:

$$E_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

en donde v representa la velocidad relativa. En cuanto a la energía transversal, ella conserva un valor constante, pues son circulaciones o vibraciones cuyas velocidades afectan en cada período direcciones iguales y opuestas, de lo cual resulta que la energía transversal, por efecto del movimiento relativo, solamente crece en la fuerza viva de la luz procedente de la velocidad u de la tierra; así:

$$T_1 = T_0 + \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 + u^2)$$

esto es:

$$T_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 \left[1 + \frac{u^2}{v_0^2} \right]$$

en donde u , velocidad de la tierra, es sensiblemente constante. Por otra parte, el valor de u es cerca de $10^{-4}v_0$; así $u^2 = 10^{-8}v_0^2$ y podemos prescindir de ese pequeño término, con el único objeto de simplificar las expresiones, sin alterar por ello en nada el rigor de los resultados. Pondremos, pues

$$T_1 = T_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

Al contrario, si E_0 representa la fuerza viva de transporte, y E_1 la relativa, se tendrá

$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{y } E_1 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_0^2 - 2v_0u \cos \beta + u^2)$$

la cual contiene a u en primer orden afectada de un coeficiente ($\cos \beta$) variable con la dirección del movimiento de la tierra.

Llamemos M la masa, y a la velocidad de transporte de la misma porción de luz después de refractada en el segundo medio. La velocidad a es una constante en el aire, pues según Maxwell, es $a = \sqrt{k\epsilon}$ en donde k y ϵ son las constantes de las acciones eléctricas y magnéticas, las cuales dependen de las condiciones físicas del medio; podrán ellas variar y varían de una capa a otra de la atmósfera, pero son constantes para cada capa. Esto lo comprueba, además, el experimento de Michelson.

En la transmisión de la luz dentro de la atmósfera las dos energías serán iguales, así:

$$E = \frac{1}{2}Ma^2 \text{ y } T = \frac{1}{2}Ma^2$$

La conservación de la energía impone, pues, la igualdad

$$E_1 + T_0 = E + T$$

o bien

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv_0^2 = Ma^2$$

Pero mv^2 es diferente de mv_0^2 ; pues v es la velocidad de la luz con relación a la tierra y v_0 con relación al éter. Llamando η la diferencia, tendremos

$$mv^2 = mv_0^2 + \eta$$

en donde el valor de η es muy pequeño, y puede ser positivo unas veces y negativo otras, según el ángulo de la velocidad de la luz y de la velocidad de la tierra. Así, como

$$2Ma^2 = mv^2 + mv_0^2$$

se tendrá

$$2Ma^2 = 2mv_0^2 + \eta$$

o bien

$$Ma^2 = mv_0^2 + \frac{1}{2}\eta = mv_0^2 \left[1 + \frac{1}{2} \frac{\eta}{mv_0^2} \right]$$

Y como η es muy pequeño, se tendrá

$$\left[1 + \frac{1}{2} \frac{\eta}{mv_0^2} \right] = \left[1 + \frac{\eta}{mv_0^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

y por tanto

$$Ma^2 = mv_0^2 \sqrt{1 + \frac{\eta}{mv_0^2}}$$

esto es:

$$Ma^2 = \sqrt{mv_0^2} \sqrt{mv_0^2 + \eta}$$

o sea

$$Ma^2 = \sqrt{mv_0^2} \sqrt{mv^2} = mvv_0$$

Se tendrá, pues

$$\frac{Ma}{mv} = \frac{v_0}{a} = \text{constante.}$$

Ahora bien, la cantidad de movimiento de la luz proyectada sobre el plano tangente a la superficie de separación de los dos medios es mv . Esto es, es la que proviene de la energía cinética relativa E_1 , pues la energía transversal daría una cantidad de movimiento proyectada nula, por estar constituida por movimientos vibratorios en todos sentidos. Así pues,

$$w = mv \text{ y } W = Ma$$

por tanto,

$$\frac{Ma}{mv} = \frac{v_0}{a} = \frac{W}{w} = n$$

Por consiguiente, el índice de refracción

$$n = \frac{\sin I}{\sin R}$$

en donde I representa la incidencia relativa de la luz, de conformidad con la teoría de la Aberración, es constante e igual a

$$\frac{v_0}{a} \text{ y no a } \frac{v}{a}$$

Los astrónomos al usar la fórmula de la refracción, en el supuesto de índice dependiente sólo de las condiciones físicas de la atmósfera, han procedido correctamente y ninguna modificación debe hacerse a la teoría de la Aberración de la luz.

Respecto del concepto de Huygens, debemos hacer alguna observación. Según este concepto, la onda puede *indiferentemente* ser considerada como que parte del centro único en donde ha sido excitada, o como proveniente de la superposición de las ondas que parten simultáneamente de todos los puntos del lugar del estremecimiento en una época anterior. Este concepto ha sido sugerido por lo que acontece con las ondas en el agua; pero si en ésta se establece una pantalla con una ventanilla, la onda no sigue fragmentada en el tamaño de la ventanilla, sino que allí nace otra onda con su centro en la abertura. Al contrario, en la luz, una ventanilla estrecha deja pasar un haz del tamaño mismo de la ventanilla, fenómeno del cual ha surgido la noción de rayo luminoso. Este hecho no se puede explicar por el concepto de Huygens. La onda tiene su nacimiento solamente en el cuerpo luminoso y está constituida por los puntos del espacio en donde corresponde la misma faz vibratoria, y nada de extraño habría en el hecho de que en ciertos casos, como lo hicimos notar atrás, pueda dejar de ser normal a la propagación.

PRIMER INFORME SOBRE LOS TRABAJOS DE GARAVITO

JORGE ALVAREZ LLERAS

Director del Observatorio Astronómico Nacional

Bogotá, septiembre 2 de 1915

Señor Presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.—E. S. D.

Con ocasión del próximo Congreso Científico Panamericano, el Gobierno Nacional ha resuelto enviar a Washington todos los trabajos sobre tópicos científicos, que se presenten al Ministerio de Instrucción Pública (decreto número 952 de 1915, artículo 8º), aunque ellos no resulten premiados en el concurso abierto para tal fin y determinado por el decreto dicho. Quiere, sin duda, el Gobierno, dar a conocer los trabajos nacionales y lograr así que Colombia sea presentada con lucimiento en el Congreso Panamericano de Washington.

Interpretando correctamente las intenciones del Gobierno y con la mira de coadyuvar en el desarrollo de tan patriótico proyecto, la Sociedad Colombiana de Ingenieros resolvió recomendar a la atención del señor Ministro de Instrucción Pública los escritos del doctor Julio Garavito A. Con esto se propone la Sociedad obtener del Ministerio la publicación, en lengua inglesa, de algunos de los trabajos del doctor Garavito, y el envío de ellos, por conducto oficial, al Congreso y a otras corporaciones científicas permanentes de los Estados Unidos ("The Smithsonian Institution" y el "Instituto Carnegie").

En desarrollo de esta idea se me comisionó, por medio de la comunicación número 1273, para que, en unión del mismo Dr. Garavito, verificara una revisión de varias de sus producciones, e indicara a la Sociedad las más apropiadas entre ellas, al objeto que persigue el Gobierno, y que mejor idea puedan dar de la labor científica del doctor Garavito. Es en cumplimiento de esta comisión que rindo respetuosamente el presente informe.

Tan pronto como actuó en mi poder la nota número 1273, de que hice mención, me dirigí al doctor Garavito en solicitud de los datos convenientes, y en repetidas entrevistas me puse al corriente, tanto de las cuestiones tratadas por nuestro ilustrado colega, como de sus deseos a este respecto.

En el año de 1912 publicó el doctor Garavito una nota sobre la dinámica de los electrones, y en el mismo elaboró un folleto titulado

"Teoría de la Aberración de la luz". En 1913 vio la publicidad un escrito de mayor extensión que los anteriores y que tituló "Nota sobre Optica matemática. — Crítica de la hipótesis ondulatoria". Ultimamente el doctor Garavito ha compendiado y expuesto sus miras particulares en Física matemática, y ha escrito un folleto en que sus ideas se manifiestan con la mayor claridad posible, en un lenguaje enteramente matemático. Este notabilísimo trabajo es el que presento a la Sociedad por medio del informe que se me ha pedido, y que rindo gustoso, por cuanto la obra del doctor Garavito es fruto de laboriosas investigaciones y debe ser timbre de honor para su autor y para la Sociedad, que se honra en contarle entre sus miembros de número.

Podría limitarme a informar que el doctor Garavito vería con agrado que se recomendará al Ministerio su último trabajo, mas habiendo hallado en él un mérito tan superior, cedo al impulso que me lleva a poner de relieve la importancia de estos estudios. Me propongo, pues, en este informe, hacer una crítica detallada de ellos y no ahorrar esfuerzo alguno, a pesar de mis escasos conocimientos, para obtener que los ingenieros del país, y principalmente los miembros de la Sociedad, conozcan por sus aspectos sobresalientes la labor científica del doctor Garavito.

Para lograr este objeto me será preciso dar algunas explicaciones previas y exponer detalles históricos que, por ser de índole especulativa, probablemente han escapado a la atención de los ilustrados ingenieros del país; explicaciones y comentarios que son indispensables para la correcta apreciación de la obra del doctor Garavito. Sólo así es posible estimar en lo que vale la actuación de nuestro compatriota en un debate de importancia extraordinaria. En consecuencia, divido esta exposición en dos partes: en la primera hago un ligero recuento histórico y planteo el estado de la cuestión —resuelta por el doctor Garavito— con las incompatibilidades y contradicciones que hizo nacer en el campo de la Optica y en el de la Electricidad; y en la segunda presento la solución completa del fenómeno de la Aberración, dentro de la teoría ondulatoria y de acuerdo con la Mecánica clásica, solución hallada por el doctor Garavito después de maduras reflexiones, y que tiene el mérito especial de unir al rigorismo más absoluto una claridad admirable.

Como en los últimos años las ideas se han modificado, con tendencia a hacer intervenir la Electricidad en todos los fenómenos estimo necesario ocuparme de una somera relación que se refiera a la gestación y al desarrollo de la Física moderna, juntamente con la adaptación de hipótesis, más o menos ingeniosas, a las explicaciones que se han querido dar de hechos experimentales, oscuros y aun mal definidos.

A principios del siglo pasado, Coulomb y Ampère pensaron que las dos clases de electricidades ideadas por Franklin, podían ser un mismo fluido, afectado, según las circunstancias, por signos positivos o negativos, para dar lugar a atracciones o repulsiones, siguiendo la ley de Newton, relativa a las fuerzas centrales. Iniciándose con tal hipótesis, Ampère pudo explicar convenientemente los hechos observados, en lo que respecta a cuerpos conductores y dieléctricos, y en unión de Coulomb, dio una teoría perfecta de los fenómenos electrostáticos. Suponiendo que la ley que rige la acción entre dos polos magnéticos es semejante a la que se refiere a las fuerzas eléctricas, fue posible entonces establecer una teoría análoga del magnetismo y considerar la corriente eléctrica como un desalojamiento de un fluido a lo largo de un conductor. De acuerdo con esto, para fundar una teoría aceptable de los fenómenos electromagnéticos y electrodinámicos fue necesario recurrir a la ley de Laplace, cimentando todas estas teorías en la hipótesis de la acción a distancia. Faraday miró este asunto bajo un punto de vista diferente; no pudiendo aceptar la posibilidad de una acción a distancia entre cuerpos electrificados, pensó que las fuerzas que se ejercen entre estos cuerpos eran resultado de tensiones elásticas que se ejercían entre ellos por intermedio del dieléctrico. Tratando de demostrar la influencia directa del medio, Faraday descubrió el poder inductor específico de los dieléctricos, confirmándose así más en su creencia y atribuyendo al dieléctrico que separa los conductores, un papel principalísimo en la existencia del campo eléctrico. Cautivado Maxwell por las ideas de Faraday, trató de interpretarlas por medio del cálculo, y demostró que no existe, bajo el punto de vista matemático, incompatibilidad alguna entre las teorías basadas en los principios de una acción a distancia y la teoría de Faraday, de una acción continua. Maxwell se contentó con este resultado, sin inmiscuirse en la explicación de la naturaleza de la Electricidad; y consideró a este agente como un fluido cuyo desalojamiento en un conductor da lugar a una resistencia proporcional a la velocidad de la corriente, en tanto que en el dieléctrico su desalojamiento produce reacciones elásticas. La idea esencial de Maxwell consistió en considerar el desalojamiento eléctrico en el dieléctrico, como una corriente, a la que dio el nombre de 'corriente de desalojamiento'. Según Maxwell, las corrientes de desalojamiento se

comportan como corrientes eléctricas continuas, por cuanto producen un campo magnético; así, pues, con un sistema de seis ecuaciones diferenciales se puede expresar la relación que existe en cada punto del campo electromagnético, entre la corriente de desalojamiento y el campo magnético producido, lo mismo que entre la velocidad de variación de la inducción magnética y el campo eléctrico resultante. Partiendo de estas ecuaciones, Maxwell demostró que toda perturbación en un campo electromagnético debe propagarse, en el medio que transmite la luz, con una velocidad comparable a la de la propagación luminosa y que, la luz misma, no es otra cosa que un fenómeno similar al fenómeno electromagnético. Una vez lanzadas las teorías de Maxwell, se fue encontrando una admirable concordancia entre el estudio puramente analítico de los fenómenos y su experimentación física, como comprobación de que siguiendo un método racional inductivo se llega a resultados concordantes con la naturaleza de las cosas. La concepción maxweliana sirvió, por consiguiente, de base a la teoría electromagnética de la luz, hoy adoptada universalmente en vista de las experiencias concluyentes de Hertz. Evidentemente una teoría físico-matemática debe ser una interpretación clara, sencilla y racional de los fenómenos, que sólo son conocidos, según la idea de Kelvin, cuando pueden ser expresados por medio de relaciones conocidas y concordantes con la ideología del espíritu humano. Bajo este punto de vista la teoría de Maxwell resiste toda crítica; y en el terreno de mera interpretación ha debido conservarse, por cuanto un exceso en su aplicación concedió toda la importancia al medio de propagación, y, convirtiendo el éter en vehículo absoluto de las propagaciones luminosas y electromagnéticas, dio por resultado un retroceso a las antiguas ideas de masa de agente. En presencia de los fenómenos electrolíticos fue entonces un éxito la aparición de los complicados efectos de las radiaciones en los cuerpos radio-activos. Se aseguró entonces que el paso de la electricidad a través del electrolito iba acompañado por un transporte de materia y que las moléculas de un electrolito se disocian, de acuerdo con las teorías de la masa real de agente, en dos iones, uno cargado positivamente y el otro negativamente. Estos iones transportan las cargas eléctricas, en el electrolito, dando lugar a una corriente de convección. Así, pues, la estructura atómica de la electricidad se consideró como una consecuencia inmediata y necesaria de la estructura atómica de la materia. (Véase el libro de Thompson "Electricidad y materia"). En el estudio de la conductibilidad eléctrica de los gases, se tomó después la idea electrolítica de los iones —partículas cargadas de electricidad— para explicar la corriente en los gases como una corriente de convección; mas modificando el concepto de los iones primitivos se estableció diferencia

entre las partículas que conducían cargas eléctricas, en un electrolito, y los iones de los gases. Según este orden de ideas, los gases *ionizados* dan lugar a dos iones, uno de ellos, que emana del catodo, se llamó *electrón*, quedando el otro reducido a la simple molécula privada de su electrón. Esta ingeniosa teoría, algo artificial, por cuanto no podemos conocer la naturaleza íntima de los fenómenos, sirvió para explicar los fenómenos de conductibilidad de un gas sometido a una radiación y la carga de cuerpos electrizados negativamente por bombardeo de los electrones. La concepción de la existencia de átomos de electricidad constituyó el fundamento de la teoría eléctrica de Lorentz. Esta teoría conserva la idea fundamental de Maxwell, según la cual las acciones electromagnéticas y luminosas se propagan a través de un medio homogéneo con una velocidad finita, siendo este medio el éter y esa velocidad la velocidad de la luz. Las leyes de variación de un campo electromagnético en el éter, se expresan, de conformidad con Lorentz, por medio de las ecuaciones de Maxwell, mas las causas productoras del campo residen en átomos positivos o negativos (electrones) y en el movimiento de estos átomos. Lorentz volvió así a los antiguos flúidos y explicó que un átomo electromagnético representa cierta cantidad de energía, tanto mayor cuanto más grande es la velocidad del átomo. De hipótesis tan rotunda resulta que, como no es posible incrementar esta velocidad sin gasto de energía, este átomo posee inercia o, lo que es lo mismo, cierta masa que varía con la velocidad; permaneciendo constante la masa cuando la velocidad es pequeña, y aumentando para velocidades crecientes, hasta un valor infinito cuando ésta se aproxima a la de la luz. Lorentz creyó hallar en la experiencia de Zeeman una comprobación de su teoría (comprobación que no existe por cuanto las rayas del espectro no sólo se desarrollaron en un campo magnético, sino que se multiplicaron en proporción a la intensidad del campo); mas al tratar de explicar fenómenos ópticos complejos, como el de la experiencia de Zeeman, olvidó aclarar incongruencias notables y que fácilmente pudieron ser puestas en evidencia.

En efecto, resulta manifiesta la incompatibilidad, con que se tropezó antaño, entre los fenómenos ópticos que presentan los medios diáfanos en movimiento y la teoría de propagación de la luz, lo mismo con la hipótesis de Lorentz que en la teoría ondulatoria; no siendo atribuible tal incompatibilidad a una u otra hipótesis, sino a errores de interpretación. Entre las hipótesis elásticas y las electromagnéticas no hay diferencia sustancial, puesto que nada sabemos de la naturaleza íntima de los fenómenos, y que sobre la misteriosa mecánica molecular podemos imaginar cuantas fantasías se nos vengan en gana; mas no es lícito, con criterio científico, violentar las interpretaciones, ni mucho menos las ideas filosóficas,

para acomodarlas artificiosamente a una hipótesis más o menos gratuita. La Física ha debido aclarar la contradicción que se manifestaba en el fenómeno de la Aberración, y que francamente expuso el profesor Gill en el año de 1896, antes de lanzar nuevas hipótesis complicadas para coonestar una incompatibilidad aparente, como lo demuestra el estudio del doctor Garavito. Ante la incompatibilidad de los hechos innegables con las teorías, Lorentz pretendió establecer un acuerdo perfecto entre sus hipótesis relativas a los campos electromagnéticos debidos a cuerpos en movimiento, y los resultados de la experiencia, merced a compensaciones ingeniosas, pero arbitrarias, basándose en el novísimo principio de la *relatividad*, que condujo a Einstein a derruir la Mecánica clásica por medio de una Cinemática del todo particular. Este movimiento, abusivo uso de la representación y de la metáfora, condujo a un punto en que se manifiesta indispensable una revaluación de métodos y de principios.

El principio de la relatividad, fundamento de las lucubraciones de Einstein, no puede ser aceptado sino con restricciones prudentes, por cuanto, según las ideas de Newton, lo absoluto constituye la base de la Mecánica. El tiempo no es una convención sino algo real, como lo prueba la consideración de que, aun cuando no viéramos la sucesión de los días y las noches, ni el movimiento de los astros, podríamos darnos cuenta de la revolución diurna por el péndulo de Foucault y la disminución de la gravedad, entrando el tiempo como factor en la expresión de la fuerza centrífuga, independientemente de cualquier escogencia arbitraria de unidades. Si el tiempo es absoluto, los fenómenos físicos deben tener duración y la simultaneidad de ellos no puede ponerse en duda, cualquiera que sea la región del espacio absoluto donde se suceden.

Las compensaciones que Lorentz buscó para acomodar su teoría a los hechos observados, obraron en el espíritu analítico del doctor Garavito y le obligaron a investigar, en favor de la Mecánica clásica, ya en su opúsculo sobre la Dinámica de los electrones, ya resolviendo el problema propuesto por Gill. Bajo este aspecto, la labor del doctor Garavito es de importancia inmensa, por cuanto es discutible dentro de los moldes clásicos considerar arbitraria la escogencia de un *cuarto eje de los tiempos*, en el espacio fantástico de Minkowski.

Los innovadores de la Física han ideado una nueva Mecánica según la cual la masa cambia con la velocidad y los cuerpos se contraen en el movimiento; han considerado el tiempo como una cuarta dimensión del espacio; han pretendido que los fenómenos de propagación en los medios elásticos no obedecen a la Mecánica newtoniana, basándose en pruebas que en realidad carecen de valor, pues no pueden ser sometidas a comprobación. La comprobación que exi-

gen los espíritus reflexivos no puede establecerse sino sobre movimientos perfectamente conocidos; y según Stallo, en su libro "Modern Physics" sobre fenómenos susceptibles de una interpretación mecánica. Los espíritus moldeados en la forma clásica se han acostumbrado a demostrar las leyes fundamentales de la Mecánica con aparatos de gabinete y laboratorio y a ver la comprobación de las mismas leyes en los fenómenos astronómicos. La teoría de la gravitación no es una simple hipótesis metafórica, sino un cuerpo de doctrina sujeto en sus afirmaciones a comprobaciones cada vez más rigurosas. En cambio, en Física no es posible hacer una teoría semejante, por cuanto no conocemos los movimientos de la materia atómica, ni su estructura, ni su naturaleza íntima; detenidos por el círculo de lo incognoscible, de Augusto Comte, sólo podemos comprobar los grandes efectos del conjunto. La experiencia de Zeeman, las particularidades de los rayos catódicos y de los rayos canales, la conductibilidad comunicada a los dieléctricos por las radiaciones de los cuerpos radiactivos, la agrupación molecular según ejes de simetría, las propiedades negativas de los rayos X (que no se reflejan, ni se refractan), etc. . . . son fenómenos análogos, en lo que respecta al conocimiento que tenemos de ellos, a la cohesión de la materia y a las reacciones de los cuerpos elásticos.

El principio de la relatividad que ha servido hasta cierto punto de acomodo para las interpretaciones de la ciencia, está en desacuerdo con las mismas conclusiones de la escuela de Lorentz, por cuanto, juntamente con sistemas materiales en movimiento relativo, se hace figurar un medio hipotético: el éter, de la Óptica y del Electromagnetismo; al éter se relacionan los movimientos de un sistema como si estuviera aquél en reposo absoluto; aun cuando ninguna experiencia nos demuestra cómo podríamos estudiar un movimiento relacionándolo al éter del espacio. Por supuesto que Lorentz, y todos aquellos que han tratado de acomodar la teoría ondulatoria de la luz (fundamento de la hipótesis maxweliana) a la contradicción que se presentaba en el campo de la Óptica, han hecho un esfuerzo laudable, pues no estaban obligados a subsanar errores que venían en las teorías ópticas desde la interpretación errada de Huyghens.

Cuando Arago se propuso averiguar si el movimiento de la tierra en su órbita, influía en los fenómenos ópticos que tenían lugar sobre su superficie, Fresnel observó que, en caso de un resultado negativo (como se comprobó después por las experiencias de Michelson), la hipótesis más sencilla consistía en imaginar el éter (vehículo de la propagación electromagnética) arrastrado por la tierra y transportado por ella en su movimiento. Esta hipótesis pareció a Fresnel incompatible con la existencia del fenómeno de la Aberración astronómica. La hipótesis contraria, adop-

tada más tarde por Lorentz, de un reposo absoluto del éter, no sólo aparece en contradicción con los experimentos de Arago, que dieron como resultado que los índices de refracción de los cuerpos son independientes del movimiento de la tierra, sino con las experiencias posteriores de Michelson y Morley. Si el éter es arrastrado totalmente por la tierra, la velocidad de la luz (v) debe ser siempre la misma en todas direcciones; si, por el contrario, el éter está en reposo absoluto, la velocidad de la luz debe variar con la velocidad de la tierra en su órbita (u) dentro de los límites $v-u$ y $v+u$. Ahora bien, los experimentos de Michelson, efectuados con gran cuidado, demostraron que la velocidad de la luz es constante en todas direcciones, contradiciendo así el hecho de que la aberración es un fenómeno comprobado experimentalmente.

La incompatibilidad anotada condujo a Lorentz a modificar la teoría electromagnética de la propagación luminosa, para adaptarla a una explicación del fenómeno de la Aberración, explicable con la hipótesis de la emisión, mas improbable en la teoría ondulatoria. En esta teoría se trató de probar (con la interpretación de Huyghens) que el seno del valor constante de la aberración es idéntico a la relación entre la velocidad media de la tierra en su órbita y la velocidad de la luz.

Ahora bien: si los experimentos de Michelson son incontrovertibles, los esfuerzos de Lorentz son dignos de encomio. Aun cuando violentó las interpretaciones de una hipótesis, más o menos aceptable, y falseó los fundamentos de la Mecánica aceptando una Cinemática particular para los electrones, trabajó con extraordinaria inteligencia. El no podía ser responsable por los defectos de interpretación con que se desarrollaba la Óptica matemática: se encontró en presencia de dos hechos ciertos que se contradecían, vio una especie de dualidad de la naturaleza, y apeló al principio de la relatividad para compaginar la teoría ondulatoria y el fenómeno de la Aberración.

Lo expuesto hasta aquí sirve para manifestar a la Sociedad que el problema planteado por Gill y tratado por el doctor Garavito, tiene una importancia inmensa, pues su resolución reconstruye la Mecánica clásica y da vigor a la teoría ondulatoria y a las interpretaciones de Maxwell.

Veamos ahora, en la segunda parte de este informe, si es posible indicar la forma en que el doctor Garavito pudo resolver la cuestión planteada, ya que creo suficientemente explicada la importancia del problema involucrado en la propagación ondulatoria de la luz.

En realidad en la incompatibilidad enunciada anteriormente, lo que se pone de manifiesto es la interpretación errada que Huyghens dio de la ecuación general de la propagación de las vibraciones transversales de los cuerpos elásticos y de los estremecimientos electromagnéticos en los

dieléctricos perfectos. Según Huyghens, en la hipótesis ondulatoria, la onda puede considerarse como parte del centro único, donde ha sido excitada, o como proveniente de la superposición de las ondas que parten simultáneamente de todos los puntos del lugar del estremecimiento, tal como sucede en el agua cuando se produce una vibración en un punto de su superficie. A este respecto, dice el doctor Garavito: "Este concepto ha sido sugerido por lo que acontece con las ondas en el agua, pero si en ésta se establece una pantalla con una ventanilla, la onda no sigue fragmentada en el tamaño de la ventanilla, sino que allí nace otra onda con su centro en la abertura. Al contrario, en la luz, una ventanilla estrecha deja pasar un haz del tamaño mismo de la ventanilla, fenómeno del cual ha surgido la noción del rayo luminoso. Este hecho no se puede explicar por el concepto de Huyghens".

De la ecuación general de propagación dio Huyghens la interpretación siguiente: al imaginar un plano normal a la dirección del rayo luminoso, el espacio recorrido por la luz en un tiempo determinado, desde un punto fijo, y con cierta velocidad, es diferente para todos los puntos del plano, debiendo, sin embargo, llegar la luz simultáneamente a todos los puntos de este plano. Una crítica sencilla manifiesta que esto no es así, porque al cabo de cierto tiempo, si suponemos que el punto de partida es luminoso, la luz llega al mismo tiempo a todos los puntos de una esfera con centro en el punto, como sucede en la interpretación que el doctor Garavito llamó "radial". Esta interpretación, al propio tiempo de satisfacer la ecuación diferencial, como la de Huyghens, satisface completamente las otras condiciones del problema.

Con la solución radial del doctor Garavito se explica perfectamente la Aberración astronómica; en tanto que con el concepto hipotético de Huyghens, tal explicación es imposible por cuanto la onda luminosa conserva su paralelismo, y en tal caso, la luz no debe sufrir desviación ninguna por causa del movimiento de la tierra. Con la interpretación radial el fenómeno de la refracción, en el caso en que los dos medios diáfanos estén en movimiento, el uno en relación al otro, da una relación para el índice de refracción, referente al rayo incidente relativo, igual a la que se obtendría con los medios en reposo; cosa que no se había podido obtener al tratar de explicar,

según el antiguo concepto, la refracción astronómica.

Cuando el doctor Garavito escribió su opúsculo "Notas sobre Óptica matemática", el señor Ballaud, actual Director del Observatorio de París, le hizo la observación de que el arrastre total del éter, por la atmósfera de la tierra, no estaba de acuerdo con la experiencia de Fizeau, pues según ella el arrastre del éter es solamente parcial. A esta observación responde ahora el doctor Garavito, demostrando de una manera precisa, que en la interpretación de la célebre experiencia se ha cometido un error y que ella demuestra cabalmente el arrastre total del éter.

Si tuviera más espacio, me extendería en explicaciones conducentes a hacer notar la elegancia con que el doctor Garavito ha sabido, en la solución del gran problema de la Física moderna, conservar intactos los principios de la Mecánica y prescindir de toda hipótesis relativa a la naturaleza de la luz y a su propagación en el espacio.

Para terminar este informe, escrito a la ligera y probablemente lleno de defectos, llamo la atención de los honorables consocios al hecho de que la obra acometida y terminada por el doctor Garavito es algo más importante de lo que a nosotros no puede parecer, y que es deber de la Sociedad no omitir esfuerzo alguno en el sentido de que tal obra sea conocida en los centros científicos de Europa y América.

A mi informe acompaño el presente proyecto de resolución:

"La Sociedad Colombiana de Ingenieros, en vista del informe correspondiente, y considerando que el último trabajo inédito del doctor Julio Garavito A., contiene suscitadamente expuesto todo lo que el ilustre matemático nacional ha trabajado en el campo de la óptica matemática; y forma un opúsculo digno de la aceptación de los cuerpos científicos extranjeros, resuelve: 1º Pedir al Ministerio de Instrucción Pública la edición, por cuenta del Gobierno, en lengua inglesa y española, de los trabajos inéditos del Dr. Garavito; 2º Solicitar el envío oficial de dicho trabajo, al Congreso Panamericano de Washington; 3º Enviar por su propia cuenta, a todos los centros similares, un ejemplar, en lengua inglesa y española, del folleto de tan distinguido miembro de la Corporación; y 4º Publicar en los *Anales* todos los notables trabajos del doctor Garavito en el campo de la Física matemática".

En estos días he estado releendo, con mucho contento espiritual, la *Geometría* de Descartes, cuya primera edición, publicada en Leyde como apéndice de su *Discurso sobre el método*, va a cumplir tres siglos en estos días. El ejemplar que poseo, obsequio de un noble amigo, es una reimpresión hecha con gran pulcritud y esmero tipográfico por la editorial francesa de J. Hermann, a la que tanto deben las bellas letras matemáticas. Por una excepción, la *Geometría* no fue escrita en latín, lengua que habló la ciencia hasta bien entrado el siglo XVIII, y que aún tienen por suya la astronomía y la botánica, las flores del cielo y las de la tierra. Descartes redactó su obra maestra en el francés de las grandes ejecutorias, en un estilo sobrio, conciso y elegante, no exento, por desgracia, aquí y allá, de una oscuridad intencionada, con lo cual quiso el filósofo, según propia confesión, confundir a cierta casta de pedantes que se jactaban de saberlo y entenderlo todo.

El título de la obra puede hacer incurrir en error. No se trata de nuestra vieja amiga la geometría de los griegos, decana de las ciencias, sino de una nueva disciplina, hija legítima del genio de Descartes, que hoy se denomina geometría analítica, y que, por haber creado el enlace entre el número y el espacio, le abrió nuevos horizontes a la investigación matemática. La obra es pequeña, sólo tiene 90 páginas, y está dividida en tres capítulos o libros, cuyos títulos son los siguientes: 1º *De los problemas que pueden construirse con el solo auxilio de círculos y rectas*. 2º *De la naturaleza de las líneas curvas*. 3º *De la construcción de los problemas sólidos y más que sólidos*.

El tercer libro principia con una exposición sobre "la naturaleza de las ecuaciones" o, como decimos hoy, teoría de las ecuaciones; capítulo que tiene extraordinario interés porque señala el nivel exacto que había alcanzado el álgebra, poco después de la muerte de Vieta y cincuenta años antes del descubrimiento del cálculo infinitesimal. Descartes fue quien les dio a las ecuaciones la forma condensada actual, quien usó por primera vez la notación exponencial y empleó las primeras letras del alfabeto para expresar las

cantidades conocidas y las últimas para las desconocidas, y finalmente, quien tuvo el valor de operar con el signo *menos*, terror de los matemáticos del siglo XVI.

Todavía, entonces, las raíces positivas se denominaban "verdaderas" y las negativas que aún no tenían carta de naturaleza, "falsas o menores que nada". Los polinomios no tenían grado sino "dimensiones"; de ahí que se hable de problemas planos, de dos dimensiones (2º grado), sólidos (3º grado), y más que sólidos (grado superior al tercero). Acá y allá tropieza el lector con voces, hoy perdidas, que suenan deliciosamente, como el *rompu*, equivalente a nuestro quebrado (roto), reemplazado más tarde por *fraction*.

En ese libro se encuentra el famoso teorema de los coeficientes indeterminados, y el de "los signos", que da motivo a esta nota. Veamos cómo lo presenta Descartes:

"Sabed, pues, que en cada ecuación, cuantas sean las dimensiones de la cantidad desconocida (1), otras tantas pueden ser las raíces, es decir, los valores de esa cantidad; porque, por ejemplo, si se supone x igual a 2, o bien $x-2$ igual a nada; y también $x=3$, o bien $x-3=0$; multiplicando estas dos ecuaciones

$$x-2=0 \quad y \quad x-3=0$$

una por la otra, se tendrá

$$x^2-5x+6=0$$

o bien,

$$x^2=5x-6$$

que es una ecuación en la cual x vale 2 y al mismo tiempo vale 3. Si de nuevo se hace

$$x-4=0$$

y se multiplica esta suma por

$$x^2-5x+6=0$$

se tendrá

$$x^3-9x^2+26x-24=0$$

que es otra ecuación en la cual x , teniendo tres dimensiones, tiene también tres valores, que son 2, 3 y 4.

(1) Incógnita.

“Pero con frecuencia sucede que algunas de estas raíces sean falsas o menores que nada; así si se supone que x designa el defecto de una cantidad que sea 5, se tiene

$$x + 5 = 0$$

que multiplicada por

$$x^3 - 9x + 26x - 24 = 0$$

produce

$$x^4 - 4x^3 - 19x^2 + 106x - 120 = 0$$

ecuación que tiene cuatro raíces, a saber, tres verdaderas, que son 2, 3 y 4, y una falsa, que es 5.

“Y se ve evidentemente que la suma de una ecuación que contiene varias raíces puede siempre ser dividida por un binomio compuesto de la cantidad desconocida menos el valor de una de las raíces verdaderas, cualquiera que sea, o más el valor de una de las falsas, por cuyo medio se disminuyen en la misma proporción sus dimensiones.

“Y recíprocamente, si la suma de una ecuación no puede ser dividida por un binomio compuesto de la cantidad desconocida + o - alguna otra cantidad, esto patentiza que la tal cantidad no es el valor de ninguna de las raíces. Así, esta ecuación $x^4 - 4x^3 - 19x^2 + 106x - 120 = 0$ puede ser dividida por $x-2$ y por $x-3$ y por $x-4$ y por $x+5$, pero no por $x \pm$ alguna otra cantidad; lo que prueba que no puede tener sino las cuatro raíces 2, 3, 4 y 5.

Se conoce también por esto cuántas raíces verdaderas y cuántas falsas puede haber en cada ecuación; es a saber, tantas verdaderas cuantas sean las veces que los signos + y - se hallen allí cambiados, y tantas falsas cuantas sean las veces que dos signos + o dos signos - se hallen seguidos. Así en la última, por razón de que después de $+x^4$ está $-4x^3$ que es un cambio de + en -, y después de $-19x^2$ está $+106x$ y después de $+106x$ está -120 , que representan otros dos cambios, se deduce que hay tres raíces verdaderas y una falsa, porque los dos signos - de $4x^3$ y $19x^2$ se siguen.

Por lo mismo, si en lugar de

$$+x^4 - 4x^3 - 19x^2 + 106x - 120 = 0$$

se escribe

$$+x^4 + 4x^3 - 19x^2 - 106x - 120 = 0$$

se obtiene una ecuación en la que sólo hay una raíz verdadera que es 5, y tres falsas que son 2, 3 y 4”.

Cierro el libro inmortal, dejo la pluma y tomo mi modesto lápiz de apuntes.

Hoy, teniendo en cuenta que dos signos iguales consecutivos forman una permanencia, y dos distintos una variación, el teorema de Descartes se presenta así: “El número de raíces positivas de una ecuación no puede ser superior al de sus variaciones, ni el de raíces negativas superior al de sus permanencias”.

De este teorema se deduce, como consecuencia, que una ecuación en que falte un término entre dos de un mismo signo, tiene raíces complejas. (1)

En efecto, si en la ecuación

$$x^m + a_1 x^{m-1} + a_2 x^{m-2} \pm \dots = 0$$

reemplazamos el término que falta, así:

$$\pm 0x^{m-2}$$

y tomamos el signo + para contar las variaciones y el signo - para contar las permanencias, resulta que

$$\text{Variaciones} + \text{Permanencias} = m - 2$$

siendo m el grado de la ecuación. Luego las raíces positivas más las negativas, serán, a lo sumo, iguales en número a $m - 2$ y como la ecuación tiene m raíces, dos de ellas, por lo menos, tienen que ser complejas. Asimismo se prueba la existencia de raíces complejas en una ecuación que carece de dos términos consecutivos, cualesquiera que sean los signos de los otros.

Las consideraciones anteriores me han hecho pensar que, en muchos casos, una simple multiplicación o el examen detenido de una ecuación, puede revelar la existencia de raíces complejas.

Veamos qué condiciones son necesarias para que, al multiplicar una ecuación por un factor lineal determinado, desaparezca del producto un término entre dos de un mismo signo. Sean, prescindiendo de las x

$$p + q + r + s \quad (1)$$

cuatro términos positivos consecutivos de una ecuación completa. La multiplicación por el factor $x - \frac{r}{q}$ nos da:

$$p + \left[q - \frac{pr}{q} \right] + 0 + \left[s - \frac{r^2}{q} \right] \quad (2)$$

El cero indica el término que falta. Para que los coeficientes que van entre paréntesis en (2) sean ambos positivos, debe tenerse:

$$q - \frac{pr}{q} \geq 0 \quad \text{y} \quad s - \frac{r^2}{q} \geq 0$$

o sea:

$$q^2 \geq pr \quad \text{y} \quad r^2 \leq qs \quad (3)$$

Para que sean ambos negativos debe tenerse

$$q^2 \leq pr \quad \text{y} \quad r^2 \geq qs \quad (4)$$

Si los signos de la ecuación (1) se presentan alternados, las desigualdades (3) y (4) no se modifican. Ahora bien, si el producto carece de un término entre dos de un mismo signo, las raíces complejas reveladas pertenecen a la ecuación, puesto que la raíz introducida con la multiplicación es racional. La simple inspección de los primeros términos de la ecuación,

(1) En lo que sigue, siguiendo a los autores modernos, llamaré compleja, y no imaginaria, una cantidad de la forma: $a + ib$.

$$x^5 - 2x^4 + 2x^3 - 3x^2 \dots = 0$$

nos dice que tiene raíces complejas puesto que cumple la condición (3): al multiplicarla por $x + \frac{2}{2}$ aparecen en el producto:

$$x^6 - x^5 + 0 - x^3 \dots$$

Si dos términos no consecutivos cumplen las condiciones de atrás, las raíces complejas serán 4.

En lo que se refiere a los tres primeros términos de una ecuación:

$$1 \pm p + q \dots$$

las condiciones para que haya raíces complejas, se reducen, como es fácil comprobarlo, a esta sola:

$$p^2 \leq q.$$

Veamos, finalmente, qué requisitos se requieren para descubrir las raíces complejas, cuando se hacen desaparecer dos términos del producto de $f(x)$ por un factor de segundo grado.

Si la ecuación

$$x^m + a_1 x^{m-1} + a_2 x^{m-2} + a_3 x^{m-3} + \dots$$

se multiplica por

$$x^2 - a_1 x + (a_1^2 - a_2), \quad (5)$$

el producto carecerá de dos términos consecutivos.

Pero es preciso, para no introducir raíces complejas extrañas, que las de la ecuación (5) sean reales, o que

$$\frac{a_1^2}{4} \geq a_1^2 - a_2$$

de donde:

$$a_1^2 \geq 4a_1^2 - 4a_2$$

o sea,

$$-3a_1^2 \geq -4a_2$$

o, finalmente,

$$3a_1^2 \leq 4a_2$$

Si los coeficientes a_1 y a_2 cumplen esta condición, dos raíces de la ecuación serán complejas.

Dejo en manos del paciente lector estas insinuaciones matemáticas, y vuelvo con renovado encanto a enfrascarme en la lectura de mi viejo Descartes.

El Mochuelo, octubre 12, 1936.

LA TENSION ARTERIAL

ANTONIO MARIA BARRIGA VILLALBA

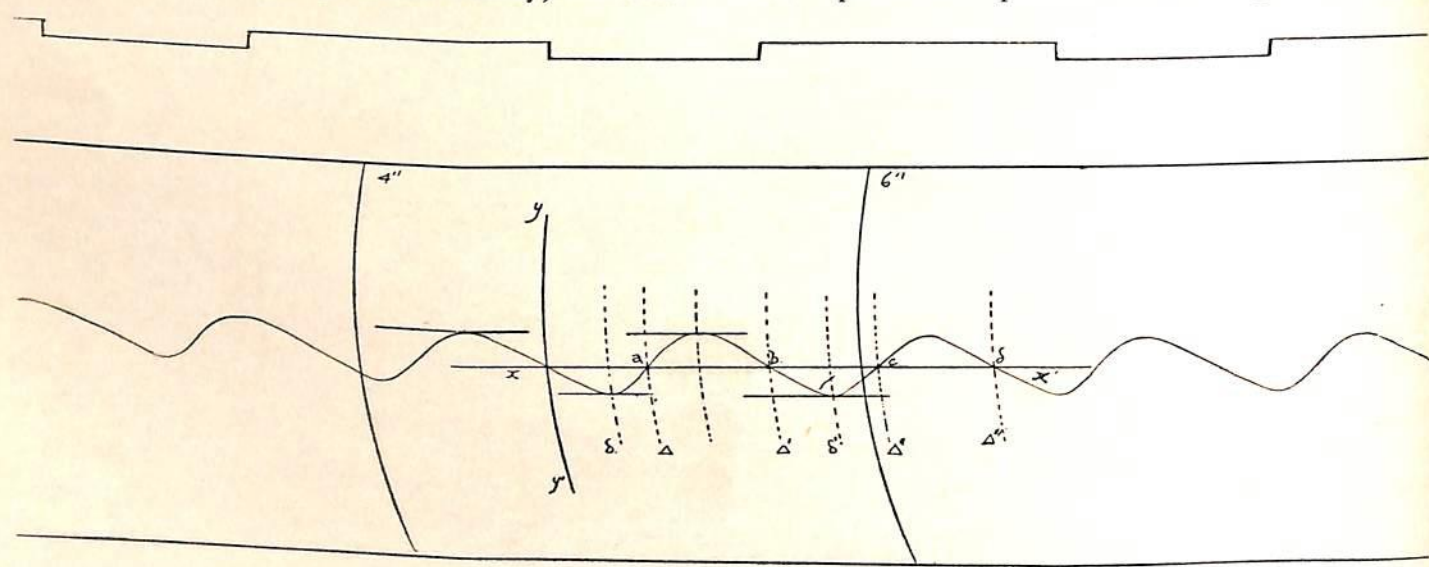
Jefe de la Sección de Química del Laboratorio Nacional de Higiene de Samper & Martínez

El establecimiento de los principios de la tensión arterial está basado en el estudio del movimiento propio de la arteria, que aun cuando es el fenómeno de un cuerpo vivo, no por esto está fuera de las leyes de la mecánica, a que obedecen todos los seres del universo.

El movimiento arterial puede estudiarse experimentalmente por los métodos aplicables a los movimientos vibratorios, procedimientos estroboscópicos o inscripción gráfica, fotografía instantánea, etc. Como el movimiento de la arteria se hace normalmente al eje de la misma, es fácil estudiar este desplazamiento en función del tiempo. En este caso podemos valernos del trazo que deja el estilete de la cápsula de Marey, o el ma-

analizamos el trazado del pulso de la gráfica número 213, obtenida con el dispositivo que más adelante indicaremos, podemos observar que tiene centros de simetría, a. b. c. y ejes de simetría $d d'$ $\Delta \Delta'$. La vibración forma arcaadas iguales, y la una, puede superponerse a la siguiente. Todos los centros tienen por ordenada y_0 y abscisas $t + \frac{1}{2}T$, $t + T$ etc.

Consideremos la gráfica número 221, que corresponde a una arteria en actividad; la pared arterial en movimiento será de la forma de la curva, más o menos alargada en el eje de las x , y cada uno de los puntos $a a' a_1 a_2$ ejecutarán oscilaciones propias, con relación al eje $x x'$ pero no experimentarán ningún despla-



Gráfica del pulso obtenida con el aparato del esquema A o con la cápsula de Marey

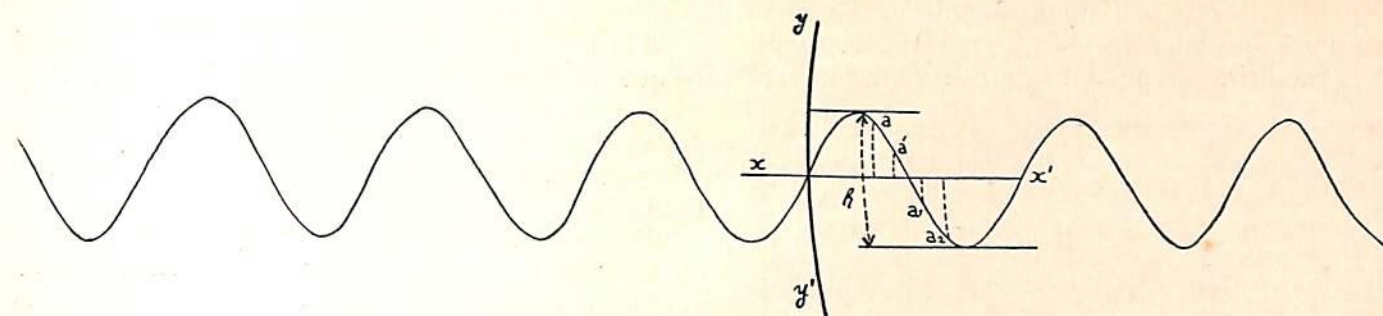
nómetro de mercurio, en conexión con un mango de aire que aprisiona el vaso, exactamente al dispositivo que se usa en clínica para la medida de la tensión arterial. El movimiento del estilete, deja el trazo sobre un cilindro ennegrecido, animado de un movimiento uniforme. La vibración de la arteria queda representada por una curva, más o menos modificada por el instrumento.

El pulso, el movimiento del corazón y la forma como circula la sangre en las arterias, indican que éstas realizan un movimiento vibratorio. Si

miento en el sentido longitudinal del vaso; vibrarán sucesivamente, la porción de la arteria tomará una forma propia, y el paso de la onda lo registrarán cada uno de estos puntos, como un movimiento oscilatorio al rededor de la línea media de la vibración, como lo indica la gráfica, cuya amplitud de movimiento es $\frac{1}{2}h$. El vaso en actividad experimenta cambios de presión sucesivos y correlativos con los cambios de volumen.

El instrumento modifica la curva considerablemente; así por ejemplo, las figuras números 2 y

Gráfica del pulso obtenida con el aparato del esquema A o con la cápsula de Marey



Nº 221 R.G.R. 14/36

3 son formas que se obtienen generalmente; la primera, la traza la cápsula de Marey, la segunda, se obtiene con el manómetro de mercurio inscriptor. En todo caso, uno y otro instrumento registran curvas que se pueden calcular.

Aparatos para inscribir las oscilaciones arteriales.

El esquema A. consta: 1º Brazalete; 2º Capacidad de mercurio; 3º Manómetro de mercurio; 4º Cilindro registrador.

El esquema B. es igual al esquema A., pero el manómetro de mercurio se ha reemplazado por la cápsula.

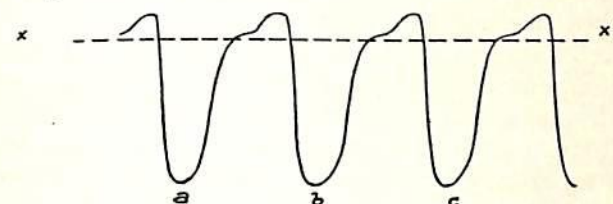


FIGURA 2

Esquema C.: este aparato que es el que más conviene para el registro, está basado en el principio de Pascal y es el manómetro de Kretz, modificado en el sentido de que las dos ramas se reducen a un vaso común, dentro del cual hay un

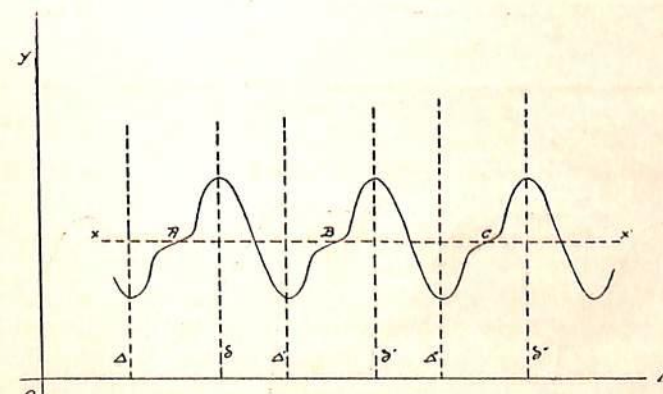
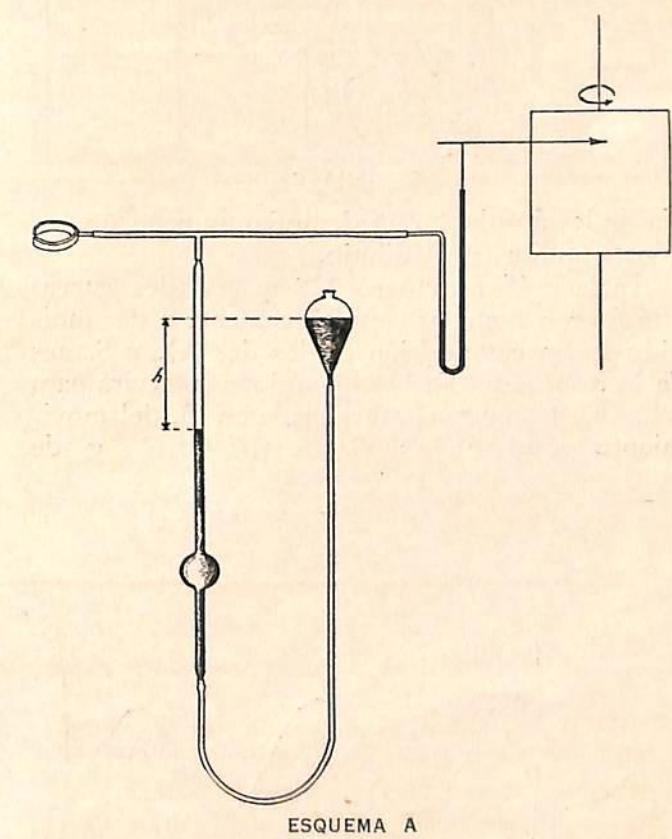


FIGURA 3

tubo comunicante que lleva el flotador inscriptor. 1º representa una bomba o depósito de aire comprimido; 2º brazalete; 3º manómetro de Kretz; 4º cilindro registrador.

Las curvas de las figuras 2 y 3 y la de la gráfica 205, son las que se obtienen respectivamente con cada uno de estos instrumentos.

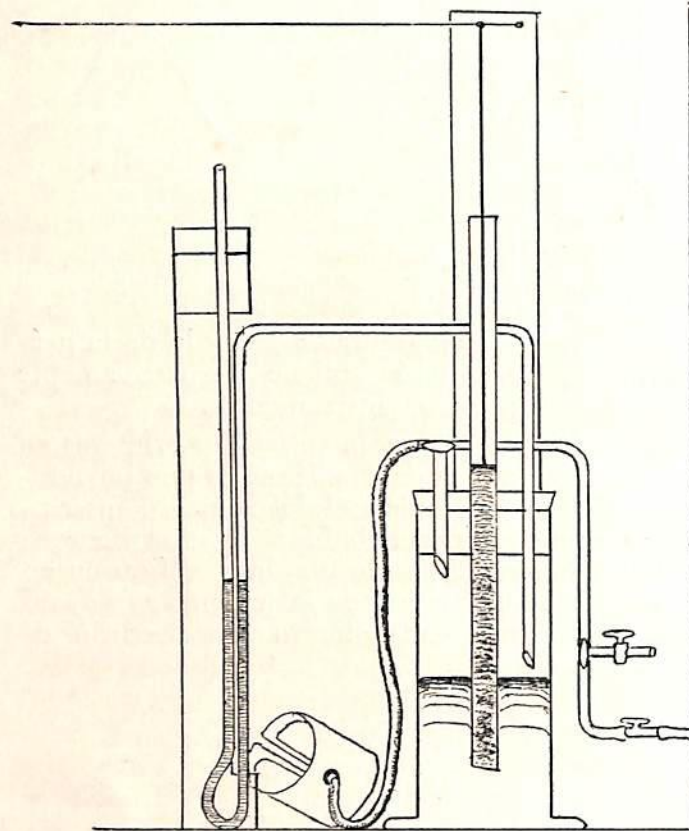
La inflexión que presentan las dos primeras en el eje xx' se debe a la modificación que introduce la oscilación propia del instrumento inscriptor. En la primera, debido a la gran ligereza de la membrana de la cápsula, la modificación no es tan profunda como la de la segunda curva; en ésta, la inercia del manómetro de mercurio es



ESQUEMA A

considerable con relación al sistema total. Estudiaremos sucesivamente cada una de estas dos curvas, para ir fijando algunas ideas sobre estas nociones de hemodinámica. La curva de la figura 205 no presenta inflexión especial, debido a que la inercia se ha reducido a un minimum.

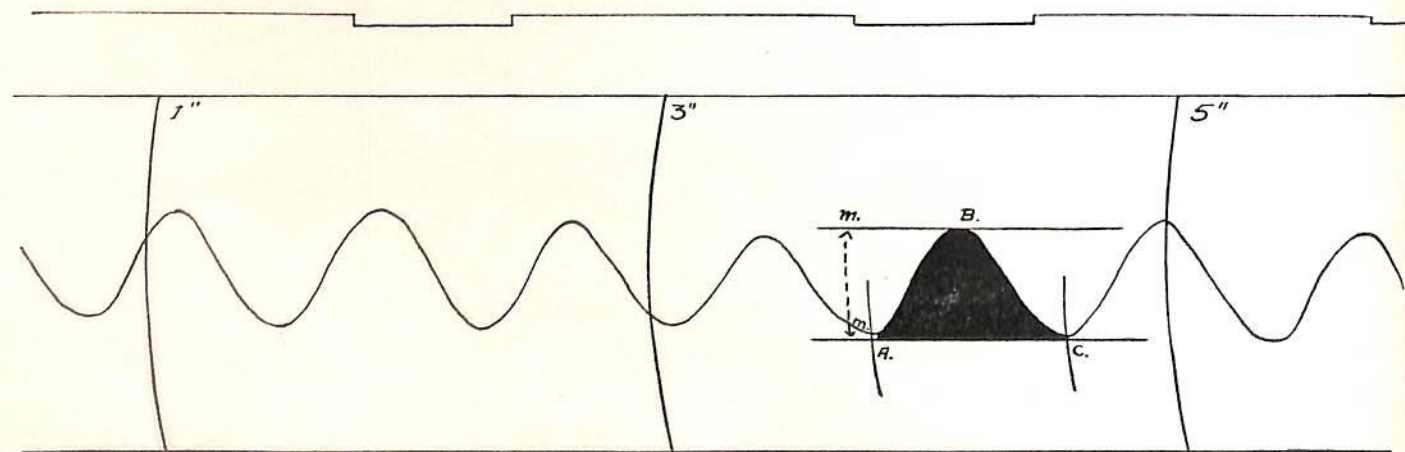
La forma 6, tomada de una de las gráficas, es la que generalmente se obtiene en los trazados del pulso. Presenta una ondulación característica que los fisiólogos llaman dicrotismo. El trazo en puntos indica la forma que tendría la curva sin la modificación que introduce la vibración propia



ESQUEMA C

de la cápsula, en un tiempo muy pequeño, según se indica en el dibujo.

En la gráfica número 225 se ven dos curvas que fueron tomadas simultáneamente a dos individuos. La composición de las dos Q. y S. nos da la resultante D. Un ejemplo nos servirá para aclarar este punto. La ordenada en D. del movimiento resultante es $BD = AB + AC$ y de



I. S. R. 22 años
Nº 205 14/36

Presión máxima 160 m.m.
Presión mínima 20 m.m.
m.m. = 0,088 m.m.

Gráfica de las oscilaciones arteriales que se obtienen con el aparato del esquema C.

la misma manera se pueden obtener todos los demás puntos de la curva. Así, pues, en cualquier instante el desplazamiento es la suma algebraica de las ordenadas de las dos curvas.

Haciendo lo propio con la curva de la figura 6, a que nos hemos referido, se llega a la conclusión de que la curva simple que se obtiene de la gráfica del pulso, eliminando las vibraciones de la membrana de la cápsula, es una curva periódica sencilla.

Para inscribir la vibración propia de la cápsula y estudiar la modificación que ésta introduce en la curva general que hemos descrito, ligamos la membrana de ésta a un hilo de colodión muy fino, que mantenía distendida la membrana, una cantidad próximamente igual a la amplitud de la vibración de la gráfica. La cápsula se comunicó con una capacidad cerrada, equivalente al volumen de aire de los tubos y del brazaete que se emplean en la medida del trazado del pulso. Por medio de un hilo combustible se hace arder, en un momento dado, el hilo de colodión que mantiene distendida la membrana de la cápsula; ésta oscila inmediatamente, dejando sobre el cilindro el trazo de su vibración. Véase la gráfica número 48.

Sustrayendo convenientemente esta curva de la obtenida en el registro del pulso, se llega a la curva simple sin inflexión, como se indica en la figura 6 que ha sido dibujada en grande escala para facilitar la operación.

La oscilación de la cápsula se amortigua muy rápidamente, como se puede ver en la gráfica 134, en donde aparecen trazados tomados a distintas tensiones; en todos se registra una oscilación amortiguada sencilla, que se verifica en un tiempo muy pequeño, pero suficiente para introducir en la curva una inflexión.

Si se registra la oscilación arterial por medio del manómetro de mercurio, según se indica en el esquema del dispositivo B. se obtiene una curva un poco diferente de la trazada por medio de la

cápsula. En efecto, hay una modificación que le da a la curva la forma de la figura 12 (tomada de la gráfica VG), según la diferencia de altura de las ramas del manómetro de mercurio y la ra-

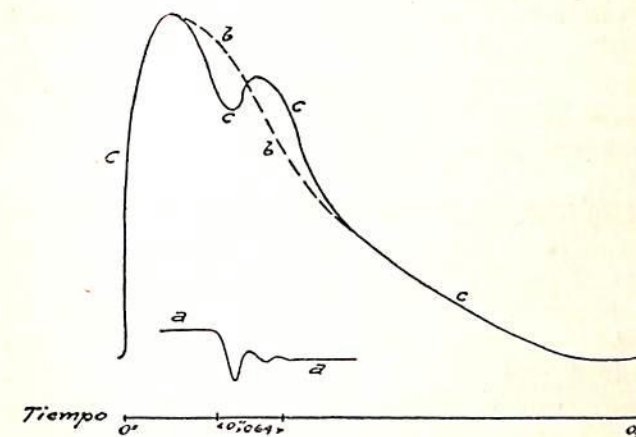
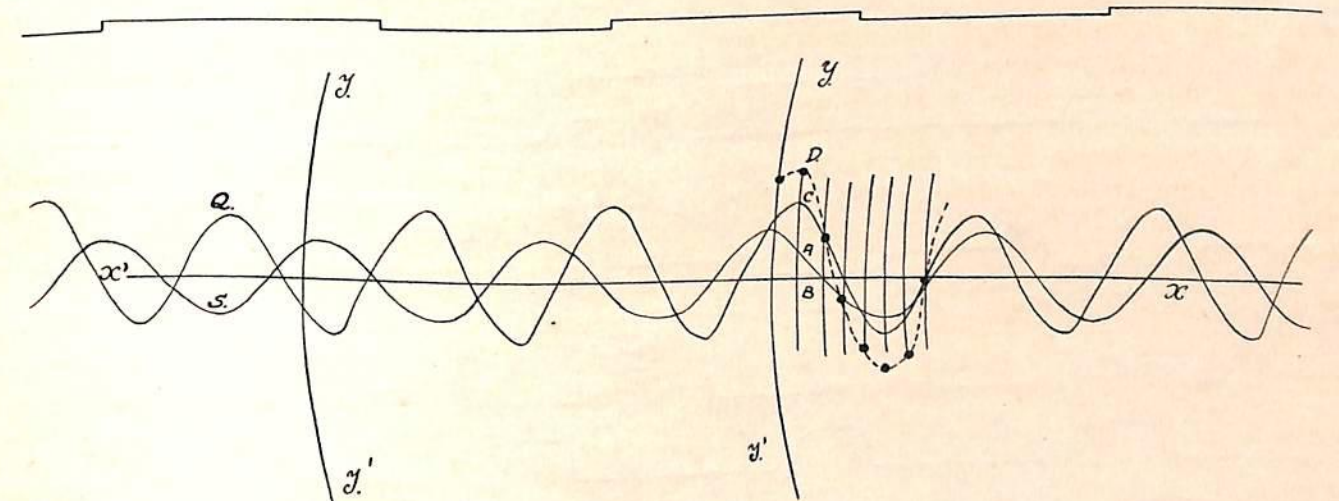


FIGURA 6

- a—Oscilación propia de la cápsula.
- b— " simple de la pared elástica.
- c— " inscrita con la cápsula de Marey, que resulta de a y b.

pidez de la vibración. La columna de mercurio al oscilar, bajo la acción del cambio de presión en una de las ramas, adquiere cierta fuerza viva, que no se amortigua sino al cabo de cierto número de vibraciones y que no puede absorberse en una sola vibración de la arteria, pero en definitiva, el movimiento resultante inscrito, es la combinación de la oscilación del mercurio, con la propia transmitida por la arteria. Generalmente es de la forma de la figura a que nos referimos. Haciendo las mismas consideraciones que para la gráfica ob-



Q) P. G. R.
S) H. C. V.
Nº 225 14/36

Gráficas superpuestas del pulso de dos individuos.

tenida con la cápsula de Marey, podemos reducir esta curva a una senoide.

Si hacemos oscilar la columna de mercurio del manómetro una cantidad equivalente al impulso original de la vibración arterial (próximamente unos 2 milímetros), y escribimos la curva resultante, se obtiene una oscilación amortiguada de la forma que se indica en la gráfica número 13, to-

mada a la presión de un milímetro de diferencia de nivel y de dos milímetros, respectivamente. Esta oscilación se denomina en física, función sinusoidal amortiguada y tiene por expresión:

$$y = C e^{-bt} \operatorname{sen} \left[\frac{2\pi t}{T} + \varphi \right]$$

$e = 2.71828182 \dots$ base de los logaritmos neperianos.

La oscilación del mercurio se amortigua mucho más lentamente que la de la cápsula, por este motivo siendo ésta en la gráfica que estudiamos, sensiblemente igual a $2/3$ del período de la vibración arterial, al abstraerla de la vibración resultante que inscribe el manómetro, nos resulta una senoide que representa la vibración de la arteria sola.

La figura 12 muestra la curva A. en línea continua, tal como se obtiene con el manómetro al inscribir la vibración arterial; la línea punteada C. es la que corresponde a la oscilación del mercurio; la línea en trazos B. es la senoide que se obtiene sustrayendo de la curva A. la curva C. Esto nos muestra de manera muy clara cómo la del pulso es curva sencilla.

Este fenómeno es el mismo que se observa en la inscripción de las curvas de un sonido fundamental y de su octava. Separadamente ambos emiten sonidos inscribibles en forma de sinusoides, pero al combinarse, inscriben una curva periódica de festones no regulares.

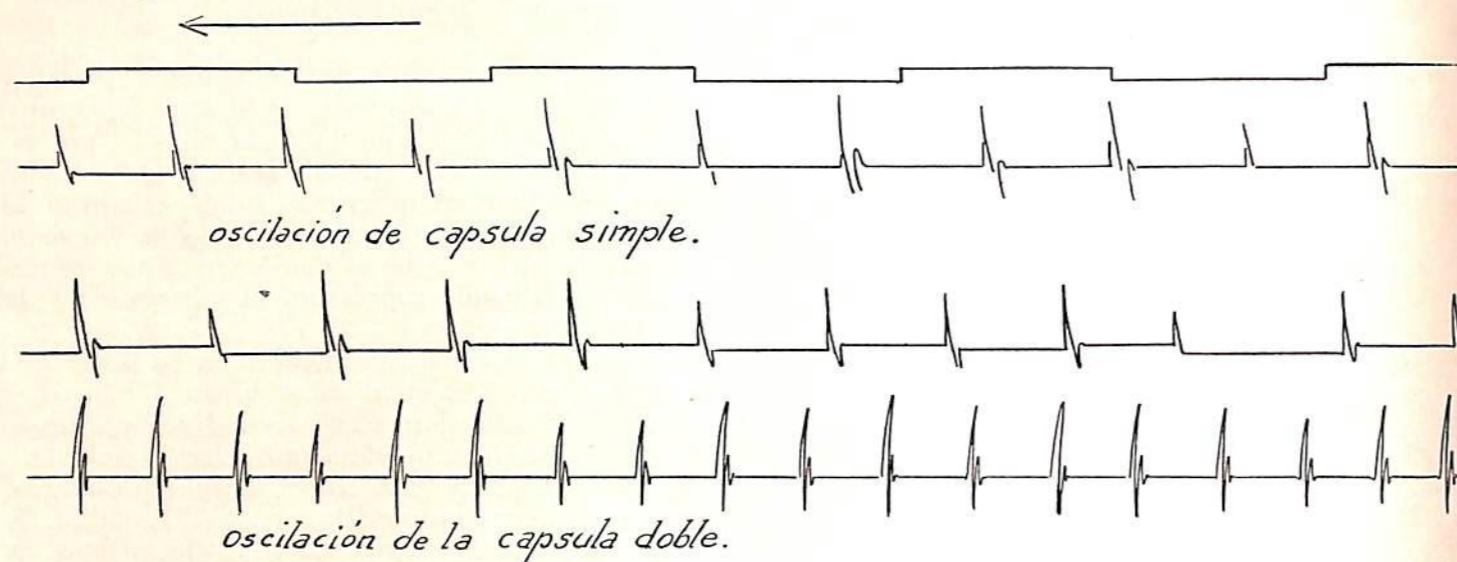
Por todas las consideraciones que anteceden, podemos considerar que las curvas inscritas con el manómetro y con la cápsula son periódicas, y re-

presentan un movimiento vibratorio que puede expresarse matemáticamente, porque toda función periódica es la suma de una función sinusoidal, llamada fundamental, y de una serie de funciones sinusoidales de período $T/2$, $T/4$, etc.

Para reducir al minimum la inercia del aparato, amplificar suficientemente las inscripciones y obtener curvas regulares, construimos el aparato

del esquema C., que ya hemos mencionado. El mercurio está en todo momento sometido a la presión del brazaete y forma con éste un sistema homogéneo. La columna de mercurio del tubo marca por su ascenso o descenso, las variacio-

terviene de manera directa en el mecanismo de su movimiento. El vaso en actividad, no es un tubo que se distiende en toda su longitud, simultáneamente, a cada impulso del corazón, sino sucesivamente, y afecta en una porción cualquiera



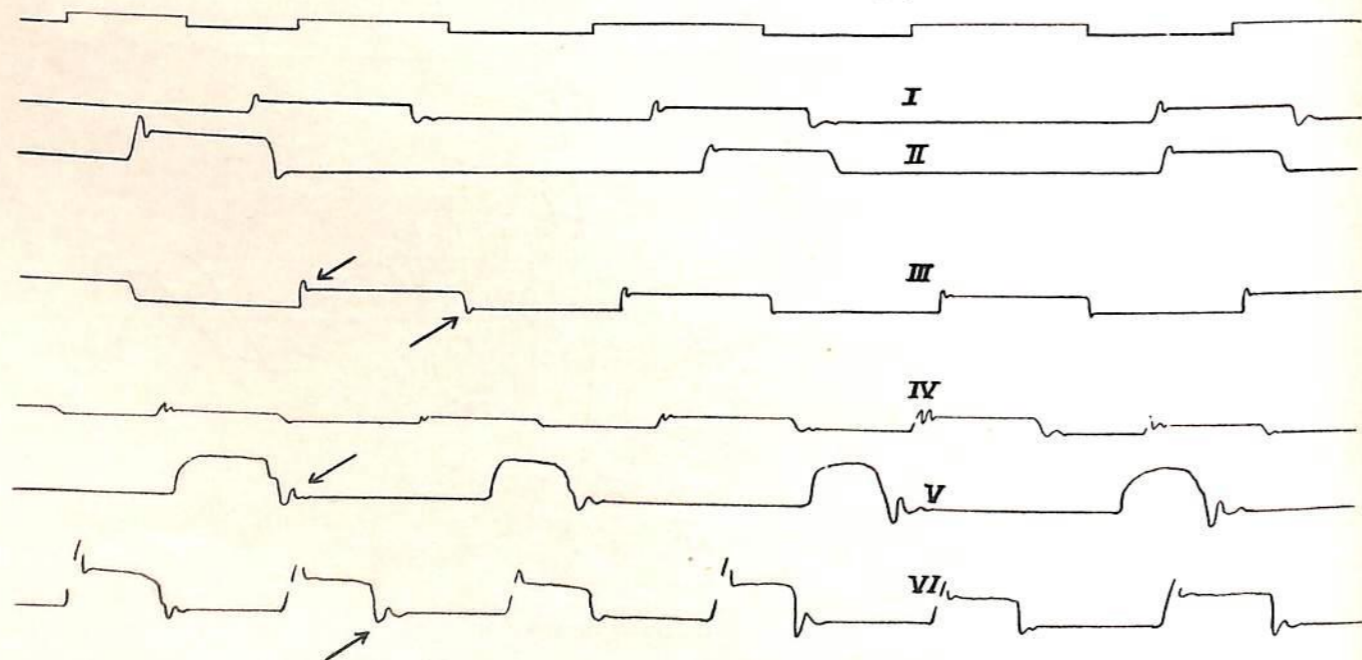
Gráfica N.º 48 Agosto 14/31.

Gráficas de las oscilaciones mecánicas de las membranas en los aparatos inscriptores.

nes de volumen del frasco y del brazaete, aumentadas proporcionalmente a la relación de las superficies del frasco y del tubo, según esta expresión:

$$h = \frac{S}{S_1} h_1$$

de su longitud, la forma y sección de la figura 15. La vibración en un punto cualquiera, es una vibración transversal, semejante al movimiento de las cuerdas sonoras. Cada porción longitudinal de la arteria ejecuta el mismo movimiento sucesivamente, pero el instante en que ésto ocurre,



Gráfica 134 Nov./33

Gráficas de las oscilaciones mecánicas de las membranas en los aparatos inscriptores.

Debido a la naturaleza viva de las arterias, el movimiento especial de éstas no puede regularse por los mismos principios que gobiernan el movimiento de los líquidos en tubos rígidos y elásticos, porque la arteria, en toda parte de ella, in-

depende de la velocidad con que se propagan las ondulaciones de la pared arterial; esta sucesiva ondulación se denomina *onda* y la distancia entre dos partículas vecinas que se encuentran en la misma fase, se denomina *longitud de onda*. Estas

ondas son del tipo de las llamadas *ondas transversales*, porque el desplazamiento de las partículas individuales es *transversal* con relación al desplazamiento de la onda. La onda, en 2/4 del

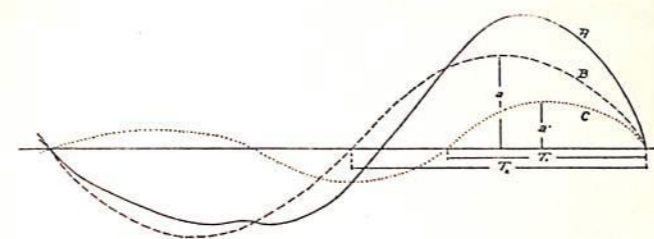


FIGURA 12

La amplitud es igual a la original por 3.

$$T = \frac{2}{3} T_2$$

La elongación es igual a la original por 2.

$$a = \frac{1}{2} a$$

A—Movimiento periódico compuesto de B y C.

B—Sinusoide simple que origina con C a A.

C—Sinusoide amortiguada (movimiento del Hg.)

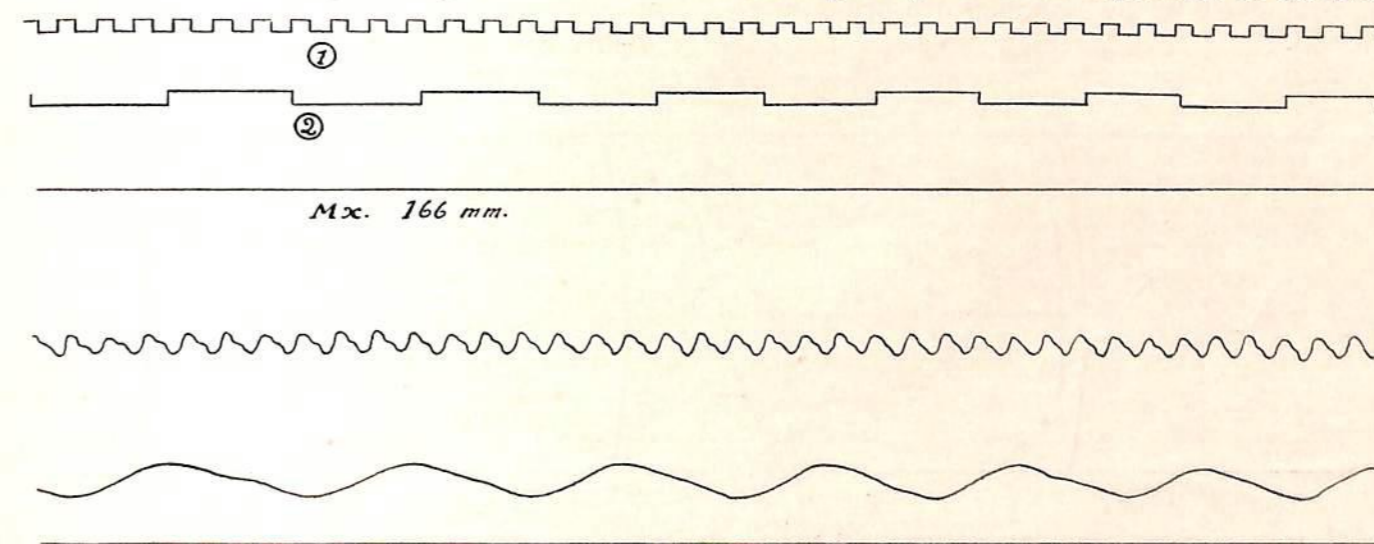
ciclo de oscilación de la partícula alrededor del eje $x x$, es la que suministra, en cada vibración, a todo lo largo del vaso, la energía necesaria para el movimiento.

Si estudiamos la gráfica número 216, se observa que el desplazamiento de A. es armónico. Se representa por $a \text{ sen } \omega T$ o también por

$$a \text{ sen } \frac{2\pi}{T} t$$

y el desplazamiento del punto Q en el mismo instante, está dado por

$$a \text{ sen } \left[\frac{2\pi}{T} t - c \right]$$



Mm. 22 n.m.
V. G. P=96 E. 54.
XI/7/30. 7. P.m.

Gráfica de las oscilaciones de la columna manométrica en un aparato inscriptor.

en donde C. es la diferencia de fases entre A y Q. La curva está formada por arcadas iguales, y por una traslación igual a T (período) y paralela al eje de t cada arcada se viene a colocar sobre la siguiente. Representa un movimiento periódico

co y para una vibración, la ecuación vale:

$$y = a \text{ sen } 2\pi \left[\frac{t}{T} + c \right]$$

siendo t el tiempo y T el período.

Como la velocidad angular vale:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

la ecuación anterior se convierte en ésta:

$$y = a \text{ sen } (\omega t + c)$$

que es la ecuación del movimiento periódico simple, o movimiento armónico, al cual se puede reducir el movimiento arterial.

El análisis de la curva anterior, obtenida directamente de la arteria, nos muestra la importancia que tiene para la fisiología el estudio de las gráficas del pulso, obtenidas sin dicrotismo y suficientemente ampliadas. Adelante tendremos ocasión de demostrar su aplicación para el cálculo de la velocidad de propagación de las ondas arteriales, el gasto líquido de las arterias, el trabajo del corazón, la longitud de onda de la vibración, la presión arterial y la elasticidad real de las arterias, puntos que revisten excepcional importancia para la clínica.

Decir que los fenómenos de los seres vivos, no pueden reducirse al mundo real, es abusar de la lógica del sentimiento, porque no tenemos otro medio para conocer los fenómenos físicos sino el de nuestros sentidos. El primer paso en toda ciencia, es descubrir un medio de medida apropiado al fenómeno; y hay ciencia desde el momento en que hay valoración impersonal de un fenó-

La arteria es un sér vivo que deja en su ritmo el trazo propio de su función, como un cuerpo luminoso impresiona un elemento foto-eléctrico, o un cambio de colorido se transforma en vibración sonora, o como un cuerpo químico modifica el protoplasma de la célula. Todos son fenómenos mensurables, directa o indirectamente; siguen las leyes de la mecánica universal. Así, la vibración

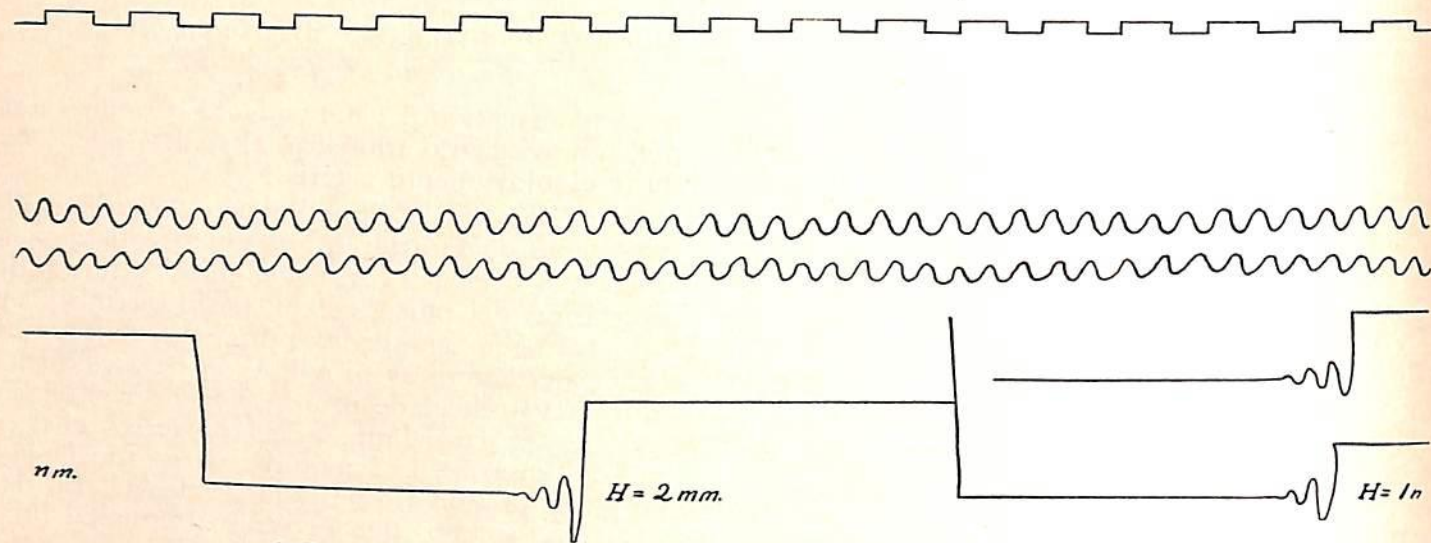
mente le va unido. Para esto es necesario una valoración previa exacta de la presión media eficiente. Vamos a calcular cuál es el verdadero valor de la presión media y cómo se mide.

Presión media. La curva de la gráfica número 217 presenta un máximum y un mínimum que corresponden exactamente al máximum y al mínimum de la presión de la arteria. En efecto,

$$\frac{H-h}{2} + h = \frac{H+h}{2}$$

Este valor es exacto, porque si se gradúa el instrumento a cualquiera otra presión, superior o inferior a la media verdadera, las oscilaciones decrecen en amplitud. Esto se ve muy claro en la gráfica número 224 tomada a la presión me-

Presión arterial.—La *tensión arterial*, como se designa en clínica la diferencia entre la presión máxima y mínima, es un valor que solamente puede compararse a otro; no es susceptible de adición ni sustracción; es un valor *escalar* como la temperatura, la masa, la densidad, la potencia, la resistencia eléctrica. Estas magnitudes que

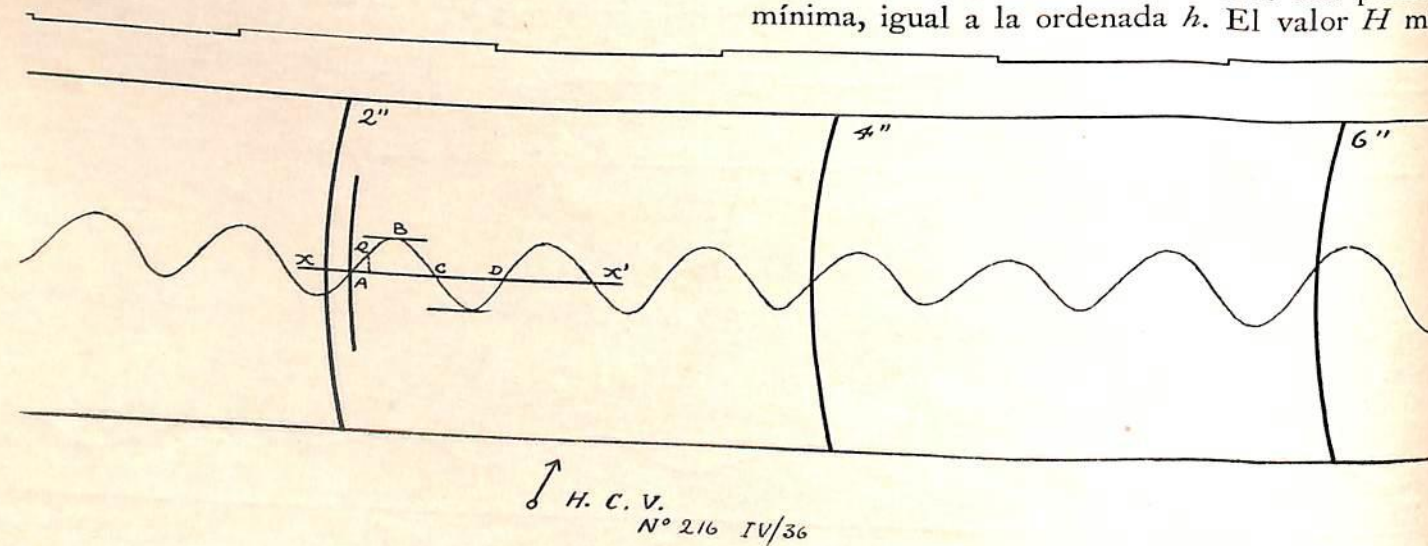


Gráfica de las oscilaciones de la columna manométrica en un aparato inscriptor. de la arteria, nos suministra los elementos de trabajo suficientes para estudiar el fenómeno en el campo de la física.

Tensión arterial.

La base de todas estas aplicaciones es principalmente la medida de la tensión arterial. Vamos a estudiarla desde el punto de vista mecánico, basándonos en los principios que hemos establecido.

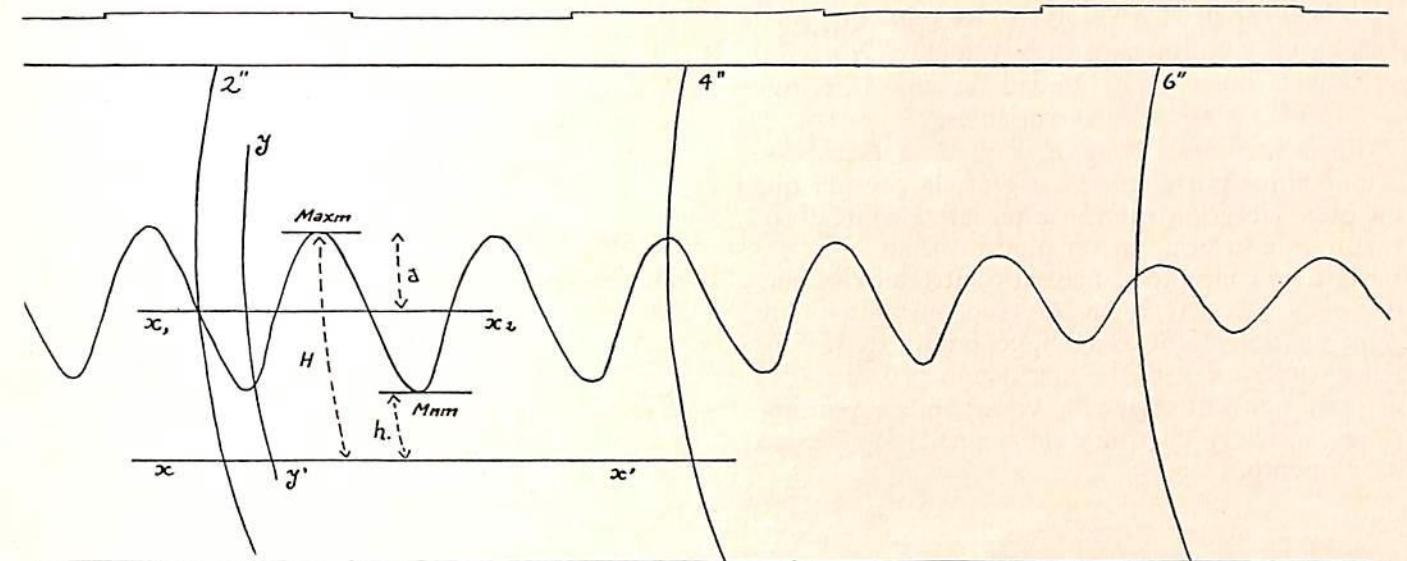
para anular la vibración es necesario ejercer sobre el brazaletes que comprime la arteria, una presión valorada en columna de mercurio igual a la ordenada H . Después, al disminuir la presión, la aguja inscriptora comienza a oscilar, la oscilación pasa por un máximum, y a medida que se va disminuyendo la presión, la aguja oscila menos, hasta que toda oscilación desaparece; en este momento el manómetro marca una presión mínima, igual a la ordenada h . El valor H mi-



Curva del movimiento ondulatorio a lo largo de una arteria.

Por medio de uno de los dispositivos que ya hemos descrito, obtenemos el trazo del pulso; para que se inscriba una curva bien propia es necesario que la presión exterior sobre la arteria sea igual a la interior que desarrolla la misma. Sólo entonces la pared arterial puede batir al máximum, y con ella, el sistema que indirecta-

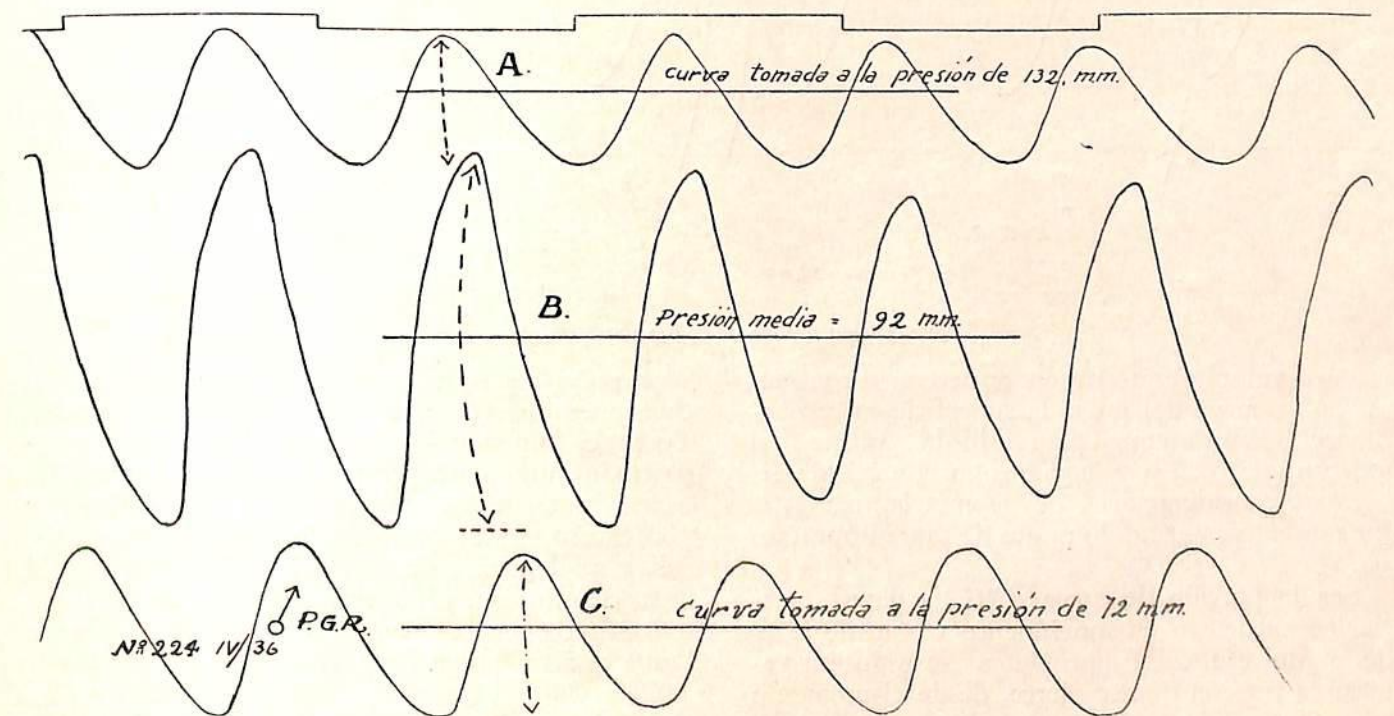
de la presión máxima arterial, y el valor h la presión mínima, que llamaremos hemostática, porque corresponde a la presión de la sangre que llena el vaso, abstracción hecha de toda otra presión. La presión media, con relación al eje x' que es el de la presión cero, tiene por valor:



T.A.P. 37 años
Nº 217 1V/36
Gráfica de la presión arterial en el aparato inscriptor.

dia exacta de 92 m.m. y a presiones inferior y superior a ésta, 132 y 72 m. m., respectivamente. La amplitud de la vibración se reduce notablemente al tomar la gráfica por encima o por de-

no pueden medirse sino designarse por un número, no conviene para valorar el fenómeno fisiológico. Es necesario substituir esta noción por la concreta de *presión por unidad de superficie ar-*



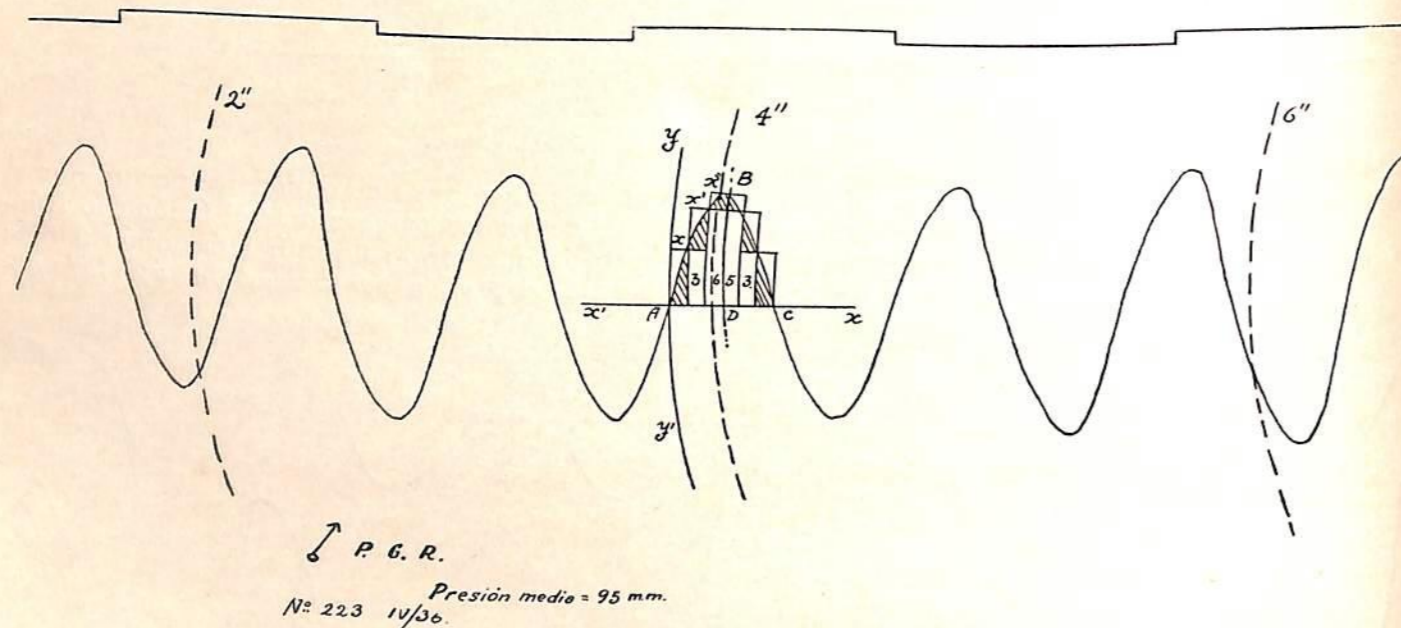
Gráfica de la presión arterial media.

bajo del valor medio. Lo anterior nos demuestra que la tensión media es la semi-suma de las presiones.

terial. Un paciente puede tener una tensión máxima y mínima normales, próximas del valor límite determinado de antemano, o un valor com-

pletamente anormal en apariencia, sin que en ninguno de los dos casos sea la verdad, porque la tensión máxima y mínima dependen, como adelante lo demostraremos, no sólo del instrumento empleado y de los errores personales que en muchas ocasiones adquieren la misma magnitud que se mide, sino de la frecuencia de las vibraciones, longitud de onda, trabajo del corazón, amplitud de la vibración, etc., valores todos estos que pueden variar simultánea o sucesivamente. No así al valorar la presión por unidad de superficie, que es función de todas estas variables.

Tensión arterial integral. Tensión del corazón. Designamos por *tensión integral*, la presión que en cada vibración ejercen alternativamente el corazón y la arteria, en un punto considerado del vaso. Este concepto es necesario introducirlo, porque siendo la arteria un sér vivo, su movimiento depende del motor corazón, generador de las ondas primitivas, y de la contracción propia de la arteria, que entretiene la vibración, comunicándole sentido y energía a la masa de sangre en movimiento.



Presión media = 95 mm.
Nº 223 14/30.

Valoración gráfica de la tensión arterial.

Para valorar esta tensión es necesario considerar en la curva del pulso la superficie correspondiente. Consideremos para ello la gráfica del pulso número 223, y hagamos en ella misma algunas consideraciones de geometría, para dejar de una vez aclarado punto de tanta importancia.

Sea la porción de curva *ABC*, la pared arterial se encuentra en movimiento vibratorio alrededor del eje *xx'*. El problema se reduce a valorar la presión que se ejerce, desde el momento en que principia a dilatarse en el punto de equilibrio *A* pasa por el máximo de la amplitud *B* y vuelve a *C*; pero como ha transcurrido un tiempo *t* representado por la abscisa *AC*, el punto de la arteria en vibración traza la curva *ABC* que

representa una superficie absolutamente proporcional a la tensión en el mismo tiempo. Por esto es necesario valorar el área de esta curva, que mide la variación de la presión, en términos clínicos, la tensión integral por vibración.

El área curvilínea *ABC* se puede valorar por defecto o por exceso, o con la aproximación suficiente para el caso.

a) *Valoración por defecto.*

Sería suficiente dividir la recta *AC* en 6 partes iguales. La superficie total sería la suma de los 4 rectángulos, así:

$$S = [1 \times 3] + [1 \times 5] + [1 \times 5] + [1 \times 3]$$

en esta valoración hemos despreciado las pequeñas superficies correspondientes a los triángulos sombreados.

b) *Valoración por exceso.*

El área total comprendida por la curva y el eje *xx'* sería igual a las sumas de las superficies de los 6 rectángulos.

$$S_1 = x + [1 \times 3 + x] + [1 \times 5 + x^2]$$

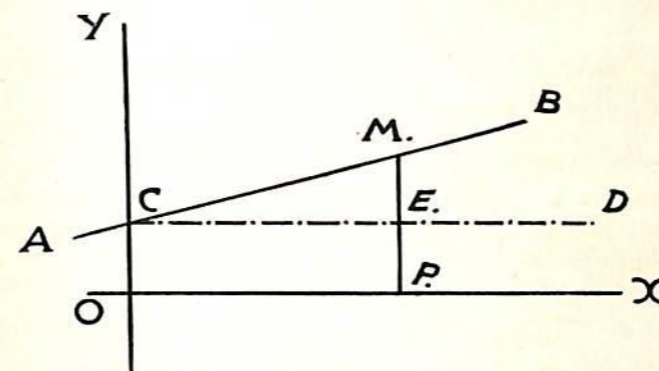
y en ambos casos, mientras más pequeñas sean las divisiones de *AC* la aproximación será mayor. Podemos suponer la distancia *AC* dividida en partes infinitamente pequeñas, y por lo tanto las partes sombreadas, sean tomadas por defecto o por exceso, serán también infinitamente pequeñas, y se llegará a obtener el valor exacto del área, cuando esta diferencia sea tan pequeña que se confunda con la curva. Esta suma es la que se llama el área integral de *ABCD*.

Como hemos supuesto reducida la curva a una senoide, nos parece oportuno poner el cálculo elemental de esta curva, para aplicarlo a la valoración de las gráficas del pulso, y por medio de ellas medir las magnitudes que interesan a los médicos.

La ecuación general de la línea recta en coordenadas de ejes rectangulares es:

$$y = ax + b \quad (1)$$

En efecto, sea una recta *AB* situada en el plano de los ejes *OX OY*. Desde un punto cualquiera *M* de esta recta, bajemos la perpendicular



lar *MP* a *OX*; las coordenadas del punto *M* serán: *MP = Y*; *OP = X*. Por el punto *C* donde *AB* encuentra el eje *OY* tracemos *CD* paralela al eje *OX*.

En el triángulo rectángulo *CME* se tiene:

$$ME = CE \tan \overline{BCD}$$

Agregando *EP* a los dos miembros de la ecuación, se tiene:

$$ME + EP = CE \tan \overline{BCD} + EP$$

y teniendo presente que:

$$ME + EP = y$$

y que el ángulo \overline{BCD} que hace *CD* es constante y por lo mismo su tangente que podemos representar por *a* llamada coeficiente angular o inclinación, y como

$$\begin{aligned} CE &= x \\ EP &= OC = b \text{ (constante)} \end{aligned}$$

llamada ordenada de origen, la ecuación (1) toma la forma

$$y = ax + b$$

Cuando la recta *AB* pasa por el origen *O*, la ordenada de origen $oc = b = 0$ se convierte:

$$y = ax$$

y cuando *AB* es paralela a *OX*, el ángulo \overline{BCD} es nulo, y entonces $\tan \overline{BCD} = a = 0$ la ecuación se convierte:

$$y = b$$

y en el caso en que $a = 0$ y $b = 0$

$$y = 0$$

lo cual indica que la recta se confunde con el eje *X*.

Dada la inclinación *a*, si la recta pasa por otro punto, cuyas coordenadas sean *x' y'* se tiene

$$y = ax' + b$$

de donde

$$b = y' - ax'$$

y sustituyendo este valor en la ecuación general (1) se tiene:

$$y - y' = a[x - x'] \quad (2)$$

Ahora, siendo el coeficiente de inclinación el límite de la relación del incremento de la función al de la variable. Llamando *dy* y *dx* estos incrementos, nos queda:

$$a = \frac{dy}{dx}$$

y substituyendo el valor del incremento en (2) resulta:

$$y - y' = \frac{dy}{dx}[x - x'] \quad (2)$$

y como la ecuación de la senoide es

$$y = \text{sen } x$$

e incrementando, queda:

$$\begin{aligned} y + \Delta y &= \text{sen}[x + \Delta x] \\ \Delta y &= \text{sen}[x + \Delta x] - \text{sen } x \end{aligned} \quad (4)$$

y como según la ecuación trigonométrica general $\text{sen } p - \text{sen } q = 2 \cos \frac{1}{2}[p + q] \text{sen } \frac{1}{2}[p - q]$ (5)

poniendo

$$p = x + \Delta x \quad q = x$$

y escribiendo

$$p + q = 2x + \Delta x \quad p - q = \Delta x$$

y también

$$\frac{1}{2}[p + q] = x + \frac{\Delta x}{2}$$

$$\frac{1}{2}[p - q] = \frac{\Delta x}{2}$$

la ecuación (5) aplicada a la diferencia (4) da:

$$\Delta y = 2 \cos \left[x + \frac{\Delta x}{2} \right] \text{sen} \left[\frac{\Delta x}{2} \right]$$

y dividiendo por Δx se tiene:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{2 \cos \left[x + \frac{\Delta x}{2} \right] \text{sen} \left[\frac{\Delta x}{2} \right]}{\Delta x}$$

y dividiendo por 2 los términos de la fracción que forma el segundo miembro, queda:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\cos \left[x + \frac{\Delta x}{2} \right] \text{sen} \left[\frac{\Delta x}{2} \right]}{\frac{\Delta x}{2}}$$

la relación $\frac{\Delta x}{2}$ tiene por límite la unidad; luego, pasando al límite, la derivada será:

$$y = \frac{dy}{dx} = \cos x$$

y substituyendo el valor anterior en la ecuación (3) nos queda:

$$y - y' = \cos x (x - x') \quad (6)$$

que es la expresión de la tangente a la senoide.

Como vimos que el límite de la relación del incremento de la función al de la variable

$\frac{dy}{dx}$ es igual al coeficiente de inclinación de la tangente a la curva; es fácil deducir de esta propiedad, el medio de trazar las tangentes a las curvas y establecer las ecuaciones. Como teníamos que $y - y' = a(x - x')$ la ecuación general de la tangente a una curva es:

$$y - y' = \frac{dy}{dx} (x - x')$$

y para nuestro caso particular la ecuación (6) representa la tangente a la senoide.

Para

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2}\pi \\ x &= \frac{3}{4}\pi \\ x &= \frac{5}{2}\pi \end{aligned}$$

se tiene que $\cos x = 0$ y $\text{tang } \alpha = 0$ lo que indica en la curva de la gráfica número 217 que en los puntos A, C, B... la tangente a la curva es paralela al eje de las X.

Para determinar el sentido de la curvatura, como

$$y' = f'(x) = \frac{dy}{dx} = \cos x$$

$$y'' = f''(x) = -\sin x$$

Haciendo $x=0$ $x=\pi$ $x=2\pi$, $x=3\pi$ para estos valores de XY se hace igual a cero. Resulta que los puntos de inflexión O, M', M''... están situados en el eje de las X y sus ordenadas son nulas.

Ahora, para valorar el área de la curva aplicamos la ecuación general:

$$S = \int y dx.$$

$$S = \int \sin x dx = -\cos x + c$$

Para calcular el área S del segmento OAP se toma esta integral entre los límites

$$x=0 \quad x=\frac{\pi}{2} \quad P=\frac{\pi}{2}$$

lo cual da, respectivamente:

$$S = -1 + c \quad S = -0 + c$$

Por lo tanto, el área OAP es, despreciando la constante C que se anula:

$$S = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin x dx = 0 - (-1) = 1.$$

La interpretación práctica de este resultado es la siguiente: suponiendo que el radio R del arco X se toma por unidad, resulta que el área S = OAP es equivalente a la de un cuadrado que tenga R por lado.

El área OAB es doble de la de OAP y tiene por valor numérico el número 2, que se obtiene al tomar la integral entre los límites $x=0$ $a=0$ $B=\pi$ Como $\cos \pi = -1$; $-\cos \pi = 1$ se tiene:

$$S = \int_0^{\pi} \sin x dx = 1 + 1 = 2$$

Presión arterial.

Podemos valorar la superficie de la curva de la gráfica número 217, en función de la tensión arterial, de la manera siguiente: a representa la mitad de la tensión arterial, y ésta varía desde h hasta H-h; vimos que con relación al eje $x_1 x_2$ la presión media es $\frac{H+h}{2}$ y la tensión arterial es: H-h.

Como H y h se valoran en columna de mercurio, en cada semi-vibración, tendremos que calcular la superficie infinitamente delgada de la curva OAB. Vimos que ésta vale:

$$\int_0^{\pi} \sin x dx = 2$$

y como el radio de la curva, en este caso es $H - \frac{1}{2}h$ para el área de mercurio OAB será:

$$\int_0^{\pi} \sin x dx = 2 (AP)^2 = 2 \left[\frac{H-h}{2} \right]^2$$

o sea, el área doble del cuadrado que tenga por lado el radio de la curva, o sea la semi-diferencia de las tensiones máxima y mínima.

Designando la diferencia $H-h=l$, nos queda:

$$\int_0^{\pi} \sin x dx = \frac{l^2}{2} \quad (7)$$

que es la expresión de la tensión integral que podemos definir: La tensión integral es proporcional al cuadrado de la vibración arterial.

Podemos considerar la vibración formada por dos partes. La primera que comprende la parte de la curva OAB, debida a la acción del corazón; la segunda, corresponde a la arteria, y está representada por la porción BCD.

Bajo el impulso del corazón la pared de la arteria, en la zona considerada, se dilata sucesivamente hasta un máximo $\frac{H-h}{2}$ después,

gracias a la elasticidad del tejido, el valor anterior decrece hasta hacerse igual a cero; en este momento obra la arteria, se contrae sucesivamente hasta un máximo $-\frac{H-h}{2}$, para volver

por relajamiento propio a la posición inicial, y así se repite el ciclo. En este movimiento, el impulso sincrónico del corazón, y la contracción arterial, entretienen la vibración, desde los grandes vasos hasta los menores.

Según vimos la ecuación (7) representa una superficie de mercurio infinitamente delgada. Para encontrar la presión arterial o del corazón, por unidad de superficie arterial, será necesario hacer la siguiente consideración:

Si a la superficie de la curva le damos un espesor cualquiera y consideramos una longitud propia, podremos valorar la presión en gramos por unidad de superficie. Así transformaremos la noción de tensión arterial por la de presión por unidad, concepto concreto, que nos da a conocer la magnitud exacta del fenómeno.

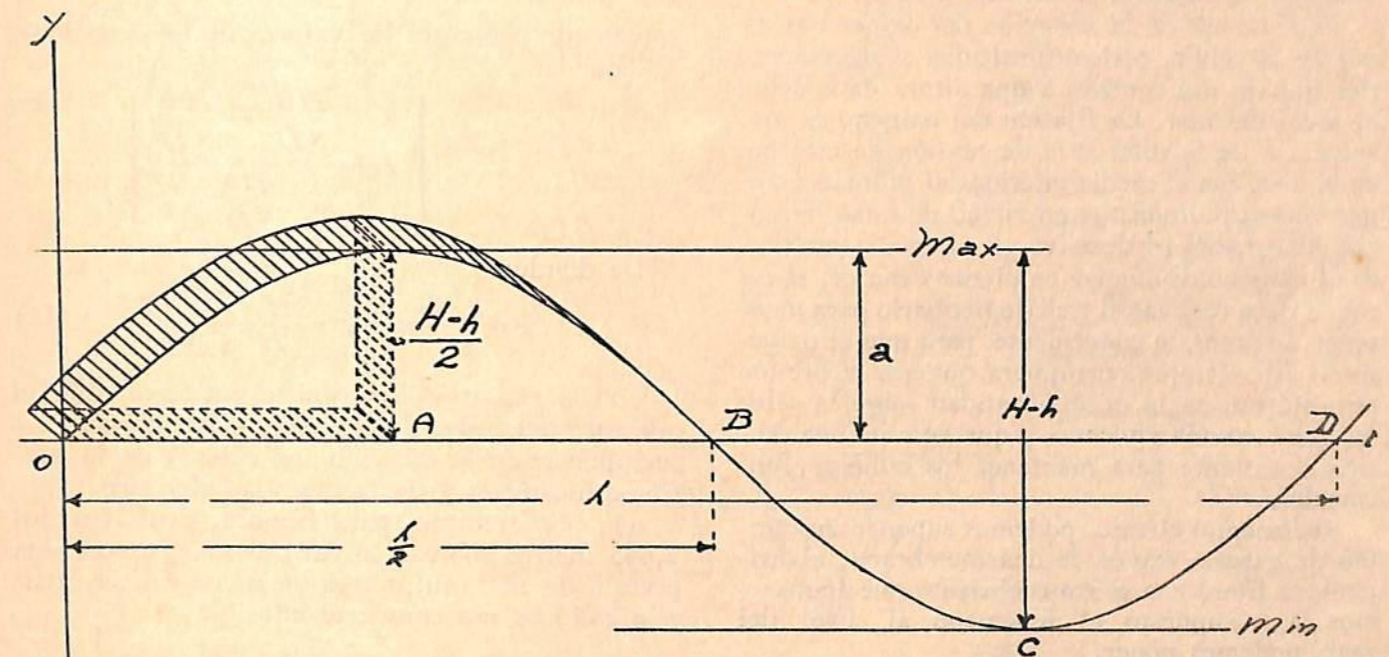


FIGURA 16

Consideremos la figura número 16. El valor de la tensión arterial es:

$$H - h = E$$

La tensión integral es:

$$\frac{l^2}{2} = E_1$$

En la porción OB de la curva consideremos un milímetro de profundidad; el peso de la columna sólida será:

$$E_p = \frac{l^2}{2} \Delta 10^{-3}$$

si dividimos este valor por una longitud igual a la semi-longitud de onda, obtendremos la presión media por unidad de superficie arterial:

$$E_n = \frac{l^2}{\lambda} 10^{-3} \Delta \quad (8)$$

lo cual podemos enunciar así:

La presión arterial es proporcional al cuadrado de la tensión arterial e inversamente proporcional a la longitud de onda de la vibración.

Trabajo del corazón.—Trabajo arterial

Se entiende por trabajo de una fuerza el producto de ésta por el desplazamiento de su punto de aplicación. Con la ecuación (8) podemos calcular el trabajo del corazón por unidad de superficie arterial, y con este dato, el valor total del trabajo en el árbol arterial. La fuerza estará dada por la presión por unidad de superficie arterial; el desalojamiento, por el valor de la vibración arterial en el punto considerado, que en este caso es igual a la amplitud de la vibración, tanto para el corazón como para la arteria, puesto que ya hemos considerado que en el ciclo de la vibración, la mitad corresponde a la arteria y la otra mitad al corazón.

En la figura 16 el punto A y todos los demás de la pared arterial, realizan un trabajo equivalente al levantamiento a una altura a (a igual a la amplitud de la vibración) de un peso $\frac{l^2}{\lambda} 10^{-3} \Delta$

Por lo tanto la expresión del trabajo por unidad será:

$$T = 10^{-3} \Delta \frac{l^2}{\lambda} a$$

y por minuto:

$$T = 10^{-3} \Delta \frac{l^2}{\lambda} a N \quad (N = \text{frecuencia})$$

Para valorar el trabajo total del corazón en todo el árbol arterial, sería necesario conocer la presión en los diferentes puntos, pero esto es muy

difícil valorar con exactitud; es suficiente para nuestro caso, conocer el trabajo por unidad en un sitio del árbol arterial, por ejemplo, un decímetro cuadrado en el sitio de la radial.

La cifra así obtenida en kilogrametros, se puede convertir en calorías, para hacer comparables los resultados con el metabolismo basal, medido, como se sabe, por otros procedimientos.

Variación del trabajo del corazón con las alturas.

El corazón trabaja de distinta manera en las alturas, debido al enrarecimiento de la atmósfera. Es útil conocer este incremento, especialmente en sitios como los de este altiplano andino, densamente poblados y donde existen ciudades de mucha importancia.

Indirectamente el corazón lleva a la célula el oxígeno necesario para su funcionamiento correcto; pero como éste disminuye con la altura, es necesario que el corazón aumente el trabajo, para llevar, en la misma unidad de tiempo, la misma cantidad de oxígeno, en un sitio o en otro.

Valiéndonos de la absorción del oxígeno al nivel de la célula, podemos calcular el incremento del trabajo del corazón a una altura dada sobre el nivel del mar. La fijación del oxígeno es consecuencia de la diferencia de tensión de este gas en el aire, con el medio interior del pulmón (sangre venosa pulmonar); en virtud de esta diferencia, el oxígeno se disuelve en el medio interior. Si el oxígeno disminuye en el aire exterior, el corazón debe realizar el trabajo necesario para mantener una tensión conveniente, para que el oxígeno se fije siempre, cualquiera que sea la presión atmosférica, en la misma cantidad sobre la célula, que continúa viviendo, y que necesita una cantidad constante para mantener los cambios funcionales.

Reduciendo el caso, podemos suponer un cambio de gases a través de una membrana; el oxígeno se fijará con cierto coeficiente que llamaremos Δ y supuesto el fenómeno al nivel del mar, podemos poner:

$$\text{Oxígeno disuelto } C = \frac{H\Delta}{\sqrt{D}} \quad (9)$$

Para otro lugar sobre el nivel del mar, será:

$$(*) \text{ Oxígeno disuelto } C' = \frac{H'\Delta}{\sqrt{D'}} \quad (10)$$

Como los valores numéricos de la presión al nivel del mar y la densidad del aire son siempre mayores que en cualquier estación superior, resultaría que el valor de C es mayor que el de C' ; como esto no puede ser, porque la célula consume la misma cantidad de oxígeno en cualquier altura, para que el individuo continúe vi-

(*) H y H' son los valores de la presión atmosférica, en los dos lugares; y D y D' las densidades absolutas del aire.

viendo normalmente, se infiere que por necesidad celular de asimilación funcional, los valores que representan C y C' tienen que ser iguales, y por lo tanto, el corazón debe aumentar el trabajo para mantener la constante.

Si designamos T_m el trabajo del corazón a una altura dada, y por T_{760} el trabajo del corazón en el nivel del mar, podemos poner:

$$T_m = T_{760} + T_x$$

siendo T_x el aumento del trabajo. Por otra parte, de la relación anterior podemos poner:

$$\frac{T_{760}}{C} = \frac{T_x}{C - C'}$$

de donde:

$$T_x = \left[\frac{C - C'}{C} \right] T_{760}$$

y la expresión del trabajo del corazón, en la estación superior, será:

$$T_m = T_{760} \left[1 + \frac{C - C'}{C} \right]$$

y teniendo presentes los valores de las ecuaciones nos queda:

$$T_m = T_{760} \left[1 + \frac{\frac{H\Delta}{\sqrt{D}} - \frac{H'\Delta}{\sqrt{D'}}}{\frac{H\Delta}{\sqrt{D}}} \right]$$

De donde:

$$T_m = T_{760} \left[2 - \frac{H' \sqrt{D}}{H \sqrt{D'}} \right] \quad (11)$$

Con la expresión anterior se puede calcular el aumento del trabajo del corazón. Basta para esto reemplazar en la ecuación los valores de la presión atmosférica y de la densidad del aire.

Así, por ejemplo, para Bogotá, situada a los 2,645 metros sobre el nivel del mar, y con una presión de 560 milímetros de mercurio, la ecuación (11) se nos convierte en:

$$T_m = 1.142 T_{760}$$

lo cual nos indica que el trabajo del corazón en Bogotá, está incrementado en un 14% sobre el trabajo en el nivel del mar.

Para valorar el trabajo por unidad de superficie arterial en un lugar determinado, bastaría multiplicar el trabajo calculado en el nivel del mar, deducido de la gráfica del pulso, por el coeficiente que se establezca en la forma que acabamos de indicar. Lo mismo se haría para conocer el incremento que va a tomar el trabajo del corazón de un individuo, al llevarlo a un nivel superior.

El aumento del trabajo del corazón con las alturas está plenamente confirmado por los hechos. Se ha comprobado que este órgano tiene mayores dimensiones; que el porcentaje de hemoglobina es mayor, el número de pulsaciones

crece con la altura y la amplitud de las vibraciones arteriales crece proporcionalmente a la altura sobre el nivel del mar; en estos sitios el número de glóbulos rojos está considerablemente aumentado, valores todos que indican transporte de oxígeno, aumento de la tensión arterial, mayor rapidez en el consumo de las reservas de hidrocarbonados y un ligero aumento del valor glicémico.

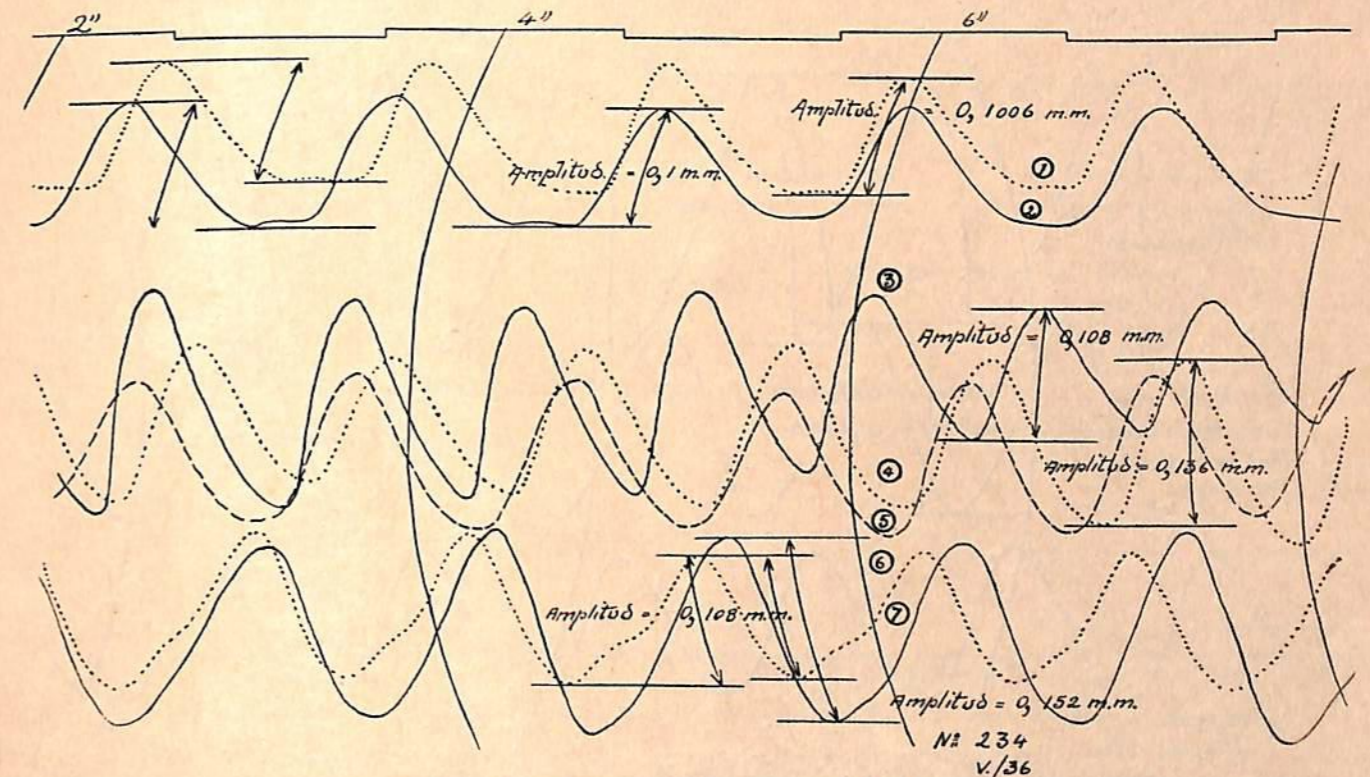
Las gráficas números 234 y 229 tomadas a individuos en la estación superior del funicular de Monserrate, nos muestran claramente el aumento de la frecuencia y de la amplitud con relación a Bogotá. La número 227 confirma lo anterior, puesto que las dos curvas son tomadas: la una haciendo respirar al individuo a la presión de Bogotá y la otra con una máscara y aire a la presión del nivel del mar. Se observa que en la

Por medio de un brazaete que aprisione la arteria, en un miembro elegido convenientemente y ligado por medio de un tubo de paredes poco elásticas, a un manómetro inscriptor, se obtienen las curvas de la vibración de la arteria, con el máximo de amplitud, para lo cual es necesario graduar el aparato a la presión media y anotar las presiones máximas y mínimas.

Como la contracción de las fibras de la arteria se hace sucesivamente, el movimiento de la sangre tiene un sentido definido de propagación del corazón hacia los capilares. El valor de la velocidad, por porción longitudinal de la arteria, nos está dado por:

$$V = \sqrt{\frac{F}{m}} \quad (12)$$

la fuerza está dada por el peso de la columna de



Gráfica del pulso tomada en estaciones a distinta altura.

curva obtenida a la presión de 760 m.m., la frecuencia disminuye notablemente lo mismo que la amplitud y como en la expresión del trabajo entran estos factores, necesariamente aquél debe variar.

Gasto de una arteria.—Se llama gasto de una arteria, la cantidad de sangre que circula en un momento dado, por la sección considerada del vaso.

Debido a la naturaleza de las arterias, que no se pueden considerar como tubos rígidos ni elásticos, sino formados por elementos vivos, es necesario un estudio especial de su movimiento para establecer la expresión que nos dé a conocer el gasto, valor de mucha importancia en fisiología, en clínica y en medicina legal.

mercurio infinitamente delgada $\frac{H-h}{2}$ y por toda la sección, será

$$F_s = 2\pi R \left[\frac{H-h}{2} \right] \Delta$$

y reemplazando en la ecuación (12) nos queda:

$$V_s = \sqrt{\frac{4\pi R(H-h)}{m}} \quad (13)$$

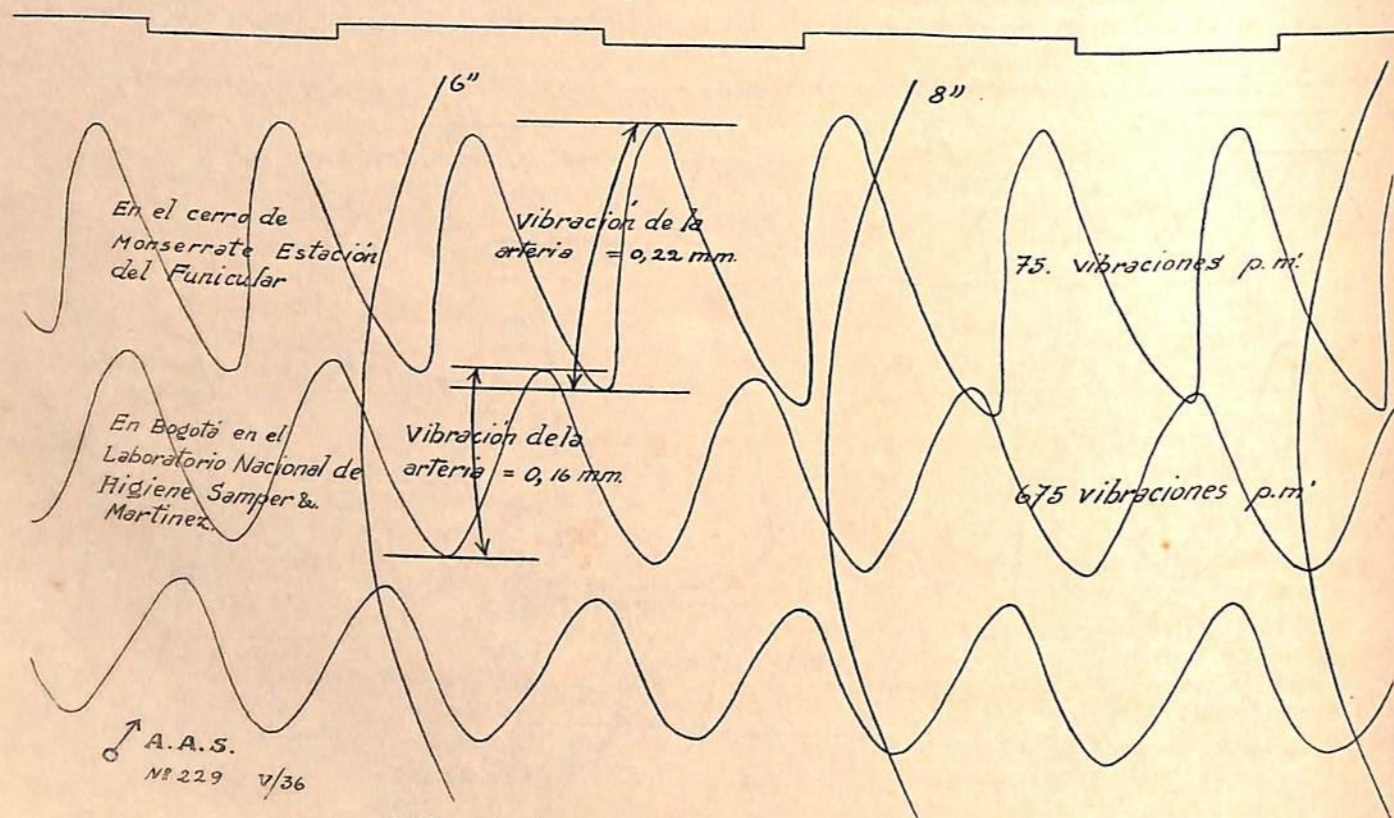
Ahora, dándole a la pared arterial la densidad 1, y considerando una longitud de un milímetro de arteria, podemos poner, con una aproximación suficiente para el caso:

$m = 2\pi R e$ (e = espesor de la pared arterial), reemplazando en (13):

$$V = \frac{1}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta \quad (14)$$

este es el valor de la velocidad de la sangre en una sección considerada. Podemos decir: *la velocidad de la sangre es proporcional a la raíz cuadrada de la presión arterial.*

La figura 15 representa la sección de una arteria en actividad. Hay una sección que permanece más o menos constante, que es la luz de la arteria (diámetro mínimo 2r.); como la arteria no se cierra, es necesario considerar por sección, no la de la arteria en actividad, sino la sección de la corona, que es la que se mueve en la realidad; debido a la forma sinusoidal que toman las paredes de la arteria, la masa de sangre transportada por sección corresponde próximamente a la equi-



Gráfica del pulso tomada en estaciones a distinta altura.

valente de la mitad de la corona. En la figura se puede observar que la pared de la arteria bate alrededor de una línea media, que es el eje xx' y como las ondas se propagan en un sentido, con cierta velocidad que hemos llamado V esa misma será la de la masa de sangre. Así, pues, siendo el gasto igual al producto de la velocidad por la sección, podemos poner:

$$Q = VS = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{2} V$$

$$Q = \frac{\pi}{2} (R^2 - r^2) \frac{1}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

Poniendo en esta expresión el valor de la amplitud, nos queda:

$$Q_1 = \frac{\pi}{2} (Da - a^2) \frac{1}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

esto para una vibración, por segundo, y llamando N la frecuencia del pulso, nos queda por último:

$$Q_{ps} = \frac{30\pi(Da - a^2)}{N\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

(D , diámetro del vaso).

Con la ecuación (14) podemos calcular en función de la tensión arterial la longitud de onda de la vibración. En efecto:

$$\lambda = VT = \frac{T}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

$$\frac{l^2}{\lambda} 10^{-3} \Delta a \quad (a = \text{amplitud})$$

Velocidad de propagación de la sangre y de las ondas arteriales:

$$\frac{1}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

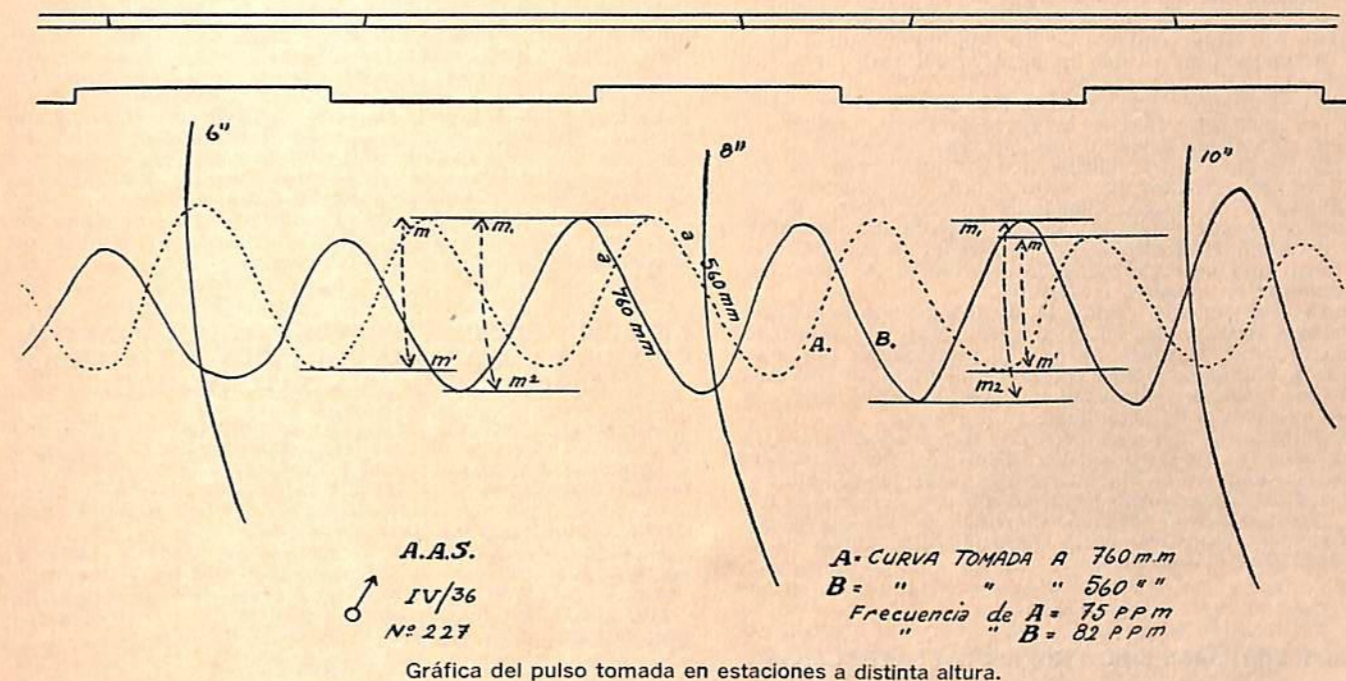
Longitud de onda de la vibración arterial:

$$\frac{T}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

Gasto de una arteria por segundo:

$$\frac{30\pi(Da - a^2)}{N\sqrt{e}} \sqrt{\frac{H-h}{2}} \Delta$$

Todos estos son los valores que se pueden obtener con la medida de la tensión arterial.



Gráfica del pulso tomada en estaciones a distinta altura.

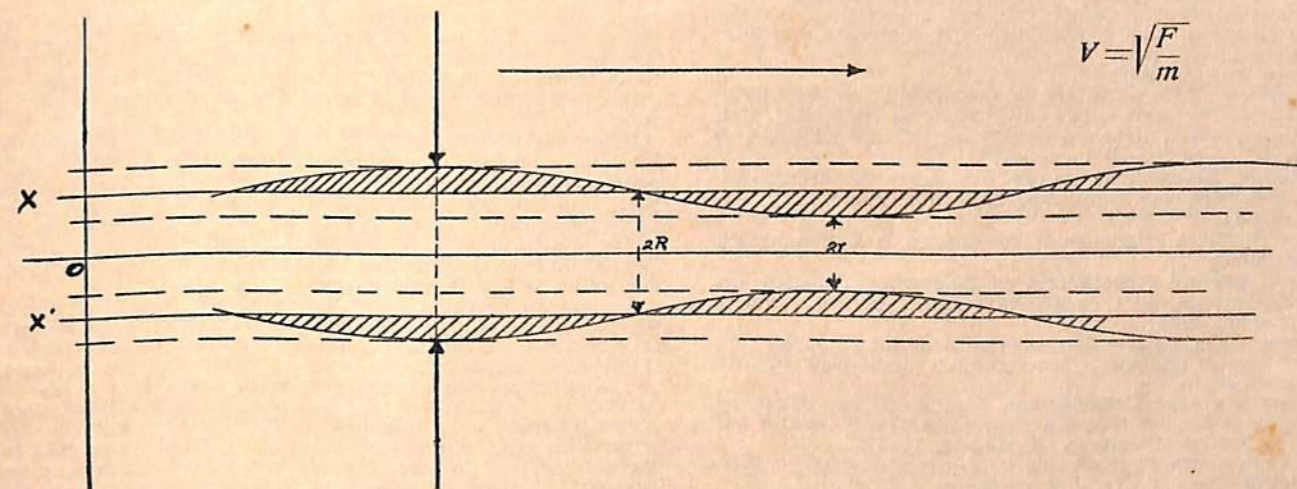


FIGURA 15

NOTA DEL AUTOR — En su conjunto, el anterior estudio lo hemos dedicado preferentemente a esta Revista, aunque algunas partes del mismo han aparecido antes en otras publicaciones, con el objeto de dar una información preliminar acerca de nuestros trabajos y debido a solicitud de los directores de ellas.

Así, pues, esta publicación abarca toda la materia que hemos procurado desarrollar referente a nuestros estudios y observaciones — tanto

de laboratorio como en conferencias públicas — sobre LA TENSION ARTERIAL Y TRABAJO DEL CORAZON; y para que él quede al alcance de todos los que nos honren con su lectura, aun no siendo personas versadas en matemáticas, hemos querido presentarlo con las fórmulas más detalladas y completas, apareciendo así prolijos en demasía en los desarrollos empleados, que talvez parecieran innecesarios en explicaciones de esta índole.

SOBRE EL PRIMER NUMERO DE LA REVISTA DE LA ACADEMIA

Muchas han sido las dificultades con que se ha tropezado al dar principio a esta empresa del Ministerio de Educación Nacional, y para vencerlas sólo se ha contado con la voluntad invencible de los encargados en ese Despacho del ramo de publicaciones. Afortunadamente parecen ellas definitivamente quebrantadas, en forma que hoy podemos garantizar la salida periódica trimestral de esta Revista con material digno de los propósitos educativos e instrucionistas del Estado en la tarea cultural que se ha impuesto.

Las dificultades a que se alude han sido de orden material tan sólo, por causa de la carencia entre nosotros de un establecimiento editorial bien provisto de elementos tipográficos para publicaciones matemáticas, cuadros, tablas etc., en términos que hasta ahora está disponiendo la Academia de fuentes completas de signos algebraicos, caracteres usuales astronómicos y demás convenciones que permitan la edición nítida y racional de los trabajos de Garavito y demás estudios de este tenor, que habrán de publicar en números posteriores.

Para esos números cuenta la Academia con bellísimas acuarelas inéditas del botánico colombiano don Santiago Cortés, que constituirán un adorno preciosísimo de esta Revista, sin duda alguna, fuera de estudios interesantísimos de nuestros principales hombres de ciencia sobre tópicos variados y de actualidad.

Naturalmente la presentación de todos estos trabajos será, en el futuro, irreprochable; debiéndose por ahora perdonar los defectos de que adolezca la presente entrega, debidos a los inconvenientes indicados atrás, que le han dado cierto aspecto de desgracia inevitable y han dejado pasar yerros ortográficos hasta cierto punto inadmisibles en publicaciones de esta clase.

* * *

LOS TRABAJOS DEL PROFESOR CUATRECASAS

Entre los trabajos científicos que se propone reproducir esta Revista, en su totalidad, están los diversos escritos del Profesor español don José Cuatrecasas, publicados en Madrid, después de su estancia en Colombia, como fruto científico bien sazonado de sus observaciones botánicas en nuestro país.

Tales trabajos son:
El Bicentenario de Mutis en Colombia (Reseñas Científicas de la Sociedad Española de Historia Natural, t. VII, número 1, 1932). Relación de la parte oficial del viaje, es decir, de los actos del Centenario.

Plantae Colombianae Novae (Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Ser. Bot., número 26, Madrid, 1933).

Descripciones originales de 23 especies, con 16 figuras y dos láminas.

Observaciones geobotánicas en Colombia (Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Ser. Bot., número 27, Madrid, 1934).

Comprende la parte de geobotánica de los trabajos, ilustrada con 32 láminas, cinco figuras y numerosos cuadros fuera de texto.

Plantae Novae Colombianae: Series altera (Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales y Jardín Botánico, Ser. Bot., número 29, Madrid, 1935).

Descripciones originales de 30 especies nuevas y cuatro variedades, con 18 figuras originales.

Impresiones sobre la vegetación de los Andes en Colombia (Revista de la Academia de Ciencias de Zaragoza, t. XVIII, año 1934, págs. 29-41, Zaragoza, 1935).

Por ahora nos limitamos a reproducir para esta Revista el libro de Cuatrecasas: **Observaciones Geobotánicas en Colombia**, que contiene cuerpo de doctrina bien cimentado y una admirable selección de nuestras especies en sus asociaciones, según un criterio geobotánico moderno.

En nuestro sentir, la obra del Profesor Cuatrecasas en Colombia merece ser ampliamente conocida y divulgada entre nosotros, pues el sabio botánico español nos ha prestado con ella un concurso científico de extraordinaria importancia. Así lo ha estimado la Academia de manera más o menos general; siendo su intención incorporar al ilustre profesor dentro de su cuerpo de correspondientes extranjeros tan pronto como cese el actual conflicto español y se restablezca el orden en la Madre Patria.

* * *

DOS DIPLOMAS CONCEDIDOS A LA CIENCIA DE NUESTRO PAIS

Honramos nuestras columnas con la reproducción litográfica de dos hermosísimos diplomas en pergamino, trabajados a mano por artistas españoles, y enviados a Colombia con ocasión de la celebración del segundo centenario del sabio Mutis.

El primero de ellos constituye un homenaje a Mutis, tributado por nuestra Academia matriz de España, que lleva autógrafos los nombres del Presidente, don Leonardo Torres Quevedo, del Secretario General don José M. de Mardariaga, y de los Presidentes de las tres Secciones de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

Es el segundo un tributo a la memoria de Mutis y de Caldas, ofrecido por la Academia Hispanoamericana de Ciencias y Artes a la Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales, institución que posteriormente se refundió en nuestra Academia por disposición del Gobierno.

Ambos documentos son de alto valor artístico, como podrá apreciarse por las reproducciones que ornamentan estas páginas.

* * *

RELACION HISTORICA REFERENTE A LA INSTITUCION DE LA ACADEMIA ESPAÑOLA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES (1)

Por real decreto de fecha 25 de febrero de 1874, fue creada esta Corporación, con el nombre de Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y declarada al propio tiempo igual en categoría y prerrogativas a las Academias Española, de la Historia y de Nobles Artes de San Fernando, que por entonces existían.

El objeto de su instituto y los antecedentes y motivos de su fundación constan sucinta y claramente compendiados en el preámbulo o exposición y articulado de aquel Decreto, que, como documentos de grandísimo interés siempre, se transcriben íntegros a renglón seguido.

Exposición

Señora: Uno de los ramos del saber humano que el Ministerio de mi cargo, creado por V. M. para atender especialmente a la cultura y bienestar de los pueblos que rige, debe promover con preferencia, es el de las Ciencias Físicas y Naturales, que tan poderosamente influyen en la industria y prosperidad de las naciones, pero que, desgraciadamente, no ocupaban en nuestro antiguo sistema de enseñanza el lugar preeminente que de derecho le corresponde.

En breve, Señora, estarán las Universidades dotadas de los medios necesarios para cultivarlas, y de esperar es que entonces sea su desarrollo tan rápido como provechoso; pero, aun así, cree el Ministro que suscribe que es indispensable acudir a otros medios no menos eficaces, que en países extranjeros han contribuido poderosamente al engrandecimiento de aquellas ciencias y a la importancia de sus aplicaciones de toda especie.

Porque no bastan los esfuerzos aislados de los sabios que a tales estudios se dedican para recoger todos los opímos frutos de un campo tan vasto, que en él se pierde la inteligencia humana, sino que es necesario que aquéllos se reúnan para conferenciar entre sí, comunicarse sus observaciones, auxiliarse mutuamente, y, por último, establecer extensas correspondencias con los sabios y las Corporaciones más eminentes del orbe, a fin de que este inmenso comercio de ideas y descubrimientos difunda el saber por todas partes y acrezca el tesoro de la ciencia con los tributos que todos le lleven a porfía. Si las Sociedades puramente literarias han hecho grandes servicios, no les ceden las científicas en utilidad e importancia, y aun pueden aventajarlas, porque el estudio de la Naturaleza requiere, más todavía que el de las lenguas y otras ciencias, los esfuerzos reunidos de muchos hombres que se dediquen de consuno a arrancarle sus secretos.

Por tanto, se han creado y multiplicado en todos los países cultos la Sociedades consagradas al cultivo de las Ciencias Naturales, y las primeras capitales de Europa se envañecen de que, a la sombra protectora de sus Gobiernos, hayan hecho inmensos trabajos y adquirido justo renombre.

Varias veces se ha intentado en España seguir tan laudable ejemplo, y aun se adelantó en este punto nuestra nación a todas las restantes, puesto que, desde los años de 1580, es decir, mucho antes de que se fundasen las famosas Sociedades de París y Londres, ya en Madrid existía

(1) Tomada del Anuario de dicha Academia, 1936.

una Academia Real de Ciencias, de la cual fueron individuos algunos Grandes y Títulos de Castilla. Fue, sin embargo, su existencia harto efímera, tanto que al extinguirse la dinastía austriaca ya no quedaba ni memoria de ella.

El marqués de Villena, que en el reinado del señor rey D. Felipe V contribuyó tanto a la creación de la Academia Española, había concebido su primer proyecto bajo un plan más vasto, queriendo que abrazase también todas las ciencias. Posteriormente, al ver los felices resultados que habían producido las de la Lengua y de la Historia, se renovó aquel primer pensamiento, y don Ignacio de Luzán redactó un proyecto, a consecuencia del cual se mandaron comisionados a varias Academias extranjeras, y aun se compraron máquinas para el uso de la nueva Corporación.

Por desgracia, tampoco produjeron aquellos esfuerzos el resultado apetecido, y la misma suerte cupo a los que en varias ocasiones se intentaron después, particularmente por los ilustres don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa. Por fin, en el año 1834, la Augusta Madre de V. M., siendo Gobernadora del Reino, aspiró a la gloria de fundar en España una institución tan necesaria, creando, por Decreto de 7 de febrero, la Academia Matritense de Ciencias Naturales, que todavía existe; mas ni la época era a propósito para que tal Corporación produjese los frutos que de ella se esperaban, ni se le dieron el carácter e importancia que requería la utilidad de su objeto. Desatendida forzadamente por el Gobierno en virtud de las circunstancias, y sin medios para cumplir debidamente con los fines de su instituto, aunque ha hecho trabajos apreciables, y aunque más de una vez ha elevado a la Superioridad sabias consultas, yace todavía en un estado de lastimosa postración, pidiendo auxilios y recursos que le den nueva vida y le permitan ser lo que es dado esperar de la ilustración de sus individuos. A V. M. corresponde, señora, acabar la obra empezada por su Augusta Madre.

En el adjunto proyecto propongo establecer una Academia de Ciencias con igual consideración y con las mismas Academias Reales. De esta suerte dará V. M. una nueva prerrogativa que tienen las demás Academias Reales. De esta suerte dará V. M. una nueva prueba de la especial protección que le merece cuanto conspira a difundir la ilustración entre sus pueblos, procurando a éstos sus inapreciables beneficios y a V. M. una de las más bellas glorias que ilustrarán su reinado. Madrid, 25 de febrero de 1847.—Señora: A. L. R. P. de V. M. Mariano Roca de Togores.

Real Decreto

En atención a las razones que me ha expuesto el Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, He venido en decretar lo siguiente:

Artículo 1º Se crea en Madrid una Academia Real de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que declaro igual en categoría y prerrogativas a las Academias Española, de la Historia y de San Fernando.

Artículo 2º Declaro suprimida la actual Academia de Ciencias Naturales de Madrid.

Artículo 3º La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales se compondrá de treinta y seis Académicos, número que ha de tener siempre completo, proveyendo cada vacante que ocurra en el término improrrogable de dos meses.

Por esta sola vez nombraré yo la mitad del número de Académicos prefijado en el artículo anterior, los cuales, reunidos bajo la presidencia de aquel que yo tenga a bien señalar, procederán a elegir los diez y ocho académicos restantes. Mi Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, procederá a instalar la Academia luego que se halle completa.

Artículo 5º En lo sucesivo, la Academia elegirá siempre los individuos que hayan de completarla.

Artículo 6º La Academia Real se ocupará, inmediatamente de su institución, en formar sus estatutos, que someterá a mi real aprobación.

Artículo 7º Se incluirá en el presupuesto de instrucción pública, que ha de someterse a la deliberación de las Cortes, las cantidades necesarias para que la Real Academia de Ciencias pueda cumplir debidamente con los objetos de su instituto. Dado en Palacio a 25 de febrero de 1847. Está rubricado de la real mano.—El ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, Mariano Roca de Togores. Lo que traslado a V. E., de orden de S. M., para los efectos convenientes—Dios guarde a V. E. muchos años. Madrid, 5 de marzo de 1847. ROCA—Sr. Marqués del Socorro, Presidente interino de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Los Estatutos de la Academia, por ella formados, en cumplimiento de lo que el artículo 6º del Decreto que se acaba de reproducir disponía, fueron aprobados, de conformidad con el dictamen favorable del Consejo de Instrucción Pública, por real orden de 23 de diciembre de 1847. Y por reales órdenes fechadas el 22 de febrero de 1859 y el 18 de abril de 1872, quedaron igualmente aprobadas algunas leves variantes y ampliaciones, dictadas por la experiencia, y en ellos más tarde introducidas por la misma Corporación. Así modificados y completados por entonces los Estatutos por los cuales se ha regido la Academia hasta el año de 1921, se insertaron en el Anuario, análogo al presente, del año 1883, con las importantes aclaraciones a sus artículos 14 y 69, que se insertaron en el Anuario del 1893, y la del artículo 12, de que se trata en las páginas 132 y siguientes del correspondiente al año de 1894; reformas asimismo de real orden aprobadas.

Otra edición de los Estatutos se hizo, para uso de los señores Académicos, en 1904, dándose además a conocer la versión francesa de los Estatutos de la extinguida Asociación Internacional de Academias.

Como antecedente o documento histórico, digno de atención y de consulta todavía, reimprimiéronse también en el de 1884 los Estatutos de la Real Academia de Ciencias Naturales de Madrid, creada por Real decreto de 7 de febrero de 1834 y suprimida por el de 25 de febrero de 1847, al crearse la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la cual fue inolvidable predecesora.

Por último, los Estatutos por que actualmente se rige la Corporación con las importantes modificaciones introducidas en los anteriores por la Academia, son los aprobados por real orden de 9 de mayo de 1921, e insertos en el Anuario del año 1922.

