

REVISTA DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

(LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL)

VOLUMEN X

NOVIEMBRE DE 1958

NUMERO 40

PATRONO DE LA ACADEMIA:
SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUBLICA
PRESIDENTE DE LA ACADEMIA: JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.
DIRECTOR DE LA REVISTA: LUIS MARIA MURILLO

SUMARIO

	Pág.
FRONTISPICIO	V
Belisario Ruiz Wilches, por José Ignacio Ruiz	
SECCION EDITORIAL	
Cultura, Crítica y Simulación, por Luis María Murillo	VII
La Libertad Académica y la Investigación Científica en la América Latina, por Bernardo A. Houssay	X
El Fomento Agropecuario, por Luis María Murillo	XXII
SECCION GEOFISICA	
Colombia y el Año Geofísico Internacional, por Jesús Emilio Ramírez, S. J.	145
Sobre las Leyes de Kepler y de Newton, por Carlo Federici Casa	163
Consideraciones sobre las Mejores Condiciones de Observación en Astronomía Geográfica, por Darío Rozo M.	171
Lagunas Colombianas, por H. C. Raasveldt y Antonio Tomić	175
Meteorología y Climatología de la Vertiente del Pacífico Colombiano, por Hans Trojer	199
SECCION GEOBOTANICA	
Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia, por José Cuatrecasas	221
SECCION INDIGENISMO	
Cómo desaparece el Aborigen, por Jorge Bejarano	269
NOTAS	
Sesión Solemne de la Academia, Pág. 273. La Academia de Ciencias y la Fundación Rockefeller, Pág. 280. Homenaje a la Memoria del Ilustre Científico Francés Paul Rivet, Pág. 280. En el Primer Centenario del Nacimiento de Max Planck, por Juan Herkrath, Pág. 281. El Milagro de las Leyes de la Naturaleza, por Max Planck, Pág. 283. NUESTROS COLABORADORES, Pág. 285. Una Simple Aclaración, Pág. 286. El Ministerio de Agricultura y la Revista, Pág. 286. La Academia Honra la Memoria de Don Joaquín Antonio Uribe, Pág. 287. El Centenario de un Maestro (dos Capítulos sobre Don Joaquín Antonio Uribe, escritos por el R. P. Pérez Arbeláez y por el Dr. Marceliano Posada), Pág. 288.	
COMPOSICION ACTUAL DE LA ACADEMIA	291



EMBLEMA DE LA ACADEMIA MATRIZ ESPAÑOLA

FRONTISPICIO

BELISARIO RUIZ WILCHES

En el reino de lo inerte existe una sorprendente facultad excitativa llamada catálisis que es característica de muy pocos cuerpos. Basta la presencia de uno de ellos para que otros pongan en juego ciertas afinidades que de otro modo permanecerían ignoradas y ócultas. En el hombre, en el mundo intelectual —y con mayor razón en el sentimental— existe también este fenómeno. Todos lo hemos experimentado alguna vez en la vida. Hay seres cuya sola presencia apaga o ilumina nuestro cerebro, acelera o retarda los latidos de nuestro corazón. Y su acción poderosa puede extenderse a un grupo, a un gremio, a un vasto conglomerado humano. Si se nos preguntara la razón de ser de tal hecho, en muchas ocasiones no acertaríamos a explicarlo satisfactoriamente. Es facultad íntimamente ligada a ese algo imponderable e indefinible que constituye la personalidad. Especie de varita mágica capaz de obtener, como la de Moisés, claros torrentes de agua de las más duras rocas. Afortunadas las sociedades que cuenten en su seno con tan selectos personajes que abonan el ambiente y hacen producir, produciendo ellos mismos, opimos frutos en el campo de la ciencia o del arte!

Ruiz Wilches, de noble estampa intelectual y física, fue un eminente hombre de ciencia y un catalizador sin segundo. Ciertamente, contemporáneos suyos hubo de mente más disciplinada, matemáticos de mayor densidad, ingenieros de más vastas realizaciones materiales, eruditos de mayor universalidad, pero ninguno —en nuestro medio— poseyó su rara y seductora personalidad. Ninguno su “it”, su “sex-appeal” (como ahora se dice) para doblegar y encauzar voluntades hacia nobles empresas de la inteligencia. Tenía algo de taumaturgo y de profeta. Fue un intuitivo a la manera de los grandes genios. Señalaba la ruta con precisión y abría la trocha en la maraña de la selva. Otros calculaban el rumbo y la distancia. Su larga cabellera —blanca en los últimos años— era un estandarte y un símbolo. Símbolo y bandera amables y claramente visibles para quienes nos encontrábamos, como simples soldados, entre la muchedumbre.

Académico, viajero, profesor universitario, hombre de sociedad, astrónomo, geógrafo, delimitador de nuestras fronteras, cartógrafo, en todos esos campos dejó huella perdurable. Al estilo socrático, enseñó más de viva voz que por escrito. Más con el ejemplo de su propia vida que en la cátedra, ante el negro pizarrón. Al calor de su amistad cordial, como dijimos alguna vez, se forjaron muchas vocaciones de geógrafos y astrónomos. Y ello es rigurosamente exacto. A su llamado patriótico acudieron jóvenes colegas que lo rodearon filialmente, devotamente, ansiosos de estudiar y de aprender, y que luégo marcharon a la selva, a las altas montañas o a las ciénagas. Así se formaron geodestas y cartógrafos. Así nació el Instituto Geográfico.

El profesor Ruiz Wilches logró obtener de los altos poderes gubernamentales los recursos y las más amplias autorizaciones para fundar tal centro. A sus jóvenes colaboradores les predicó sobre la trascendencia patriótica de la empresa y sobre su importancia científica y técnica. Ello era, en verdad, la compensación, pues únicamente les prometió penalidades y fatiga y —como en el poema inmortal de Valencia— “toda la fiebre, toda el hambre, la sed sin agua, el yermo sin hembras...” Pero ellos lo siguieron generosamente, abnegadamente, desinteresadamente. Y ahí está en marcha la institución, orgullo de la patria. Que ha sido señalada por autorizados centros científicos del Continente como modelo en su género. Que hoy exhibe una obra laudable por su calidad y cantidad. Y que ha contribuído a crear un ambiente favorable al desarrollo de nuestra cultura.

De la estirpe intelectual de Mutis, de Caldas, de Codazzi, de Garavito y de Alvarez Lleras, Belisario Ruiz Wilches merece bien de la patria. Sobre la carta aerofotogramétrica del país, tal como él lo previó, vemos ya un ejército de científicos, geólogos, geógrafos, naturalistas, químicos, arqueólogos, agrónomos, ingenieros, estudiando nuestros recursos naturales a fin de explotarlos técnicamente, trazando vías de comunicación, cambiando el curso y el caudal de los ríos para hacerlos más útiles, inquiriendo la composición de los suelos con el objeto de mejorarlos y obtener así abundantes cosechas, proyectando plantas hidroeléctricas, planeando la utilización racional de bosques, organizando campañas sanitarias para beneficio de hombres, animales y plantas, escudriñando los misterios arqueológicos, auscultando e interpretando el respirar de nuestra corteza terrestre para adivinar su composición o prevenir catástrofes etc., edificando, en síntesis, una patria mejor y más próspera.

Loor, pues, al ilustre colombiano que “PEDES IN TERRA AD SIDERA VISUM” hizo posible, agradable y fácil esta investigación en grande escala. Que hasta su tumba recién abierta llegue el eco creciente de la gratitud nacional.

José Ignacio Ruiz



BELISARIO RUIZ WILCHES

REVISTA DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

PUBLICACION DEL MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL

SECCION EDITORIAL

CULTURA, CRITICA Y SIMULACION

Traemos a nuestras columnas editoriales las admoniciones sabias, justas y constructivas, dirigidas desde la Universidad de Columbia a la América Latina por el doctor Bernardo A. Houssay, Premio Nobel de Medicina y Fisiología. Son de 1955, pero sus verdades continúan vigentes para Colombia, para muchas de sus gentes dedicadas a las cosas de la ciencia, para su universidad y, en ciertos modos, para sus gobiernos.

Si al leer sorpresivamente las serenas palabras del doctor Houssay sobre nuestros malos hábitos, oponemos algún airado reproche, pronto lo tornaremos amargo reconocimiento de que se encuentran ajustadas a la verdad. Más aun: sometidas a un frío balance, sin soberbia y con desapasionado espíritu, podríamos utilizarlas como instrumento de rehabilitación de nuestras costumbres.

Ojalá sea bien recibida esta elevada crítica, ya que nosotros no la producimos ni en ciencia, ni en literatura, ni en artes plásticas, a menos que por tal tomemos esas falaces arremetidas, arteras y despiadadas, contra todo cuanto nuestra tierra produce, así las personas como sus obras, sin análisis valioso, y muchas veces llevadas a la picota sólo porque han sido acogidas popularmente.

Quienes en Colombia se dedican modestamente a alguna actividad intelectual, son gentes estudiosas, a la conquista de todo cuanto ilumine su pensamiento, sin ánimo de vanagloria y en calladas vigiliadas que son como una escuela de humanidades. Así han llegado a conocer a Einstein, a los Joliot-Curie, a Thomas H. Morgan, a Ramon y Cajal, por ejemplo, por la divulgación que de sus descubrimientos han realizado los mismos sabios; a Fra Angélico, a Giorgione, a Miguel Angel, a Rubens, a Rodin etc., por la delectación que inspiran sus obras que ha inmortalizado el puro sentimiento; a Cervantes, a Shakespeare, a Dostoiewsky etc., por la sustancia medular de sus creaciones desentrañadas del alma humana... No sabríamos decir si muchas obras, como las de Marcel Proust, verbigracia, se han popularizado como todas las que merecen la inmortalidad; si tal ocurriera, pasarían a ser del populacho intelectual, con privación de su alta alcurnia, porque es ese populacho el que selecciona, al final, el oro de la escoria.

Y a propósito de que ciertos conocimientos, como los de la ciencia, no sean para el profano u hombre común, debemos expresar que se está haciendo una verdadera revolución por los propios sabios, ya que ellos mismos se están imponiendo la tarea de universalizar la materia de sus disciplinas hasta hacerla popular, en vista de las graves consecuencias causadas por su deshumanización.

Pero esos hombres sencillos y estudiosos del país a que antes nos referimos, no solo buscan la fuente de su saber entre las más respetables figuras del pensamiento, sino que suelen rebuscarla en otros arquetipos de obras, como las fabricadas por Pablo Ruiz Picasso y los demás artifices dedicados con travesura a las artes plásticas, de igual manera que entre las metafísicas y abracadabrantes produc-

ciones literarias. Naturalmente esta tarea no siempre significa riqueza para el espíritu, pero es, en todo caso, un esfuerzo más por explorar los haceres del hombre en todas sus manifestaciones: así en las de la plenitud de su inteligencia o en las de su obnubilación; en sus extravíos o en sus simulaciones...

Al hablar de cualquier hecho cultural, surge paralelamente la idea de la crítica, no porque sea una disciplina normal de nuestro ambiente, sino por su ausencia o sus mixtificaciones. En realidad, esta noble función debiera existir como la quintaesencia de un ejercicio intelectual ponderado; vale decir, que a ella no debiera llegarse sino después de cruentas luchas y de triunfos medidos por la alta calidad de las obras realizadas, pues resulta lamentable y ridículo que nuestros críticos aparezcan como *La Cangreja Consejera* de Pombo, cuando invitaba a la hijita a que fuera siempre derecha:

*Madre, responde aquella,
voy a seguirte,
no quiero en ningún caso
contradecirte
ve, tu adelante,
que dándome el ejemplo
lo haré al instante.*

Alberto Camus, reciente Premio Nobel, decía al responder a este galardón:

El artista se forja en ese perpetuo ir y venir de sí mismo a los demás, equidistante entre la belleza, sin la cual no puede vivir, y la comunidad, de la cual no puede desprenderse. Por eso, los verdaderos artistas no desdeñan nada; se obligan a comprender en vez de juzgar. Y más adelante: Por lo mismo el papel de escritor es inseparable de difíciles deberes. Por definición no puede ponerse al servicio de quienes hacen la historia, sino al servicio de quienes la sufren.

Como puede advertirse, hay una *pequeña diferencia* entre la modestia de los hombres estelares y nuestra soberbia criolla.

El aplauso desinteresado, sin afectación, nunca hace daño; más bien puede ser estimulante y constructivo. La crítica despectiva e injusta, por el contrario, puede conducir a graves trastornos, ya porque destruye las iniciativas individuales, o por crear ambientes propicios a la simulación.

No se reciba este parecer como un prejuicio carente de todo fundamento; por el contrario: podrían darse muchos ejemplos tomados de la vida real colombiana. Sin embargo, y sólo para que sirvan de ejemplos edificantes, haremos alusión a dos tristes casos de los cuales existen testimonios incontrovertibles.

Se refiere el primero a un modesto meteorólogo cuyos intrascendentes servicios eran de gran utilidad para el país. Su callada aplicación al trabajo era benedictina hasta un día en que esa crítica que se da espontánea, se le enroscó y le mordió con injusticia, y todo porque en su ya larga labor no había producido nada nuevo, ni siquiera el descubrimiento de la periodicidad de nuestro clima... El maltratado investigador procuró la superación y la logró con un brillante estudio sobre *El Clima y los Seres Vivos*, que elogió la prensa, premiaron nuestras academias y conquistó el galardón *República Argentina* creado por el gobierno de ese país. Fue un éxito completo; la crítica había logrado su objetivo: la superación de la víctima... Pero oh! dolor; la obra con tanta justicia exaltada, era... un PLAGIO! del primer tomo del *Traité de Climatologie Biologique et Médicale* del sabio francés M. Piery, editado en 1934, desconocido entre nosotros a pesar de su importancia, pero del cual llegamos a tener noticia por arte del reclamo distinguido pero severo del director del Observatorio de Física Cósmica de *San Miguel*, de la República Argentina.

La crítica innecesaria e injusta fue, sin duda, la autora de esta tragedia que convirtió en delincuente a un hombre antes servicial y honesto, tanto que no pudo sobrevivir a su deshonra.

Otra víctima de ese incontenible deseo de figuración, fue el de un buscador de títulos que un día, en demanda de nueva distinción, presentó a la muy respetable Sociedad de Biología de Bogotá una hoja de su vida que, al ser examinada por una comisión, resultó burda patraña. Infortunadamente a ese farsante no le ha llegado el condigno castigo; parece, por el contrario, que su pecadillo ha sido carnada de fructífera prosperidad.

Pero llevando estas disquisiciones hacia otros aspectos, podemos observar que los literatos colombianos suelen hacer burla y escarnio de los demás profesionales que incidentalmente yerran en las bellas letras. Tal fue el caso reciente de alguien—muy erudito en otras tareas—, que llamó vate a Tomás Carrasquilla. Aquí ocurre, ilustrada a cabalidad, la parábola de la viga en el ojo propio y de la paja en el ajeno. Estamos convencidos de que el científico debe tener una cultura general humanística y la instrucción y el pudor necesarios para dar a la expresión de sus escritos una decorosa presentación, pero creemos, igualmente, que al escritor, al poeta y, en general, al artista, debe exigírseles una cultura adecuada, por lo menos a los límites de los temas que tratan, pues ocurre, con no poca frecuencia, que en sus obras, de aparente belleza, dejan estampada su crasa ignorancia de las cosas que atañen a las matemáticas, a la física, a la biología etc., y esto en medio de una indiferente impunidad.

Podría afirmarse que la simulación es la fuente de todos nuestros grandes males, como que tiene su asiento en el hogar, en la sociedad, en el gobierno y, lo que es mucho más grave, en nuestras instituciones docentes. Así hay irresponsables maestros de escuela primaria que se atreven a iniciar al niño en la moral cristiana y en los deberes ciudadanos, sin que jamás hayan sabido practicar estas virtudes que solamente pueden enseñarse con el ejemplo; y hay profesores de segunda enseñanza que pretenden difundir conocimientos de los cuales apenas tienen un barniz que no soportaría la más ligera exploración, siendo los causantes de ese tremendo problema del bachillerato, hasta hoy insoluble, con graves consecuencias para la universidad.

Y a propósito de esta universidad colombiana, valdría saber si está formando al *scholar* y al pensador, y si está cumpliendo todos sus deberes docentes e investigativos dentro de un equilibrio técnico-espiritualista, y si todos sus profesores trabajan en un ambiente expedito, tanto por lo que se relaciona con sus laboratorios, bibliotecas y presupuestos adecuados, como por la formación científica y la libertad de enseñanza de que disfrutan en atención a sus objetivos, que han de ser, necesariamente, la creación de profesionales aptos para el servicio social y para la investigación en la ciencia pura, ora en el campo de la filosofía, o de las matemáticas, o de la física, o de la astronomía, o de las ciencias naturales etc.; o si, por el contrario, hay deficiencias de presupuestos, o de elementos indispensables, o de generosa comprensión... A veces se presume que existen algunas desoladas simulaciones, como podría ser la de algunos inexactamente llamados (creemos que para cuanto atañe a los jornales), *profesores* de tiempo completo, y que andan desvelados por el mundo, luciendo y defendiendo con rabia sus *títulos* de *doctor*.

También valdría saber si en la universidad la mujer goza de todos los fueros de su ciudadanía, o si, por el contrario, tal derecho se ha convertido en una simulación más de nuestra democracia. No basta que la mujer pueda estudiar en la universidad; es necesario que pueda volver a ella como profesora o como investigadora, sin reticencias. Nuestro ambiente hipersensual frecuentemente la circunscribe a actividades secundarias en donde toda importancia se vuelve valedera por el sexo, sin darnos cuenta de que ya el mundo tiene una tradición de mujeres célebres por su inteligencia, por sus conocimientos y sus trabajos científicos, y sin que esas disciplinas hubieran podido inhibir sus nobles atributos femeninos.

Quizá la simulación, con las naturales secuelas de engaño y de ridículo, sea, en el fondo, la raíz principal de las desgracias que afligen a nuestro país. Sin embargo, por acostumbramiento, somos sordos o indiferentes a tal estigma, para el cual resulta inocua la justicia ordinaria... Y no sabemos de otro correctivo útil, de otro látigo apropiado a su represión, diferente al de la voz del genial humorista Lucas Caballero (Klim), quien ha sabido arremeter con eficacia contra muchos de nuestros malos hábitos, como la vanidad, el exhibicionismo, la falta de pulcritud, el mal gusto, el obsesionante deseo de figuración, la hipocresía, el amaneramiento, la presunción de quienes se sienten elegidos por el destino... En fin: todas nuestras infracciones reconocidas por el sello de lo grotesco, porque eso tienen nuestras faltas, que carecen de elegancia, que son torpes y bufonescas como esos delitos relacionados con los collares de *Boyacá* y de *San Carlos*, o el de la revuelta militar del dos de mayo.

LUIS MARIA MURILLO

COLOMBIA Y EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL

JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.

Presidente de la Academia y del Comité Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional.

INTRODUCCION

Colombia es una de las 67 naciones que participan activamente en el gigantesco programa científico conocido con el nombre de *Año Geofísico Internacional*, que comenzó el 1º de Julio de 1957 a las 00 tiempo universal y terminará el 31 de Diciembre de 1958 a las 24 horas, tiempo universal. Este suceso de cooperación internacional que tiene por objeto investigar las propiedades físicas de la tierra que pisamos, de los mares que nos rodean, del aire que respiramos y del espacio ilimitado que nos circunda, ha activado y dado vida a todas las ramas de la geofísica, ha servido de acicate a las naciones en su progreso científico y ha estrechado el lazo de unión entre científicos de razas y lenguas iguales y disímiles.

Ya se adivinan los resultados que pasan a enriquecer el caudal de la ciencia pura, y como sucede siempre, las aplicaciones prácticas vendrán inmediatamente como lógica consecuencia. Estas líneas contienen un esbozo de cómo realiza Colombia su programa y de algunos resultados en este concierto científico mundial.

HISTORIA

En 1882/83, seis naciones de Europa se unieron en una gran expedición científica, el Primer Año Polar, la cual se dedicó especialmente al estudio de la meteorología, el magnetismo y la aurora boreal de la Región Polar Artica. La idea de este esfuerzo científico la concibió el Teniente de la Armada Austro-Húngara K. Weyprecht, aunque no logró él mismo realizarla.

La conmemoración de los 50 años del Primer Año Polar, por insinuación del Dr. W. Georgi de Hamburgo, se celebró en 1932/33 con un Segundo Año Polar, aunque en una escala mayor; aumentó el número de naciones participantes y se amplió la investigación a otras nuevas ramas de la geofísica. Entonces se adquirieron conocimientos nuevos, acerca de la ionosfera como fue el de que la ionización persistente durante la larga noche polar.

En Abril de 1950 el Dr. L. V. Berkner de Estados Unidos propuso la repetición de la empresa científica al cumplirse los 25 años, en vista de los rápidos avances en los diferentes campos científicos desde el último Año Polar. La propuesta fue favorablemente acogida por varias organizaciones científicas y en 1952 se nombró un Comité Special (CSAGI - Comité Spécial pour l'Année Géophysique Internationale) para planear un programa en las diversas disciplinas de la geofísica y bajo el auspicio del Consejo Internacional de Uniones Científicas*.

La idea fue madurando y agrandándose. El Tercer Año Polar habría de ampliarse a otras disciplinas geofísicas que antes no se conocían; habría de elevarse a un plano mundial, abarcando los "Seis Continentes" inclu-

yendo la Antártica y los "Siete Océanos" sin exceptuar el Artico, habrían de participar todas las naciones en un esfuerzo cooperativo y simultáneo y por ende habría de cambiar de nombre y llamarse *Año Geofísico Internacional*. Entonces la Cortina de Hierro se levantó en nombre de la ciencia. Los rusos y las naciones satélites han tomado parte activa en congresos y programas desde 1954.

La Antártica, tierra no hollada por el hombre hasta 1898, surgió como objeto digno de investigaciones especiales. Las banderas de 11 naciones flotan hoy, como resultado, en los campos de observación de ese continente inhabitable, aumentando su población en unos 700 habitantes.

Determinose asimismo que el período habría de ser de 18 meses, porque en este intervalo se presentarían tres eclipses totales de sol y tendría su máxima la actividad solar, en su período de 11 años. Los primeros Años Polares habían coincidido con un período de máxima actividad solar.

Actuando conforme a estas ideas, el CSAGI se reunió en Octubre de 1952 y pidió la colaboración de todos los países. En 1953 presentaron 26 naciones sus programas preliminares en una reunión efectuada en Bruselas. Para 1954, treinta y ocho naciones tenían listos programas más detallados que se discutieron en Roma. En febrero de 1955 o sea un año más tarde en una tercera y última reunión plena en Bruselas, cincuenta y cinco naciones dieron los últimos retoques a sus programas nacionales y se dedicaron a prepararse intensivamente en la construcción de instrumental y en la preparación de técnicos con el fin de cumplir a cabalidad con lo prescrito en coordinación internacional. Las oficinas centrales se establecieron desde entonces en Bruselas, bajo la dirección de M. Nicolet, de Bélgica.

Como el aire no tiene fronteras y los mares no llevan pasaporte, toda información recibida de los miles de expedicionarios individuales y experimentos, se ha hecho que afluya a Centros Mundiales desde donde se distribuye a los científicos de todos los países.

COLOMBIA

Para Colombia el Año Geofísico Internacional, es de excepcional importancia por estar su territorio comprendido en regiones declaradas de "especial interés", como la región ecuatorial y la comprendida entre los meridianos 70 y 80 W., por su posición geográfica entre el Atlántico y el Pacífico, por su estructura tectónica, por sus hielos tropicales en los que lenta pero a paso constante retrocede la nieve. A ello se une su vecindad al Ecuador Magnético y el Ecuador de Rayos Cósmicos, en donde se han descubierto fenómenos geofísicos asociados con la alta atmósfera como el de intensas corrientes eléctricas o "Electrojet".

Un decreto del gobierno nacional de 7 de diciembre de 1955, N° 3181, nombró al R. P. Jesús Emilio Ra-

* Colombia es miembro de este Consejo, por medio de nuestra Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.

mírez, S. J., Delegado de Colombia ante el Comité Internacional del AGI. y éste fue el comienzo de un Comité y de un Programa Nacional.

Gracias a la entusiasta acogida que le dispensara el Dr. José Ignacio Ruiz E., director entonces del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", el Comité compuesto por distinguidos hombres de ciencia, hizo rápidos progresos y elaboró un programa adaptado a las realidades y posibilidades de Colombia.

Como preparación al A.G.I., las naciones celebraron conferencias o reuniones regionales en diversas regiones del globo. Las naciones del Hemisferio Occidental se dieron cita del 16 al 21 de Julio de 1956 en Río de Janeiro, para presentar, analizar y coordinar los diversos programas. Colombia estuvo allí representada por el Capitán de Fragata Augusto Porto Herrera y por el Presidente del Comité Nacional a quien le tocó la suerte de explicar el Programa Sismológico de las Américas.

El Programa Mundial incluye hoy investigaciones:

1) De la Física de la Alta Atmósfera: Actividad Solar, Ionosfera y Rayos Cósmicos, Magnetismo y Electricidad Terrestres y Aurora Boreal.

2) De las envolturas fluidas de la tierra: Meteorología, Oceanografía e Hidrología.

3) De la estructura de la tierra y su interior: Gravitimetría, Latitudes y Longitudes.

IONOSFERA

En 1901 Marconi demostró la posibilidad de recibir señales radioeléctricas a través del Atlántico. Los matemáticos habían demostrado que tales señales eran imposibles a tales distancias, por razón de la difracción de las ondas en la curvatura de la tierra. Ambos tenían razón: los matemáticos habían hecho su cálculo para la propagación de las ondas de radio alrededor de una tierra redonda, rodeada de un espacio libre; el resultado experimental de Marconi probaba solamente que la suposición de que la tierra estaba rodeada de un espacio libre, era falsa.

Al siguiente año de 1902 Kennelly y Heaviside explicaron independientemente que la tierra estaba rodeada por una capa ionizada que actuaba como reflectora e impedía que las ondas escaparan al espacio. En el año de 1925/26 se comprobó experimentalmente la existencia de una región ionizada en la alta atmósfera mediante el ángulo de llegada de ondas emitidas por un transmisor distante, hecho que se comprobó mediante el tiempo de ida y vuelta de las ondas a la ionosfera por el método de sondeos de impulsos cortos emitidos verticalmente a la región reflejante.

Estudios posteriores demostraron la existencia de varias regiones ionizadas bien definidas de una estructura en capas más complicadas en cada una de ellas. El nombre hoy universalmente admitido de ionosfera se debe a Watson-Walt.

El empleo de las ondas radioeléctricas como instrumentos de investigaciones geofísicas comenzó en 1924 con el estudio sistemático de la ionosfera. Desde ese día hasta el presente se ha acumulado una gran riqueza de informaciones sobre la manera como la ionización de la alta atmósfera varía en función de la hora del día, de las estaciones del año, de la latitud y de las manchas solares.

Estructura de la Ionosfera

La ionosfera común estractificada normalmente consiste en varias regiones ionizadas o capas la más baja de las cuales es la región D. La existencia de una tal región y su contenido en electrones es conocida más por las deducciones que por las medidas directas (frecuencia crítica).

El estudio con radio-impulsos de bajas frecuencias y con sondeos de gran sensibilidad en más alta frecuencia, revelan la existencia de ecos reflejados a alturas de 70, 80 y 90 kilómetros.

Encima de la región D. y a una altura de 120 kms. se encuentra una región E. La densidad máxima de iones durante el día depende estrechamente del ángulo zenital solar y de la actividad solar. Durante la noche la densidad iónica de la capa E norte decrece sensiblemente y se debe a un efecto insignificante relacionado con la llamada capa "E Esporádica" y la ionización meteorítica. Generalmente se distingue una región E solamente, pero a veces consta de varias regiones E designadas por E₁, E₂, etc.

Por encima de la región E se encuentra la región F a alturas que varían entre los 150 y los 400 kms. Experimentos recientes con cohetes han demostrado que la densidad de ionización de la ionosfera entre las regiones E y F es casi la misma que la del máximo de la capa E. La región F está a veces estractificada en capas F₁, F₂, etc. Su separación no está bien definida y a veces está indicada solamente por una inflexión de la curva de repartición de la densidad electrónica en la región F.

Además de las regiones normales E y F de la ionosfera, existe una capa E anormal o esporádica. A veces la ionización de la "E esporádica" refleja ondas de frecuencia sensiblemente más elevadas que la frecuencia de penetración de las capas normales. Parece, sin embargo, que hay varios tipos de E esporádica de características y origen diferente.

En el 2º Año Polar 1932 y 1933 solo 10 estaciones efectuaban sondeos de este tipo por primera vez.

Durante el Año Geofísico Internacional, 41 naciones llevan a cabo estudios de la ionosfera por medio de una extensa red que abarca 253 estaciones ionosféricas, de las cuales 150 son de radio-sondeos verticales o de incidencia que constituyen la parte fundamental del programa.

El problema principal es el futuro estudio de la ionosfera con el fin de predecir las condiciones de radiocomunicaciones tan importantes en el bienestar, seguridad y progreso de la vida humana y de su aprovechamiento para ulteriores fines.

Los diferentes campos de las investigaciones ionosféricas son los siguientes: 1) Sondeos verticales 2) Sondeos de absorción 3) Dirección de vientos 4) Observaciones de difracción 5) Medidas de ruidos de origen atmosférico y terrestre, y 6) Estudio por radar de auroras y meteoros.

Colombia colabora en el estudio de las propiedades básicas de la ionosfera con el funcionamiento de un equipo de registro automático de ecos de la ionosfera modelo C-4, enviado por el National Bureau of Standards de Boulder, Colorado, al Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Una serie de estas estaciones ionosféricas funciona de polo a polo a lo largo de las Américas.



El Sr. Juan Pina de Bowler, (Ceballos), habla, el día de la inauguración del equipo construido, 19 de julio de 1957.

El equipo es un transmisor que emite pulsos con barrido de frecuencia de 1 a 25 megaciclos con una potencia de pico de 10 kilovatios y que recibe los pulsos reflejados en un osciloscopio en el que se detallan las marcas de frecuencia y alturas. El equipo es automático, es decir, que cada cuarto de hora la señal que sale del receptor aparece en un osciloscopio catódico al mismo tiempo que las señales de altura y frecuencia apropiadas y graba en películas de 35 mm. y 16 mm., la imagen para su estudio, juntamente con las horas y fecha.

Características del C-4

Potencia de pulsos — 10 kilovatios.

Barrido de frecuencias — de 1 a 25 megaciclos por segundo.

Duración del barrido — 30 segundos (opcional a 15, 60 y 120 segundos).

Duración del pulso — 50 microsegundos (opcional 100 microsegundos).

Marca de frecuencia — cada megaciclo por segundo.

Programa de sondeos — cada 15 minutos, y adaptable a lapsos de tiempo más largos y más cortos.

Alcance de la altura — entre 0 y 4000 kilómetros, con marcas de alturas opcionales para 50 y 100 kms.

Antena — en forma de delta con 600 ohmios de impedancia para la emisión y recepción.

Funcionamiento normal controlado por reloj I. B. M. con un error no mayor de 0.5 segundos en los minutos 59, 00, 15, 30 y 45 cada hora (opcional cada minuto o trabajo continuo).

Las antenas de emisión y de recepción están en general cruzadas en ángulo recto.

Tensión de alimentación — 90 a 260 voltios alterna monofásica.

Frecuencia de la tensión — 50 a 60 ciclos por segundo.

Poder de consumo — Alrededor de 30 amperios con 115 voltios.

Las coordenadas geográficas son: 4° — 38'N y 74° — 05'W.

Las coordenadas magnéticas son: 15°.6N y 354°.9E.

La historia de este equipo se remonta al año de 1955 antes de que se estableciera en Colombia el Comité Nacional del Año Geofísico Internacional. En aquel año y en la ciudad de México con ocasión de la Séptima Reunión de Consulta sobre Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, el General Georges Laclavere hoy, Secretario General del Comité Internacional del A.G.I. preguntado por la parte que pudiera hacer Colombia en el estudio de la ionosfera, me sugirió la idea de escribir al Dr. A. H. Shapley del National Bureau of Standards en Boulder, Colorado, quien preparaba un vasto programa consistente en una cadena de equipos C-4 como el presente, de polo a polo a lo largo de las Américas.

La respuesta a mi carta no se hizo esperar. El Dr. Shapley formulaba una serie de preguntas acerca de las condiciones físicas de Bogotá y de la corriente eléctrica de la ciudad y de las posibilidades de un contrato con el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Las condiciones se aceptaron y el equipo ionosférico se mandó construir para Bogotá.

Entre las condiciones estaba la de la preparación de técnicos. En esto es digno de destacarse la colaboración

del Dr. José Ignacio Ruiz E. En primer lugar el Sr. Luis Eduardo Moreno, radiotécnico de los equipos de radio de los Superconstelations de Avianca, fue enviado durante tres meses a Huancayo, Perú a recibir el entrenamiento que se dio a un grupo de técnicos de la América del Sur. Becado por el Punto Cuarto, el R. P. Wladimiro Escobar, S. J. viajó al Perú y después a los EE. UU. (Fort Belvoir, Boulder, etc.) para su entrenamiento en el manejo del equipo e interpretación de sus resultados.

El 9 de julio de 1957, a los nueve días de iniciado el A.G.I., después de buscar un sitio apropiado y de aceptar el ofrecimiento que hiciera el R. P. Carlos Ortiz Restrepo de su instalación en la Pontificia Universidad Javeriana, se montó el equipo provisionalmente en un garaje acondicionado por los técnicos John Pitts y J. W. Wright de Boulder, Colorado. En diciembre de 1957 se pasó a la nueva construcción especialmente diseñada por el padre Wladimiro Escobar, S. J., en un lugar aireado y ameno junto al Parque Nacional. El diseño del padre Escobar, coloca y destaca al equipo en el fondo del interior de la caseta separado, por puertas de vidrio corredizas, del resto del salón. Al lado izquierdo están las habitaciones del radiotécnico, el cuarto oscuro y el taller; al lado derecho se hallan los cuartos del depósito, escalado y la oficina de trabajo.

La antena está detrás de la caseta sostenida por un poste de madera de una sola pieza y de 32 metros de altura.

Durante la inauguración de la nueva casa del equipo C-4, el 9 de febrero de 1958 y en presencia de distinguidas personalidades, el presidente del Comité Nacional del Año Geofísico Internacional, se expresó así:

“Es justo agradecer al Ministerio de Obras Públicas el poste de la antena, al Acueducto Municipal de Bogotá, de una manera especial al Dr. Francisco Wiesner Rozo, el préstamo de una grúa y un tractor que se utilizaron para colocar el poste al pie del hoyo y al Gerente de las Empresas Unidas de Energía Eléctrica de Bogotá con sus técnicos el que en una memorable tarde de un sábado de octubre pasado con un equipo de 58 individuos utilizando grúas, cables, poleas, levantaron el poste que hoy se yergue detrás del edificio”.

“En varias ocasiones he agradecido el desinteresado interés científico y la generosidad del padre Ortiz Restrepo. En una ocasión este agradecimiento quedó grabado en una placa de mármol con ocasión de la inauguración de la Estación Sismológica de Bogotá. Hoy, deseo que este agradecimiento sea hecho públicamente de una manera más vibrante y más solemne quizás, porque el padre Ortiz Restrepo no solamente ofreció el sitio para la instalación del equipo sino que él mismo con los técnicos seleccionó el terreno, allanó las dificultades que se presentaron cuando se inició la obra y contribuyó económicamente hasta llevarla a cabo. Es justo también reconocer en esta edificación hecha a base de una estructura metálica prefabricada en la labor de los ingenieros constructores Montoya Valenzuela y Gómez Mejía, en ella encontramos muestras inequívocas de su consagración y competencia”.

El astro rey parece que quiso asociarse al Año Geofísico, anunciando el comienzo del mismo con una erupción solar espectacular, el día 18 de junio de 1957, la cual dos días más tarde alborotó y trastornó el campo magnético terrestre. La capa de la ionosfera se rasgó por la perturbación eléctrica y se interrumpieron las radio-

comunicaciones. En este caso, como en muchos otros, las radioseñales transmitidas a la ionosfera por los radiosondas no se reflejaron sino que se absorbieron. Parece que esta absorción se produce por un aumento en la ionización de la atmósfera más baja. Así, lo han demostrado los cohetes enviados a la estratosfera recientemente, indicando que se forma una zona de ionización de unos 20 kilómetros debajo de la última capa normal, mientras las capas ionosféricas más altas permanecen inalterables.

El programa de la Estación Ionosférica de Bogotá, incluye análisis de la verdadera altura y de varios tipos de E esporádica, gráficas diarias de f o frecuencia, de E y h o altura.

La principal variación de la ionosfera es la diurna. La ionización aumenta durante el día cuando el sol está presente y decrece durante la noche. En el polo sur a pesar de la ausencia del sol durante el invierno, la concentración de ionización parece permanecer muy alta durante la noche polar y hay una variación diurna que parece depender de la actividad magnética. El comportamiento ionosférico en las dos regiones polares, se cree hoy que es igual.

Entre las peculiaridades de la ionosfera en Bogotá, según los registros de 1958, se pueden enumerar las siguientes:

1) La capa E_s (esporádica) que suele tener alturas normales de los 100 kilómetros para arriba, se ha registrado en Bogotá a alturas de 85 kilómetros y aun menos a veces.

2) La frecuencia crítica, que es la frecuencia máxima a que se refleja la capa ionosférica y que normalmente no suele pasar de los 15 megaciclos, se ha extendido en Bogotá hasta registrarse en los 23 y 24 megaciclos.

3) La separación entre las frecuencias críticas ordinarias y extraordinarias, que se llama girofrecuencia, y que según los cálculos debería tener un valor fijo de 0.5 megaciclos para Bogotá, tiene variaciones desde 0.4 hasta 0.6 megaciclos.

4) Debido a la buena construcción y tamaño de la antena emisora el aparato registrador de ecos de la ionosfera en Bogotá capta muy nítidamente los primeros ecos y también muchos ecos múltiples de la ionosfera.

La nación que conozca las peculiaridades de la ionosfera se aprovechará entre otras cosas del buen uso de las radiocomunicaciones. El que lograrse controlar la ionos-

fera podrá controlar el mundo de las radiocomunicaciones.

RADIACION NUCLEAR

En la cuarta sesión de Barcelona (Sep./56) el Comité Especial del Año Geofísico Internacional, endorsó la recomendación holandesa de que se midiera en todo el mundo durante el A.G.I. la radioactividad nuclear del aire y de su precipitación en la superficie de la tierra y en los océanos. Esta radiación proviene de tres fuentes:

1) De los elementos radioactivos que ocurren en la naturaleza.

2) De los producidos dentro de la atmósfera por los rayos cósmicos.

3) De la radioactividad producida por el hombre en el campo de la física nuclear.

Cada una de estas fuentes de radiación contiene elementos radioactivos que se pueden utilizar como guías para estudios en varios procesos geofísicos.

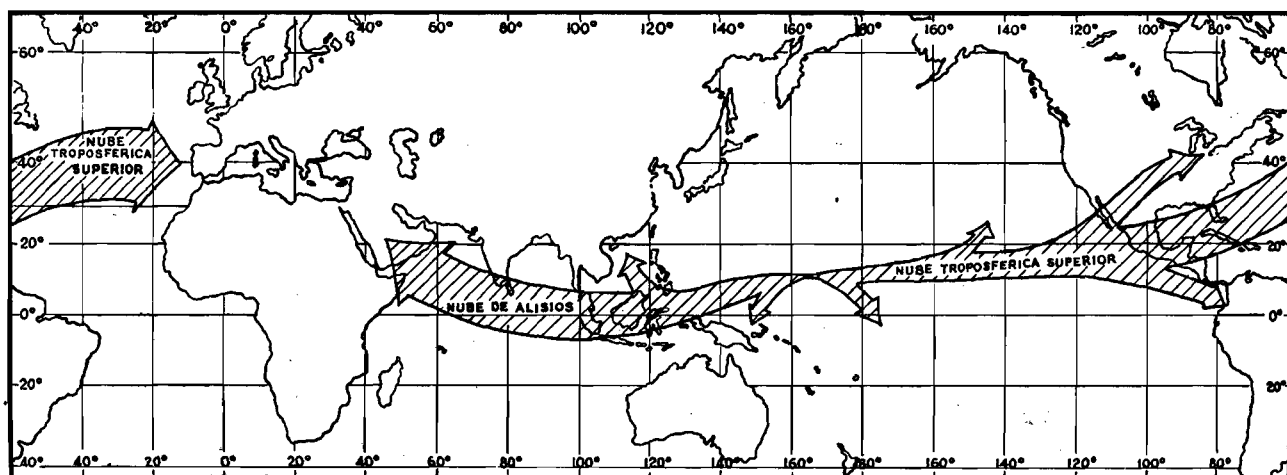
Las medidas de la radiación nuclear sirven para identificar y seguir las masas de aire y su circulación, para examinar la composición química del aire y la precipitación, para establecer el nivel actual de radiación nuclear que tanto preocupa a los hombres de ciencia y a los políticos por los peligros que suponen para la humanidad. Las medidas que se hacen abarcan:

1) La concentración de la radioactividad a nivel del suelo.

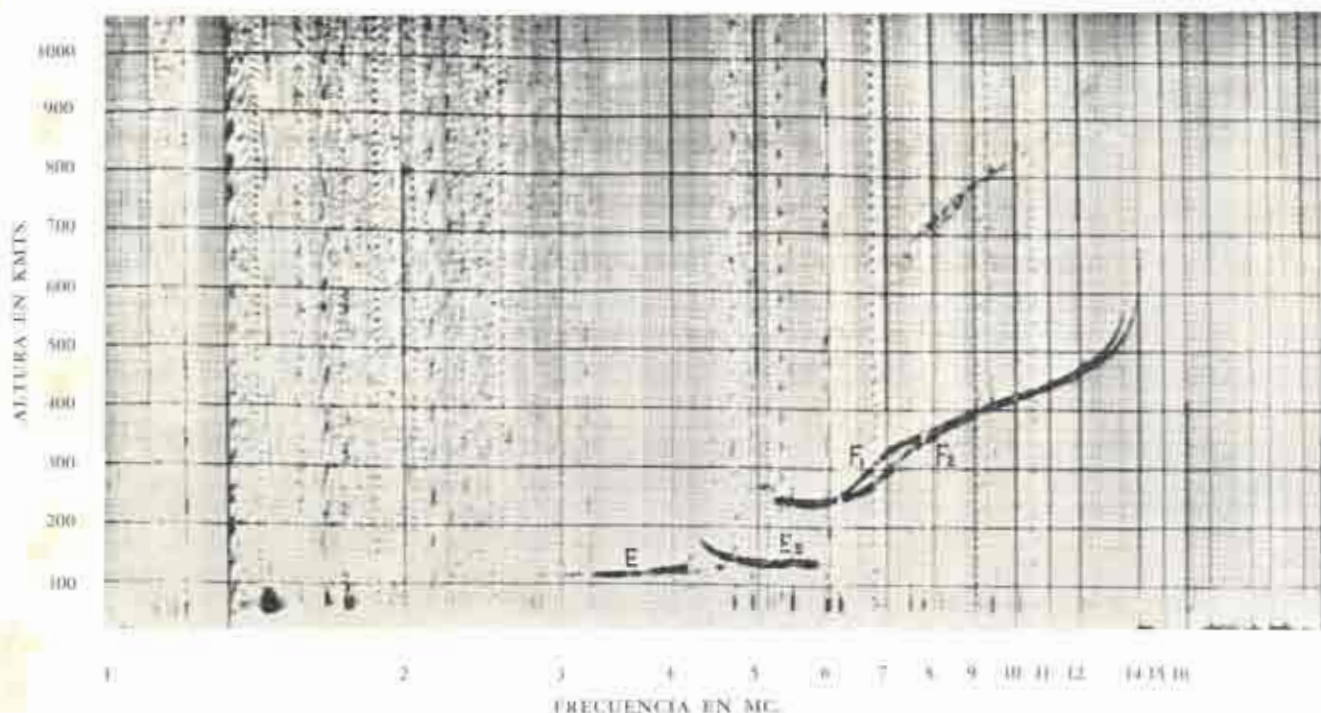
2) En la alta atmósfera.

3) En las aguas de los mares.

El peligro de la radioactividad atmosférica proviene de los productos de fisión de larga duración, tales como el Cesio¹³⁷ (vida media hasta 26.6 años), el Cesio¹³⁴ (vida media hasta 280 días), el Lutecio¹⁰⁶ (vida media hasta un año), el Prometio¹⁴⁷ (vida media de 2 a 6 años) y especialmente el Estroncio⁹⁰ (vida media hasta 28 años) el cual parece que es el más importante y ha recibido más atención en las discusiones oficiales y públicas. Como el estroncio se produce en grandes cantidades, es semejante al calcio químicamente y emite rayos gama, los animales y el hombre lo absorben en los huesos transmitidos por las plantas y la leche. El peligro de la radioactividad consiste en que la máxima dosis permitida se ha calculado en 0.05 microcuries. Suponiendo que no hubieran más ensayos atómicos entre 1957 y 1970, se cree que 25 microcuries de Estroncio-90



Dirección de la nube de polvo radioactivo debido a la explosión atómica Bravo del 1º de marzo de 1954. A Colombia llegó 11 días después de la explosión.



Esta fotografía es una ampliación de las que se obtienen automáticamente cada cuarto de hora en el registrador ionosférico Mielele C-4 del A.G.I. emplazado en los predios de la Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá.

En la presente fotografía tomada el 10 de abril de 1958 pueden observarse reflexiones (curvas negras) de las tres capas ionosféricas bien conocidas. En las bajas frecuencias (de los 4,5 megacycles hacia 0) y en las bajas alturas virtuales (debajo de los 150 kilómetros) se halla la capa normal diurna E. A los 150 kilómetros de altura se observa la capa "E esporádica" o E_s que consiste en una capa de ionización muy delgada y densa que ocurre esporádicamente dentro de la capa E. Por encima de los 200 kilómetros se encuentra la región F de la ionosfera. Esta región refleja ondas de más alta frecuencia, en este caso, hasta de 600 kilómetros de altura. La región F diurna se bifurca frecuentemente como aparece en la fotografía. Las capas se llaman entonces F_1 y F_2 . En las horas nocturnas las capas de la ionosfera inferior desaparecen dejando solo un residuo nocturno de la región F, aunque ocasionalmente la "E esporádica" se observa de noche.



Edificio de la estación de radio-ondas inaugurado en el aeropuerto de la isla de San Andrés, Colombia, en mayo de 1957. La estación funcionó en un local improvisado desde el 26 de noviembre de 1956.

sería la carga ósea del hombre prevista en EE. UU. para la vida de 1954 a 1970. Por lo tanto, la cifra de 0.25 microcuries es la medida permitida. El estroncio en los animales disminuye las células productoras de glóbulos rojos, causando la leucemia y produce mutaciones y cambios biológicos.

La radioactividad de las explosiones atómicas puede detectarse en las aguas lluvias y en el aire, pocos días después de la explosión.

Los estudios de la relación entre la radioactividad y la trayectoria en las masas de aire en la alta atmósfera, el intercambio en las masas de aire o el paso de ciclones o anticiclones, muestra que la radioactividad es un medio útil para seguir la trayectoria del movimiento del aire en una escala mundial.

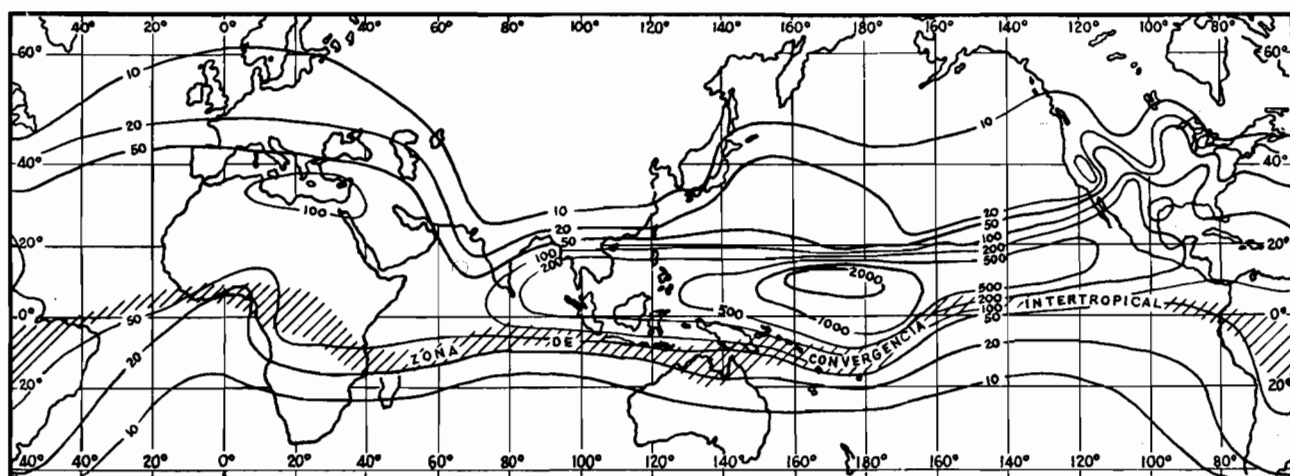
Los ensayos atómicos tanto de EE. UU. (la bomba Mike el 1º de noviembre de 1952, la Bravo el 1º de marzo de 1954) como las de los ingleses (las de Maralinge en Australia del Sur, Sep. y Oct. de 1956) y las rusas, han producido suficientes cantidades de polvo radioac-

tivo que ha sido arrojado a la alta atmósfera y luego en parte depositado en los dos hemisferios.

La porción troposférica del polvo radioactivo de la bomba Bravo se acercó a Colombia hacia el 6 de marzo y otra corriente a 6.000 metros de altura apareció una semana más tarde sobre Estados Unidos. Se ha calculado que una explosión como esta arrojó al aire 10 kilogramos de estroncio radioactivo, aumentando en un milirrentgen la dosis de la superficie terrestre. En las medidas de la radioactividad del Hemisferio Sur, las explosiones inglesas de septiembre y octubre de 1956, aumentaron la radioactividad en Lima y Guayaquil.

El polvo radioactivo de las pruebas inglesas en las Islas Christmas (mayo 16 y 31 de 1957) de varios megatones, aumentó la radioactividad en el Hemisferio Sur en mayo y junio.

La zona intertropical de convergencia debido a sus grandes precipitaciones parece que ha impedido que las masas de polvo radioactivo, crucen de un hemisferio al otro.



Radioactividad total de la explosión Bravo en el período del día 2 al día 35 después de la detonación en millicuries por 100 millas cuadradas. La zona intertropical de convergencia tiende a separar el área de los Hemisferios norte y sur cerca de la superficie de la tierra.

Colombia colabora con el Naval Research de Washington, en el sostenimiento de un analizador del aire a nivel de tierra como parte de una de las 20 estaciones uniformemente equipadas a lo largo del Meridiano 80 en las Américas. El equipo consiste en una bomba de aire accionada por un motor eléctrico de velocidad constante, que hace pasar el aire a través de un filtro especial de 20 centímetros de diámetro y a razón de un metro por minuto. El filtro va sostenido dentro de una rejilla o cedazo y todo el conjunto va cubierto por una casilla meteorológica para proteger el equipo contra las lluvias directas. Los filtros se cambian todos los días a las 7 a. m. y se envían a EE. UU. para el análisis de los productos de larga duración como el Sr.⁹⁰, el Ce¹³⁷, el tritio y otros isótopos. Los filtros se calcinan en un horno eléctrico a una temperatura de 650°C, se comprimen en una prensa hidráulica y se montan en unos discos plásticos para ser analizada la radioactividad de los rayos Beta y comparada con isótopos calibrados de la comisión atómica. Los promedios de centelleos se convierten en promedios de desintegración calculando una energía media de rayos Beta de IMeV para productos de fisión.

La estación de las medidas de la radioactividad en Bogotá está situada en la azotea del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (colegio de San Bartolomé, La Merced) a 25 metros sobre el nivel de la calle.

Las coordenadas geográficas de la estación son:

Latitud — 4° — 37' N
 Longitud — 74° — 4' W

Su inauguración tuvo lugar a las 11 del día del 23 de julio de 1957.

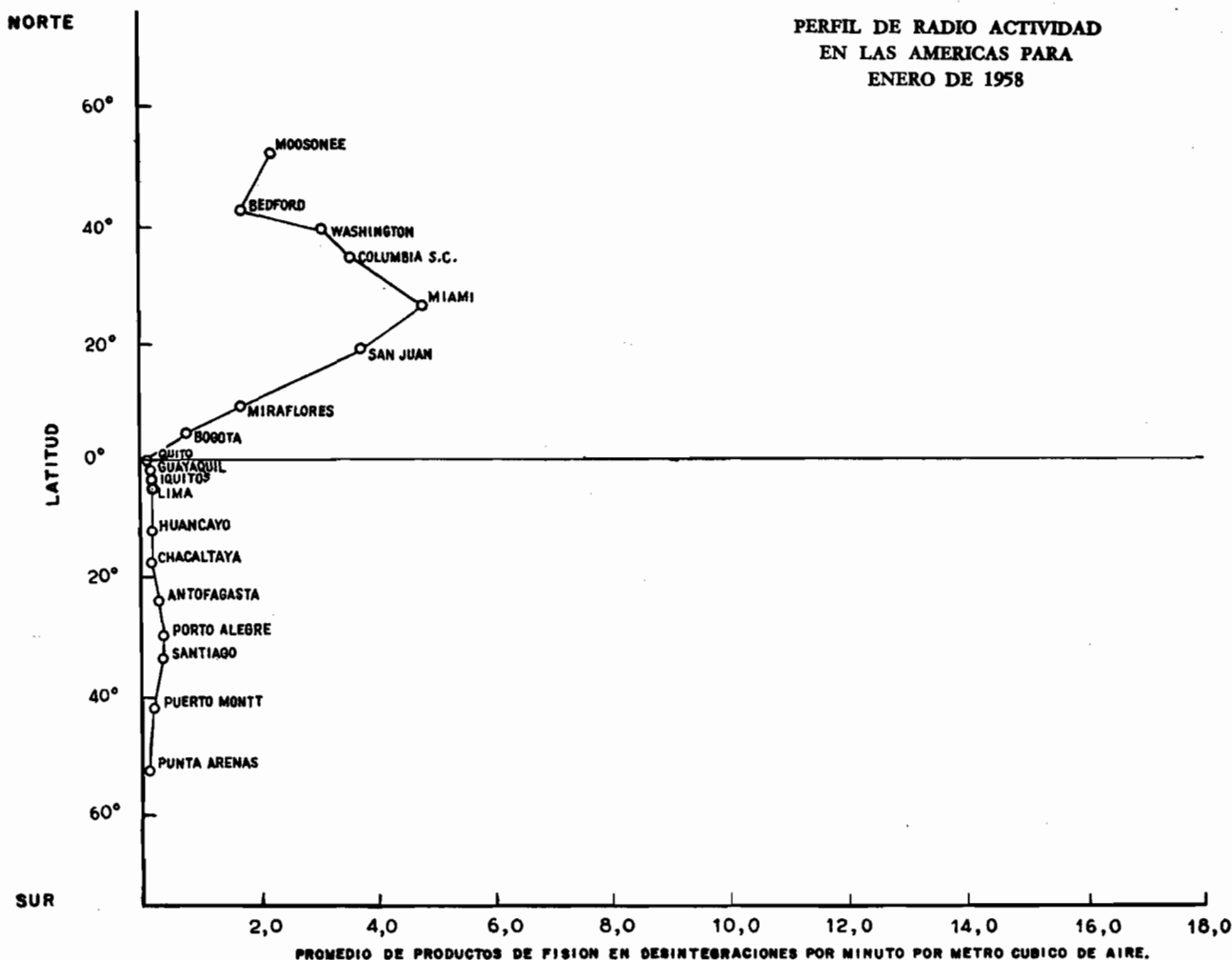
Desde mayo de 1957 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, está midiendo la radioactividad del aire 4 veces al día por medio de un tubo contador Geiger (Survey Meter) instalado en Vitelma. Allí mismo se ha instalado también un recolector especial de plástico para recoger muestras de lluvias y analizar la radioactividad del agua de precipitación.

Las medidas de la radioactividad en el aire y a nivel del suelo en las Américas en el segundo semestre de 1957 a lo largo del Meridiano 80, han demostrado:

- Que continúa la concentración radioactiva más alta en el Hemisferio Norte que en el Hemisferio Sur, por un factor de 5.
- Que hay una relación inversa entre la radioactividad del aire y las lluvias en varias partes del hemisferio, debido a que la precipitación barre a tierra en gran parte las películas radioactivas de la atmósfera.
- Que en general el nivel de radioactividad en el aire, disminuyó en el Hemisferio Sur y aumentó en el Norte.

d) Que hubo un aumento en los productos de fisión en ambos hemisferios durante el mes de julio, debido probablemente a las explosiones atómicas en las Isla *Christmas*.

e) La mayor radioactividad registrada en Bogotá en el segundo semestre de 1957, correspondió al mes de diciembre por un factor de 1,5, y ha seguido en aumento en el primer semestre de 1958.



RAYOS COSMICOS

Desde hace más de 50 años el problema del origen y naturaleza de los rayos cósmicos tiene intrigados a los científicos.

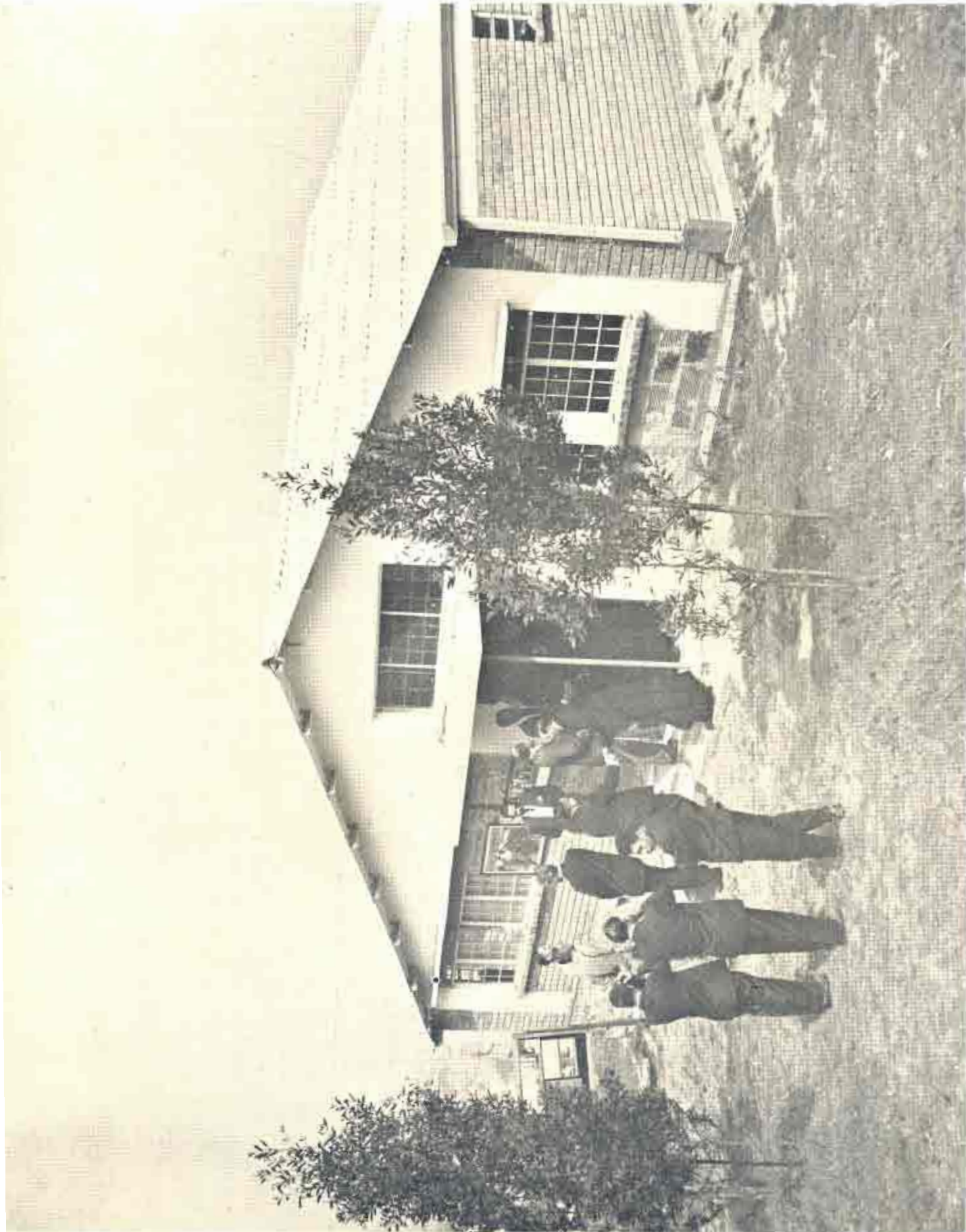
Estas partículas cargadas eléctricamente con una energía cinética entre 10^9 y 10^{19} electronvoltios están bombardeando la tierra desde todas direcciones y a todas horas. Las más suaves o de más baja energía se desvían hacia los polos magnéticos de la tierra, las de más alta energía penetran en las latitudes medias.

Las 195 estaciones de rayos cósmicos establecidas en el globo durante el AGI equipados de monitores de neutrones, de telescopios de mesones, de cámaras de ionización, de películas fotográficas de emulsión especial y de contadores Geiger, están destinados a estudiar la composición y la distribución de la radiación primaria, su transformación en radiación secundaria y sus relaciones con los fenómenos tanto del campo magnético terrestre como de la actividad solar, del sistema planetario y la galaxia.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, instaló el 1º de noviembre de 1957 un telescopio de mesones de triple coincidencia y de pequeño ángulo de apertura suministrado y construido por el Instituto de Investigaciones Científicas de la Universi-

dad Autónoma de México como un obsequio del Dr. Sandoval Vallarta al Dr. David Mehl del Sub-Comité Nacional de Colombia de rayos cósmicos. En este aparato los mesones que atraviesan su estructura accionan un sistema eléctrico de detección de pulsos que actúa por medio de un circuito de coincidencia un dispositivo común que registra fotográficamente cada 15 minutos, anotando no solamente los valores sino también la presión atmosférica, la temperatura y la hora. El equipo tendrá un doble dispositivo adicional que al mismo tiempo que accionará automáticamente la cámara fotográfica cada minuto, hará variar rítmicamente el ángulo azimutal del aparato tanto en el plano Este-Oeste como en el plano Norte-Sur. Así podrá la estación cósmica de Bogotá medir la intensidad de la componente mesónica, sus variaciones diurnas y anuales, la anisotropía de la radiación primaria y de determinar los efectos solares.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Popayán, se instalará un telescopio de mesones, cuya construcción viene adelantando el Dr. Werner Westphal. Este instrumento consiste en 15 contadores del tipo proporcional que serán colocados en tres tipos horizontales, cada uno formado por 5 tubos y tendrá una forma cúbica. Los impulsos pasan por un circuito de triple coincidencia y accionan un contador mecánico normal. Cada 15 minutos una filmadora registra automáticamente los



Grupo de la estación investigadora situada en los campos de la Universidad Pontificia Javeriana, inaugurada el día 9 de febrero de 1938.

cómputos y los valores indicados por un barómetro y un termómetro.

Este campo tiene por objeto registrar durante largo tiempo la intensidad de los rayos cósmicos para la componente mesónica de energía relativamente alta y sus variaciones diurnas, anuales, los efectos solares y las variaciones de extensión mundial.

Las dos estaciones colombianas determinarán también con otras estaciones la intensidad de los rayos cósmicos, que es mínima en el Ecuador de Rayos Cósmicos y se desvía sistemáticamente del Ecuador Magnético.

Estudios hechos hasta ahora, muestran: 1) Que hay un desplazamiento de unos 40 ó 45 grados del Ecuador inclinado de Rayos Cósmicos con respecto al Ecuador Magnético. También se cree que campos magnéticos de origen extraterrestre están alterando la trayectoria de las partículas de rayos cósmicos incidentes.

En varias naciones del mundo, aparatos llevados en cohetes y globos al espacio, están suministrando importantes datos, como el efecto de latitud a alturas constantes, que hace que cambios de latitud de 12 kilómetros se puedan detectar por medidas de rayos cósmicos.

También parece que hay una relación estrecha entre radiaciones con energía cinética del orden de 10^4 y 10^5 y la actividad solar, el magnetismo y las auroras.

GEOMAGNETISMO

Treinta naciones sostienen el funcionamiento de 129 Observatorios Magnéticos de un polo al otro en casi toda la superficie terrestre, con el objeto de estudiar la distribución de la fuerza magnética en la superficie del globo.

El campo magnético terrestre ha sido objeto de continuas observaciones rutinarias por más de 100 años en varias partes del globo. Este campo es en general estable y fijo para períodos largos, pero tiene variaciones que son lentas medidas en años, y rápidas de días, horas, minutos y segundos.

El análisis matemático ha demostrado que el campo permanente y las variaciones lentas son causadas por efectos magnéticos en el interior de la tierra y que la fluctuaciones más rápidas se deben a influencias externas de la alta atmósfera y más arriba. Durante el A.G.I. se harán medidas absolutas del campo magnético terrestre, con el fin de estudiar los cambios seculares y preparar los mapas magnéticos tan útiles en la navegación y de aplicación práctica para geólogos, geofísicos y militares. Pero el esfuerzo principal se hace en el estudio de las fluctuaciones rápidas magnéticas, que aparecen en las latitudes polares sin afectar el Ecuador, a veces simultáneamente percibiéndose en todo el globo; no se observan fluctuaciones en el Ecuador sin sentirse en los polos.

El hecho de que las perturbaciones magnéticas aumentan y disminuyen con el número de manchas solares, es considerado prueba suficiente, y al presente la única prueba, de que son el resultado de algunas radiaciones solares.

La Sección Técnica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", mantiene desde 1953 una estación geomagnética en la pintoresca Isla de Fúquene entre Cundinamarca y Boyacá y a 100 kilómetros de Bogotá.

Las coordenadas geográficas son:

Latitud = $5^{\circ} - 28' - 12''$ N
Longitud = $73^{\circ} - 44' - 14''$ W

La estación queda equidistante de las otras dos estaciones magnéticas más próximas de San Juan de Puerto Rico y de Huancayo, Perú y en una región en donde la variación de la intensidad total tiene un mínimo valor. La Isla de 7 fanegadas de extensión, está defendida de anomalías magnéticas artificiales por unos treinta kilómetros cuadrados que tiene la superficie del lago; su altura sobre el nivel del mar es de 2.540 metros y goza de una temperatura casi constante de 17°C . Dos edificios cuidadosamente construídos de material no magnético, alojan el uno el magnetógrafo "Ruska" que registra fotográficamente variaciones de la declinación, intensidad vertical e intensidad horizontal magnéticas, y el otro el magnetómetro "Askania", el inductor terrestre y un galvanómetro para la determinación de los valores absolutos de la declinación, componente horizontal e inclinación de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre. Este registro continuo de variaciones es básico para la predicción de las perturbaciones del campo magnético, para corregir las observaciones de campo, para la elaboración de las cartas magnéticas, para la comparación con otras perturbaciones ionosféricas, cósmicas, geoelectricas, que se realizan simultáneamente en todo el globo y para la medida continua de la intensidad solar.

La estación de Fúquene cobra importancia especial durante el Año Geofísico Internacional en combinación con una red de estaciones situadas cerca del Ecuador Magnético. Como este pasa por el sur de la república, Colombia está interesada en todos los problemas de la variación diaria de los elementos magnéticos y fenómenos asociados con la alta atmósfera cerca del Ecuador Magnético. Se trata principalmente de confirmar dos teorías que en parte parecen establecidas. La una se refiere al "Electrojet" o sea la teoría que considera la existencia de una corriente eléctrica ecuatorial que se embotella como en un embudo de limitadas dimensiones y por tanto de gran densidad y actividad hacia las horas del medio día. La otra teoría es la de los efectos magnéticos que se observan en la tierra durante las tormentas magnéticas que parecen provenir de grandes corrientes eléctricas de varios miles de amperios que fluyen en la alta atmósfera. Dos de estas corrientes giran alrededor de los polos magnéticos Norte y Sur, mientras que la tercera parece que da vueltas en torno al Ecuador Geomagnético.

El programa geomagnético de Colombia también proyecta ocupar y reocupar varias estaciones en varias partes de la república y publicar las cartas magnéticas correspondientes a los años 1957 y 1958.

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

El sol en último término es el responsable de los fenómenos de la meteorología dinámica. La energía solar evapora las aguas, calienta las tierras y origina los vientos. La tierra, girando alrededor de su eje, contribuye también a la circulación atmosférica, siendo su velocidad mayor en el Ecuador por ser la región más distante del eje de rotación.

El territorio colombiano por yacer en la zona intertropical se beneficia o maleficia de estas dos fuentes de energía. El aire caldeado por el sol en esta zona, se halla en continuo ascenso y es reemplazado por el más frío que afluye de los hemisferios Norte y Sur, entrando generalmente por el cuadrante NE, E, SE.

Es posible controlar el tiempo atmosférico? Se habla de nuevo sobre ello en el *Año Geofísico Internacional*. En el pasado ha habido conatos: durante la segunda guerra mundial Inglaterra dispuso la neblina de sus aeropuertos utilizando el calor y un método químico. Este método es demasiado costoso para usos comerciales. Una controversia aún no decidida se agita sobre los métodos para hacer llover. Es otro conato para controlar el tiempo. Se dice que la electricidad atmosférica puede ser la llave del control del tiempo. De todas maneras, los experimentos deben seguir para probar su posibilidad o imposibilidad. Si se llega a probar que es imposible, al fin de cuentas, se ha dado un paso más.

Con qué servicios cuenta Colombia?

El servicio meteorológico de Colombia lo forma una serie de servicios no muy conectados entre sí y cada uno con un fin propio:

La Empresa Colombiana de Aeródromos se interesa por confeccionar reportes meteorológicos para fines aeronáuticos y continúa sin variaciones fundamentales las observaciones de Avianca. Ha inaugurado, sin embargo, la Estación de Radiosondas de la Isla de San Andrés que inició observaciones el 26 de noviembre de 1956 con la esperanza de otra igual en el aeropuerto de Engativá. Este servicio dividido en 4 zonas centrales, Bogotá, Medellín, Cartagena, Barranquilla, tiene instaladas 50 estaciones en los diferentes aeropuertos del territorio nacional.

La Sección de Climatología, dependencia del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", realiza en unas 15 granjas agrícolas 3 observaciones diarias sobre climatología con observadores competentes en estaciones de primera clase y dirige 50 estaciones de primera y segunda categoría.

El Servicio de Meteorología del Depto. Técnico de la Federación Nacional de Cafeteros con sede en Chinchiná, Caldas, está interesado más que todo en la climatología para el cultivo del café en Colombia y ha establecido 8 estaciones principales y unas 50 secundarias especialmente en las zonas cafeteras.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tiene a su cargo el estudio de la cuenca del río Bogotá con proyectos de extenderlo a otras partes de Cundinamarca. Sostiene 3 estaciones meteorológicas de 1ª clase, 2 de 2ª categoría, 37 pluviográficas y 5 pluviométricas con observaciones especiales de radiación solar, de CO₂ de la atmósfera, de radioactividad, etc.

Las Empresas Públicas de Medellín sostienen para sus fines propios 25 estaciones pluviográficas y pluviométricas y algunos aforos de ríos.

El Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico ha estado intensificando su servicio de aforos de ríos y algunas estaciones pluviográficas.

La Corporación Autónoma del Valle sostiene unos 12 puestos pluviométricos; el Instituto de Fomento Algodonero unas 6 estaciones climatológicas; el Banco de la República, Sección Salinas mantiene 7 estaciones en las salinas, 4 de ellas de 1ª clase. Además, existen estaciones de varias clases y tipos dirigidas por la Secretaría de Agricultura de Cundinamarca, el Ministerio de Educación Nacional, La Caja de Crédito Agrario, La Estadística Departamental, el Instituto de Fomento Tabacalero, Compañía Colombiana de Tabaco y por las Compañías Petroleras.

En cooperación con el Weather Bureau de Washington, EE. UU., la Empresa Colombiana de Aeródromos estableció en la Isla de San Andrés (12°, 30'N; 81°, 40'W) una estación de radiosondas. Esta estación consta de un radioreceptor de onda corta, un frecuencímetro, un registrador fotoeléctrico de alta velocidad y de un detector radiodireccional (radar). Globos inflados con helio de 25 metros de diámetro y con poder ascensional de 300 metros por minuto van provistos de un equipo de radio que transmite señales de temperatura, presión y humedad relativa que son registradas automáticamente en el equipo de tierra. El equipo de radar puede determinar tanto la velocidad como la dirección de los vientos altos. Jóvenes colombianos entrenados en Puerto Rico bajo la dirección de un técnico extranjero, hacen observaciones a las 11:30 y a las 23:30. Otra estación semejante empezará a funcionar en 1958 en el nuevo aeropuerto internacional de Engativá.

Climatología colombiana

Los doctores Julio Garavito A., Alvarez Lleras, Hans Trojer, etc. han estudiado la meteorología colombiana. Algunas ideas expresadas por ellos se pudieran condensar así:

El fenómeno de las estaciones o el tiempo reinante en Colombia, depende en gran parte del movimiento de la faja ecuatorial de baja presión llamada frente o zona intertropical de convergencia (F.I.C.) especie de cinturón irregular térmico de baja presión en la parte inferior y de alta presión en la región superior, que se desplaza con el sol hacia el norte (solsticio norte) hasta colocarse en agosto en el paralelo 13°N y hacia el sur (solsticio sur), influenciando los paralelos 0° a 2°N. El movimiento del sol se debe propiamente a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del sol.

Cuando la zona intertropical de convergencia se encuentra en el solsticio sur, viene el invierno para la parte sur de la república en los departamentos del Cauca y Nariño o sea en los meses de diciembre, enero y febrero. En cambio, durante esta temporada en toda la costa colombiana del Caribe desde la Guajira hasta el Chocó y hacia el interior hasta aproximadamente latitud 7°N y aún más hacia el sur en los Llanos Orientales, se intensifica el verano desde diciembre hasta abril, marcándose una sequía más segura de enero a marzo. Durante este tiempo, los vientos llamados por algunos alisios, refrescan la temperatura del ambiente en la costa (18.6°C. Galerazamba, junio 5, 1950) y con recorridos hasta de 1.000 kilómetros en 24 horas.

Esta influencia de la estación de verano se extiende hacia el centro de la república (en Bogotá, enero, febrero y parte de marzo suelen ser los meses de verano) hasta la región del Huila y norte del Cauca.

A medida que la zona intertropical de convergencia pasa hacia el norte (el sol pasa cenitalmente hacia el norte por Bogotá el 1º de abril) va entrando poco a poco el invierno en la parte central (en Bogotá, abril y mayo son los meses de fuerte pluviosidad) mientras se inicia el verano en el sur, Cauca y Nariño. A poco de tener lugar el solsticio norte se inicia el invierno en la costa norte de Colombia (junio y julio). Regresa el sol hacia el sur y después de un breve veranillo vuelve el invierno a la costa en septiembre y octubre y después a la parte central de Colombia (en Bogotá, octubre y noviembre

son los más lluviosos, haciendo el sol su paso cenital por Bogotá el 11 de septiembre).

Además de este fenómeno general, influyen en la climatología, la variada topografía o relieve colombiano con sus tres cordilleras que corren de sur a norte con alturas de 3.000 y más metros y con dos fuertes depresiones, la del Magdalena (Girardot 326 metros sobre el mar) y la del Cauca (Cali 1.000 metros sobre el mar). La acción de la F.I.C. es deformada por los vientos que suben y bajan por las vertientes de las cordilleras y sus cañadas. Estos vientos suaves de compensación térmica (vientos de tierra y mar, de valles y montañas) determinan el transporte y condensación de humedad tropical localmente, la descargan torrencialmente en las partes bajas y la distribuyen menos abundantemente aunque con más frecuencia y en forma de gotas pequeñas sobre las montañas elevadas. Sin esta topografía tan complicada las estaciones en Colombia serían más regulares.

También corrientes septentrionales y australes alcanzan a penetrar en los extremos norte y sur de la república en las largas ausencias del F.I.C. En Leticia por ejemplo, es esperada cada año una corriente de aire fresco que corre a lo largo del flanco oriental de los Andes sin obstáculo alguno y que se manifiesta hasta la parte central de Colombia.

Por otra parte, los vientos frescos que suben a lo largo de la costa peruana pasan por encima de zonas de aguas ecuatoriales de máxima temperatura (30°C) y entran a Colombia por la costa del Pacífico cargados de humedad y su condensación es mayor en las vertientes occidentales de las Cordilleras Occidental y Central que las vertientes orientales de las mismas (región de Cali y gran parte del Tolima). En algunas regiones del Chocó, el F.I.C., vientos húmedos y efectos orogénicos producen fuertes lluvias inigualadas en el resto de la América.

Finalmente, además de los ciclos diarios del tiempo determinan la climatología nacional las altas componentes del sistema de los vientos del planeta con sus centros de acción anticiclónica. Recorren el territorio colombiano a 4.000 metros de altura, vientos predominantes del este la mayor parte del año y con un contracorriente de occidente a una altura que varía de 6.000 metros hasta 20.000 metros según datos aerológicos de globos observados en Bogotá y Barranquilla.

Por lo que hace a las temperaturas, los Andes de las tres cordilleras hacen con sus alturas su propio clima térmico y con su forma de barrera meteorológica al mismo tiempo que determinan la cantidad de precipitación refrescan el ambiente con sus vientos locales.

La temperatura puede llegar hasta un máximo de 39,2°C (Sept. 1/53), en las partes bajas y secas de la Guajira, y aún a 40°C en las partes bajas y encerradas como Girardot; la temperatura disminuye en promedio un grado por cada 100 metros de elevación. Hacia los 4.700 metros empieza la nieve perpetua en Colombia.

El Comité Nacional del A.G.I., ha propiciado dos cursos meteorológicos en Chinchiná, Caldas, en colaboración con la Federación Nacional de Cafeteros y ha preparado una cartilla meteorológica para observadores, impresa por el Banco de la República en su imprenta.

Con la asistencia de dos técnicos meteorólogos de las Naciones Unidas*, se cree que puede cristalizar la idea

ya muy madurada de una Central Meteorológica Nacional que preste al país servicio de archivo, valoración y consulta de datos meteorológicos, de patronamiento, calibración y reparación de equipo, de entrenamiento de meteorólogos y para un futuro la previsión del tiempo a corto y largo plazo.

HIDROLOGIA

Si se reserva este nombre a la Hidrología Continental, ya que se ha calificado de Oceanografía la marina, no se ignora la importancia que tiene este estudio para Colombia en donde hay zonas desérticas como la Guajira, lluviosas como el Chocó y medias como el resto del país.

Observaciones cuidadosas sobre precipitación, evaporación, aflujos de ríos forman la base para apreciar la escorrentia de algunas partes del territorio como la cuenca del río Bogotá, y son efectivos progresos de técnica. Ojalá se hiciera así con otras partes del país para llegar a prever y predecir las inundaciones desastrosas de los ríos Cauca y Magdalena.

GLACIOLOGIA

El hielo que cubría en tiempos geológicos pasados 32% de la superficie del planeta, al presente solo cubre un 10% y sigue desapareciendo lentamente. Este receso del hielo es prueba de un calentamiento de la tierra que tiene una influencia en la climatología, oceanografía y ecología del globo.

El Programa Mundial del A.G.I., tiende por una parte a obtener datos de regiones inaccesibles para compararlos con pasados y futuros programas geofísicos y por otra trata de cartografiar la extensión de los glaciares y del hielo, conocer su volumen y dinámica.

Descubrimientos se han hecho ya en las dos grandes reservas de hielo del mundo: Groelandia y la Antártica. En Groelandia se ha perforado el hielo como se perfora la tierra para un pozo de petróleo y se han sacado corazonas. El espesor del hielo varía y es generalmente de unos 350 metros, pudiéndose determinar las diferentes capas de hielo acumuladas por año. Así se ha visto que las cenizas de la gran explosión del Krakatoa de 1883, se encuentran a unos 50 metros y en la Antártica se espera encontrarlas a unos 20 metros. Por otra parte la Antártica no es el Continente enorme que se pensaba sino más bien un gigantesco Archipiélago. La capa de hielo se prolonga en muchas partes por debajo del mar.

La zona glacial tropical de Colombia ha llamado la atención de propios y extraños por su belleza y su interés científico. Son objetivos de estudio los nevados del Ruiz, el Tolima y el Cisne en la Cordillera Central, el Cocuy en la Oriental y la Sierra Nevada de Santa Marta.

El Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", hizo un mosaico fotográfico de los nevados hace varios años y se gestiona la repetición para obtener datos concretos sobre deglaciación. Se propone hacer un estudio de su extensión, morfología, tipo morrenas, su avance o retroceso, y de sus peculiaridades bajo el trópico. El área nevada de Colombia es solo una parte de las que fueron grandes extensiones de las cordilleras colombianas.

Los nevados colombianos como los del resto de la América Intertropical, pierden pues su blanco cendal de una manera lenta pero constante en un ciclo climático

* El Dr. Pío Pita Suárez-Gobián, del Servicio Meteorológico Español, es uno de ellos.

de recalentamiento. Cuál es la causa? Será una menor precipitación secular? Será un bajar de las montañas? Será un calentamiento interior de la tierra por radioactividad o volcanismo? Será un aumento de la temperatura exterior de la atmósfera por causas terrestres o extraterrestres? La causa está por estudiar.

El Sr. Erwin Kraus, alpinista consumado y miembro del Sub-Comité de Glaciología, ha suministrado algunos datos sobre sus excursiones en los últimos 20 años.

En la vertiente sur de la Sierra Nevada de Santa Marta, el receso de la nieve ha alcanzado una altura de 200 metros verticalmente.

Enero de 1939 — Vertiente Sur del Pico de Bolívar, límite de la nieve perpetua 4.850 metros.

Enero de 1949 — Límite de la misma, en la misma vertiente 5.050 metros. Diferencia en 10 años 200 metros.

Vertiente Norte del Pico de Bolívar:

Enero de 1939 — Límite de la nieve perpetua: 4.575 metros.

Enero de 1941 — Límite de la nieve perpetua: 4.700 metros.

Enero de 1952 — Límite de la nieve perpetua: 4.800 metros.

El mismo autor hace las siguientes observaciones en la Laguna de la Sierra, vertiente occidental del Nevado del Cocuy:

Marzo de 1938: El glaciar que baja del Convito llega a morir suavemente dentro de la Laguna de la Sierra. Límite de la nieve 4.520 metros.

Enero de 1942: El nevado ya no moría suavemente en la Laguna de la Sierra, sino que formaba un frente vertical de alguna consideración en cuanto a su ancho y de una altura aproximada de 30 metros.

Diciembre de 1943: No se pudo constatar modificación apreciable, con relación a las observaciones de enero 1942.

Enero de 1946: El glaciar ya no llegaba hasta la Laguna de la Sierra. Se había aplanado considerablemente puesto que su frente vertical había desaparecido casi en su totalidad. El límite de la nieve perpetua estaba en los 4.550 metros.

Abril de 1948: El glaciar se había retirado más aún y el límite de la nieve era de 4.600 metros. El receso vertical de la nieve en 20 años era de 80 metros.

El 27 de diciembre de 1957, un grupo de alpinistas encabezados por el Dr. Alfonso Posada Defrancia, del Sub-Comité de Glaciología, escaló el Nevado del Cisne y el Pico del Cóndor en la Cordillera Central entre el Ruiz y el Santa Isabel.

Sobre el Cisne existe un glaciar de un kilómetro cuadrado de superficie y de un espesor de unos 50 metros. La reducción del glaciar es evidente al compararlo con fotografías aéreas de 1945 y la desaparición de la capa de hielo se calcula en unos 25 años.

Aún no está descartada la posibilidad que el Comité Nacional del Año Geofísico de Colombia, sea asesorado por un glaciólogo extranjero de profesión y quizá también de un volcanólogo.

GRAVIMETRIA

La atracción de la tierra es una fuerza que todos experimentamos y que el niño aprende a conocer a fuerza

de caídas. Esta fuerza no es igual en toda la superficie del planeta. Es mayor en los polos donde produce aceleraciones de 983 centímetros por segundo por segundo y menor en el Ecuador donde mide una aceleración de 978 centímetros por segundo por segundo. Esto equivale a decir más o menos que un hombre de 100 kilos de peso, pesa medio kilo menos en el Ecuador que en Polo. Estas y otras diferencias de atracción se deben a que la tierra no es una esfera perfecta, a que su diámetro polar es unos 42 kilómetros más corto que el ecuatorial, a que no tiene una masa homogénea ni está compuesta por capas concéntricas homogéneas y goza de un movimiento giratorio sobre un eje.

Existen, además, montañas y valles continentales, montañas y cuencas submarinas, rocas más densas en la corteza terrestre, todo lo cual produce desviaciones de la dirección de la plomada de su dirección al centro de la tierra, con las consiguientes anomalías locales. Esta desviación puede ser menos de 10" de arco pero a veces pasa hasta un minuto de arco. El Dr. José Ignacio Ruiz, ha calculado esta desviación para Bogotá dada su posición con respecto a la Cordillera Oriental, como del orden de 20" (veinte segundos sexagesimales). Medidas gravimétricas posteriores parecen corroborar este dato.

Las desviaciones de la vertical tienen importancia práctica en la determinación del perfil geodésico, respecto al elipsoide de referencia. Así se logran obtener curvas del nivel del geode. El Dr. José Ignacio Ruiz anota que en los Estados Unidos la cota máxima del geode sobre el elipsoide es de 38 metros y en Europa de 40 metros. En la India el geode está por debajo del elipsoide y alcanza una separación de 60 metros. En Colombia no hay suficientes datos para este cómputo, pero los altos valores de la desviación de la vertical obtenidos, indican que hay una separación de 50 metros bajo la Cordillera Central.

El programa de Gravimetría del mundo tiene por fin, aumentar la precisión de las medidas de la gravedad especialmente de los Puntos Datos.

La tierra sólida tiene además sus deformaciones o mareas, como los mares tienen las suyas por razón de la atracción del sol y de la luna que giran a su alrededor. Es posible que las distancias entre el centro de la tierra y su superficie se acorten por diferencias que pueden variar entre unos milímetros y varios decímetros. Existen hoy, instrumentos de sensibilidad extraordinaria que miden estos cambios de la tierra.

El Comité Nacional de Colombia está recolectando los datos gravimétricos observados en Colombia, por diferentes entidades, para elaborar mapas de valores y anomalías gravimétricas, tan detallados como sea posible y deducir de ellos interpretaciones de estructuras geológicas, tectónicas, etc.

El Sr. William A. Black enviado por su profesor G. E. Wollard del Departamento de Ingeniería y Geofísica de la Universidad de Wisconsin, realizó en Colombia una serie de observaciones con un gravímetro Worden N° 10-e, durante los meses de junio 24 a julio 4/52. Durante los primeros 3 días lo acompañó el Dr. Manuel José Lobo Guerrero y en todo el tiempo el Dr. Alvaro González Bernal, ambos del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

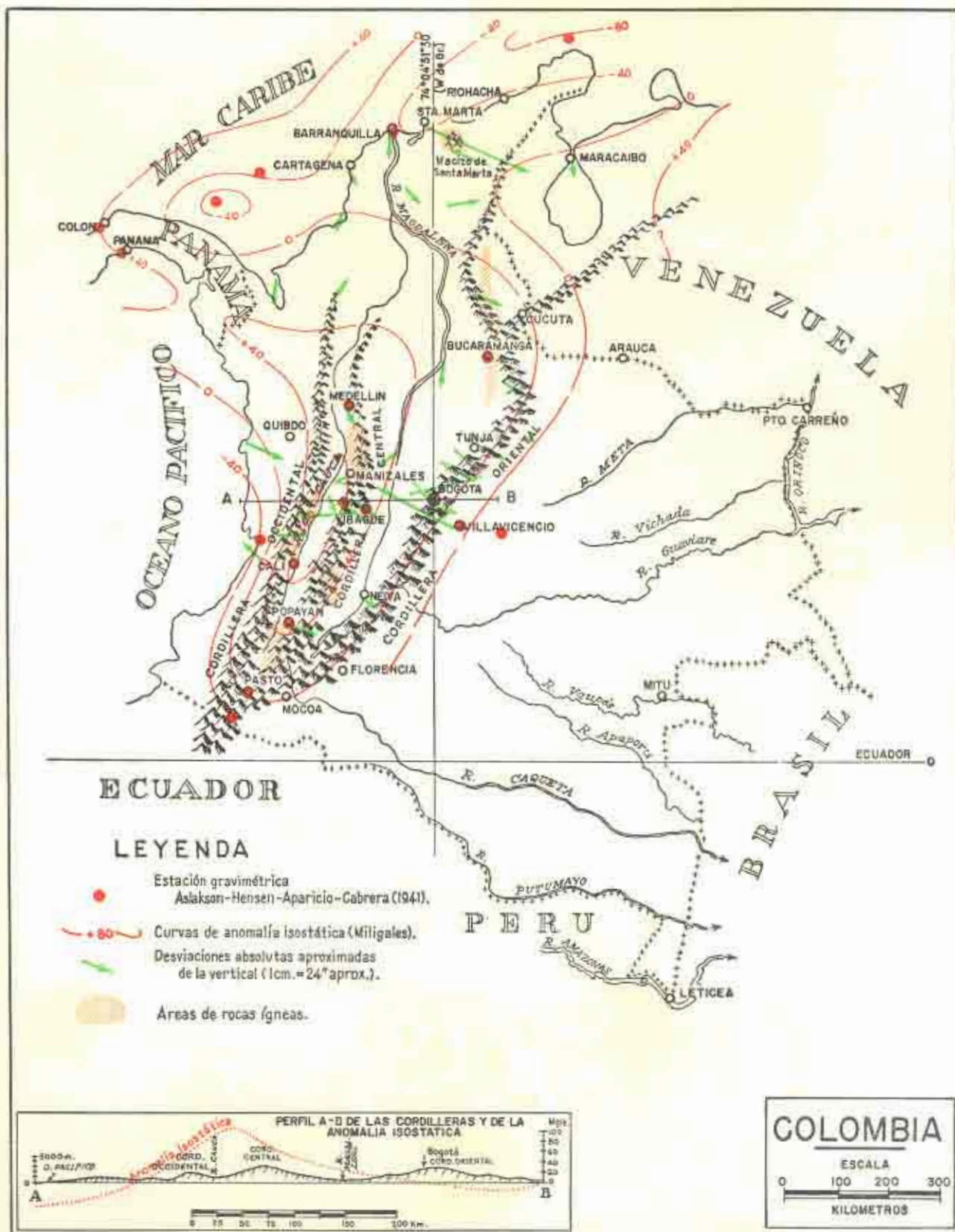
El recorrido comprendió a: Bogotá, Soacha, Salto de Tequendama, El Colegio, Viotá, Tocaima, Girardot, Chicorá, Ibagué, Cajamarca, Calarcá, Armenia, Pereira, Anserma, Río Sucio, Supía, Caramanta, Santa Bárbara,

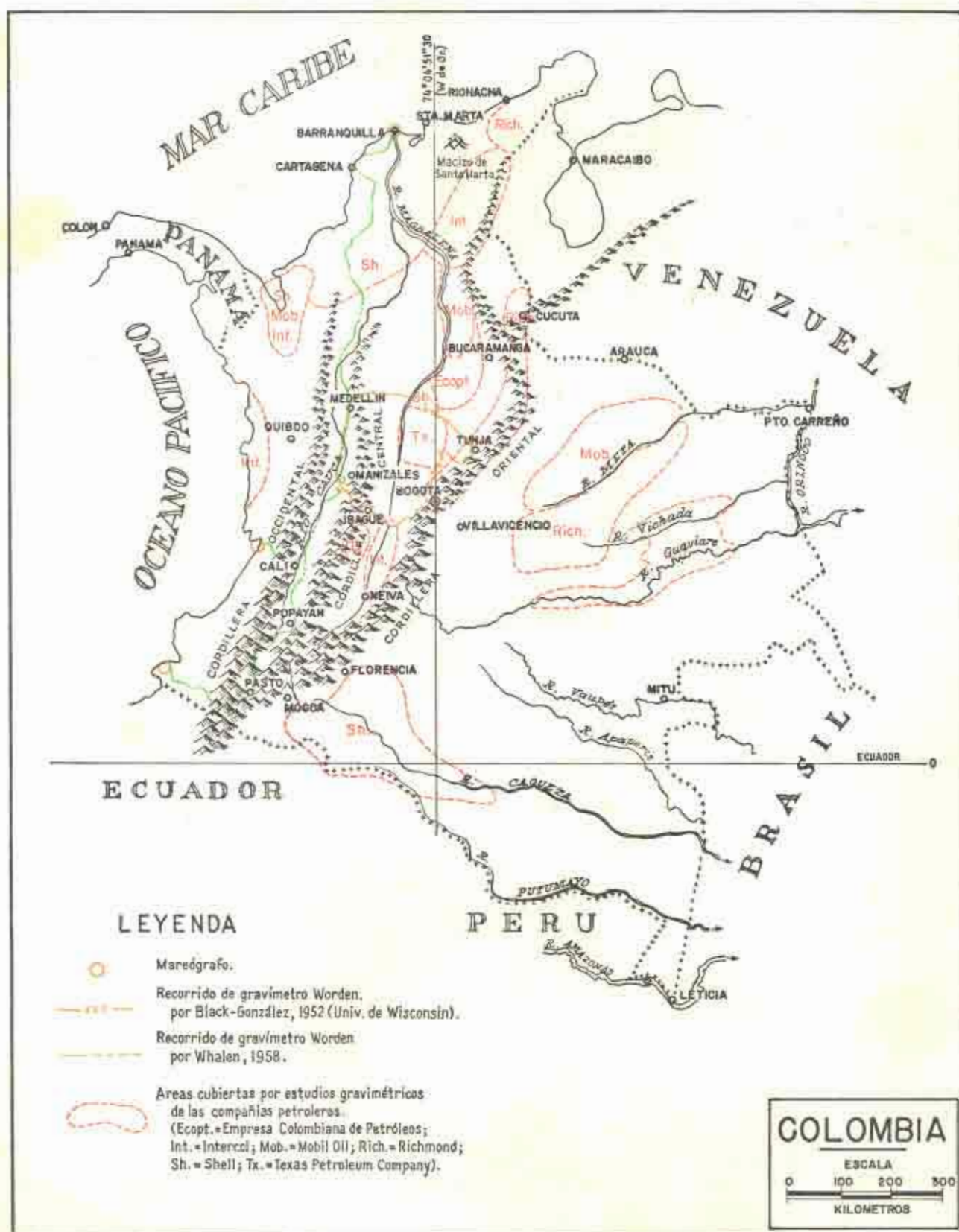


Hito dejado en octubre de 1957 por los miembros de la Expedición de Cambridge (Inglaterra) en uno de los glaciaros de la Sierra Nevada del Cocuy para controlar el retroceso del hielo.



Glaciares de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, en donde se está produciendo un notable retroceso del hielo.





Caldas, Medellín, Girardota, Santiago, Cisneros, Puerto Berrío, Puerto Olaya, Cimitarra, Barbosa, Moniquirá, Arcabuco, Tunja, Villa Pinzón, Isla del Santuario (Laguna de Fúquene), Ubaté, Zipaquirá, Bogotá.

El lugarteniente Carl Aslakson y el Sr. Philip T. Hansen del U. S. Coast and Geodetic Survey con un par de péndulos Brown, realizaron observaciones gravimétricas del 28 de julio al 29 de septiembre de 1941, en las siguientes ciudades: Buenaventura, Popayán, Cali, Bogotá, Bucaramanga, Barranquilla, Medellín, Ibagué, Armenia, Pasto, Ipiales, Villavicencio, Puerto López. En estas 13 estaciones algunas de las cuales se reocuparon varias veces, colaboraron los doctores Darío Roza M., Tomás Aparicio y Gerardo Cabrera Apraez del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Los resultados de este estudio dan una idea generalizada de las anomalías de la gravedad en Colombia, y han sido base de estos trabajos.

En el mar Caribe, frente a Colombia se hicieron observaciones gravimétricas en 1926. El Dr. F. A. Vening Meinesz de Holanda en el submarino K-13 y más tarde en 1932 el mismo geofísico en una expedición combinada de la marina de los EE. UU. y de la Universidad de Princeton en el U. S. S-48. Estas observaciones son también de gran importancia para la gravimetría colombiana.

El Observatorio Geofísico de la Universidad Nacional, posee un aparato cuadripéndulo Askania del sistema Sternéck para medidas absolutas de la gravedad, y la Sección de Geofísica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" tiene un gravímetro Holweck-Lejay que se ha utilizado en ocasiones en medidas de campo.

A la Mobil Oil Company de Colombia se le deben agradecer los datos gravimétricos de 8 estaciones en La Gloria-Sogamoso (valle medio del Magdalena) con base en Puerto Wilches, y los de 65 estaciones en el área norte del río Meta, con base en Villavicencio.

De la International Petroleum Company, se han recibido los datos de 361 estaciones gravimétricas hechas en su mayoría con gravímetro tipo "Y", y referidas al péndulo de Bogotá. Comprenden las áreas de los ríos Vichada y Guaviare en donde se usaron gravímetros tipos "X" y "Y", del Alto Magdalena, trabajadas con gravímetro Worden, de una parte de la Cordillera Oriental, de Bogotá y Pamplona, de la Costa del Pacífico al norte y sur de Buenaventura, del río César, de la parte sur del Departamento del Magdalena, del Valle del Cauca, de Popayán hasta Pasto, de Ipiales y de las regiones del Sinú y Urabá.

A la Mobil Oil-Intercol se deben los datos del área Urabá-Sinú.

La Shell suministró generosamente los datos del Caquetá y Putumayo, los de Turbo y Chigorodó, los del norte del Departamento del Magdalena y los del área de Puerto Berrío.

La Richmond cedió los del sur del río Meta, la Guajira y Cúcuta. La Empresa Colombiana de Petróleos los comprendidos entre los ríos Sogamoso y Carare y finalmente la Texas Petroleum Company, los de Velásquez y Puerto Niño en el territorio Vásquez y los del centro del Tolima.

El geofísico Charles Thomas Whalen del Servicio Geodésico Interamericano y personal del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" iniciaron el 17 de marzo de 1958, un perfil gravimétrico en Colombia, utilizando un gravímetro Worden modelo geodésico. Este perfil em-

pezó en Cartagena y Barranquilla y siguió a lo largo de la carretera central por Sincelejo, Planeta Rica, Medellín, Cartago, Palmira, Cali hasta terminar en Ipiales y en los mareógrafos de Buenaventura y Tumaco.

El objeto de este perfil fue múltiple pero principalmente se trató de conectar las bases de los trabajos gravimétricos suministrados por las diferentes compañías de petróleo en Colombia.

El Sr. Whalen realizó también en junio y julio 1958, medidas gravimétricas con dos gravímetros Worden en los principales aeropuertos del país.

En colaboración con el Sr. Robert Wall de Lamont Laboratory y Columbia University, el Sub-Comité de gravimetría de Colombia, inició a principios de agosto de 1958, un trabajo gravimétrico principalmente de aquellas regiones del país en donde se adolece de datos con el fin de completar los ya obtenidos.

OCEANOGRAFIA

Los océanos que cubren tres cuartas partes de la tierra, son enormes reservas de energía que uniforman el clima de las costas y suavizan el ambiente de muchas regiones del globo, como lo hace la corriente del Golfo de México con Irlanda y las Islas Británicas. Las corrientes marinas a su vez están relacionadas con los grandes sistemas de vientos. El agua de deshielo de las regiones polares se hunde por su mayor densidad y desplaza a otras aguas que fluyen hacia las regiones ecuatoriales.

La topografía submarina con sus valles y cordilleras, afecta el fluir de las aguas y aún es posible que forme grandes estanques. Aún no se sabe si las aguas hacen un recorrido de los polos al Ecuador y luego a los polos en decenas, cientos y miles de años. Las profundidades marinas son ricas en substancias químicas alimenticias para la vida marina, donde quiera que esas aguas suben a la superficie, tenemos grandes regiones de pesca como Terranova y las costas peruanas.

Treinta y cuatro países están participando en las investigaciones oceanográficas del Año Geofísico Internacional, por medio de barcos y observaciones de costas e islas. Ya empiezan a conocerse los resultados de los estudios oceanográficos. Barcos ingleses y norteamericanos han cartografiado la corriente submarina que yace debajo de las corrientes del Golfo a una profundidad de un kilómetro. En la parte oriental de la corriente es muy poco o ninguno el movimiento errático de las aguas. Un poco más abajo se nota una corriente en dirección noreste como es de esperar y a unos dos kilómetros de profundidad la corriente es en dirección sureste con una velocidad relativamente grande de 8 kilómetros por hora.

La topografía submarina del Caribe, fue estudiada en detalle en 1935 a 1936 por el submarino USS. Nokomis y muestra frente a Bocas de Ceniza la pendiente del ángulo continental con una serie de cañones submarinos bien marcados.

No hace muchos años, el Dr. Bruce V. Heezen del Laboratorio Geológico Lamont en Palisades EE. UU. hizo un estudio de las corrientes de turbidez del río Magdalena en el buque Vema. Entonces vino a corroborar un hecho que parece ya admitido, de que las corrientes de turbidez erosionan cañones submarinos especialmente frente a las desembocaduras de los ríos que entran al mar sobre fuertes pendientes como el río Magdalena. Son pocos los grandes ríos de este tipo en el mundo.

En julio de 1957 en su programa oceanográfico del A.G.I. volvió el Dr. Heezen y se le prestó la colaboración que deseó, en su estudio más a fondo desde la Guajira hasta cerca de Cartagena haciendo observaciones y sacando muestras del fondo del mar. Nuevos e importantes datos se han añadido a los anteriores sobre las mismas corrientes de turbidez, origen de los sedimentos, topografía submarina, salinidad y corrientes del mar Caribe colombiano.

Una de las regiones más interesantes en el gran sistema de las corrientes de los océanos según el profesor Werner Reichelt *, está situada entre las costas de Panamá, Colombia, Ecuador y el Archipiélago de las Galápagos. Todos los años se verifica un curioso acontecimiento oceanográfico estudiado muy superficialmente y sin embargo de importancia para el clima la pesca y el tráfico marino de los países colindantes.

En la parte del Pacífico norte terminan 4 grandes corrientes superficiales:

- 1) La corriente del Perú o Humboldt.
- 2) La corriente ecuatorial del norte procedente del noroeste o sea de las costas de California y de Centro-América.
- 3) La corriente ecuatorial del occidente.
- 4) La contra-corriente ecuatorial.

Colaboración

La Armada Nacional y el Instituto Oceanográfico de Scripps en California, han concretado su programa oceanográfico del Pacífico en colaboración mutua.

Tres barcos de Scripps, a saber: el Stranger (tipo yate de 300 toneladas, 10,5 nudos), el Horizon y el Baird (tipos remolcadores de 500 toneladas y 11 nudos), salieron de San Diego, California el día 1º de agosto para llegar al área 110°W y 8°N y trabajar en esta área hasta el 25 de agosto, moviéndose luego a lo largo de la contracorriente ecuatorial hasta colocarse en 90°W y 8°N el 31 de agosto.

Una fragata colombiana (Capitán Tono) equipada previamente en Buenaventura con aparatos propios y otros suministrados por el Scripps, como batitermógrafos, electrocinetógrafos magnéticos, registradores de ecos de profundidad, etc., instalados por el Sr. Robert Gilkey, zarpará de Buenaventura el día 14 de agosto, llegará a 90°W — 8°N y se moverá hacia el occidente a lo largo de la latitud 8°N disminuyendo su velocidad hasta 10 nudos para hacer medidas de corriente y temperaturas; las primeras cada hora y media y las segundas cada tres horas. El día 24 de agosto llegará a 115°W y 8°N devolviéndose en su curso hacia el oriente hasta llegar haciendo observaciones a 105°W y 8°N.

El día 24 de agosto el Horizon y la Fragata se moverán paralelamente hacia el este. El Horizon a lo largo del 85° y la Fragata a lo largo del 75°N hasta llegar a 90°W.

Los barcos Baird y Stranger, seguirán unas 200-300 millas detrás del Horizon y de la Fragata, haciendo medidas. El día 31 de agosto será el rendez-vous final y los barcos del Scripps se dirigirán a Panamá y la Fragata colombiana a Buenaventura.

Después de la expedición habrá una reunión de los científicos y capitanes de los barcos probablemente en Bogotá, para discutir los resultados. Oficiales de la Fra-

gata colombiana han sido invitados a bordo de los barcos del Scripps y viceversa para trabajar con el resto de la tripulación en la expedición científica.

LA SISMOLOGIA

Cientos de estaciones distribuidas en la superficie del globo incluyendo muchas nuevas en las regiones Artica y Antártica y 163 de ellas en las tres Américas, auscultan el planeta durante el A.G.I. Colombia contribuye con 4 estaciones. Son ellas: Bogotá: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Lat. 4°37'23"N. Long. 74°3'54"O. Chinchiná: Federación Nacional de Cafeteros. Lat. 4°58'N. Long. 75°37'O. Galerazamba: Sección Salinas del Banco de la República: 10°47'8"N. Long. 75°15'44"O. Fúquene: (Isla del Santuario): Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Lat. 5°28'12"N. Long. 73°44'13"O.

Todas estas estaciones son modernas de registro galvanométrico, la última de las cuales Fúquene fue inaugurada a fines de 1957.

Las estaciones sismológicas investigan la propagación de los varios tipos de ondas a través del interior de la tierra, a través de la corteza terrestre y de las aguas oceánicas y en los polos a través de la capa de hielo. La única manera de acrecentar nuestros conocimientos acerca de la estructura interior de la tierra son las ondas de los terremotos dotadas de gran energía que se refleja y refracta en las diferentes discontinuidades del interior del globo.

Microsismos

Un fenómeno al cual se le han dedicado cientos de científicos desde hace ya casi un siglo es el de los microsismos o pequeños movimientos más o menos regulares de la tierra, que la agitan continuamente y que no son debidos a terremotos o tráfico. Algunos de estos microsismos con períodos de 3 a 10 segundos provienen de vibraciones de grandes masas oceánicas bajo la influencia de perturbaciones atmosféricas como ciclones o bajas presiones. Con el establecimiento de muchas nuevas estaciones, este estudio se está correlacionando con los fenómenos meteorológicos en todo el globo. Un aumento en las amplitudes de los microsismos en las estaciones colombianas indican la presencia de todo ciclón antillano.

Las relaciones encontradas entre microsismos de períodos medios y algunos factores meteorológicos han enfocado el esfuerzo también hacia el estudio de los microsismos de períodos cortos y largos en una verdadera gama de períodos cuya relación con otros fenómenos abre amplio campo a los que desean adentrarse por estos linderos. Los boletines sísmicos están incluyendo la determinación diaria de la amplitud y período de los microsismos, siguiendo las indicaciones del Grupo de Trabajo XII (Sismología) del Comité Nacional del A.G.I.

Nuevas investigaciones

Nuevos tipos de sismógrafos con períodos largos se han construido para registrar ondas hasta de 400 segundos de período, originadas solo por los grandes terremotos. Ondas de largos períodos sirven para estructurar el interior del planeta y para detallar la corteza terrestre.

* Experto oceanógrafo alemán de la Armada Nacional de Colombia.

Una expedición geofísica de la Carnegie Institution de Washington, compuesta por 8 individuos y 6 camiones equipados, salió de EE. UU. en julio de 1957 e inició como parte del A.G.I. una exploración sísmica de los Andes Suramericanos, empezando por Perú, Bolivia y Chile para terminar en Colombia y Venezuela. Desafortunadamente el tiempo y los fondos no alcanzaron para abarcar a estos dos países.

Se utilizaron las explosiones (más de 60) de la Mina de Toquepala en el sur del Perú y las de Chuquicamata a unos 200 kilómetros de Antofagasta en Chile. Estas explosiones se hacen casi a diario en las minas de metales y nitratos con cargas de 40 a 60 toneladas de explosivos.

El resultado principal de estas investigaciones es la conjetura de que tanto en las rocas de la corteza terrestre (30 kilómetros de espesor) como las de la sub-corteza o sea de los 30 kilómetros hasta los 200 kilómetros debajo de los Andes, existen no-uniformidades y diferencias geográficas regionales. Así por ejemplo debajo de Chile parece que las rocas menos densas penetran hasta los 55 kilómetros de donde se obtienen reflexiones de las ondas sísmicas. Esta incrustación de las rocas es suficiente para que la masa andina de las rocas menos densas, flote en la sub-corteza a manera de témpanos de hielo.

Por el contrario, en el Perú las rocas de la corteza se cree que tienen un espesor normal de 34 kilómetros, pues a esa profundidad se obtienen reflexiones de la discontinuidad que separa las rocas de la corteza de las rocas de la sub-corteza terrestre (discontinuidad de Mohorovičić). Así, la elevada masa del altiplano andino se mantendría flotante, imaginando que raíces delgadas y menos densas de las rocas de la corteza terrestre se difunden y proyectan hasta los 200 kilómetros en las rocas mismas de la sub-corteza o por lo menos por debajo de niveles en donde las reflexiones de ondas se pudieron observar.

La estructura de los Andes es pues del tipo no-uniforme. A lo largo de los ejes de las cordilleras andinas, las reflexiones se registraron normalmente como en Norteamérica. A través de las cordilleras de Perú y Bolivia la energía de las explosiones se agotó a corta distancia, lo cual se puede explicar por la disipación de la energía de las ondas sísmicas en ese conjunto de raíces delgadas y profundas ya mencionadas.

Geofísicos franceses y alemanes habían averiguado en investigaciones de los dos últimos años que por debajo de los Alpes y a una profundidad de 29 a 32 kilómetros terminaba una clase de rocas más ligeras seguidas por otra de rocas más densas.

Esta superficie de separación es lo que se llama en Geofísica superficie de discontinuidad. Las rocas de la corteza transmiten las ondas elásticas de compresión y dilatación generadas por temblores o explosiones con velocidades de 5.6 a 6.1 kms. por segundo. En cambio las rocas de la sub-corteza transmiten las ondas con velocidades mayores de 7.8 a 8.3 kms. por segundo. Esta discontinuidad como todo cambio de medio tiene la propiedad de reflejar las ondas sísmicas.

En Norteamérica los mismos geofísicos que vinieron a Suramérica habían encontrado en 1954 que el espesor de la corteza terrestre era de 29 a 34 kilómetros tanto debajo de las montañas (Colorado Plateau) como debajo de las grandes llanuras y montañas del Este.

Cómo explicar entonces el que las rocas de las montañas que por su elevación deben pesar más guardaran una posición de equilibrio con respecto a las rocas de las llanuras? Allí surgió la idea de explicar la isostasia de las montañas imaginando delgadas raíces a manera de venas de material ligero, incrustadas en las rocas de la sub-corteza hasta profundidad de 200 kilómetros.

Las estaciones de Santiago de Chile y Lima, Perú han sido equipadas con dos componentes de sismómetros de torsión o deformación linear tipo Benioff, y se considera aun, la posibilidad de otro para Colombia, en las rocas del cerro del Morazurco cerca de Pasto. Estos sismómetros tipo Benioff presentan no solo la ventaja de registrar muy nítidamente las ondas largas de los terremotos, sino también que ayudan a un más claro conocimiento sobre la acumulación de la energía potencial que se desprende cuando tiene lugar un terremoto. No hay para que recordar que esta investigación del mecanismo de la acumulación y liberación súbita de la energía es el más fundamental que existe. Ahí tienen fincada la esperanza algunos científicos de poder predecir un día los terremotos.

SATELITES ARTIFICIALES

El número espectacular del programa del A.G.I., lo constituyen los satélites artificiales: una docena de lunas para la tierra. Los EE. UU. y la USSR han incluido en sus programas satélites que por medio de observaciones directas y de larga duración aumentan nuestros conocimientos de la exosfera. Hasta hace poco estas observaciones directas de corta duración se hacían únicamente por cohetes. Los satélites en cambio permanecen largo tiempo en sus órbitas y nos dan datos de una gran faja de la atmósfera.

La última guerra mundial parece que dislocó definitivamente el eje de gravedad de la estrategia militar de los mares a los aires y de estos a los espacios siderales. Así se explica la aplicación cada vez mayor de presupuestos militares a las investigaciones de la técnica de los cohetes y a la teoría matemática del vuelo interplanetario. Así lo indica la historia, la realidad de los hechos, las experiencias que se efectúan y algunas publicaciones, mientras se disfraza con términos de paz los problemas de la convivencia internacional. La confraternización cristiana no ha podido salir de los círculos individuales para abrazar el de las naciones.

No hay duda que a los ojos de la historia la fecha del 4 de octubre 1957, aparece como un punto decisivo en la evolución de la humanidad. Al largarse al espacio el primer satélite artificial, el efecto inmediato apasionó la opinión mundial, dividida en dos bloques opuestos. Se preocupó más de su aspecto político que de su importancia científica. Lo que nos parecía un juego de niños, era un *tour de force*.

Hay que tener presente que si la actualidad política de los Sputniks nos preocupa a justo título, lo que tiene más interés para las generaciones futuras, aun para aquellos de nosotros que esperamos ver sus primeros efectos, es el interés científico. Es un triunfo de la ciencia que no tiene fronteras ni colores políticos.

A los millones y millones de estrellas, fueron los rusos los primeros en añadir una pequeña estrella. Treinta días más tarde el 3 de noviembre 1957 un segundo satélite. Este era un gigante, pesaba más de media tonelada y además de los instrumentos de medida llevaba el

primer pasajero del espacio, una perrita. El 15 de mayo otro más grande aún con un peso de 1.327 kilogramos.

En la base de Cabo Cañaveral de la Florida, EE. UU., el 31 de enero de 1958 se elevó lentamente con un ruido que hizo temblar a las ciudades y con un resplandor que convirtió la noche en día el Explorador I, desapareciendo al instante en la lejanía del espacio. Siguió luego el Vanguardia, convertido en retaguardia. El Explorador II, no entró en órbita. El día 26 de marzo el Explorador III surgió al espacio. Las dos grandes naciones del mundo seguirán dándonos sorpresas cada vez mayores.

El profano no entiende el interés que las informaciones de los satélites nos pueden dar. Para captar el interés prodigioso del fenómeno, conviene recordar que ignoramos las condiciones que reinan más allá de nuestra cobertura gaseosa, la atmósfera. Algunos cohetes han subido hasta 450 kilómetros y después más allá, ¿qué hay? Una de dos, o nos resignamos a permanecer prisioneros miopes de nuestro globo o queremos un día vogar por los cielos. En este último caso es necesario explorar lo desconocido.

La trayectoria del satélite está dando información sobre densidades del aire y medidas geofísicas. A medida

que el satélite gira, las partículas de aire le van retardando movimiento hasta hacerlo caer a las capas inferiores. Así cambia la altura de la órbita. Como este retardo o resistencia del aire es proporcional al cuadrado de la velocidad del satélite y de la densidad de la atmósfera, el efecto del retardo determina las densidades del aire a esas alturas.

Los satélites como el Alpha 1958 (Explorador N° 1) ha dado ya datos interesantes sobre la densidad de la atmósfera y número de meteoritos. A una altura geométrica de 358 kilómetros, se ha visto que la densidad es igual a 1.5×10^{-14} grs.-cms.³. Esta cifra es 14 veces mayor que la calculada para esa altura por el ARDC (Air Research and Development Command) de Washington. Para alturas mayores la discrepancia es aun mayor. Consecuentemente, la vida de los satélites se ha reducido notablemente. Así, el ARDC le había calculado a un satélite de 10 kgs. de peso y de 50 cms. de diámetro que se moviera en órbita inicial con un perigeo de 400 kms. y un apogeo de 1.000 kms., una vida de 4 años. Según los nuevos datos su vida sería tan solo de 38 días.

En la medición de micrometeoritos se han empleado dos sistemas diferentes.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS SEIS SATELITES

	Sputnik I	Sputnik II	Sputnik III	Explorador I Alfa 1958 (Ejército EE. UU.)	Vanguardia I Beta 1958 (Marina EE. UU.)	Explorador III Gama 1958 (Ejército EE. UU.)
Forma	Esférica	Cónica	Cónica	Cilíndrica	Esférica	Cilíndrica
Tamaño en centímetros	57.01 Diámetro	446.0 Largo	1.73 Diámetro 3.51 Largo	15.24 Diámetro 203.4 Largo	10.25 Diámetro	15 Diámetro 200 Largo
Peso	63.6 Kg.	508.8 Kg.	1.327 Kg.	13.9 Kg.	1.8 Kg.	14 Kg.
Período inicial en segundos	96	103.7	106	115	134	121
Apogeo inicial en kms.	947	1.625	1.880	2.574	3.955	1046
Perigeo inicial en kms.	227	225	370	650		172
Lanzado	Oct. 4/57	Nov. 3/57	Mayo 15/58	Enero 31/58 (03-55-05)	Marzo 17/58 (12-15-45)	Marzo 26/58 (17-45-05)
Inclinación	69°	65°	65°	32.7°	34.1°	34°
Vueltas dadas al morir	1.400	2.300				
Excentricidad			0.1363	0.14038	0.191	0.062
Duración en órbita	60 días Murió Dic. 1/57	124 días Murió abril 14/58				
Nº de vueltas a la tierra por día	15	14				
Desplazamiento al occidente del nodo ascendente por períodos (Precesión)	240			4.27°	34.13°	
M	Temperatura, presión, humedad, tempestades, eléctricas, etc.	Temperatura, presión, humedad, rayos ultravioleta y cósmicos, núcleos atómicos, meteoritos, reacciones de animales a la aceleración y falta de peso.	Presión del aire y composición de la atmósfera, concentración de iones positivos, carga eléctrica del satélite e intensidad del campo electrostático de la tierra, intensidad del campo magnético de la tierra, intensidad corpuscular del sol, composición y variaciones de la radiación cósmica primaria, desintegración de fotones y núcleos pesados en los rayos cósmicos, micrometeoritos, temperaturas dentro y fuera del satélite.	Temperatura interna y externa, erosión, flujo y penetración meteorítica; variación en tiempo, altura y posición de intensidad de rayos cósmicos primarios, radiación solar directa y reflejada de la tierra.	Temperatura interna y externa, erosión, flujo y penetración meteorítica; variación en tiempo, altura y posición de intensidad de rayos cósmicos primarios, radiación solar directa y reflejada de la tierra.	Rayos cósmicos, impactos meteoríticos, temperaturas, etc.
E						
D						
I						
D						
A						
S						



Cohete portador del satélite Explorador N° 1 lanzado en Cabo Cañaveral en Florida (EE. UU.) el día 31 de enero de 1958.

El primero está constituido por doce pequeños detectores, cuya superficie sensible es de dos pulgadas cuadradas, y cada uno de los doce detectores puede descubrir la presencia de micrometeoritos de 5 a 10 micras de diámetro. Estos delicados aparatos presentan una superficie de un centímetro cuadrado y están rodeados por un alambre esmaltado de 17 micras de diámetro. Cualquier impacto sobre la superficie sensible, interrumpe el circuito eléctrico y el reportaje es enviado a tierra por telemetría. En el satélite, estos detectores se hallan eléctricamente unidos a un modulador, mediante el cual se transmiten los datos captados.

El segundo sistema lo constituye un micrófono colocado sobre la cubierta metálica del satélite que capta todos los impactos de las partículas pequeñísimas que chocan contra ella. Como en el sistema anterior, el micrófono excita un modulador de frecuencia, mediante el cual se transmiten las informaciones recogidas.

Con el 10% de las informaciones recibidas por el sistema microfónico, y con el 50% de los datos obtenidos por los pequeños detectores, ha sido posible llegar a las siguientes conclusiones de los datos del satélite Alpha 1958:

- 1) Siete impactos ha registrado el micrófono.
- 2) En 32 días, solamente uno de los detectores registró un impacto.

Estos datos pueden ser modificados a medida que se vayan completando las observaciones telemétricas. Sin embargo, los detectores indican claramente que el flujo de partículas de 10 micras de diámetro, en la proximidad de la tierra, durante el período de 32 días, no fue mayor de una milésima por metro cuadrado cada segundo. El micrófono indicó un flujo promedio de una centésima por metro cuadrado cada segundo de partículas de 4 micras de diámetro.

Los viajeros futuros del espacio no tendrán que temer al que se creía ser el enemigo N° 1 de los satélites "Los Meteoritos".

Los rusos han revelado algunos datos sobre el comportamiento de la perrita Laika. Durante la subida del satélite el animal fue acondicionado en tal posición que la aceleración actuaba en él, en la dirección del pecho hacia la cola, presionando el animal contra el piso de la cámara. Esta posición del animal se escogió por ser lo más favorable para su organismo. Simultáneamente con la aceleración, la vibración y el ruido de la maquinaria del cohete, la perrita reaccionó durante su subida. La información obtenida indica que la perrita soportó el aumento en su peso aparente y continuó moviendo su cabeza y su cuerpo libremente, hasta que la aceleración alcanzó cierta magnitud. Después de esto, la perrita fue presionada contra el piso de la cámara y los aparatos no registraron ningún movimiento notable.

En los primeros momentos que siguieron al lanzamiento, las pulsaciones del corazón se triplicaron, comparadas con la frecuencia inicial. Los electrocardiogramas no registraron ningunos síntomas mórbidos. Mostraron un electrocardiograma típico; aparece un corazón que se agita con las llamadas ondas sinusoidales de taquicardia.

Luego cuando el efecto de la aceleración no solamente continuó sino que aumentó, disminuyeron las pulsaciones del corazón.

Como puede imaginarse, con el aumento de peso aparente del animal los movimientos respiratorios del tórax

se hicieron más difíciles. La respiración fue más superficial y frecuente y los registros telemétricos mostraron que en la subida del satélite a su órbita, la perrita respiró 3 ó 4 veces más rápidamente que al principio.

Una vez que el satélite entró en órbita, la fuerza centrífuga que actuaba contrarrestó la atracción de la tierra y se produjo un estado de cuerpo sin peso. En esta condición el cuerpo de la perrita cesó de presionar contra el piso de la cámara. Contrayendo luego los músculos de sus extremidades, se levantó sobre el piso. Los registros sugieren que estos movimientos fueron breves y suaves. La frecuencia de las vibraciones declinó y siguió disminuyendo hasta acercarse a su valor inicial. Sin embargo, para que el número de pulsaciones alcanzara su valor inicial se necesitó un tiempo 3 veces más largo del que se había empleado en los experimentos de laboratorio, cuando el animal se sometió a aceleraciones semejantes a la aceleración de lanzamiento. Esto fue debido probablemente al hecho de que en el satélite la aceleración fue reemplazada por el estado sin peso.

Los electrocardiogramas mostraron cambios nerviosos, reflejos pasajeros en la regularización de la acción del corazón, y en el período siguiente las características se aproximaron a las de la condición inicial del animal. La normalización de la circulación de la sangre y de la respiración durante el período de un estado sin peso, es decir, durante el período en que el satélite se movió en su órbita, indica evidentemente que este factor en sí mismo, no causó cambios esenciales y permanentes en las funciones del animal. Así que puede decirse que el animal soportó muy bien, no solamente la subida del satélite a su órbita sino las condiciones de su viaje en la órbita. Es de notar que la cámara en que el animal viajaba estaba cerrada herméticamente a una presión normal y con un contenido de oxígeno de 20 por ciento a 40 por ciento. El contenido del bióxido de carbono, se mantuvo siempre debajo del 1 por ciento por regeneración del aire. Varios compuestos químicos absorbentes de vapor de agua, de bióxido de carbono, y productores de oxígeno, se usaron como substancias regeneradoras. Estos compuestos químicos absorbieron los gases nocivos producidos en el proceso de la actividad del animal como el amoníaco. El hecho de que la presión de la cámara no disminuyó, muestra que estaba herméticamente cerrada.

No se obtuvo una idea más o menos clara acerca del impacto de las radiaciones cósmicas en el animal de prueba. No se detectaron efectos claros fisiológicos directos de su acción. El primer resultado muestra claramente que un animal puede soportar las condiciones de un vuelo cósmico. En este sentido el resultado positivo de los experimentos, hace posible el continuar con mayor persistencia aún, las investigaciones destinadas a asegurar la salud y la vida del hombre en su viaje espacial.

La muerte de Laika fue consecuencia de falta de oxígeno cuando el aparato para regenerar el aire dejó de actuar. En casos como estos la muerte es instantánea y sin dolor.

Desde que se descubrieron los rayos cósmicos hace unos 40 años, el problema de la naturaleza y origen de la radiación cósmica ha sido uno de los que más ha intrigado a los sabios. Se espera obtener alguna respuesta relativa a la fuerza generadora del más alto voltaje en el universo y quizá también vislumbrar algo del origen divinamente evolutivo del cosmos. Quizá también el comportamiento de las partículas de los rayos cósmicos

nos den una mejor idea de las fuerzas que unen a las partículas sub-atómicas.

Se ha calculado de varias maneras la reflexión de la luz del sol por la tierra, midiendo reflexiones de campos de nieve, nubes, océanos, etc. pero con sus defectos o limitaciones. El satélite mide la radiación que viene a la tierra del sol (un bolómetro mediría la constancia solar), y la radiación reflejada por la tierra al espacio. Estos conocimientos ayudan al meteorólogo en su estudio termodinámico del estado de la tierra y de la atmósfera.

De no menor importancia es el estudio de los rayos ultravioleta y de los rayos que son absorbidos por la atmósfera. Proviene de la corona, la cromosfera y la atmósfera solar. Esta radiación es la causa de la formación de la ionosfera. Las medidas de esta radiación en tiempos de sol con manchas o protuberancias solares, y en tiempos de calmas solares, nos diría algo sobre esas perturbaciones que tanto preocupan al radioaficionado, interrumpen las radiocomunicaciones entre los continentes y producen el desplazamiento de las capas ionizantes con la latitud, las estaciones y el tiempo del día.

Existe por otra parte una mutua influencia entre el campo magnético terrestre y las partículas cargadas que procedentes del espacio, entran al campo terrestre como son los protones, las partículas alfa y los iones más pesados que constituyen los ya mencionados rayos cósmicos.

Se desea comprobar ciertas teorías como la de que los vientos de la ionosfera, arrastran partículas cargadas a lo largo de las líneas de fuerza, haciendo que aquella se comporte como un generador eléctrico, y la de que las corrientes que allí se producen originan campos magnéticos que son medios en la superficie de la tierra como perturbaciones del campo constante. Estas perturbaciones son notables en tiempo de "tormentas magnéticas" y pueden llegar a formar un 10% de la componente permanente.

En toda la tierra, científicos y aficionados y aún los profanos, se han movilizado para estudiar, observar y admirar el paso de estos cuerpos celestes artificiales. Equipos llamados Minitraks provistos de radio siguen a los satélites por medio de sus transmisiones con una precisión extraordinaria. Observadores de todas las naciones en las horas del crepúsculo y de la aurora y en condiciones favorables pueden observar los satélites ya a simple vista ya por medio de binóculos, aparecen como estrellitas de cuarta o sexta magnitud durante unos 8 minutos, mientras cruzan el horizonte. En Cundinamarca y Antioquia se han visto a simple vista como espectáculo inolvidable. El Dr. Manuel Quevedo en Bogotá ha organizado un grupo de observadores que provistos con telescopios acodados procura seguir los satélites anotando las horas, los ángulos de elevación y sus diferentes posiciones.

El satélite tiene dos enemigos mortales: los meteoritos y el aire enrarecido. El impacto de un gran meteorito puede dar cuenta de él en un instante interrumpiendo su afanoso viaje. Las pocas partículas que encuentra a su paso le hacen disminuir su velocidad como está aconteciendo con todos ellos, causándoles una muerte lenta. Descienden a órbitas más bajas y no pudiendo contrarrestar con su velocidad el efecto de atracción de la tierra entran a atmósferas más densas y por la fricción, los satélites, pero no su gloria, se convierten en pavezas. Quizás nadie los puede recoger para muestras de museo.

Finalmente, el satélite ha abierto al hombre, como Colón, un nuevo mundo: el de los espacios siderales. Quizá se puede utilizar como plataforma permanente en el espacio para vigilar al mundo en hora y media, y para ayudarlo a dar el primer salto al espacio a la conquista de otros mundos.

Una enseñanza tienen los satélites para Colombia. Los han lanzado las naciones que tienen más técnicos. Es idea de un estadista moderno alemán, que las naciones sub-desarrolladas que se unan ahora a la técnica de la segunda revolución industrial (automatización) avanzarán; en cambio las que se queden atrás las dejará el tren para siempre y sin remedio. Colombia necesita técnicos para su industria y para su avance científico. Aún es tiempo de formarlos.

BIBLIOGRAFIA

ASLAKSON, Carl I.

"Gravity Observations in Perú and Colombia". *Transactions, American Geophysical Union*. 1942, Part. 2, abril, pgs. 207-211.

ASLAKSON, Carl I. y SCOVICK, Clarence N.

"Gravity Observations in Perú and Colombia". Special Publ. N° 233, U.S. Coast and Geodetic Survey, Washington, 1943, pg. 19.

FIELD, Richard M.

The Navy-Princeton. Gravity Expedition to the West Indies in 1932, U.S. Hydrographic Office, 1933, pgs. 54.

HARRIS, R. Jastrow.

"Upper Atmosphere densities from Minitrack Observations on Sputnik I". *Science*. Vol. 127, N° 3296, 28 febrero, 1958, pgs. 471-472.

HEEZEN, Bruce C.

"Corrientes de turbidez del río Magdalena, Colombia", *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*. Vol. XIV, N° 51-52, 1956, pgs. 135-143.

HOUGHTON, Henry G.

Present position and future possibilities of Weather Control". *Science*. Vol. 38, N° 10, diciembre 1957, pgs. 567-570.

ODISHAW, Hugh.

"International Geophysical Year". *Science*. Vol. 127, Jan., 17, 1958, N° 3290, pgs. 115-128.

RUIZ, José Ignacio.

"Influencia de las desviaciones de la vertical en las coordenadas y en las cotas". Multilith, 1957, pg. 1-6, cuadros, mapa.

VARIOS.

"Programa Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional 1957-1958". Multilith, I.G. A.C. 1956, pgs. 36.

Informe presentado a la Comisión de Cartografía del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. VIII Reunión de Consulta sobre Cartografía. La Habana, Manuscrito, 1958, pgs. 1-16, mapas.

SOBRE LAS LEYES DE KEPLER Y DE NEWTON

CARLO FEDERICI CASA

Profesor de la Universidad Nacional

Esta memoria, lo mismo que las que han salido en esta misma Revista, quiere poner en evidencia, la llamada *estructura algebraica* de los fenómenos ligados a uno tan básico como el de *gravitación universal*, y mostrar cómo la nueva *álgebra de la física* (el viejo análisis dimensional) es instrumento de investigación y de demostración de grande valor.

Antes de Newton (Isaac; Woolsthorpe 1642, Kensington 1727) la Astronomía es una ciencia meramente descriptiva, puesto que ilustra y analiza, cada vez con mayor precisión, los movimientos de los planetas, ligándolos, desde los Babilonios hasta Tolomeo (Claudio; Tolemaide 100, Alejandría 170), en sistemas geométrico-cinemáticos de complejidad cada vez mayor.

En efecto: se comienza con el *sistema geocéntrico* de las veintisiete esferas homocéntricas de Eudoxio de Gnidio (—408, —355) (una esfera para las estrellas, tres esferas para el Sol, tres esferas para la Luna, cuatro esferas para cada uno de los cinco planetas entonces conocidos: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno), *sistema* que él mismo seguramente debía considerar sólo como una construcción geométrica-cinemática apta para representar las trayectorias planetarias y celestes, y que según Simplicio era excelente para Mercurio, Júpiter, Saturno, mediocre para Venus y francamente malo para Marte, la “bestia negra” de los astrónomos hasta Keplero, *sistema* que no obstante todos los defectos que presenta merece toda nuestra admiración por haber sido el primero en que se va más allá de un simple razonamiento filosófico para describir el camino de los astros, y que por lo tanto, es el sistema con que la astronomía, como ciencia, inicia verdaderamente su carrera.

Se pasa luego, y en primer lugar, al sistema geocéntrico de las cincuenta y cinco esferas homocéntricas, de Aristóteles (Estagira-384, Calcide-322) (veintiocho más de las de Eudoxio como “neutralizantes” es decir aptas para salvaguardar la independencia de los diferentes planetas).

En segundo lugar se pasa al sistema geocéntrico de las excéntricas de Aristarco de Samos (—310, —264) que sustituye el de las homocéntricas de Aristóteles, puesto que las variaciones periódicas del esplendor de Venus y de Marte hacían insostenible la hipótesis de la invariabilidad de sus distancias a la Tierra, así como la variación del diámetro aparente de la Luna, —variación que llega hasta a 1/10 del mismo máximo y que permite explicar cómo los eclipses centrales del Sol pueden ser a veces totales y a veces anulares, hacía insostenible la hipótesis de la invariabilidad de la distancia de la Luna a la Tierra. En este sistema la Tierra ocupa el centro, el Sol describe en un año la circunferencia concéntrica (la eclíptica) a la Tierra, así como la Luna describe una circunferencia concéntrica a la Tierra en 27 días, y los cinco planetas describen circunferencias excéntricas, cuyos centros están situados sobre la recta Tierra-Sol de manera que la Tierra es externa a las circunferencias relativas a Venus y a Mercurio e interna a las circunferencias relativas a Marte, Júpiter y Saturno.

En tercer lugar se pasa al sistema geocéntrico de los epíclidos de Tolomeo (Claudio, Tolemaide 100, Alejandría 170), basado esencialmente en las obras de Apolonio (Pérgamo-260, Alejandría-200) y de Hipparco (Nicaea-190, Rodi-124) que se proponen dar cuenta, a través de una serie de pruebas matemáticas, de las irregularidades ya numerosas al tiempo de Apolonio, que el sistema de Aristarco era incapaz de explicar, sistema que conservara el favor de la humanidad durante catorce o quince siglos por satisfacer cierta inclinación narcisista del hombre, sistema en el cual el centro es la Tierra, alrededor de la cual la Luna más cerca y el Sol más lejos, describen dos circunferencias fijas mientras que por cada planeta se emplean dos circunferencias: una fija, la “deferente”, que tiene su centro en el centro de la Tierra y la otra móvil, la “epicicla”, que tiene su centro sobre la “deferente”; el planeta describe la “epicicla” con movimiento directo, mientras que el centro de la misma (epicicla) describe la deferente también con movimiento directo.

Por último se pasa al sistema heliocéntrico de Copérnico (Nicola; Thorn 1473, Frauenburg 1543), que simplifica la geométrica-cinemática del sistema solar en su revolucionario “De revolutionibus orbium celestium” (cuyas pruebas de imprenta recibe en su lecho de muerte el año de 1543), pero sin enunciar ninguna hipótesis física que se pueda resumir y consolidar en un sistema de postulados que permita deducir aquella misma geométrica-cinemática, faltando entonces observaciones precisas sobre las cuales establecer firmemente los hechos necesarios para poder enunciar con provecho el deseado sistema de postulados; libro revolucionario que marca una de las etapas esenciales del pensamiento y tal que apenas se pueda citar dos o tres otras obras que se le puedan comparar en el orden de las repercusiones habidas en la humanidad: libro revolucionario en que se inician los tiempos modernos, no sólo para la astronomía sino también para la filosofía.

En el décimo capítulo de su obra es donde Copérnico presenta “el orden nuevo” para su gloria. El centro del sistema, centro del mundo, es el Sol, fijo; “órbitas sólidas” arrastran los planetas alrededor del mismo y la Tierra móvil, que lanzada sobre la “eclíptica”, alrededor del astro central, recorre en 1 año su trayectoria y girando sobre sí misma en 24 horas toma rango entre los demás planetas; en fin la esfera de las estrellas fijas, inmóvil y límite del Universo.

Los períodos de revolución de los planetas son, expresados en días

Nm .	Mercurio .	Venus .	Tierra .	Marte .	Júpiter .	Saturno
Pr	80	275	365	730	4380	10950

Las observaciones que hacían falta a Copérnico, las suministra abundantemente el astrónomo danés Ticho (Brahe; Kundstrup 1546, Praga 1601) —tan incomparable observador como miope teórico—, y vienen ampliadas y resumidas por quien le sucede en la cátedra de “matemático imperial” a la Corte de Praga, es decir por

Kepler (Juan; Weil 1571, Ratisbona 1630), en las tres leyes que hoy llevan su nombre:

“la órbita de un planeta es una elipse con el Sol en uno de los focos”; “el segmento que une el Sol a un planeta describe áreas iguales en tiempos iguales”; “la potencia 3 de las distancias medias de los planetas al Sol, es decir, las semidistancias entre afelio y perihelio de cada planeta, son proporcionales a la potencia 2 de los períodos de revolución de los planetas alrededor del Sol”, las primeras dos enunciadas en el año de 1609 en su “Astronomía nova” (Heidelbergae) y la tercera en el año de 1619 en su “Harmonices Mundi” (Linz).

Las leyes de Kepler constituyen la culminación de miles de años de búsqueda según una geometría-cinématica empírica del cielo y se puede afirmar que cierran el “período de la cinemática celeste” y abren la “época” de la “mecánica celeste”, —según la distinción que hace Peguy entre “período” y época” correspondiente aquel a una evolución lenta, progresiva y regular y esta a un “nudo” a una “era” según Pelsener, —mecánica celeste que se inicia con las investigaciones de Newton en el año de 1666 y que toma cuerpo sólo en el año de 1682.

Las leyes de Kepler son descubiertas después de veintidós años de cálculos sin fin (sin logaritmos!) y de ensayos en que se descartan, despiadadamente, una hipótesis después de otra, cuando se observa que la misma no satisface las exigencias de la precisión con que han sido hechas las observaciones.

Solo la fe pitagórica en una armonía matemática de la naturaleza, armonía posible de ser evidenciada pudo sostenerlo; la historia de su perseverancia, no obstante las persecuciones y las tragedias domésticas que habrían quebrado la resistencia de un hombre normal, es una de las más heroicas de la ciencia.

En la Tabla 1 se han consignado las distancias medias, en mt. de cada planeta al Sol, y de cada satélite (considerado como un “planeta”) al relativo planeta (considerado como un “sol”) y la mantisa del logaritmo decimal de las mismas, y los períodos de revolución, en sc. de cada planeta alrededor del Sol y de cada satélite (considerado como un “planeta”) alrededor del relativo planeta (considerado como un “sol”), y la mantisa del logaritmo decimal de los mismos.

En la Tabla 2 hemos escogido el eje de las abscisas para representar la variable cerodimensional $\lg(\text{Pr}/10^p \text{ sc})$ en la cual Pr representa el período de revolución, en sc. de un planeta alrededor del sol o de un satélite alrededor del relativo planeta, y $p = 6,6,4,4,4,5,5$, con respecto al Sol, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno ordenadamente, y el eje de las ordenadas para representar la variable cerodimensional $\lg(\text{Ds}/10^d \text{ mt})$ en la cual Ds representa la distancia media, (semidistancia entre Afelio y Perihelio) en mt. de un planeta al Sol, o de un satélite al relativo planeta y en que $d = 10, 8, 6, 10, 10, 10, 10$, con respecto a Sol, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno ordenadamente, de manera que podemos escribir:

$$X = \lg(\text{Pr} / 10^p \text{ sc}), \text{ et, } Y = \lg(\text{Ds} / 10^d \text{ mt})$$

El hecho de que los puntos imágenes de los planetas con respecto al Sol y de los satélites considerados como “planetas” con respecto a los relativos planetas, considerados como “soles” pertenezcan a rectas, por lo menos en primera aproximación, y todas paralelas a la recta

(0,0) (3,2) conduce a afirmar que la ley que liga X a Y, en primera aproximación, tiene que ser del tipo:

$$“Y = (2 / 3) X + \lg Kp-”$$

(siendo $\lg Kp-$ el segmento que cada recta corta sobre el eje de las Y, dependiente del “sol” considerado) y entonces se sigue que la ley que liga Pr a Ds tiene que ser (por lo menos en primera aproximación) del tipo: $0 = 2X - 3Y + 3\lg Kp- - 2\lg(\text{Pr}/10^p \text{ sc}) - 3\lg(\text{Ds}/10^d \text{ mt}) + 3\lg Kp- = \lg(\text{Pr}/10^p \text{ sc})^2 (\text{Ds}/10^d \text{ mt})^{-3} (kp-)^3 = \lg(\text{Pr}^2 \text{Ds}^{-3} \text{Kp}^3 \text{sc}^{-2} \text{mt}^3 10^{-p+3d}) = 0$ de donde se deduce que

$$1 = \text{Pr}^2 \text{Ds}^{-3} \text{Kp}^{-3} \text{sc}^{-2} \text{mt}^3 10^{-2p+3d}$$

o, mejor, que

$$\text{Ds}^3 / \text{Pr}^2 = \text{Kp}^{-3} 10^{3d-2p} \text{mt}^3 \text{sc}^{-2}$$

que es la ley tercera de Kepler en primera aproximación. Calculándolos, o leyéndolos directamente en el Gráfico de la Tabla 2 se encuentra que los valores que $\lg Kp-$ asume ordenadamente para el Sol, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno son: 0,175; 0,336; 0,693; 0,162; 0,345; 0,073; 0,062 de manera que los valores de $Kp-$ son, ordenadamente: 3,351; 10,20, 119,6; 0,3275; 0,0924; 1,650; 1,536 de manera que la tercera ley de Kepler para los diferentes sistemas “solares” Sol, Tierra, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno puede escribirse ordenadamente como sigue, si se recuerdan los valores de d y de p $\text{Ds}^3 / \text{Pr}^2 = 3,351 \cdot 10^{18} \text{mt}^3 \text{sc}^{-2}$ para el sistema “solar”

= 1,020	. 10 ¹³	Sol
= 1,196	. 10 ¹²	Tierra
= 3,275	. 10 ¹⁵	Marte
= 9,245	. 10 ¹⁴	Júpiter
= 1,650	. 10 ¹⁴	Saturno
= 1,536	. 10 ¹⁴	Urano
		Neptuno

y entonces, en general, podemos afirmar que

$$“\text{Ds}^3 / \text{Pr}^2 = \text{Kp} = \text{constante de Kepler}”$$

en donde Kp es constante, por lo menos en primera aproximación, para cada sistema “solar” y variable de sistema “solar” a sistema “solar”, o en otras palabras que: “Kp, es variable dependiente del “sol” y es constante o invariable, por lo menos en primera aproximación, con respecto a los “planetas” una vez que se haya fijado el “sol””.

Se puede entonces afirmar que Kp (constante de Kepler), no es una constante cinemática universal, o sea igual para todos los sistemas “solares” sino una constante “solar” dependiente entonces de alguna magnitud dinámica “solar” característica y por lo tanto igual al producto, por lo menos en primera aproximación, de la masa “solar” Ms elevada a un exponente m, por ahora indeterminado, por una verdadera constante dinámica universal Nc cuyas dimensiones tienen entonces que ser tales que:

$$\ln^3 dr^{-2} = \text{Kp} = \text{Ms}^m \text{Nc} = \text{mi}^m \cdot \text{Nc} = \ln^3 dr^{-2}$$

y entonces tales que

$$\text{Nc} = \ln^3 dr^{-2} \text{mi}^{-m}$$

de manera que la tercera ley de Kepler se puede escribir en la forma:

$$\text{Ds}^3 / \text{Pr}^2 = \text{Ms}^m \cdot \text{Nc}$$

que evidencia, mejor que la precedente, la dependencia del cociente

$$\text{Ds}^3 / \text{Pr}^2 \text{ de la masa “solar” Ms.}$$

A la misma conclusión podemos llegar también de la siguiente manera:

“si se acepta, para una mayor sencillez, (lo que es posible por lo menos en primera aproximación) que la 1ª y 2ª ley de Kepler se pueden enunciar ligándolas en la forma “la órbita descrita por un “planeta” alrededor del “sol” es una circunferencia de la que el “sol” ocupa el centro y que el planeta describe con un movimiento uniforme” y si se recuerda el 1º principio de la dinámica “todo cuerpo persevera en su estado de movimiento rectilíneo uniforme (o de quietud, en particular) hasta que no interviene una fuerza a cambiar tal estado” entonces podemos deducir, — de la coexistencia de las proposiciones enunciadas, la existencia de una fuerza Fr que actúa sobre el “planeta” y debida necesariamente a una atracción por parte del “sol” y en virtud del 3º principio de la dinámica, “si un cuerpo A actúa sobre un cuerpo B con una fuerza F según la recta A B y en el sentido, para fijar las ideas B A, entonces el cuerpo B actúa sobre el cuerpo A con una fuerza igual a F (según la recta B A y en el sentido A B)” podemos deducir también “la existencia de la fuerza Fr que actúa sobre el “sol” (y debida necesariamente a la atracción por parte del “planeta””.

En conclusión podemos afirmar que:
“existe una fuerza de intensidad Fr, aplicada en Pl (Planeta) cuya línea de acción es Pl Sl y cuyo sentido es Pl Sl y existe una fuerza, de intensidad Fr, aplicada en Sl (sol) cuya línea de acción es Sl-Pl y cuyo sentido es Sl Pl”.

Tratemos entonces de encontrar la relación que liga esta fuerza Fr a las masas Ms y Mp del “sol” y del “planeta” a la distancia Ds entre el “sol” y el “planeta” y a la constante Kp de Kepler supuesta universal (no se necesitan otros datos puesto que los aducidos determinan “completamente” el problema en virtud de las mismas leyes de Kepler).

La relación que estamos buscando siempre se podrá expresar en la forma, siendo fi una función por ahora indeterminada:

$$0 = f_i (Fr, Ms, Mp, Ds, Kp)$$

y entonces el álgebra de las magnitudes nos sugiere calcular los monomios cerodimensionales Cd cuyos factores no todos aparentes sean los argumentos de fi, o sea los monomios Cd tales que, siendo f, s, p, d, k no todos ceros:

$$\ln^o dr^o mi^o = Cd = Fr^f Ms^s Mp^p Ds^d Kp^k = (\ln dr^2 mi)^f (mi)^s (mi)^p (\ln^3 dr^{-2})^k = \ln^{f+d+3k} dr^{-2f-2k} mi^{f+s+p} = \ln^o dr^o mi^o$$

en donde ln, dr, mi significan respectivamente longitud, duración, masa inercial, es decir que

$$0 = f + d + 3k = -2f - 2k = f + s + p$$

de donde escogiendo f y p como variables independientes se deduce que

$$s = -f, p, \text{ et, } d = 2f, \text{ et, } k = -f$$

de manera que los monomios Cd que estamos buscando tienen que ser tales que:

$$Cd = Fr^f Ms^{-f-p} Mp^p Ds^{2f} Kp^{-f} = (Fr Ms^{-1} Ds^2 Kp^{-1})^f (Mp Ms^{-1})^p$$

o sea, productos de potencias arbitrarias de los dos Cd independientes

$$Cd_1 = Fr Ms^{-1} Ds^2 Kp^{-1}, \text{ et, } Cd_2 = Mp Ms^{-1}$$

de manera que, en virtud del postulado fundamental de

Vaschy-Buckingham, la relación que estamos buscando tiene que ser del tipo:

$$0 = f_i (Ad_{-1} Fr Ms^{-1} Ds^2 Kp^{-1}, Ad_{-2} Mp Ms^{-1})$$

de donde, aprovechando la indeterminación de Ad₋₁, Ad₋₂, fe, se deduce que

$$Fr = (Ms Kp / Ds^2) \cdot f_n (Mp / Ms)$$

siendo fn una función indeterminada.

Tal expresión de Fr en función de Ms, Kp, Ds, Mp es evidente y esencialmente “asimétrica” con respecto a Ms y a Mp contrariamente a lo que debíamos esperar si hubiésemos respetado la tercera ley de la dinámica.

Esta contradicción se supera y se resuelve si se admite que la constante Kp de Kepler no es universal, sino el producto de una constante dinámica universal Nc por una potencia, de exponente por ahora indeterminado, de la masa Ms del “sol”, o sea que

$$Kp = Ms^m \cdot Nc$$

como ya lo dedujimos de los resultados de la Tabla 2 de manera que la constante universal Nc es de tipo dimensional tal que

$$Nc = Kp / Ms^m = \ln^3 dr^{-2} / mi^m = \ln^3 dr^{-2} mi^{-m}$$

y la tercera ley de Kepler se enuncia, como ya sabíamos:

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc \cdot Ms^m$$

Tratemos ahora de deducir la ley, que tiene que existir por lo dicho, entre Fr, Ms, Ds, Nc, magnitudes de las cuales ya se conoce el significado.

La ley que estamos buscando siempre podrá ponerse en la forma:

$$0 = f_i (Fr, Ms, Mp, Ds, Nc)$$

siendo fi una función por ahora indeterminada, y entonces el álgebra de las magnitudes nos sugiere calcular los monomios cerodimensionales Cd cuyos factores no todos aparentes sean los argumentos de fi, o sea los monomios Cd tales que, siendo f, s, p, d, n no todos ceros:

$$\ln^o dr^o mi^o = Cd = Fr^f Ms^s Mp^p Ds^d Nc^n = (\ln dr^{-2} mi)^f (mi)^s (mi)^p (ld)^d (\ln^3 dr^{-2} mi^{-m})^n = \ln^{f+d+3n} dr^{-2f-2n} mi^{f+s+p-nm} = \ln^o dr^o mi^o$$

de donde se deduce que

$$0 = f + d + 3n = -2f - 2n = f + s + p - nm$$

de donde, considerando las variables f y p como independientes se deduce que:

$$s = -p - (m + 1) f, \text{ et, } d = 2f, \text{ et, } n = -f$$

de manera que los monomios Cd que estamos buscando tienen que ser del tipo tal que:

$$Cd = Fr^f Ms^{-p-(m+1)f} Mp^p Ds^{2f} Nc^{-f} = (Fr = Ms^{-m-s} Ds^2 Nc^{-1})^f (Mp Ms^{-1})^p$$

o sea, productos de potencias arbitrarias de los dos Cd independientes

$$Cd_{-1} = Fr Ms^{-m-1} Ds^2 Nc^{-1}, Cd_{-2} = Mp Ms^{-1}$$

o mejor, para ligar directamente Fr a Mp

$$Cd_1 = Fr Ms^{-m} Mp^{-1} Ds^2 Nc^{-1}, Cd_2 = Mp Ms^{-1}$$

de manera que en virtud del postulado fundamental de Vaschy-Bucingham la relación que estamos buscando tiene que ser del tipo tal que

$$0 = f_i (Ad_{-1} Fr Ms^{-m} Mp^{-1}, Ad_{-2} Mp Ms^{-1})$$

o también del tipo tal que

$$Ad_{-1} Fr Ms^{-m} Mp^{-1} Ds^2 Nc^{-1} = fe (Ad_{-2} Mp Ms^{-1})$$

o mejor todavía, tal que

$$Fr = (Nc Ms^m Mp / Ds^2) \cdot f_n (Mp^v Ms^{-v})$$

aprovechando las indeterminaciones de Ad^{-1} , Ad^{-2} y fe . Si en este punto se recuerda que, en virtud del ya citado 3er. principio de la dinámica la expresión de Fr tiene que ser simétrica con respecto a Ms y a Mp se deduce que

$$m = l, \text{ et, } v = -v, \text{ o sea que } m = l, \text{ et, } v = 0$$

y entonces que

$$Fr = Nc Ms Mp / Ds^2$$

que es la fórmula ya demostrada por Newton en el año de 1666 y publicada solo en el año de 1682 a la distancia de dieciséis años, en la fundamental obra: "Philosophiæ naturalis principia mathematica" — London.

La fórmula que precede, y a la cual Newton llega por otro camino, (véase por ejemplo "Historie de la Mécanique" de Ducas) pone punto final a las "divinaciones" de

De-Dominis (Marco Antonio; Spalato 1566, Roma 1624) que en su "Euripiis, seu de fluxu et refluxu maris sententia — Romae 1624" busca explicar las mareas por medio de la atracción de la luna sobre las aguas; de Kepler que en su "Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum" (Tubingen 1596) atribuye el movimiento de la luna a la atracción de la tierra, y que, más explícitamente, en su "Epitomaes astronomiæ copernicanae liber quartus" (Lentiis ad Danubium 1620), afirma que en el sol como en todo planeta existe una "prensatio" o "vis prensandi" (preño = traigo) que se transmite en línea recta, en todo el espacio, a través de todos los cuerpos y depende (la prensatio) de sus masas (del sol y del planeta) y de su recíproca distancia según la relación $Fr = Ms / Ds$;

de Bouillaud o Bullialdus (Ismaele; París 1605, París 1694) que en su "Astronomia Philolaica" Parisiæ 1645, afirma que:

"la fuerza que el sol ejerce sobre los planetas está en razón inversa al cuadrado de las relativas distancias; de Borelli (Juan Alfonso; Nápoles 1608, Roma 1679) que en su "Theoricæ Mediceorum planetarum causis phisicis deductæ" — Florentiæ 1666, admite que los planetas gravitan hacia el sol por la misma virtud por la cual un cuerpo gravita hacia la tierra; de Hooke (Roberto; Freshwater 1635, Londres 1702) que en su "An attempt to prove the of the Earth" London 1674, afirma que: "todos los cuerpos celestes sin excepción, ejercen un poder de atracción o de pesantes dirigido hacia el propio centro..."

... todos los cuerpos una vez puestos en movimiento uniforme y rectilíneo persisten en moverse así indefinidamente en línea recta hasta que otras fuerzas lleguen a desviarlos de sus caminos hacia una circunferencia una elipse o cualquier otra curva más complicada...

... los poderes atractivos se ejercen con mayor energía a medida que los cuerpos sobre los cuales actúan se acercan al centro de donde los poderes emanan...

La demostración dada por Newton integra en una síntesis poderosa las leyes astronómicas de Kepler la ley de la fuerza centrífuga de Huyghens (Christian; van Zuylichen; la Haya 1629, la Haya 1695) y las leyes sobre caídas de los graves Galilei (Galileo; Pisa 1564, Firenze 1642) de manera que estos últimos tres grandes tienen que ser considerados como los principales precursores del grande de quien Halley dijo "Nec fas est proprii mortali attingere Divos" y que se recuerda en la inscripción del monumento que le ha sido erigido en el

Trinity College, como el que "Genus humanum ingenio superavit".

En lo que concierne a la demora de 16 años entre la demostración y la publicación de la fórmula se puede afirmar que mientras Newton desde el año de 1666 había vislumbrado el cuadro comprensivo de validez universal de su ley sobre gravitación universal, los cálculos no estaban confirmados por las observaciones, en cuanto que la intensidad de la atracción que la tierra ejerce sobre la luna, magnitud calculada basándose en el movimiento de la luna, no parecía corresponder, en el sentido de la ley newtoniana, con la intensidad de la fuerza de gravedad sobre la superficie de la tierra, así que Newton, pensando que otras fuerzas, además de las consideradas tenían que actuar abandonaba, descorazonado, las búsquedas, las investigaciones.

Solamente 16 años más tarde, o sea en el año 1682, cuando llegó a conocer que las nuevas medidas geodésicas de la circunferencia terrestre habían proporcionado un valor que llegaba a ser una sexta parte mayor que aquel hasta entonces conocido, volvió a reanudar sus búsquedas y esta vez los cálculos coincidieron con las observaciones.

Es esta la explicación que presentan sobre tal demora algunos historiadores de la física, pero otros, por ejemplo Couderc afirman ser todo esto una leyenda puesto que un error del 15% no era de tal naturaleza como para desviar de su idea un físico así avezado como Newton que entre otras cosas no podía ignorar la imprecisión de las medidas relativas a la tierra.

Según este historiador de la astronomía una dificultad de índole más grave impidió por largo tiempo la verificación.

El peso de un objeto depende de la atracción, sobre el objeto mismo de todos los puntos de la tierra y no es de ninguna manera evidente que la tierra actúe como si toda su masa fuera concentrada en el centro así que como distancia entre objetos y tierra debería ser considerada aquella igual al radio terrestre. Newton tenía que emplear algunos años para establecer tal ley sin la cual ningún cálculo habría podido ser iniciado. Newton tenía que crear, y es esto uno entre los grandes méritos suyos, el instrumento matemático necesario a su trabajo: el cálculo de las fluxiones.

Una vez demostrado, por medio del cálculo de las fluxiones, que una masa esférica atrae como si estuviera concentrada en el centro de la esfera, Newton prosiguió para verificar su ley, de la manera siguiente:

Sabiendo que el radio DI de la órbita lunar es del orden de $60Rt$, siendo Rt el radio terrestre, la fuerza que mantiene la luna sobre su órbita tendría que ser 3600 veces más débil que la gravedad en la superficie de la tierra, y como un cuerpo cayendo en caída libre en los alrededores de la tierra recorre en el primer segundo una distancia de 15 pies de París o 180 pulgadas, entonces la luna tendría que caer hacia la tierra a razón de $1/20$ de pulgada por segundo.

Conociendo el período $P1$ del movimiento de la luna y la magnitud de la órbita se puede fácilmente calcular esta caída: con los datos que se conocían en aquella época en Inglaterra, Newton encuentra el valor $1/23$ de pulgadas.

Con otras palabras el razonamiento de Newton se puede poner en la forma que sigue:

“si se indica con Mc una masa cualquiera en la superficie de la tierra con Gr la aceleración de gravedad, con Nc la constante de Newton-Cavendish (incógnita), con Mt la masa terrestre (incógnita), con Rt el radio terrestre (incógnito), con Ml la masa lunar (incógnita), con Dl la distancia de la luna a la tierra, con Vl la velocidad de la luna sobre su órbita y con Pl el período de revolución (sinódico) lunar, entonces podemos escribir que:

$$Mc \cdot Gr = \text{la fuerza con que la tierra atrae a } Mc = \frac{Nc \cdot Mt \cdot Mg}{Rt^2}$$

de donde se deduce que:

$$Nc \cdot Mt \cdot Gr \cdot Rt^2$$

y además

$$Nc \cdot Mt \cdot Ml / Dl^2 = \text{la fuerza con que la tierra atrae la luna} = \text{la fuerza centrípeta que retiene a la luna sobre su órbita} = \frac{Ml \cdot Vl^2}{Dl} = \frac{Ml \cdot (2 \cdot Dl)^2}{Dl} = 4\pi^2 \cdot Ml \cdot Dl / Pl^2$$

de donde se deduce que

$$Nc \cdot Mt \cdot Pl^2 = 4\pi^2 \cdot Dl^3$$

y entonces usando de la precedente se deduce que

$$Gr \cdot Rt^2 \cdot Pl^2 = 4\pi^2 \cdot Dl^3$$

de la cual, indicando con Cc al cociente Dl/Rt, se deduce que:

$$Rt \cdot Gr \cdot Pr^2 / 4\pi^2 \cdot Cc^3$$

En 1666 el radio terrestre Rt, medido a través de observaciones geodésicas era tal que $Rt = 5,40 \cdot 10^6$ mt mientras que, calculado con la fórmula que precede y los datos que en el mismo año se conocían, resulta ser que:

$$Rt = 9,80 \text{ mt} \cdot \text{sc}^{-2} \cdot (2,36 \cdot 10^6 \text{ sc})^2 / 4,3,14^2 \cdot 60^3 = 6,40 \cdot 10^6 \text{ mt}$$

o sea, la diferencia relativa es tal que

$$(Rt_e - Rt_g) / Rt_e = (6,4 - 5,4) / 6,4 = 5/32 = 15/100 = 0,15$$

error admisible, como ya se había dicho.

Ahora que poseemos la ley de gravitación en la forma

$$Fr = Nc \cdot Ms \cdot Mp / Ds^2$$

con la constante universal Nc, de Newton — Cavendish (Erico; Niza 1731, Londres 1810), evidenciada y del tipo dimensional;

$$Nc = Fr \cdot Ds^2 / Ms \cdot Mp = \ln \cdot dr^{-2} \cdot mi \cdot \ln^2 / mi = \ln^3 \cdot dr^{-2} \cdot mi^{-1}$$

y cuyo valor determinó experimentalmente Cavendish, se quiere buscar la 3ª ley de Kepler en su segunda aproximación. Para tal efecto se debe buscar la relación que existe entre el período de revolución Pr de un “planeta” alrededor del “sol”, la distancia media Ds entre el mismo planeta y el sol, las masas Mp y Ms respectivamente, y la constante universal Nc, relación que siempre podemos pensarla en la forma $0 = Fi$ (Pr, Ds, Mu, Ms, Nc) siendo Fi una función, por ahora, indeterminada.

El álgebra de las magnitudes sugiere, entonces, buscar los monomios cerodimensionales Cd cuyos factores no todos aparentes sean los argumentos de Fi o sea los monomios Cd del tipo tal que, siendo r, d, p, s, n no todos ceros,

$$\ln^o \cdot dr^o \cdot mi^o = Cd = Pr^r \cdot Ds^d \cdot Mt^p \cdot Ms^s \cdot Nc^n = (Dr)^r \cdot (\ln)^d \cdot (mi)^p \cdot (mi)^s \cdot (\ln^3 \cdot dr^{-2} \cdot mi^{-1})^n = \ln^{d+3n} \cdot dr^{r-2n} \cdot mi^{p+s-n} = \ln^o \cdot dr^o \cdot mi^o$$

de donde se deduce que

$$0 = d + 3n = r - 2n = p + s - n$$

de donde escogiendo a n y a p como variable independientes se deduce que

$$d = -3n, \text{ et, } r = 2n, \text{ et, } s = n - p$$

de manera que los monomios Cd que estamos buscando son todos y sólo tales que

$$Cd = Pr^r \cdot Ds^d \cdot Mp^p \cdot Ms^s \cdot Nc^n = Pr^{2n} \cdot Ds^{-3n} \cdot Mp^p \cdot Ms^{n-p} \cdot Nc^n = (Pr^2 \cdot Ds^{-3} \cdot Ms \cdot Nc)^n \cdot (Mp \cdot Ms^{-1})^p = Cd$$

o sea todos y solo productos de potencias arbitrarias de los Cd tales que

$$Cd = Pr^2 \cdot Ds^{-3} \cdot Es \cdot Nc, \text{ et, } Cd_2 = Mp \cdot Ms^{-1}$$

así que la ley que estamos buscando, en virtud del postulado fundamental de Vaschy — Buckingham, tiene que ser del tipo:

$$0 = Fi (Ad^x, Ds^3 \cdot Pr^{-2} \cdot Ms^{-1} \cdot Nc^{-1}, Ad_2^x \cdot Mp \cdot Ms^{-1})$$

o, mejor aun, del tipo tal que

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc \cdot Ms \cdot Fn (Mp / Ms)$$

que es la tercera ley de Kepler generalizada.

Si después, se toma en consideración la regla de ligar todo “período” (piénsese en aquel del “péndulo”) a 2π en la forma $Pr / 2\pi$, entonces la última fórmula, aprovechando la indeterminación de fn, toma la forma

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc \cdot Ms \cdot fn (Mp / Ms) / 4^2$$

y si recordamos que como fórmula de Kepler en primera aproximación (experimental) teníamos

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc \cdot Ms / 4\pi^2$$

entonces podemos concluir que la fórmula de Kepler en segunda aproximación tiene que ser del tipo tal que:

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc \cdot Ms (I + Ad \cdot Mp / Ms) / 4^2 = Nc (Ms + Mp) / 4^2$$

siendo Ad una constante adimensional, por ahora indeterminada.

Una consideración sobre el movimiento efectivo de Mp y de Ms, —ambas masas giran alrededor del bari-centro del sistema cuya masa total es $Ms + Mp$ —, permite pensar que Ad tiene que ser igual a I —de manera que la 3ª ley de Kepler en su forma de 2ª aproximación (y definitiva) es tal que

$$Ds^3 / Pr^2 = Nc (Ms + Mp) / 4\pi^2$$

La tendencia sana, a la “racionalización” de las fórmulas físicas induce a escribir la fórmula de Newton en la forma

$$Fr = Ms \cdot Mp / 4\pi \cdot Cn \cdot Ds^2$$

siendo Cn la nueva constante gravitacional (de Cavendish-Newton) cuyo valor es tal que:

$$Cn = 1,194 \text{ mt}^{-3} \cdot \text{sc}^2 \cdot \text{kg}$$

y entonces la fórmula de Kepler es de la forma tal que:

$$Pr^2 / Ds^3 = 16\pi^3 \cdot Cn / (Ms + Mp)$$

Nota—Si consideramos una tabla de los datos relativos a los principales Cometas periódicos, por ejemplo la de la “Astronomía” de José Comas Solá y se calcula en mt la semidistancia Ds entre Perihelio y Afelio y en sc el período Pr de revolución (véase tabla Nr) y se construye el gráfico tomado

$$X = \lg (Ds / 10'' \text{ mt}), \text{ et, } Y = \lg (Pr / 10^3 \text{ sc})$$

entonces es dable darse cuenta de que

$$Y = 3X / 2 - 0,76$$

es decir que

$$0 = 3X - 2Y - 1,52$$

$$\begin{aligned} &= 3\lg (D_s / 10^{10} \text{ mt}) - 2\lg (\text{Pr}/10^8 \text{ sc}) - \lg 33,5 = \\ &= \lg (D_s^3 10^6 \text{ sc}^2 / 10^{33} \text{ mt}^3 \text{ Pr}^2 3,35 \cdot 10) = \\ &= \lg (D_s^3 / \text{Pr}^2 \cdot 3,35 \cdot 10^{18} \text{ mt}^3 \text{ sc}^{-2}) = 0 \end{aligned}$$

de donde se deduce que

$$D_s^3 / \text{Pr}^2 \cdot 3,35 \cdot 10^{18} \text{ mt}^3 \text{ sc}^{-2} = 1$$

es decir que

$$D_s^3 / \text{Pr}^2 = 3,35 \cdot 10^{18} \text{ mt}^3 \text{ sc}^{-2}$$

o sea que para los cometas la semidistancia D_s , entre Perielio y Afelio, y el período Pr de revolución satisfacen a la misma ley, con la misma constante de Kepler, a la cual satisfacen los planetas.

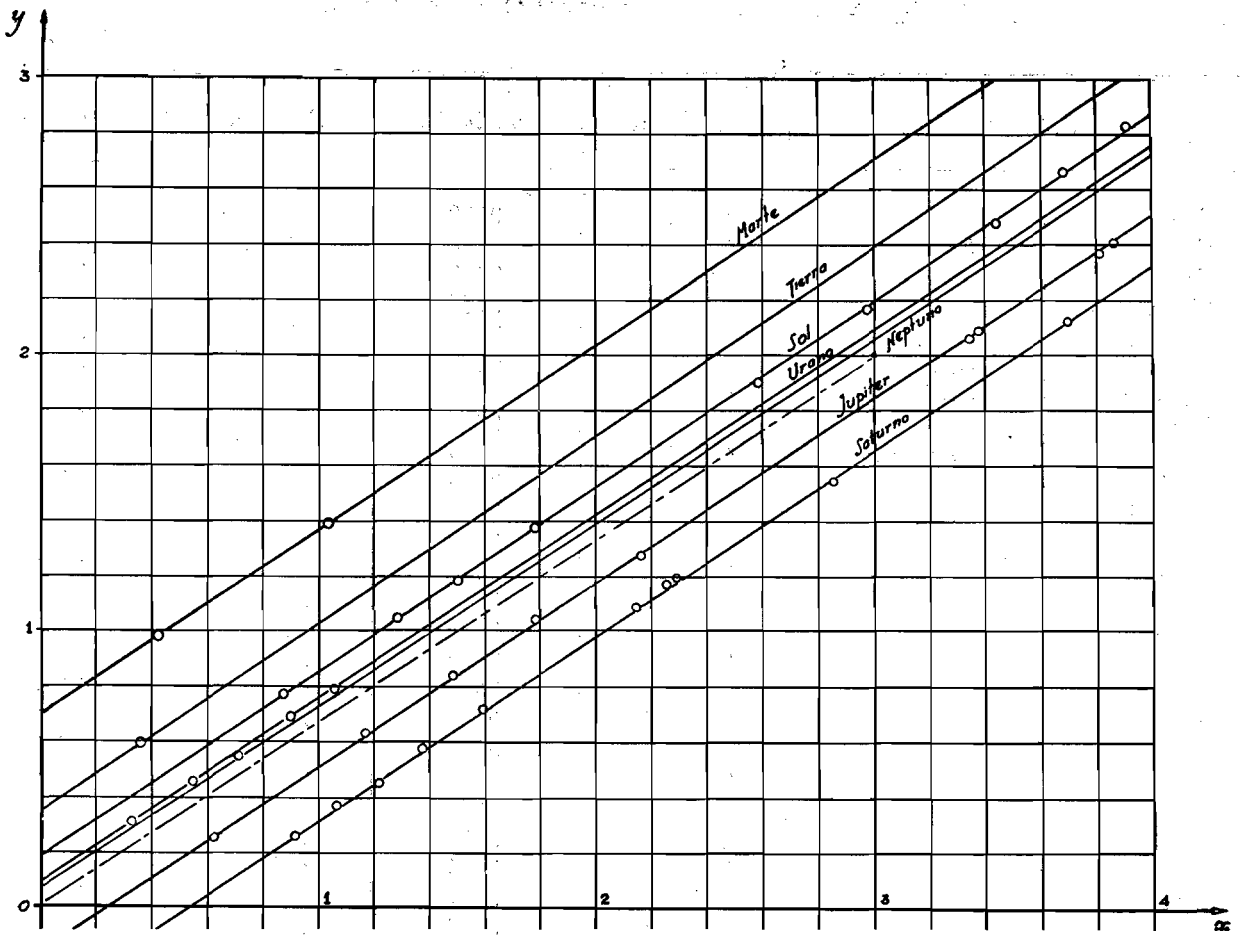
Esto permite afirmar que los cometas pertenecen al sistema solar así como al mismo pertenecen los planetas.

TABLA N° 1

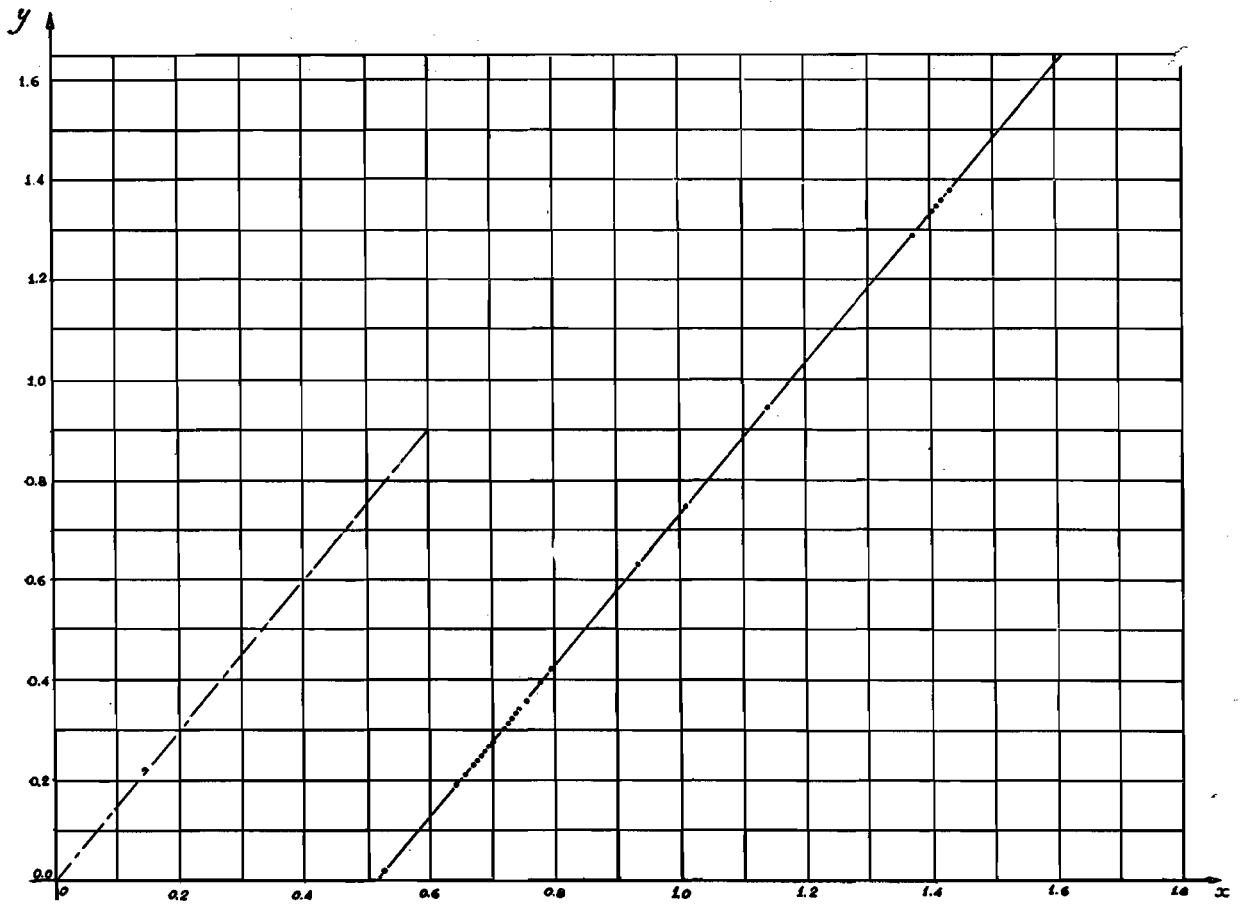
PLANETA	SATELITE	D_s en mt.	$m \lg D_s$	Pr en sc.	$m \lg \text{Pr}$
Mercurio		$5,78 \cdot 10^{10}$	0,762	$7,60 \cdot 10^6$	0,881
Venus		$1,08 \cdot 10^{11}$	0,034	$1,94 \cdot 10^7$	0,288
Tierra		$1,50 \cdot 10^{11}$	0,175	$3,16 \cdot 10^7$	0,499
Marte	Luna	$3,84 \cdot 10^8$	0,585	$2,36 \cdot 10^6$	0,373
		$2,28 \cdot 10^{11}$	0,357	$5,94 \cdot 10^7$	0,773
Júpiter	Deimo	$9,50 \cdot 10^6$	0,978	$2,68 \cdot 10^4$	0,428
	Febo	$2,37 \cdot 10^7$	0,375	$1,09 \cdot 10^5$	0,037
Saturno		$7,78 \cdot 10^{11}$	0,891	$3,74 \cdot 10^8$	0,573
	V	$1,80 \cdot 10^8$	0,256	$4,23 \cdot 10^4$	0,627
	Yo	$4,21 \cdot 10^8$	0,625	$1,52 \cdot 10^5$	0,182
	Europa	$6,70 \cdot 10^8$	0,826	$3,07 \cdot 10^5$	0,487
	Ganimedes	$1,07 \cdot 10^9$	0,029	$6,18 \cdot 10^5$	0,791
	Calisto	$1,18 \cdot 10^9$	0,274	$1,44 \cdot 10^6$	0,156
	VI	$1,14 \cdot 10^{10}$	0,058	$2,16 \cdot 10^7$	0,335
	VII	$1,17 \cdot 10^{10}$	0,069	$2,25 \cdot 10^7$	0,353
	VIII	$2,35 \cdot 10^{10}$	0,361	$6,30 \cdot 10^7$	0,799
	IX	$2,47 \cdot 10^{10}$	0,392	$6,88 \cdot 10^7$	0,838
Urano		$1,43 \cdot 10^{12}$	0,154	$9,14 \cdot 10^8$	0,961
	Mimante	$1,83 \cdot 10^8$	0,262	$8,12 \cdot 10^4$	0,910
	Encelado	$2,34 \cdot 10^8$	0,360	$1,18 \cdot 10^5$	0,073
	Tetis	$2,90 \cdot 10^8$	0,463	$1,63 \cdot 10^5$	0,213
	Dione	$3,71 \cdot 10^8$	0,570	$2,37 \cdot 10^5$	0,374
	Rhea	$5,19 \cdot 10^8$	0,715	$3,91 \cdot 10^5$	0,592
	Titano	$1,20 \cdot 10^9$	0,080	$1,38 \cdot 10^6$	0,139
	Te	$1,44 \cdot 10^9$	0,158	$1,80 \cdot 10^6$	0,255
	Iperión	$1,46 \cdot 10^9$	0,163	$1,84 \cdot 10^6$	0,265
	Giapeto	$3,51 \cdot 10^9$	0,545	$6,85 \cdot 10^6$	0,836
Neptuno	Febea	$1,28 \cdot 10^{10}$	0,106	$4,76 \cdot 10^7$	0,677
		$2,87 \cdot 10^{12}$	0,458	$2,65 \cdot 10^9$	0,423
	Ariele	$1,98 \cdot 10^8$	0,298	$2,18 \cdot 10^5$	0,338
	Umbriale	$2,77 \cdot 10^8$	0,442	$3,58 \cdot 10^5$	0,554
Plutón	Titania	$4,54 \cdot 10^8$	0,657	$7,53 \cdot 10^5$	0,877
	Oberón	$6,07 \cdot 10^8$	0,783	$1,16 \cdot 10^6$	0,066
		$4,49 \cdot 10^{12}$	0,653	$4,68 \cdot 10^9$	0,670
	Tritón	$3,41 \cdot 10^8$	0,533	$5,08 \cdot 10^5$	0,706
		$6,40 \cdot 10^{12}$	0,806	$7,68 \cdot 10^9$	0,885

TABLA Nº 2

COMETA		<i>Ds. en mt.</i>	<i>mn lg Ds</i>	<i>Pr. en sc.</i>	<i>mnlg Pr</i>
Enke		3,31.10 ¹¹	0,520	1,04.10 ⁸	0,017
Grigg	Skjellerup	4,37.10 ¹¹	0,640	1,57.10 ⁸	0,196
Tempel		4,47.10 ¹¹	0,650	1,63.10 ⁸	0,212
Nujmunin ₂		4,62.10 ¹¹	0,665	1,71.10 ⁸	0,233
Borsen		4,64.10 ¹¹	0,667	1,72.10 ⁸	0,236
Tempel	Swift h.	4,77.10 ¹¹	0,678	1,79.10 ⁸	0,253
De Vico	Swift E.	4,86.10 ¹¹	0,687	1,85.10 ⁸	0,267
Tempel		4,93.10 ¹¹	0,693	1,89.10 ⁸	0,276
Pons	Winnecke	4,95.10 ¹¹	0,695	1,90.10 ⁸	0,279
Perrinel		5,19.10 ¹¹	0,715	2,04.10 ⁸	0,310
Giacobini	Zinner	5,25.10 ¹¹	0,720	2,07.10 ⁸	0,316
Koppf		5,25.10 ¹¹	0,720	2,08.10 ⁸	0,318
Biela ₁		5,28.10 ¹¹	0,723	2,09.10 ⁸	0,320
Biela ₂		5,28.10 ¹¹	0,723	2,09.10 ⁸	0,320
d'Arrest		5,28.10 ¹¹	0,723	2,09.10 ⁸	0,320
Finlay		5,40.10 ¹¹	0,732	2,16.10 ⁸	0,334
Holmes		5,40.10 ¹¹	0,732	2,16.10 ⁸	0,334
Borrelly		5,42.10 ¹¹	0,734	2,17.10 ⁸	0,336
Broocks ₂		5,43.10 ¹¹	0,735	2,18.10 ⁸	0,338
Faye		5,64.10 ¹¹	0,751	2,31.10 ⁸	0,364
Schaumasse		5,96.10 ¹¹	0,775	2,51.10 ⁸	0,400
Wolff		6,13.10 ¹¹	0,787	2,61.10 ⁸	0,417
Tuttle		8,50.10 ¹¹	0,929	4,27.10 ⁸	0,630
Nujmunin		1,09.10 ¹²	0,037	5,58.10 ⁸	0,747
Pons		1,38.10 ¹²	0,140	8,80.10 ⁸	0,944
Westphal		2,34.10 ¹²	0,369	1,95.10 ⁹	0,290
Borsen	Metcalfs	2,52.10 ¹²	0,401	2,18.10 ⁹	0,338
Pons	Broocks ₁	2,58.10 ¹²	0,412	2,26.10 ⁹	0,354
Olbers		2,61.10 ¹²	0,417	2,29.10 ⁹	0,360
Halley		2,96.10 ¹²	0,430	2,40.10 ⁹	0,380



Representacion gráfica de la Tabla No. 1



Representacion gráfica de la Tabla No. 2

CONSIDERACIONES SOBRE LAS MEJORES CONDICIONES DE OBSERVACION EN ASTRONOMIA GEOGRAFICA

DARIO ROZO M.

Profesor Honorario de la Universidad Nacional y Presidente Honorario de la Sociedad de Ingenieros de Colombia.

El siguiente escrito es el Capítulo XIV de un texto de Astronomía Geográfica escrito para la Facultad de Ingeniería y para uso del Instituto Geográfico. Texto que desde hace varios años permanece inédito. El primer tomo de la obra se dio a la estampa con el título de *Astronomía y Geodesia* y trata de la teoría de los errores y de los mínimos cuadrados y es el Libro I.

El Libro II es el de Astronomía Geográfica.
El Libro III debe tratar sobre Geodesia y
El Libro IV sobre Cartografía.

Las buenas condiciones de observación tienen marcada influencia en la exactitud de los resultados que se obtengan para las coordenadas geográficas. Esa influencia depende a) del instrumental, b) del medio ambiente, y c) de las fórmulas matemáticas, sin hacer cuenta de la pericia y habilidad del observador.

a) En cuanto al instrumental conviene que sea sólido, que esté bien ajustado y que sea estable en sus correcciones; los teodolitos que se empleen deben apreciar ángulos pequeños ojalá del orden del segundo sexagesimal, principalmente en el círculo horizontal; puesto que con el fin de evitar los errores que causa un mal círculo vertical, se han ideado los procedimientos de equidistancias cenitales y los que se fundan en la medición del ángulo horario con ayuda del cronómetro; en cambio la lectura del círculo horizontal es imprescindible. Son preferibles los instrumentos que tienen nivel autorreductor.

Los cronómetros y cronoscopios han de tener marcha regular en lo posible, es decir, que determinada para períodos cortos, iguales y sucesivos, resulte constante o con fluctuaciones pequeñas; pueden hacerse comparaciones, por ejemplo, de dos en dos horas escuchando las señales horarias. Los buenos cronómetros se venden con certificados oficiales.

Puede considerarse como bueno un cronómetro cuya marcha sea inferior a 10 segundos por día o sea 0,4 por hora o menos; pero lo importante es que la marcha sea constante, y en este caso no importa que sea superior a los 0,4 por hora; habrá, eso sí, un poco más de trabajo en los cálculos.

b) En lo relativo al medio ambiente es indispensable disminuir en lo posible los efectos de la refracción, sobre todo los anómalos; por eso no deben hacerse observaciones con astros cercanos al horizonte; la mayor distancia cenital aceptable es de 70°, excepcionalmente puede llegarse a 75°, lo que no es aconsejable; deben evitarse las visuales que pasen sobre lugares donde haya combustión activa como en las fábricas con motores térmicos, hornos o fogatas.

Los métodos de equidistancias también persiguen el fin de eliminar las influencias de la refracción atmosférica.

c) Con referencia a las condiciones que exigen las fórmulas, hay que notar que estas determinan los métodos y que las condiciones deben deducirse de las fórmulas

que se empleen en la solución, buscando en función de los errores posibles de los datos, las circunstancias en que esos errores influyen lo menos en la exactitud de los resultados que se buscan, para lo cual se consideran estos como función de aquellos.

OBSERVACIONES POR ALTURA ABSOLUTA DE UN ASTRO

Las fórmulas aplicables son estas:

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos P \quad (1)$$

$$\sin \delta = \sin h \sin \phi + \cos h \cos \phi \cos A \quad (2)$$

Considerando ϕ y A como funciones de h , se obtiene de la (1):

$$\cos h \, dh = (\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos P) \, d\phi \quad (3)$$

que según la (3-1) del § 15, da $\frac{dh}{d\phi} = \cos A \quad (4)$

o bien

$$d\phi = \frac{dh}{\cos A} \quad (5)$$

Tomando $d\phi$ y dh como errores, se nota que el error de latitud resulta mayor que el error cometido al apreciar la altura h del astro puesto que $\cos A$ no pasa del valor uno. El menor error $\Delta\phi$ se obtendrá cuando el ángulo A sea cero, es decir, cuando el astro esté en el meridiano; luego para determinar la latitud por altura absoluta de un astro conviene hacer las observaciones sobre el meridiano.

Puede presentarse duda para el caso de $A = 90^\circ$, porque entonces la fórmula (5) tiende a 0/0. Siendo $\cos A = 0$, la fórmula (2-2) del párrafo 15 dará

$$\sin h = \sin \delta / \sin \phi \quad (6)$$

por tanto

$$d\phi = - \frac{\sin^2 \phi \cos h}{\cos \phi \sin \delta} \, dh \quad (7)$$

Pero como h debe ser cualquiera, es necesario eliminarlo; el valor de $\cos h$ deducido de la (6) y puesto en función de las tangentes es

$$\cos h = \frac{\cos \phi \cos \delta}{\sin \phi} (\operatorname{tg}^2 \phi - \operatorname{tg}^2 \delta)^{1/2} \quad (8)$$

lo que da

$$d\phi = - \sin \phi \left(\frac{\operatorname{tg}^2 \phi}{\operatorname{tg}^2 \delta} - 1 \right)^{1/2} \, dh \quad (9)$$

La (6) indica que sólo es posible la observación cuando $\delta < \phi$ o a lo sumo $\delta = \phi$.

Para que $\Delta\phi$ sea nulo cualquiera que sea el error Δh , se necesita una de las dos condiciones siguientes:

$$\phi = \delta \text{ ó } \phi = 0$$

Esta última condición expresa que el lugar de observación debe estar en el ecuador, pero entonces es necesario que sea $\delta = 0$ porque estamos bajo el supuesto de que el azimut es de 90° (contado a partir del meridiano); todo esto constituye un caso excepcionalmente particular que no hay por qué tener en cuenta en el método general.

Por consiguiente en la determinación de latitudes por alturas absolutas de astros, debe observarse sobre el meridiano; las que se hagan en un azimut cualquiera darán resultados menos precisos.

La observación en el primer vertical tiene la ventaja de poder sustituir la medición de altura por la del ángulo horario, pero tiene el grave inconveniente de ser necesaria la determinación previa de la dirección del vertical principal y la del estado del cronómetro.

Bessel ha propuesto un método especial para obtener ϕ mediante observaciones en el primer vertical, el que a la vez sirve para encontrar hora y azimut; método que aquí no se detalla por quedar incluido en el método general de Gauss que será tratado en el capítulo siguiente.

La ecuación (2) da

$$(\cos h \sin \phi \sin h \cos \phi \cos A) dh = \cos h \cos \phi \sin A dA$$

que por las fórmulas (1-2) y (3-2) del § 15 se puede reducir a esta forma:

$$\cos \delta \cos E dh = \cos h \cos \delta \sin E dA$$

$$dA = \frac{1}{\operatorname{tg} E \cos h} dh \quad (10)$$

Esto indica que para azimutes por altura absoluta, conviene observar estrellas en su mayor elongación, o sea cuando el ángulo paraláctico es recto. En este caso los errores de altura influyen extremadamente poco; hay que tener en cuenta que h tendrá un valor definido en cada caso.

Si no se tiene en cuenta el valor $E = 90^\circ$ debemos sustituir $\sin E$ en función de las otras cantidades y se obtiene:

$$dA = \frac{\cos E}{\frac{\cos \phi}{\cos \delta} \cos h \sin A} dh \quad (11)$$

De esta igualdad se deduce que las condiciones para obtener el azimut más correcto por alturas absolutas, son las de observar el astro en las cercanías del primer vertical, a poca altura, y que la declinación sea en lo posible inferior a la latitud.

PARA LA HORA

De la ecuación (1), considerando a P —ángulo horario— como función de h , resulta

$$dP = \frac{-\cos h}{\cos \delta \cos \phi \sin P} dh \quad (12)$$

Esta fórmula hace ver que el método para determinar hora por alturas absolutas de astros es ventajoso en latitudes cercanas al ecuador y con estrellas de pequeña declinación; pero también indica que el error ΔP de-

pende de la relación $\frac{\cos h}{\sin P}$ que es igual a $\frac{\sin Z}{\sin P}$, y en esta forma no puede apreciarse su magnitud, pues para que fuera pequeña, $\sin Z$ debería acercarse a cero, pero para $z = 0$, $P = 0$ y la relación tendería a $\frac{0}{0}$. Eliminando esta relación por medio de las fórmulas (1-1) y (1-3), se encuentra

$$dP = \frac{-dh}{\cos \phi \sin A} = \frac{-dh}{\cos \delta \sin E} \therefore dP = \frac{dh}{(\cos \phi \cos \delta \sin A \sin E)^{1/2}}$$

Estas igualdades indican que las observaciones deben hacerse en las proximidades del vertical principal ($A = 90^\circ$, $A = 270^\circ$) y que conviene que el ángulo paraláctico sea recto y además que δ y ϕ sean pequeños. Cuando δ ó ϕ valen 90° , el método es impracticable.

Para que la observación sea posible sobre el vertical principal se necesita que $\phi - \delta > 0$.

Cuando ϕ tiene valor alto pero inferior a 90° , el menor valor del error ΔP se obtiene para el menor valor de

$$\frac{\cos h}{\cos \phi \sin P}; \text{ las ecuaciones (1-1) y (1-3) permiten obtener } \left(\frac{\cos h}{\cos \phi \sin P} \right)^2 = \frac{1}{\sin A \sin E} \frac{\cos \delta}{\cos \phi}$$

Conviene pues, en este caso, que $\delta > \phi$, y con esta condición es fácil buscar h de modo $E = 90^\circ$, lo que da el método de determinar la hora por circumpolares que se utiliza en la determinación de la meridiana en lugares de latitud alta, como quedó expuesto en el § 94.

En consecuencia la mejor posición del astro para determinación de hora por altura absoluta, es hacia el Este o hacia el Oeste, escogiéndolo de pequeña declinación y observándolo a poca altura, para obtener el mayor ángulo horario posible, pero a más de 30° de altura para evitar refracciones anómalas.

OBSERVACIONES POR EQUIDISTANCIAS ZENITALES (EQUIALTURAS)

Mediante la observación de equidistancias zenitales de estrellas, se puede obtener *azimut, latitud y hora*.

En este método se elimina h y las fórmulas quedan generalmente expresadas en función de la latitud, del azimut o del ángulo horario. Conviene pues conocer los valores de $\frac{dh}{d\phi}$ y de $\frac{dh}{dP}$ para pasar de las fórmulas ya encontradas a las fórmulas que se necesitan mediando la eliminación de h .

La fórmula (3) da

$$\cos h \frac{dh}{d\phi} = \sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos P$$

que por una conocida fórmula trigonométrica se puede reducir a esta:

$$\frac{dh}{d\phi} = \cos A \quad (14)$$

Análogamente la ecuación (1) y la conocida igualdad $\cos h \sin A = \cos \delta \sin P$

darán

$$\frac{dh}{dP} = -\cos \phi \sin A \quad (15)$$

PARA AZIMUT

La (11) dará sustituyendo $\cos h \operatorname{sen} A$ por $\cos \delta \operatorname{sen} P$,

$$dA = \frac{\cos E \cos A}{\cos \phi \operatorname{sen} P} d\phi$$

y para dos estrellas se tendrá:

$$\Delta A = dA_1 + dA_2 = \left[\frac{\cos E_1 \cos A_1}{\operatorname{sen} P_1} + \frac{\cos E_2 \cos A_2}{\operatorname{sen} P_2} \right] \frac{d\phi}{\cos \phi} \quad (16)$$

Para que ΔA sea nulo, se necesita que el paréntesis del segundo miembro sea nulo, lo cual se consigue si $\cos E_1 = \cos E_2 = 0$; esto es, con observaciones de estrellas a igual altura y en su elongación lo que implica declinaciones iguales; esto en la práctica no se consigue sino con una misma estrella, pero entonces para observarla dos veces es necesario que A_1 y A_2 sean iguales y de signos contrarios, lo que es conveniente; pero en ningún caso los azimutes deben ser pequeños porque entonces los denominadores $\operatorname{sen} P_1$ y $\operatorname{sen} P_2$ se aproximan a cero. El método es adecuado para latitudes bajas pero el error en azimut resulta proporcional al error en latitud.

Resulta pues que para determinar el azimut por equialturas conviene observar la misma estrella a uno y otro lado del meridiano y a buena distancia de él; pero en la práctica este procedimiento resulta de larga duración. Se evita la demora observando dos estrellas cuyas declinaciones difieran muy poco, como las que se emplean para determinar el estado del cronómetro por el método de Zinger; en tal caso hay que introducir la corrección debida a la diferencia de declinaciones.

PARA LATITUD

Las fórmulas (5) y (15) dan

$$d\phi = \frac{-\cos \phi \operatorname{sen} A}{\cos A} dP$$

y para dos estrellas

$$\Delta\phi = d\phi_1 + d\phi_2 = -\cos \phi [\operatorname{tg} A_1 dP_1 + \operatorname{tg} A_2 dP_2] \quad (17)$$

Para que $\Delta\phi$ fuera nulo se requeriría que $\operatorname{tg} A_1 = \operatorname{tg} A_2 = 0$, o sea que las dos estrellas se observen en el meridiano a iguales alturas, lo que en general no es posible rigurosamente. A cumplir la condición anotada tiende el método de Talcott-Horrebaw.

Prescindiendo de la observación de equidistancias en el meridiano, conviene, para hacer mínimo el segundo miembro de la ecuación (17) que $\operatorname{tg} A_1$ y $\operatorname{tg} A_2$ sean poco más o menos iguales y de signos contrarios y ojalá de pequeño valor. En tal condición se debe tener:

$$A_1 = 0^\circ + n^\circ \quad \text{ó} \quad = 360^\circ - n^\circ$$

$$A_2 = 180^\circ - n^\circ \quad \text{ó} \quad = 180^\circ + n^\circ$$

En consecuencia, para determinar la latitud por equidistancias zenitales (método de Stechert), las estrellas deben observarse una al Norte y otra al Sur, cercanas al meridiano y simétricas con relación al vertical principal.

En el método de Garavito se cumplen doblemente estas condiciones.

PARA HORA

Las ecuaciones (13) y (14) junto con esta otra

$$\cos \phi \operatorname{sen} A = \cos \delta \operatorname{sen} E$$

$$\text{dan} \quad dP = -\frac{\cos A}{\cos \delta \operatorname{sen} E} d\phi \quad (18)$$

y para dos estrellas se tendrá:

$$\Delta P = -\left[\frac{\cos A_1}{\cos \delta_1 \operatorname{sen} E_1} + \frac{\cos A_2}{\cos \delta_2 \operatorname{sen} E_2} \right] d\phi \quad (19)$$

Para que ΔP sea lo menor posible, se necesita que los sumandos del paréntesis sean iguales o casi iguales y de signos contrarios. Para que sean de signos contrarios, como los cosenos de las declinaciones son siempre positivos, se requiere únicamente que E_1 y E_2 tengan signos opuestos y que $\cos A_1$ y $\cos A_2$ tengan ambos el mismo signo; las dos cosas se obtienen con azimutes simétricos con respecto al meridiano, como lo hace ver la fórmula fundamental siguiente:

$$\frac{\operatorname{sen} A}{\cos \delta} = \frac{\operatorname{sen} E}{\cos \phi}$$

Ahora bien, para el menor valor de cada uno de los sumandos del paréntesis, $\cos A_1$ y $\cos A_2$ deben ser pequeños y a la vez $\operatorname{sen} E_1$ y $\operatorname{sen} E_2$ grandes; estas dos condiciones se satisfacen cuando en la ecuación últimamente citada las cantidades δ y ϕ sean iguales entre sí o casi iguales. Lo mejor sería que E_1 y E_2 fueran ángulos rectos, o sea que las estrellas estuvieran en elongación o muy próximas a ella.

En consecuencia, las mejores condiciones para determinar el estado de un cronómetro, cuando se emplea el método de distancias zenitales iguales de dos estrellas diferentes son: a) observar una estrella al Este y otra al Oeste en azimutes próximamente iguales y simétricos con respecto al meridiano; b) las estrellas observadas deben tener declinaciones muy poco diferentes entre sí y próximamente iguales a la latitud del lugar.

Las condiciones apuntadas se cumplen todas en el método de Zinger.

Si se observara una misma estrella al Este y al Oeste, el error estudiado ΔP sería nulo; pero este método en la práctica tiene el inconveniente de ser de muy larga duración y la eventualidad de perderse la segunda observación por cambio de las condiciones atmosféricas.

Para el estudio que se deja expuesto sirvió de guía uno sobre el mismo asunto publicado por el Dr. Francisco José Duarte en su obra escrita en francés sobre métodos rigurosos en astronomía geográfica.

GENERALIZACION

Si se analizan a fondo los distintos métodos para determinar coordenadas geográficas por observaciones astronómicas, se llega a la conclusión de que todo estriba en la medición de alturas de astros, ya sea que esta medición se haga directa o indirectamente; porque en realidad la astronomía geográfica se reduce a resolver el triángulo astronómico cuyos elementos medibles son el azimut, el ángulo horario y la distancia zenital; con uno cualquiera de estos tres elementos se puede resolver el triángulo, pero el ángulo horario y el azimut son funciones de la distancia zenital. En consecuencia los erro-

res en ángulo horario y en latitud, que son los que interesan, se traducen en un error de distancia zenital. Conviene pues hallar la expresión de este en función de los otros y encontrar la manera de hacer que sea lo menor posible.

Notemos previamente que $d\bar{h} = -dz$ (20)
 Se tomará dz como error de distancia cenital y la suma de términos análogos se indicará encerrando entre dos barras el símbolo de un sumando, como lo acostumbran algunos autores.

Las ecuaciones (15) y (14) dan respectivamente

$$dz_p = \cos \phi \operatorname{sen} A \cdot dP$$

$$dz_\phi = -\cos A \cdot d\phi$$

Ahora tomando $dz = dz_p + dz_\phi$, se tiene

$$dz = \cos \phi \operatorname{sen} A \cdot dP - \cos A \cdot d\phi \quad (21)$$

Si se ejecutan n observaciones, se debe tener

$$|dz| = \cos \phi | \operatorname{sen} A | dP - | \cos A | d\phi$$

Pero se puede hacer

$$dz = D - \Delta Z_0$$

siendo $Z_0 = \text{una constante}$, de lo cual resulta $|dz| = |D| - n\Delta Z_0$ y por tanto se puede escribir

$$|D| = n\Delta Z_0 + | \operatorname{sen} A | \cos \phi \cdot dP - | \cos A | d\phi \quad (22)$$

Si se toman estrellas en distintas direcciones y simétricas de dos en dos los valores de $| \operatorname{sen} A |$ y de $| \cos A |$ tenderán a anularse.

El método de Gauss satisface esta condición. En capítulo especial se estudiará este método.

DARIO ROZO M.

LAGUNAS COLOMBIANAS

CONTRIBUCION A LA GEOMORFOLOGIA DE LA COSTA DEL MAR CARIBE
CON ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LAS BOCAS DE CENIZA

H. C. RAASVELDT, Ph. D.*
ANTONIO TOMIC

y una aclaración glosológica por el profesor Vittore Pisani.

CONTENIDO

- I. Introducción.
- II. Breve descripción de siete lagunas de la costa colombiana del Mar Caribe.
 1. Las lagunas cerca de Camarones.
 2. La costa entre Riohacha y Manaure.
 3. La gran laguna entre Ciénaga y Barranquilla.
 4. Las lagunas al noroeste de Barranquilla. Bocas de Ceniza.
 5. La laguna de Galerazamba.
 6. La laguna de Tesca o de Cartagena.
 7. La laguna del Aguila.
- III. Factores que pueden contribuir en la formación de lagunas.
 1. Olas y ondas.
 2. La resaca.
 3. Alta y baja marea.
 4. El viento.
 5. Corrientes marinas.
 6. Levantamientos y hundimientos locales y regionales de la Costa.
 7. La forma local de la costa. "Puntos fijos".
 8. Desembocadura de ríos.
 9. Conclusiones.
- IV. Apéndice. ¿Qué es una laguna?

I. INTRODUCCION

Pocos países poseen la variedad de paisajes de Colombia. El conocimiento de la riqueza extraordinaria de las formas fisiográficas de este país aumentaría la atracción que ya ejerce sobre los visitantes cultos: turistas, geógrafos, artistas y amantes de la naturaleza en general, una vez inventariados sus aspectos principales. Pero hasta ahora estos aspectos no han podido ser descritos en una forma sistemática. Por la misma inmensidad de la tarea era imposible siquiera intentarlo en los siglos pasados y en este sentido no había variado la situación desde los días del Descubrimiento hasta hace unos pocos lustros.

Sólo la combinación de dos inventos relativamente recientes, la fotografía y la aviación, permitió emprender la tarea. Así la aerofotogrametría hace posible la elaboración de un mapa exacto del país dentro de un plazo razonable, empresa que está adelantando el *Instituto Geográfico de Colombia "Agustín Codazzi"*.

* El presente artículo fue elaborado por el doctor H. C. Raasveldt, quien desempeñaba el cargo de Jefe de la Sección de Foto-Geología del Servicio Geológico Nacional. El señor Antonio Tomic, distinguido cartógrafo y funcionario entonces del mismo instituto, colaboró en este trabajo magistral.

Sólo en virtud de poder abarcar con la mirada centenares de kilómetros cuadrados de diversas regiones, representadas nítidamente en unas cuantas fotografías aéreas yuxtapuestas en la mesa de dibujo y escudriñarlas en todos sus detalles planimétricos y orográficos mediante la imagen tridimensional que proporciona el estereoscopio, le es posible al estudioso darse cuenta del exuberante polimorfismo que caracteriza al territorio de esta nación, y luego contribuir con su labor cartográfica e interpretativa a que los colombianos se formen una idea más clara sobre los "rasgos faciales" verdaderos de su patria.

Durante el desempeño de nuestras tareas en la elaboración del mapa geológico de Colombia para el Ministerio de Minas y Petróleos, con base en las aerofotos facilitadas por el Instituto Geográfico "A.C." y por compañías de petróleo, hemos tenido el privilegio de contactarnos entre los primeros interesados en ciencias naturales que han podido observar en conjunto varios fenómenos o grupos de fenómenos cuya descripción no encaja necesariamente en la labor geológico-cartográfica que nos fue encomendada por el Ministerio. No obstante

estamos convencidos de que su estudio y presentación al público es de gran interés científico, didáctico y a la postre también práctico. Porque cómo intentar un sólido planeamiento de la economía de un país sin tener una idea aproximada de cada uno de sus componentes fisiográficos? Convencidos de la utilidad de esta labor, no hemos vacilado en dedicar una buena parte de nuestro tiempo libre para llevarla a cabo en la mejor forma posible.

Desde las señeras cumbres de las cordilleras hasta las dilatadas costas y las líneas de contigüidad internacional, preséntanse muchísimas manifestaciones naturales cuyo origen, desarrollo y aspecto actual deben ser estudiados para poder aproximarnos al conocimiento de las características esenciales del territorio colombiano. Veremos que en él se exhibe un muestrario perfecto de formas fisiográficas que la Naturaleza se complació en reunir dentro de esta vitrina de más de un millón de kilómetros cuadrados. Tales fenómenos son por ejemplo: los abundantes rastros de las glaciaciones pleistocenas, las terrazas cuaternarias, los lagos de las montañas, las ciénagas del río Magdalena, las lagunas, etc.

Este sería el primer estudio de la serie que podría intitularse: "Grandes Unidades Morfogeológicas de Colombia" o "Fenómenos Sobresalientes de la Fisiografía Colombiana".

Si la Geografía retrata la superficie polícroma del planeta y la Geología sondea sus entrañas convulsionadas, cuyas transformaciones sólo puede registrar la cámara lenta de millonadas de años, la Geomorfología participa en las actividades investigativas de las otras dos ciencias de la tierra. Con la ventaja de que los acontecimientos geológicos de que se ocupa la geomorfología son principalmente aquellos que siguen sucediendo ante nuestra vista, y los que se han desarrollado en los últimos "minutos" de la evolución de la vida terrestre, si toda la duración multiseccular de nuestro planeta la supusiéramos comprimida en el breve espacio de un año. Es esta la geología de la edad presente, cuyos efectos se producen en lapsos relativamente cortos y más accesibles al entendimiento. Por consiguiente la geomorfología se presta para desempeñar el papel de una introducción o clase elemental de la geología en general, con la ventaja para los estudiosos, en el caso del presente trabajo, de que se hace uso de ejemplos escogidos del territorio de esta República, y no de casos "traídos por los cabellos" desde otros países y otros continentes, como necesariamente ocurre en los libros de texto publicados en el exterior. Por lo tanto esperamos que esta serie de estudios logre interesar a un sector bastante amplio de lectores.

En el presente trabajo se describen las lagunas (lagosenadas o ciénagas-ensenadas marinas) más importantes de la costa colombiana del Mar Caribe y se discuten los procesos naturales que pueden contribuir a la formación de esas masas de agua. El lector de habla castellana, especialmente el colombiano, puede extrañarse del uso que de la palabra laguna se hace en estas páginas. Una justificación de esa palabra, tal como la aplicamos, se encuentra en un apéndice especialmente dedicado a este tema. Por el momento el lector puede considerarla como un sinónimo de lo que en España se designa con el nombre de albufera. Desde el primer capí-

tulo (II. 1) presentamos los fenómenos mismos que son los de importancia primaria, dejando para el apéndice el ensayo de desentrañar los aspectos más teóricos de la nomenclatura.

Hemos dedicado bastante atención a las figuras que acompañan el texto tratando de expresar en ellas la extraordinaria riqueza de formas que se encuentra en la costa colombiana (1).

Aun cuando con este estudio geomorfológico no hemos tenido otra finalidad que la de hacer conocer y apreciar ciertos aspectos de la incesante labor creativa y destructiva de la naturaleza, abrigamos la esperanza de que los temas tratados puedan contribuir también a aplicaciones prácticas cuando, con el tiempo, se trate de regularizar este libre juego de las fuerzas naturales y ponerlo al servicio del hombre.

II. BREVE DESCRIPCION DE SEIS LAGUNAS O GRUPOS DE LAGUNAS EN LA COSTA COLOMBIANA DEL MAR CARIBE

1) *Las lagunas cerca de Camarones.*

Una planicie de sedimentos terciarios, ligeramente inclinada hacia la costa, rodea estas lagunas (*Fig. 1*) y sobresale a manera de un escalón del nivel de ellas y del aluvión intermedio. Esta "bajiplanicie" terciaria que debe su forma a la acción abrasiva del mar, está cortada por unos valles de fondo plano, rellenados de material aluvial y desaguados por pequeños ríos o arroyos. El contacto entre las dos unidades morfológicas se presenta con declives bastante notables y hasta abruptos (el mencionado escalón) si se compara con las demás pendientes naturales de la región.

Las lagunas se encuentran a continuación de los valles y están separadas del mar por bajas barreras de arena (restingas o flechas), una de las cuales (la de Navío Quebrado) está claramente interrumpida por una abertura, boca o bocaina, por la cual el agua, aportada por el río, afluye al mar. La otra barrera tiene una pequeña ensenada cerca de A y muestra unos caños cerca de B, pero las bocainas que se encuentran en estas partes están separadas del mar por estrechas barras de arena y es obvio que los riachuelos que desembocan en la Laguna Grande no aportan suficiente agua para mantener las bocas continuamente abiertas contra la acción del mar. Otro hecho que indica la mayor importancia de los ríos que afluyen a la Laguna del Navío Quebrado es la formación de deltas, siendo además el del río oriental más importante que el del occidental. En el primero se notan especialmente las bifurcaciones amplias y poco profundas que divergen en varias direcciones como los dedos de la mano abierta. Este delta llenará con el tiempo la Laguna de Navío Quebrado, y así arrinconará y bloqueará el delta meridional de la misma laguna.

Otro delta puede formarse en la Laguna Grande cuando la parte que corresponde al valle inundado se haya rellenado con aluvión hasta la línea CD.

(1) La nomenclatura geográfica de estas figuras es incompleta y puede contener algunos errores a causa de las deficiencias y contradicciones de los mapas existentes.



Dr. José A. Ferré

Figura 1. — LAGUNAS CERCA DE CAMARONES

- 1. Carretera.
- 2. Camino.
- 3. Mar, agua salobre o dulce de las lagunas y laguitas.
- 4. Sedimentos más antiguos (Terciario).
- 5. Aluvión más antiguo depositado por los ríos.
- 6. Deltas recientes.
- 7. Aluvión joven, incluidas las restingas.

2) La costa entre Riohacha y Manaure.

Esta parte de la costa (Fig. 2), es especialmente interesante por su complejidad y la presencia de muchos fenómenos naturales relacionados con la formación de lagunas. Las lagunas se extienden en una franja entre la línea de la costa y un plano ligeramente inclinado hacia el mar. Este plano termina bruscamente por donde empiezan los playones y forma allá un declive de uno o varios metros. Consta de una capa delgada de arcillas, margas y arenas coralíferas y conchíferas de edad cuaternaria o pliocena bastante reciente que recubre los sedimentos terciarios mencionados anteriormente en la descripción de las lagunas de Camarones, recubrimiento que empieza inmediatamente desde esta población hacia el oriente.

La reciente terraza marina fue posteriormente cubierta por arenas transportadas por el viento. El espesor de la arena es muy variable; puede faltar casi completamente en ciertas partes y amontonarse en otras, hasta formar dunas, cuya dirección aproximada es E-W. El conjunto de fenómenos relacionado con el amontonamiento de arena, y estudiado regionalmente desde la Guajira hasta Cartagena, prueba que se trata de dunas longitudinales cuyos ejes coinciden con la dirección más frecuente de los vientos o sea E-W. Este rumbo de los vientos también está indicado por la posición de la pista principal del aeropuerto de Riohacha.

El viento que amontona localmente la arena, hasta formar dunas, la quita en otros sitios con resultado contrario, ocasionando depresiones a veces tan bajas que queda descubierta la superficie de los sedimentos marinos recientes debajo de las arenas (deflación o denudación eólica). Estas depresiones se llenan de agua durante el invierno, formando pantanos y una delgada capa de material aluvial (figura 2, símbolo 12), lo cual indica que el subsuelo marino, en ciertas partes, es poco permeable para el agua.

La superficie plana y ligeramente elevada de los sedimentos marinos está interrumpida y sustituida por varias fajas de aluviones formadas a los lados de los ríos. En la zona bastante amplia que está situada al oriente de Riohacha, se pueden observar numerosos tramos de antiguos cursos de ríos, como también meandros abandonados.

La ausencia de apreciables amontonamientos de arena indica que las dunas se han formado antes del plano aluvial y que ellas están ahora inmóviles y estables a causa de la vegetación que las cubre. Donde la vegetación está menos arraigada, el viento ahondó zonas largas y estrechas (fajas de deflación) que pueden apreciarse especialmente en la parte inferior de la figura 2 (símbolo 11).

Las lagunas más importantes son las de Manaure (G), de Chuchupa (F) y la laguna cerca de Riohacha (B). A la primera entra el río más importante de la región, que pasa cerca de Uribia; a la segunda entra un riachuelo menos importante mientras que la tercera no tiene conexión directa con ningún afluente. Las lagunas entre D y Manaure están todas en la playa y se les puede calificar como *lagunas playeras*, mientras que la laguna de Riohacha (B) tiene otro carácter y todas éstas en conjunto son diferentes de las de Camarones que están encerradas por abruptos declives.

En las lagunas al occidente de la de Manaure, (hasta el río entre C y D), se encuentran abundantes arrecifes de corales o moluscos que faltan por completo en la laguna de Manaure. Esto se puede explicar por el hecho de que un río de cierta importancia entra en la última, enturbiando el agua de la laguna y creando así condiciones poco favorables para el desarrollo de tales colonias orgánicas. Todas estas lagunas, como también aquellas hacia el oriente ya casi completamente rellenas por depósitos aluviales, están separadas del mar por una barrera de arena. Esta barrera muestra estrías en las fotografías aéreas. Las estrías son en general paralelas a la costa, pero se pueden observar también grupos de líneas cortadas, de manera discordante, por otras. Estas líneas se manifiestan en el terreno como pequeñas elevaciones alargadas y separadas por depresiones, a veces con cañitos llenos de agua. Para llegar a la propia playa puede ser necesario atravesar esta zona en zig-zag, siguiendo las elevaciones y buscando las partes sobresalientes y secas entre las depresiones².

3) La gran laguna entre Ciénaga y Barranquilla.

La "Ciénaga" de Sta. Marta (Fig. 3) representa el fenómeno lagunar más grande e importante del país. Yace en una depresión natural, circundada por formaciones de edad terciaria y en parte pleistocena en el oeste y en el sur, formaciones que son topográficamente más altas y que determinan el límite de los fenómenos del más reciente Cuaternario (Holoceno)³ los cuales son objeto del presente estudio. La depresión holocena está limitada en el E por los promontorios de la Sierra Nevada de Santa Marta, de los cuales se ha señalado solamente la parte más occidental cerca de Ciénaga. La superficie más grande de agua libre que mide unos 20 por 25 km., está rodeada por vegetación hidrófila (mangle) que la separa de varias otras masas de agua que localmente se llaman ciénagas, y de las cuales las más importantes llevan los nombres indicados en el mapa.

Una barrera de arena que se extiende desde las Bocas de Ceniza hasta Ciénaga sobre un trecho de unos 65 km, separa la laguna del mar abierto. En tiempo de crecidas esta barrera debe tener varias interrupciones (bocas) pero la bocaina propiamente dicha se encuentra inmediatamente al oeste de Ciénaga. Los vientos que

² Comunicación oral del Doctor J. H. Edelman, Ingeniero Hidráulico, Técnico de la F.A.O., quien visitó esta región.

³ Representa el Cuaternario el último millón de años de la historia terrestre, el Holoceno comprende los últimos 10.000 años, o sea apenas una centésima parte de la duración del Cuaternario.

Figura 2. — LAGUNAS ENTRE RIOHACHA Y MANAURE

1. Agua (mar y lagunas).
2. Pantanos.
3. Salinas de Manaure.
4. Líneas de crecimiento del litoral (orillares) en restingas y barras.
5. Playones.
6. Bancos de corales o moluscos.
7. Aluviones formados por los ríos.
8. Plano de abrasión del Terciario, inclinado hacia el mar donde forma un pequeño declive.
9. Dunas.
10. Capa delgada de arena que cubre el área N° 8.
11. Fajas de deflación.
12. Fajas de deflación cubiertas por una delgada capa de aluvión.

vienen generalmente del NE (indicados con las flechas) transportan la arena de la playa hacia el SW. Estas arenas transportadas recubren la barrera de la laguna en muchas partes, aumentando su altura, sin que se formen propiamente dunas.

El Río Magdalena corre al oeste de la laguna cerca del borde del terreno terciario y cuaternario antiguo, ligeramente más elevado. Hay abundantes indicaciones de que el Río Magdalena o sus brazos entraban antes a la laguna o se acercaron mucho a ella. Los viejos cauces, todos indicados en el croquis, forman un conjunto complejo que demuestra claramente la actividad infatigable de un río que trata de formar un plano aluvial. Entre el laberinto de líneas se destacan dos clases:

1) las de estos viejos cauces propiamente dichos,

2) las huellas de los antiguos bordes de los ríos ("orillares").

Las primeras son menos frecuentes, más anchas y serpentean irregularmente; las últimas forman sistemas de muchas líneas delgadas, en cierto modo casi paralelas, menos curvas, con frecuentes discordancias y un alineamiento "romboidal". Las dos clases de líneas se pueden observar con frecuencia en fotografías aéreas de muchos ríos colombianos, especialmente en sus cursos inferiores. Sería tal vez conveniente hacer alguna aclaración acerca del carácter y origen de ambos sistemas.

1) *Los viejos cauces.* El origen de esta primera clase de líneas se puede apreciar mejor en las muchas ciénagas que se encuentran a ambos lados del Río Magdalena. Estas ciénagas están frecuentemente atravesadas

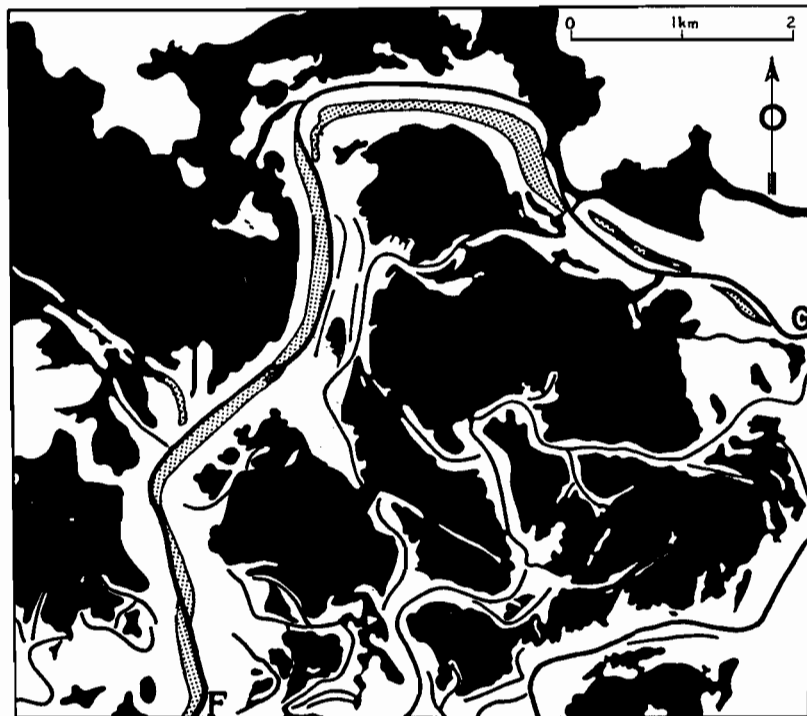


Figura 4a — FRAGMENTO TÍPICO DE UNA CIÉNAGA. SUROESTE DE MAGANGUE

Convenciones:

Negro. — Ciénagas y caños (agua).

Blanco. — Terreno que sobresale del agua, con sus caños-terraplenes.

Punteado. — Cauce viejo del caño F-G., ahora casi abandonado por haberse vuelto su lecho demasiado alto.

por estrechas fajas de tierra que se curvan en todas direcciones y en cuyo centro se encuentra el lecho de un riachuelo (Fig. 4a). A base de esta observación no es difícil reconstruir su origen de la siguiente manera: la corriente de agua de un afluente que entra a una ciénaga continúa todavía avanzando cierto trecho, en medio de esta masa de agua quieta (Fig. 4b). Es obvio que el material en suspensión se depositará en mayor proporción a los lados de la corriente donde ella hace contacto con el agua quieta de la laguna. Así se forman dos riberas o bordes sub-acuáticos que se elevan con el tiempo hasta llegar a la superficie del agua de modo que la corriente obtiene un lecho ya bien definido. Durante el tiempo de lluvia se desborda la corriente elevándose aún más los bordes y el lecho por la deposición del lodo en suspensión. De esta manera se originan las fajas secas a ambos lados de la corriente, fajas que

cruzan la ciénaga en muchas direcciones. Cuando las riberas y el lecho del riachuelo ya se vuelven demasiado altos, el agua busca un nuevo cauce y se repite el fenómeno en otro lugar, hasta que toda la ciénaga se haya rellenado de aluvión. Porciones de viejos cauces van siendo cubiertas por deposiciones aluviales en diversas fases subsiguientes. En cambio varias áreas cenagosas quedan olvidadas, porque el proceso es general pero imperfecto. A este proceso podríamos llamarlo "formación de planos aluviales por desbordamiento de corrientes". Resultan unidades morfológicas como las que exhiben las zonas A-B, C-D-E y F-G de la Fig. 3.

2) *Los orillares* (o cordones de desplazamientos ribereños). Para explicar esta clase de líneas partimos más convenientemente del trecho de un río que al principio casi recto (Fig. 5a) se transforma en un meandro, sucediéndose las fases 1, 2 y 3. En las partes interiores, cóncavas

vas, de las curvas (i) se depositarán los sedimentos, siendo estas las partes más tranquilas y más alejadas del hilo de la corriente, mientras que la erosión obra en las partes exteriores y convexas (c) más cercanas del hilo de la corriente (señalado en la fase 3). Cuando el río está crecido se depositará más material que cuando está bajo, y así se forman sucesivamente las elevaciones curvas y alargadas, que hemos llamado, en espera de una mejor expresión, "orillares". Estas líneas elevadas hacen un conjunto como el indicado en la Fig. 5b; el número 1 corresponde a la ribera derecha del río en la fase 1, el 2 a la ribera derecha en la fase 2 (de la Fig. 5a). Estas líneas elevadas en forma de hoz ya fueron observadas por Melton, quien las llamó "scrolls" (volutas), y que nosotros llamamos "los orillares"⁴.

Las curvas de un río son en general irregulares y pueden desplazarse no sólo hacia los lados sino también

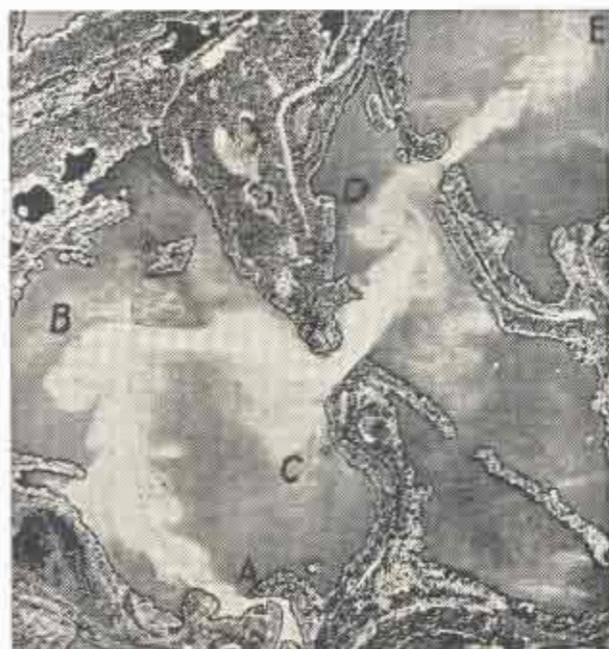


Figura 4b. — FOTOGRAFIA AEREA DE LA MISMA AREA DE 4a.

Nótese la corriente linnica de agua lodosa A-B-C-D-E. Aquí presentamos el nacimiento de un caño-terraplén. El agua del caño F-G (Fig. 4a) está buscando una nueva salida.

al mismo tiempo corriente abajo, hacia la desembocadura. En tal caso el río corta los orillares anteriores, como lo muestra un fragmento del Río Magdalena cerca de Magangué (Fig. 6a), estado que puede haberse producido según el esquema de la Figura 6b, en la cual 1, 2 y 3 son, de nuevo, tres fases escogidas entre las muchas posiciones del río, siendo la fase 1 anterior a la 2, y la 2 anterior a la 3. En situaciones semejantes pueden formarse nuevas líneas y efectuarse una "discordancia", en la cual las líneas cortadas son siempre las más viejas. De tal manera se pueden distinguir a menudo grupos de alineamientos de diferentes edades como por ejemplo en el Río Magdalena cerca de Real Obispo, representados esquemáticamente en la Fig. 7, en la cual un grupo 1 es más viejo que 2, y 2 más viejo que 3, etc. Orillares semejantes se presentan también en islas. Una de las secciones de la Fig. 7 indica la relación entre las líneas

⁴ Dice el Diccionario Sopena: orillar, m. (de borde, orilla) = reborde.

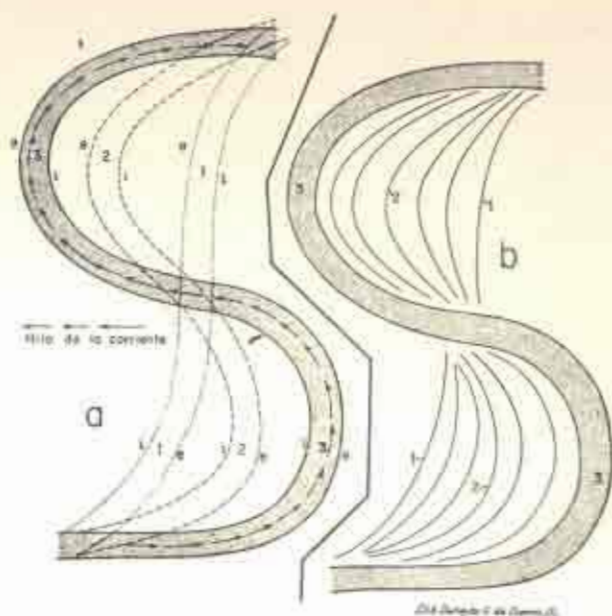


Figura 5. — Los esquemas a y b explican cómo el río va formando los orillares.

sin, y el otro con, discordancia. Los depósitos clásticos que corresponden a las partes que sobresalen en el terreno deben ser de grano más grueso porque fueron depositados durante el tiempo en que la corriente del río era más alta y torrenciosa. Los depósitos correspondientes a las depresiones entre los orillares son más arcillosos y de grano más fino. Para aumentar la claridad de las secciones los estratos están dibujados con mucha mayor inclinación de la que tienen en realidad.

De la figura se puede deducir que no es propiamente necesario que el río tenga curvas apreciables, ya que los orillares se presentan también en partes relativamente rectas. Los orillares en cierto sentido representan líneas de igual tiempo (isócronas) como la estratificación en los sedimentos. Teóricamente permiten reconstruir el curso que tenía el río durante cierto tiempo, pero en la práctica deben afrontarse infinitas complicaciones al intentar esa reconstrucción.

Tales líneas de los orillares pueden apreciarse en las zonas H-J-K, entre las previamente citadas zonas A-B

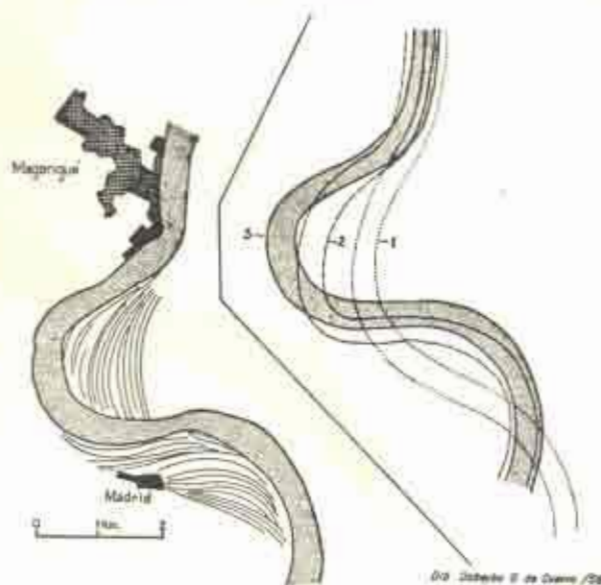


Figura 6. — Análisis de las líneas de orillares a ambos lados del Río Magdalena cerca de Magangué. Diagramas a y b.

y C-D-E, y además a lo largo del Río Magdalena (Fig. 3).

Los orillares de las barreras de la Fig. 2 se explican de modo semejante. Las rayas sugieren en este caso que hubo corrientes de apreciable fuerza a lo largo de la costa.

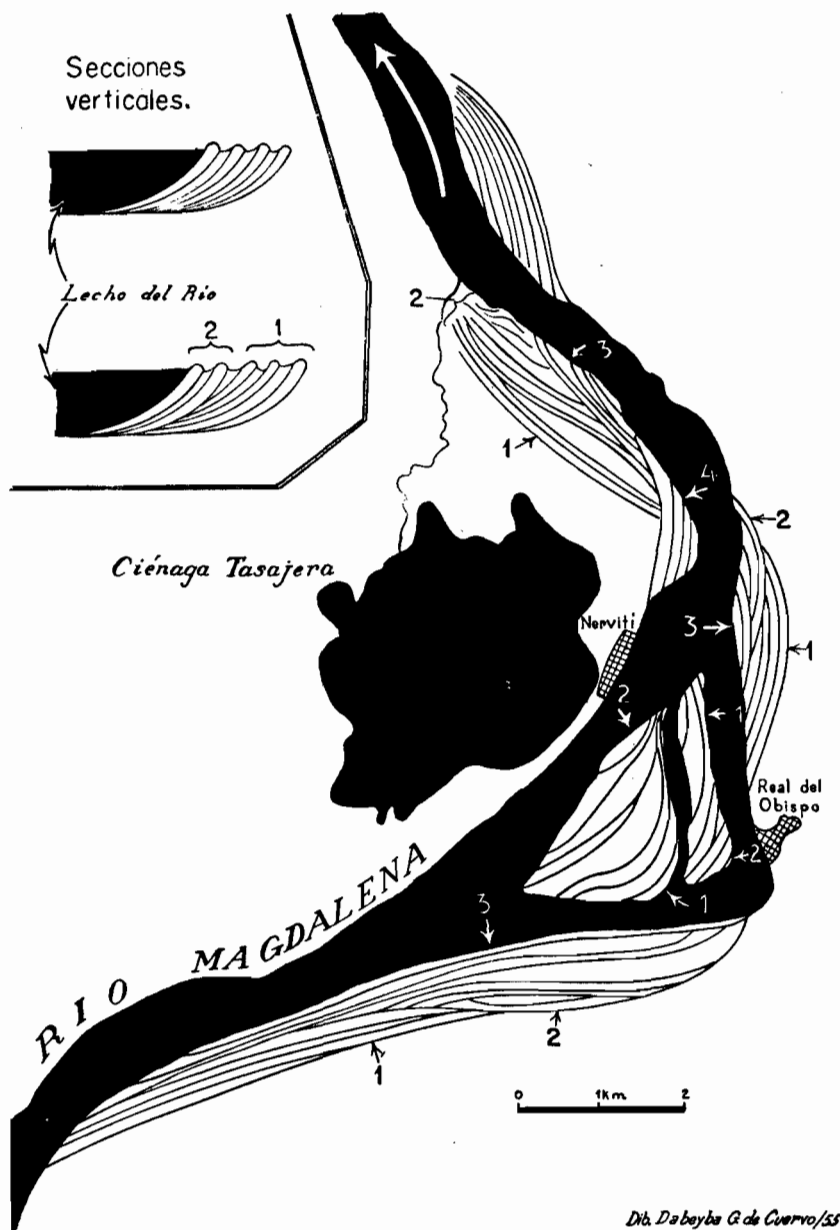
El conjunto de los orillares de un área acaba por presentar una configuración que en una sección vertical se llamaría "estratificación cruzada". Al aparecer ésta en sedimentos ello indica que fueron depositados en condiciones semejantes a las descritas más arriba, es decir que se trata de deposiciones fluviales, aunque, evidentemente, también pueden ocurrir en un litoral.

4) Las lagunas al noroeste de Barranquilla.

La región al occidente de la desembocadura del Río Magdalena (Fig. 8) está constituida en gran parte por formaciones del Terciario Superior a las cuales corresponde también el espolón de tierra firme (Sabanilla), la máxima avanzada hacia el norte y el mar Caribe de

toda la región al poniente del Magdalena. Litológicamente el Terciario puede subdividirse en dos complejos indicados separadamente en el mapa. En el complejo superior abundan horizontes de areniscas, a menudo gruesas y conglomeráticas, alternadas por calizas y margas porosas, coralíferas y de aspecto bastante reciente (Mio-Plioceno). En el inferior predominan arcillas, eventualmente margosas, arcillas arenosas, y algunas areniscas intercaladas. Es en el horizonte superior donde se encuentran las canteras que producen los materiales naturales más valiosos de la región: piedra calcárea y conglomerados cementados en general con carbonato de calcio. Son especialmente estos últimos los que han servido para la construcción de los tajamares de Bocas de Ceniza y aun cuando de calidad inferior para tales obras, es ciertamente el material más cercano a las construcciones y por esta razón el menos caro en lo que se refiere al transporte.

Los estratos están en general levemente inclinados, buzando hacia el NW, N y NE en la mitad derecha del mapa. Esto indica la presencia de un amplio anti-



Dib. Da boyba G de Cuervo/55

Figura 7. — Las orillas del Río Magdalena cerca de Real Obispo. Ejemplo de sistemas discordantes de orillares, de edades diferentes.

clinal, cuyo eje buza hacia el NNE. La ciudad de Barranquilla está construida sobre dos horizontes margosos y calcáreos inclinados unos 6 grados al NE; el inferior aflora en la margen occidental de la ciudad y es bien notable en Las Ceibas de Rondón a ambos lados de la carretera de "La Cordialidad" a Cartagena donde ésta empieza a bajar y pasa por un corte excavado dentro de este horizonte; el otro, bien notable, cruza la ciudad en dirección SE-NW. Estos dos horizontes pasan debajo de los aluviones del Río Magdalena que los cubre discordantemente.

La mitad izquierda del mapa muestra una tectónica más caótica, que refleja la del subsuelo. Dos direcciones predominan, la mencionada NNE y otra, WNW, perpendicular a la primera. Los plegamientos irregulares son aquí, en gran parte, un reflejo de las fallas del subsuelo que se convierten en flexuras⁵ hacia arriba.

En el núcleo del mencionado anticlinal se formó el plano aluvial de Arroyo León, A. Grande, A. Caña, A. Galapa, A. San Luis, etc. con un ramal que pasa por la Ciénaga de Sabanillita (al SE de Sabanilla). Planos aluviales más pequeños se encuentran a ambos lados de Puerto Colombia, pero estos están más elevados, son más bien terrazas formadas por un levantamiento local del subsuelo o por estar el nivel del mar más alto durante su formación.

Las lagunas se encuentran al norte de los afloramientos del Terciario, que terminan en una línea E-W, algo cóncava hacia el norte, línea que pasa por Sabanilla-La Playa-Las Flores. Estas lagunas son muy irregulares, y varias barras de aluviones, algunas bien firmes y otras cenagosas, en parte a flor de agua, separan un gran número de cuencas. Es obvio que las barras divisorias se formaron durante varias etapas sucesivas, pero todo el conjunto está separado del mar por una restinga bien clara con una bocaina aproximadamente a 5 kilómetros en dirección NW desde La Playa.

Esta región en la inmediata vecindad de la desembocadura del Río Magdalena nos permite dirigir una mirada al laboratorio de la naturaleza, que sin fatiga crea siempre nuevas formas y las destruye apenas terminadas como si ya estuviera aburrida de ellas, sustituyéndolas por otras de diferente aspecto. Que se produjeron variaciones en la costa de esta región es un hecho conocido, pero de los mapas publicados hasta ahora no se podía obtener una idea aproximadamente correcta de los cambios. Que los mapas existentes no son fidedignos y simplemente incorrectos, se puede generalmente apreciar de una sola ojeada. La presentación del brazo "Río Viejo" en todos los mapas anteriores, para nombrar un solo ejemplo, es simplemente errónea, porque a base de los hechos geomorfológicos se puede concluir con absoluta seguridad que la configuración nunca fue tal como lo muestran aquellos mapas, ni en los tiempos de la Conquista, ni después. Aquellos datos cartográficos carecen prácticamente de valor para juzgar sobre los cambios acaecidos. Es entonces una circunstancia muy favorable el disponer ahora de unas series de fotografías aéreas tomadas en distintos años, que posibilitan investigar con exactitud las variaciones de la costa en casi dos decenios. En el

mapa de la figura 8 se presenta la costa como era en el mes de diciembre de 1953 y además, superpuesta, la costa de diciembre de 1937 es decir con un intervalo de 16 años.

Los mayores cambios en la costa son los siguientes: está destruida la barra que se dirigía desde la punta de Sabanilla hacia el SSW para luego girar hacia el oeste (Punta Balilla o Velilla-Isla Verde) pasando un poco al norte de Salgar. En su lugar se desarrollaron tres islas, dos de las cuales están cerca de Miramar-Puerto Colombia a una apreciable distancia de la antigua barra. El mar entonces no sólo rompió la barra sino que muestra además una clara tendencia a llevarse todo el material clástico en la dirección general de las corrientes marinas de la costa del Caribe, es decir en dirección SW. Es muy probable que el fenómeno se repita periódicamente y que barras semejantes vayan siendo construidas y luego destruidas. Ya se puede observar la formación de una nueva barra anclada en la misma Punta de Sabanilla.

Al NE de Sabanilla la costa se curvaba anteriormente más adentro que hoy día, pero más lejos, al norte de la Isla de la Ceiba, (situada al N de La Playa) el mar avanza rápidamente hacia el sur. Durante diez y seis años la costa ha retrocedido aquí una distancia de casi 2 km, o sea aproximadamente un promedio de 100 metros por año. Si sigue avanzando con el mismo ritmo la costa podría llegar en unos 50 años a La Playa, aunque no es muy probable que el mar continúe avanzando hasta ese lugar. Sin embargo el desplazamiento de la costa hacia el sur puede constituir un grave peligro para el tajamar occidental de Bocas de Ceniza (dique de Boyacá).

La costa de la Punta Faro, en contraste con la anterior, está creciendo lenta pero regularmente (ver Fig. 9). Cambios notables han ocurrido también en las propias Bocas de Ceniza en la ribera oriental del río Magdalena, inmediatamente al oeste de la Punta Caimán y la Ciénaga de Punta Faro. Aquí se depositó

Figura 8. — BARRANQUILLA Y ALREDEDORES

Convenciones:

1. Agua (lagunas, ciénagas, ríos).
2. Vegetación hidrófila (manglares).
3. Planos aluviales de arroyos secundarios.
4. Aluviones formados por el Río Magdalena.
5. Bancos de lodo, frecuentemente debajo del agua.
6. (blanco) Playones, restingas, barras e islas formadas de lodo aportado por el Río Magdalena.
7. Arena que el viento lleva desde la playa costa adentro. (E de Bocas de Ceniza). Las flechas indican la dirección predominante del viento.
8. Acumulaciones más viejas de arena, ahora inmóviles. Deducido morfológicamente.
9. Arenas y dunas depositadas por el viento sobre aluvión.
10. Arenas y dunas depositadas por el viento, sobre afloramientos del Terciario.
11. Material detrítico de ladera.
12. Horizonte inferior del Terciario superior (Mioceno).
13. Horizonte superior del Terciario (Mio-Plioceno).
14. Terreno sumergido y consumido por el mar.
15. Terrenos que se formaron en Bocas de Ceniza desde 1937.
16. Canteras.
17. Rumbos y buzamientos (a), a veces casi horizontales (b), con flechas (c).
18. Represas (diques).

⁵ Irizarry.—En el "Chambers, Diccionario Tecnológico Español-Inglés", encontramos: "flexura" y "flexuoso" empleados como términos de la zoología y de la botánica, ya introducidos al castellano.



Figura 9. — Bocas de Ceniza.

en el curso del tiempo una apreciable cantidad de sedimentos y es un detalle muy curioso que el estudio atento de las fotografías aéreas indica que los sedimentos se están moviendo río arriba. Esto lo demuestran claramente los tres diagramas de que se compone la Fig. 9. En cada diagrama (a, b y c) hemos superpuesto los planos de las riberas correspondientes a dos fechas en que se tomaron las fotografías aéreas:

La Fig. 9a representa una comparación de las situaciones de diciembre de 1937 con agosto de 1945, lapso de 92 meses; Fig. 9b la de agosto de 1945 con febrero de 1947, lapso de 18 meses; y la Fig. 9c la de febrero de 1947 con diciembre de 1953 lapso de 106 meses.

En cada fracción de la figura se indicaron los siguientes 4 casos posibles:

- 1) Superficie del mar o del agua no variada entre las dos fechas (en negro).
- 2) Terreno firme no variado (en blanco).
- 3) Sedimentos ocupados por el agua en la última fecha (hachurado).
- 4) Sedimentos depositados durante los lapsos correspondientes (punteado).

El río Magdalena más abajo de Las Flores presenta aparentemente un fuerte desequilibrio entre la corriente y su lecho. Los rápidos desplazamientos de los bancos de arena que se encuentran una vez aquí, otra vez en un lugar bien diferente y que causan una distribución de altos y bajos que varía cada día, son la prueba

de la falta de equilibrio. Estos fenómenos son en general característicos para un río cuyo lecho es demasiado ancho durante las aguas bajas. La corriente empieza entonces a serpentear cambiando así los accidentes de su fondo. Tales ríos tienen también la característica de que los bancos de arena que sobresalen del agua durante las aguas bajas se mueven en apariencia río arriba, porque en un banco crece la parte de atrás donde se añaden materiales traídos de otro banco que se encuentra más río arriba. Aun cuando el caso es aquí algo diferente pueden ocurrir fenómenos semejantes. Ciertamente el ensanchamiento repentino del canal favorece el depósito de sedimentos en esta parte. Sólo un estudio local puede decidir si el movimiento de los sedimentos río arriba es afectado además por remolinos o por las ondas marinas que entran por los tajamares o por la combinación de ambos factores.

Sea como fuere, todo esto indica que el canal tiene una anchura excesiva y es una curiosa coincidencia que el río mismo la esté reduciendo. Los espolones que se construyeron al lado del tajamar oriental tienen la misma finalidad y según el artículo de *Alfredo Dávila* en *El Economista* (año 1, número 4, marzo de 1955) parece que con esas obras se obtuvo algún éxito, lo que prueba de manera empírica nuestro punto de vista sobre la excesiva anchura del canal.

A causa de las grandes diferencias del volumen de agua que el río debe transportar en varias épocas siempre será una tarea difícil encontrar una solución definitiva y satisfactoria que garantice la fácil entrada al puerto de

Barranquilla; y a este respecto es oportuno recordar una propuesta del R. Padre *Enrique Pérez Arbeláez*⁶ quien sugería una entrada por la ciénaga del Torno y el Brazo del Río Viejo, solución que muy probablemente hubiera sido más fácil de realizar ya que los sedimentos del río Magdalena que hacen crecer la playa de Punta Faro no parecen llegar hasta la entrada de esta ciénaga.

Existe otro peligro que deseamos anotar. Nos basamos para ello en el mismo artículo de Alfredo Dávila en el cual se mencionan los dos derrumbes submarinos ocurridos a fines de agosto de 1935 y entre el 15 y 20 de noviembre de 1945. Sería importante conocer la causa y extensión de estos derrumbes lo que sólo se logrará determinar mediante sondeos periódicos en una región más vasta, al frente de las Bocas, que la abarcada por los sondeos efectuados hasta ahora.

Recientes investigaciones del fondo oceánico combinadas con extensos muestreos han revelado que a profundidades de varios miles de metros se encuentran sedimentos provenientes de regiones costaneras. Se supone que estos sedimentos se deslizaron periódicamente hacia abajo (turbidity currents = corrientes de turbieza)⁷ y

⁶ Recursos Naturales de Colombia, 1953. *Enrique Pérez Arbeláez*, Dr. Phil.

⁷ D. B. *Ericson*, *Maurice Ewing* and *Bruce C. Heezen*, Turbidity Currents and Sediments in North Atlantic, Bulletin Am. Ass. Petr. Geol., Vol. 36, Nº 3, March 1952, p. 489.

La presencia de cañones submarinos situados considerablemente más

hasta hay autores que creen que éstas masas de sedimentos deslizantes tienen suficiente fuerza erosiva para poder explicar con ellas la formación de cañones submarinos como el de Hudson. Areniscas provenientes de la costa se encontraron aquí a más de 4.800 m de profundidad y a una distancia de unos 700 km de la costa.

Parece que las corrientes de turbieza tienen alguna relación con los deltas de los grandes ríos. Es posible que los deslizamientos al frente de Bocas de Ceniza tengan una causa semejante y en este caso sería probable la repetición de los sucesos de 1935 y 1945 y por lo tanto que periódicamente vuelva a ser necesario ejecutar reparaciones de mayor o menor extensión en los tajamares. Está claro que estas corrientes de turbieza sólo afectan la topografía submarina.

En relación con Bocas de Ceniza también nosotros queremos referirnos de nuevo a la distribución de arenas relativamente puras consideradas productos del mar y de las arenas mezcladas con lodo que se creen de origen fluvial (Río Magdalena). A nuestro parecer todos los sedimentos alrededor de Bocas de Ceniza, los que formaron la restinga "Isla de Salamanca" al lado derecho del río y las restingas y barras a la izquierda, e

abajo de un posible nivel mínimo del mar durante el Pleistoceno (más o menos 200 m) constituye uno de los mayores descubrimientos acerca de los fondos del mar de los últimos decenios.

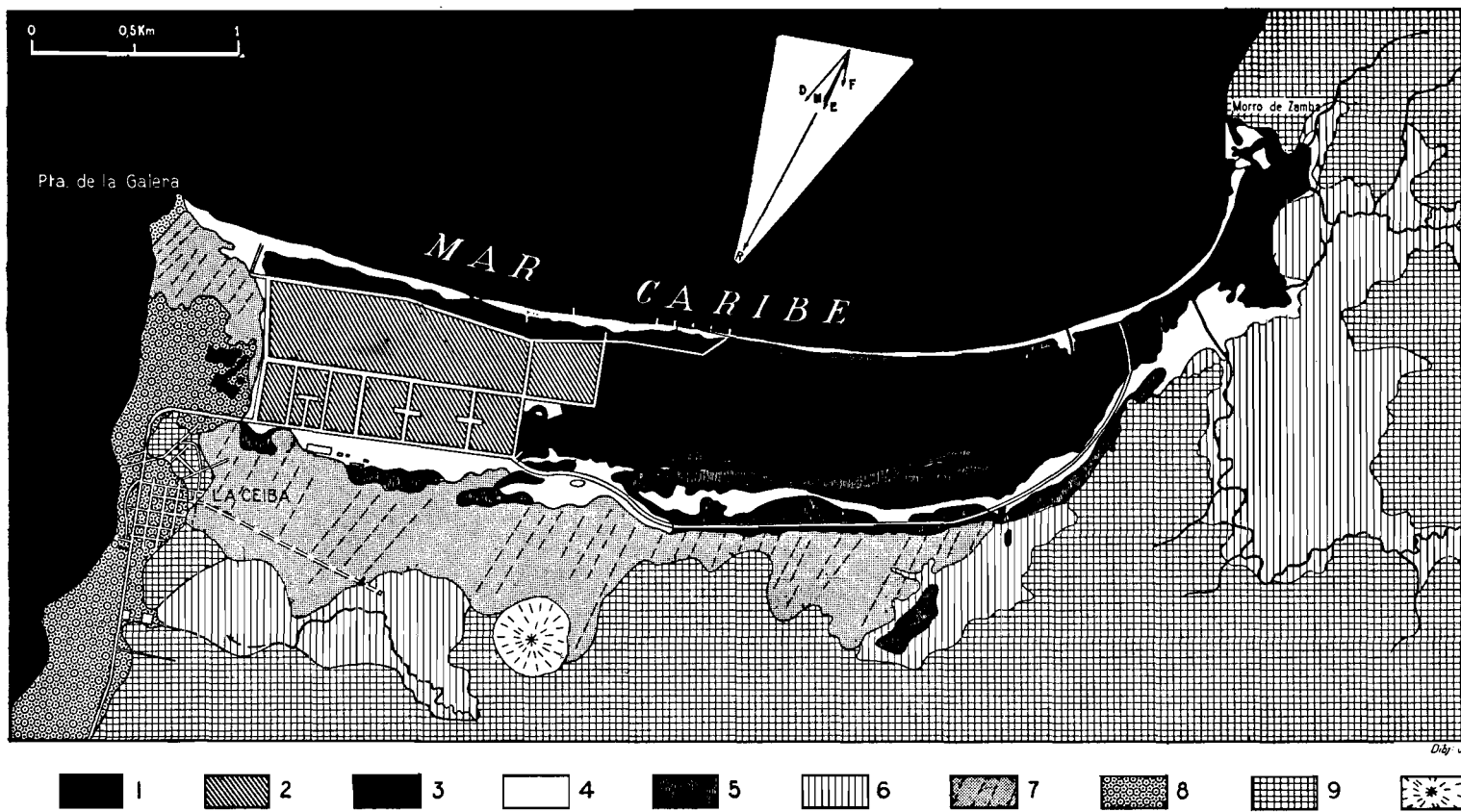


Figura 10.

Convenciones:

1. Agua de mar, de la laguna y ciénagas.
2. Salinas.
3. Banco de lodo.
4. Playones.
5. Aluviones alrededor de la laguna.
6. Aluviones de los planos aluviales.
7. Depositiones eólicas (dunas) y efectos del viento sobre la vegetación. Las rayas interrumpidas indican dirección del viento.
8. Terraza costera levantada, probablemente pleistocena marina.
9. Terreno alto, afloramientos del Terciario.
10. Volcán de lodo.

igualmente todos los sedimentos entre el río y la Ciénaga Grande de Santa Marta, provienen directa o indirectamente del Río Magdalena. Las arenas más puras, así lo creemos, fueron lavadas por las ondas y corrientes marinas que se llevaron el material arcilloso y dejaron en su lugar las arenas solas.

5) *La laguna de Galerazamba.*

Esta laguna se desarrolló al pie de la tierra firme que consta de sedimentos del Terciario Superior, terreno suavemente ondulado con varias lomas bajas y cortado por planos aluviales, especialmente en el extremo oriental (Fig. 10). La relativa anchura de estos planos en comparación con los riachuelos insignificantes que corren en ellos sugiere que la formación de los valles se inició durante un período glacial (especialmente el último) del Pleistoceno, cuando el nivel del mar era considerablemente más bajo, la base de erosión de los riachuelos bastante más alta, y por consiguiente mayor la fuerza erosiva de sus aguas corrientes. Estos valles deben haberse llenado de sedimentaciones aluviales, y en parte lagunares, durante el siguiente período (Holoceno), cuando el deshielo de los glaciares hizo subir el nivel del mar hasta la altura aproximadamente igual a la actual.

El Terciario aflora en los bordes oriental y meridional de la laguna. A lo largo del mar, desde la Punta de la Galera, hasta más al sur de La Ceiba, se encuentra una terraza marina levantada por movimientos locales del terreno en sentido vertical. Esta terraza ligeramente inclinada hacia el norte, abunda en corales marinos que son probablemente del más antiguo Pleistoceno o del Plioceno. Entre esta Punta de la Galera por un lado y el Morro de Zamba por el otro extremo se desarrolló la estrecha restinga que separa la laguna del mar. La propia bocaina se encuentra en el extremo NE, a unos 200 metros al sur de los últimos afloramientos terciarios del Morro de Zamba (dirección de los estratos NNE-SSW).

La parte nordeste de la laguna está separada artificialmente de la mayor extensión de aguas lagunares mediante un dique que aparentemente tiene por objeto aumentar la salinidad de las aguas al occidente de la obra, porque de esta manera las aguas dulces aportadas por los riachuelos no pueden mezclarse con la masa principal de agua salada. Un pequeño canal a unos 200 metros al oeste del dique (D), permite la entrada de agua marina si el nivel del agua lagunar baja por evaporación.

Las renombradas salinas estatales, administradas y dirigidas por el Banco de la República, se encuentran en el extremo occidental de la laguna, alejadas de la bocaina, posición muy semejante a las salinas de Manaure, si invertimos además la dirección E-W. Sólo que aquí en Galerazamba las condiciones para salinas parecen más favorables por la ausencia completa, en la mayor parte de la laguna, de arroyos de algún tamaño que puedan disminuir la salinidad del agua lagunar.

El efecto de los vientos es especialmente notable en el oeste más allá de la defensa del Morro de Zamba y demás lomas del Terciario. Pequeñas dunas longitudinales son especialmente notables en la Punta de la Galera. La densa vegetación al oriente de La Ceiba a veces no permite observar las dunas en las fotografías aéreas,

pero con observaciones de la dirección del viento se pueden completar por el efecto que tienen sobre la vegetación. La densidad de la vegetación que cubre las dunas, en combinación con la falta de fenómenos de deflación y acumulación eólica en los playones que bordean el margen meridional de la laguna, son indicios de que la mayoría de las dunas se formó en un tiempo en que los vientos eran más fuertes que hoy día.

El volcán de lodo al ESE de La Ceiba es el más septentrional de un grupo que se encuentra al sur de la región abarcada por el croquis de la Fig. 10.

6) *La laguna de Cartagena o de Tesca.*

La laguna se formó al borde occidental de un amplio plano aluvial, que se extiende de este a oeste entre afloramientos del Terciario Superior (Fig. 11). Esta formación se compone de areniscas, localmente gruesas y conglomeráticas, alternadas por arcillas generalmente arenosas, y horizontes coralíferos, como los que afloran por ejemplo abajo del antiguo convento de La Popa. La dirección general de los estratos es este-oeste, buzando al sur en la cadena de lomas cuyo extremo forma la Punta Manzanilla, y aproximadamente hacia el norte en las lomas cerca de Cartagena. El mencionado plano aluvial se encuentra entonces en un amplio sinclinal cuyo eje buza hacia el mar y que se ha rellenado de sedimentación aluvial.

La laguna tiene forma de bolsa y amplios playones bordean sus márgenes oriental y meridional. Es muy curiosa la presencia de una estrecha barra o restinga en su extremo meridional, restinga que aparta una laguna secundaria, e interna, de la principal. La secundaria tiene bocaina propia y se torna menos honda hacia el oriente convirtiéndose allá en terreno cenagoso.

El terreno seco y algo elevado del plano aluvial tiene paralelamente a su borde occidental grupos de pequeñas ciénagas, bajos cenagosos, cubiertos de agua durante crecientes, y playones sin vegetación, todo esto separado de la propia laguna por una franja de manglares de anchura variable.

La laguna está separada del mar por una restinga, bastante estrecha en el norte, que se ensancha gradualmente hacia el sur para alcanzar la misma anchura del afloramiento del Terciario en Cerro Popa. La bocaina actual se encuentra al norte de La Boquilla, pero es probable que anteriormente había varias otras que se cerraron en el curso del tiempo, como por ejemplo a la mitad entre La Boquilla y el aeropuerto de Crespo e inmediatamente al sur de este aeropuerto. También es probable que la restinga no sea una sola unidad, sino que consta de una sucesión de varias, formadas una tras otra en diferentes etapas. Si esto es así los límites entre las diferentes unidades morfológicas están ahora borrados y nada seguro se puede decir a este respecto para el área en donde está el aeropuerto de Crespo. Los fenómenos morfológicos más al sur parecen sin embargo, apoyar esta suposición.

La isla de Manzanillo con las pequeñas isletas del Diablo y Chivos, la isla de La Manga y los barrios Getsemaní-Medialuna parecen restos de una vieja restinga, bien desarrollada, que se formó alrededor de los afloramientos terciarios, pero separada de ellos por un estrecho o una laguna alargada. Es probable que esta restinga prosiguiera hacia el norte haciendo la vuelta alrededor

del Cerro de la Popa, pero que posteriormente este ramal fuera destruído parcialmente y sustituido por otro más reciente sobre el cual están hoy día El Cabrero, el propio centro de Cartagena, el barrio Boca Grande y el histórico fuerte de Castillo Grande. Este último ramal corta el anterior (de Manzanillo-La Manga) discordantemente entre el centro de la ciudad y el barrio Medialuna. Es característico que la última parte de la más reciente restinga (Hotel del Caribe-Castillo Grande) gire de repente hacia el sureste en dirección hacia la isla de Manzanillo, para establecer el paralelismo con la barra más antigua de La Manga. Semejante cambio de dirección en la restinga se puede observar en la de la Laguna del Aguila (ejemplo siguiente).

La restinga Boca Grande-El Cabrero está conectada con la del norte (aeropuerto Crespo) por una faja muy estrecha, separada del macizo de la Popa mediante una depresión de ciénagas y manglares que conecta la Bahía de Cartagena con la Laguna de Tesca por el viejo brazo inmediatamente al sur del aeropuerto.

El brusco ángulo en la restinga cerca al Hotel parece causado por corrientes marinas superficiales que entran en la Bahía de Cartagena por Boca Grande. Hay en estas partes una pugna entre estas corrientes y la tendencia general del mar para cerrar la Boca Grande con una restinga en forma semejante a como sucedió más al norte. Hasta ahora se formó sólo una barrera apenas submarina entre el Hotel del Caribe y la isla Tierra Bomba, razón por la cual el tráfico marino utiliza la entrada de Boca Chica. El avance temporal de una pequeña restinga curvada, encerrando una menuda laguna L, fue el resultado de la combinada acción general del mar con la corriente de Boca Grande y el material en suspensión a lo largo de la costa proveniente en gran parte del Río Magdalena. Esta pequeña restinga se destruyó posteriormente por el relativo predominio, que puede ser temporal, de las corrientes de Boca Grande.

Pero también entre las islas de Barú y Tierra Bomba, una restinga está en proceso de formación y si no fuera por la intervención del hombre que con modernas maquinarias artificialmente continuara manteniendo abierta una brecha entre los históricos fuertes de San Fernando y San José, sería inevitable que se cerrara también la Boca Chica en el curso del tiempo.

7) La Laguna del Aguila.

Esta laguna (*Fig. 12*) tiene una forma muy curiosa ya que con el resto de la península parece sugerir la cabeza de un águila en silueta, desempeñando la restinga el papel de pico encorvado. Una barra parte de un espolón de terreno aluvial comparable con el de Sabanilla, sólo que en este espolón no afloran rocas antiguas y casualmente las circunstancias determinan que esta barra haga de restinga.

En tiempos anteriores existían lagunas más amplias hacia el oriente, cuyas restingas se apoyaban en los afloramientos terciarios que forman aquí una baja serranía cuyo eje se dirige del SE al NW y cuyo extremo se llama Cerro de Aguila. Entre esta serranía, que en un tiempo fue una isla, y el macizo terciario por el cual el río Mulatos cortó su lecho, se formó una laguna cuya restinga es todavía bien notable. Esta se dirigía desde el Cerro del Aguila en el occidente hacia una esquina

formada por el Terciario en el oriente, extendiéndose apenas hasta un poco al sur del pueblo Mulatos. Las dos ciénagas (de Marimonda y del Salado) son restos de esta laguna, la cual probablemente tenía otra restinga en el sur, que cerraba la brecha entre las dos islas de afloramientos terciarios es decir la del Cerro del Aguila y la de Necoclí al norte.

Esta laguna de tamaño apreciable debe haberse desaguado por un levantamiento de esta área con relación al nivel del mar.

La faja costanera en la cual están situados los caseríos de Mulatos y Zapata es una formación más reciente todavía. El hecho de haber seguido creciendo la costa indica que el núcleo terciario muy probablemente siguió levantándose aun cuando con lentitud. Los orilleros al SW del Cerro del Aguila confirman esta su posición. La formación de ellos debe ser aproximadamente contemporánea con la faja Mulatos-Zapata. La vegetación en los alrededores de la ciénaga de Marimonda delata todavía la antigua extensión de la laguna.

III. FACTORES QUE PUEDEN CONTRIBUIR A LA FORMACION DE LAGUNAS

Las lagunas han sido poco estudiadas en comparación con los lagos sobre los cuales hay amplias investigaciones. Varios factores que participan en la formación de las primeras no están todavía bien definidos y además falta un estudio regional que indique los tipos de lagunas que se pueden distinguir. No es nuestra intención entrar en la clasificación de ellas, pero sí querríamos repasar rápidamente los factores que pueden tener cierta influencia en su formación para luego destacar las más importantes. Empecemos entonces con una enumeración sistemática de estos factores:

1. Ondas y olas

Las olas se originan de vientos y fuertes tempestades. Conocidas leyes físicas enseñan que en estas condiciones, cuando un medio, el aire, se mueve con apreciable velocidad sobre otro, el agua del mar, el plano que separa los dos no puede mantenerse horizontal y va inclinándose. Como esto no puede realizarse sobre extensas superficies, se efectúa repetidamente sobre trechos más cortos y así se forman las olas en la superficie del mar. Una vez producidas, las olas primarias ocasionan otras, secundarias o vibratorias, que pueden propagarse a grandes distancias (miles de kilómetros) del origen de su nacimiento. El fenómeno puede compararse con los movimientos ondulatorios que se forman cuando se arroja una piedra en el agua. En la inmediata vecindad de la piedra están las olas irregulares causadas por la caída de ella en el agua, olas que son comparables con las causadas por un temporal. Pero estas olas primarias inducen otras que se propagan con cierta velocidad sobre la superficie del agua y estas son las que hemos llamado secundarias o vibratorias.

Aunque la distinción entre olas y ondas es bastante clara y es conveniente tenerla presente en un estudio práctico, tampoco debe olvidarse que hay vientos adicionales en muchas partes por donde se propagan las ondas vibratorias. Estos vientos introducen además otras olas que se superponen sobre las ondas ya existentes.

A primera vista es obvio que las partículas de agua en una onda suben y bajan periódicamente, pero después de alguna reflexión parece claro que además deben efectuarse movimientos horizontales, ya que el agua amontonada bajo la parte culminante de una onda debe después bajar hasta la depresión, y como el agua durante el proceso no se comprime es claro que sus partículas deben también escaparse en una u otra dirección. Siempre se ha pensado que las partículas en la superficie del mar describen movimientos circulares o elípticos que son la combinación de desplazamientos hacia arriba, atrás, abajo, y adelante, sucesivamente. Debido a consideraciones de simetría este movimiento no puede extenderse lateralmente y debe limitarse al plano vertical que se puede imaginar perpendicular a las lomas ondulatorias. Hacia el fondo disminuye más rápidamente la amplitud del movimiento vertical que la del horizontal, de tal modo, que las partículas describirán órbitas elípticas que se aplanarán siempre más hacia abajo, hasta que las partículas se muevan solamente en sentido horizontal pero sobre un trecho mucho más restringido que en la superficie. Experimentos con cámaras y larga exposición aplicadas a partículas luminosas en el agua han demostrado que este concepto no es completamente correcto sino que hay un componente adicional de movimiento en la dirección en que se traslada la onda, de tal manera que la partícula de agua describe una línea cicloidal, comparable al movimiento de un punto de la circunferencia de una moneda que rueda sobre el suelo, solamente que la partícula de agua avanza menos rápidamente en cada revolución. El viejo concepto de que un objeto flotante sobre el mar no se desplaza por las ondas, necesita entonces ser corregido. Un grano de arena en el fondo del mar tendrá un movimiento de vaivén causado por las ondas, adelantándose siempre algo más de lo que alcanza a retroceder. Como la causa que origina las ondas yace generalmente mar adentro y las ondas se trasladan desde el mar hacia su periferia, el efecto de las ondas sería que los granos de arena se movieran hacia las costas.

Las ondas rara vez son más altas que 15 a 20 metros, de tal manera que la amplitud máxima de los movimientos cicloidalmente rotatorios de las partículas deben tener este mismo valor cerca de la superficie del mar. Más abajo la altura de la cicloide disminuye en proporción directa con la longitud de la onda. Se ha observado que a una profundidad de un cuarto de longitud de la onda su altura es un décimo del valor que tiene en la superficie y el movimiento de las partículas es casi imperceptible a una profundidad a la mitad de la longitud de la misma.

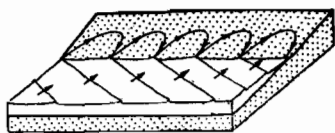


Figura 13. — Diagrama que ilustra el desplazamiento de arenas a lo largo de la playa cuando las olas baten oblicuamente ("beach drift").

Como las ondas pocas veces tienen una longitud de más de 150 metros, esto querría decir que la acción de ellas se limitaría a profundidades menores de 75 metros, lo que corresponde a una faja no muy ancha a lo largo de la costa. La longitud de ondas en la costa colombiana

de la cual se han tomado los ejemplos de lagunas, no superará los cien metros por lo general y su influencia no se extenderá más allá de los 50 metros bajo el nivel del mar. En contrario a la opinión de varios autores, creemos que el mencionado efecto de las ondas sobre las arenas del fondo no es muy grande.

Las ondas se propagan más rápidamente en aguas profundas, en cambio parecen venir frenadas en las partes menos profundas. En estas partes la cresta de la onda queda atrás en relación con la porción que avanza

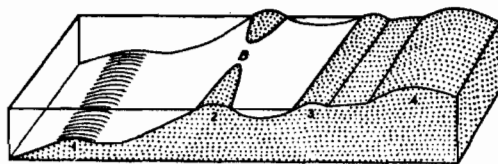


Figura 14. — Diagrama de las barras playeras formadas por la resaca.

en el agua profunda. Por lo tanto la cresta de la onda puede curvarse o cambiar de dirección. Esta es la razón para que las ondas cuya cresta hace un ángulo con la costa, giren algo y lleguen casi paralelamente al litoral. Esta adaptación de las ondas a la forma de la costa tiene sus límites y cuando el ángulo entre el frente y la costa es muy grande, la onda llega oblicuamente y las olas causan un desplazamiento lateral de la arena a lo largo de la orilla (Fig. 13); porque un grano de arena bajo la influencia de las olas describirá curvas hiperbólicas, desplazándose al mismo tiempo lateralmente como lo indican con mucha exageración las flechas de la figura. Esta acción de las ondas que los norteamericanos llaman "beach drift" nos parece la más importante.

La acción de las ondas no es por lo general sencilla, porque pueden llegar desde dos o más orígenes a la vez y causar una compleja interferencia. Pueden reflectarse de partes de la costa o cambiar su dirección alrededor de islas o bancos de arena submarinos. Varios ejemplos de los fenómenos arriba descritos se encuentran esquematizados en la figura 18, fragmento interesante de la costa de Arroyo Grande (al NE de Cartagena).

Además de estas interferencias en el plano horizontal, que se hacen notar por las direcciones cruzadas de las lomas ondulatorias hay interferencias en sentido vertical por ejemplo en la combinación de ondas de diferentes períodos. Este fenómeno puede observarse en la playa donde por ejemplo tres ondas moderadas pueden ser seguidas por una cuarta de tamaño más notorio, etc.

2. La resaca.

Como consecuencia del hecho de que la onda se traslada más rápidamente en aguas profundas, la parte superior avanza más hacia la costa que la baja. Esto introduce una asimetría en la onda, transformándola en ola, y la asimetría aumenta de tal manera hacia la playa que la ola se desploma y nace la resaca. Corrientes irregulares adicionales causadas por aflujo y reflujos del agua en combinación con la resaca crean una morfología bien definida de playa que se configura casi de igual manera en todas las costas arenosas. De resultas se forman varias barras de arena; las correspondientes a la Fig. 14 están enumeradas de 1 a 4. Las dos primeras

están siempre sumergidas y la tercera está visible sólo durante las mareas muy bajas. La cuarta se forma más arriba de la línea de las mareas extremadamente altas. Desde la cuarta barra, tierra adentro, empieza generalmente la capa vegetal y la zona desnuda entre la tercera y la cuarta barra, zona seca durante la marea baja, es la parte de la cual especialmente el viento se lleva los materiales.

El agua que refluye mar adentro corta brechas (B) en las barras 3, 2 y eventualmente 1.

Aunque la resaca (en combinación con el aflujo y reflujo) causa la presencia de las barras, podemos también invertir lo anteriormente dicho y afirmar que la resaca se forma donde están localizadas las barras, porque es allá donde de repente se vuelve menos profundo el fondo marino y se rompen las olas. Por las zonas de resaca las cuales están conspicuamente conectadas con sitios fijos, podemos concluir la presencia de las barras (ver la Fig. 18).

Conviene tomar nota que estas barras son cosas bien distintas de las restingas lagunares. Es posible que las barras de resaca en combinación con el "beach drift" y con corrientes marinas bastante fuertes puedan convertirse en "orillares" playeros cuando la costa se desplaza mar adentro.

3. Alta y baja marea.

Aunque la máxima diferencia entre las mareas de la costa atlántica de Colombia es muy poca, alrededor de 60 cm., ellas sin embargo tienen sus consecuencias. La marea baja deja siempre libre una zona comprendida entre el mar y la región cubierta de vegetación. Esa faja se compone de material fino que durante ciertas horas se seca por la acción del sol. Este material suelto y seco es movido tierra adentro por el viento y así puede aumentarse la altura y el ancho de una restinga ya existente. Este fenómeno se observa claramente en la restinga de la laguna de Santa Marta (la isla Salamanca). Esta actividad constructiva de la combinación playa-viento tiene su efecto solamente cuando el material sustraído de la playa se renueva por la acción del mar.

La marea es especialmente responsable de la formación de una o más bocainas en la restinga. Por las diferencias de nivel del agua marina en relación con el de la laguna, habrá infiltración de aguas especialmente en las partes más estrechas de la restinga. Estas corrientes intergranulares movilizan las partículas arenosas y acaban por abrir una brecha. Una vez formada la última, las corrientes de flujo y reflujo entre el mar y el agua lagunar, a causa de las mareas continúan manteniendo abierta la bocaina a menos que otros factores más potentes la cierren.

4. El viento.

Este es un factor geológico constructivo en ciertas regiones (acumulación) pero en otras es destructivo (deflación). Productos de la acumulación son especialmente las dunas. En la costa colombiana del Caribe se encuentran únicamente *dunas longitudinales* cuyos ejes son paralelos a la dirección principal de los vientos. Una tímida insinuación de barcanes⁸ hemos observado

⁸ O barjanas, o sea dunas de arena, aisladas, y en forma de media luna.

en ciertas localidades al noroeste de Arroyo Grande pero son de tan pequeña extensión que no fueron introducidos en la Fig. 18. Tampoco hemos encontrado dunas transversales. En general éstas se desarrollan paralelamente a la costa en combinación con vegetales que se caracterizan notablemente por sus raíces fuertes y largas y por una extensa ramificación lateral. Las arenas movidas por el viento se amontonan en el lado costanero de esta vegetación depositándose entre las ramas. Una condición es que la vegetación tenga suficiente poder reproductivo para crecer al paso con la acumulación vertical de la arena sin dejarse tapar. Parece que en esta parte de la costa no existen vegetales de características semejantes porque el viento con demasiada facilidad abre brechas en numerosos lugares y en vez de formarse una duna transversal nacen varias longitudinales. Un ejemplo claro de cómo el viento hiende brechas en una línea de arbustos paralela a la costa, presenta la Fig. 15 que muestra el transporte de arena tierra adentro donde están las brechas.

Dunas longitudinales están especialmente desarrolladas en las regiones abarcadas por las Figs. 2 y 8 (Manaure y Barranquilla). Estas dunas y los desplazamientos de arenas observados en las aerovistas (tal como lo muestra la figura 15) permiten sacar conclusiones sobre la dirección prevaleciente de los vientos. Estas direcciones deducidas geológicamente están de acuerdo con las observaciones meteorológicas del terreno en la región de Galerazamba (Fig. 10) y Barranquilla (Fig. 8). Una notable discrepancia de 30° puede observarse entre la dirección deducible geológicamente y la obtenida en la estación meteorológica de Manaure. Obviamente existen tres suposiciones que podrían explicar esta discrepancia, las cuales son: 1) Los datos meteorológicos utilizados no son suficientemente precisos ya que las direcciones del viento no están anotadas en grados sino "redondeadas" a direcciones principales como N o NE, ocasionalmente a intermedias NNE etc. Esto puede resultar en un error sistemático. 2) las observaciones son estadísticamente demasiado escasas (tres observaciones diarias), sujetas al azar y no representan condiciones generales; 3) la dirección general de los vientos ha cambiado y no coincide con los vientos que causaron la formación de las dunas. Hay ciertos indicios en favor de la última posibilidad.

Las dunas especialmente frecuentes y potentes en la región de Riohacha-Río Popoya (Fig. 2) están formadas por material procedente de la Ensenada de Calabozo (Golfo de Venezuela), transportado a una distancia de 60 km por vientos de este a oeste. Es muy probable que transportes a escala tan grande y a una distancia apreciable no se hayan efectuado en un tiempo reciente sino durante el (último) período glacial del Pleistoceno en el cual se formaron también las vastas acumulaciones eólicas (loessoides) de Europa y China. Los depósitos eólicos de Galerazamba ofrecen también indicios en favor de esta interpretación, pero más especialmente las condiciones cerca de Barranquilla parecen confirmar una interpretación semejante. No nos referimos aquí a las dunas que están inmediatamente al sur de la línea Sabanilla-La Playa-Las Flores, sino a aquellas que se extienden a 10 hasta 30 km al sur de Barranquilla, parte izquierda de la Fig. 3. La dirección de estas dunas es diferente de la de las más recientes (N y NNE). Este hecho en combinación con la ubicación bastante re-

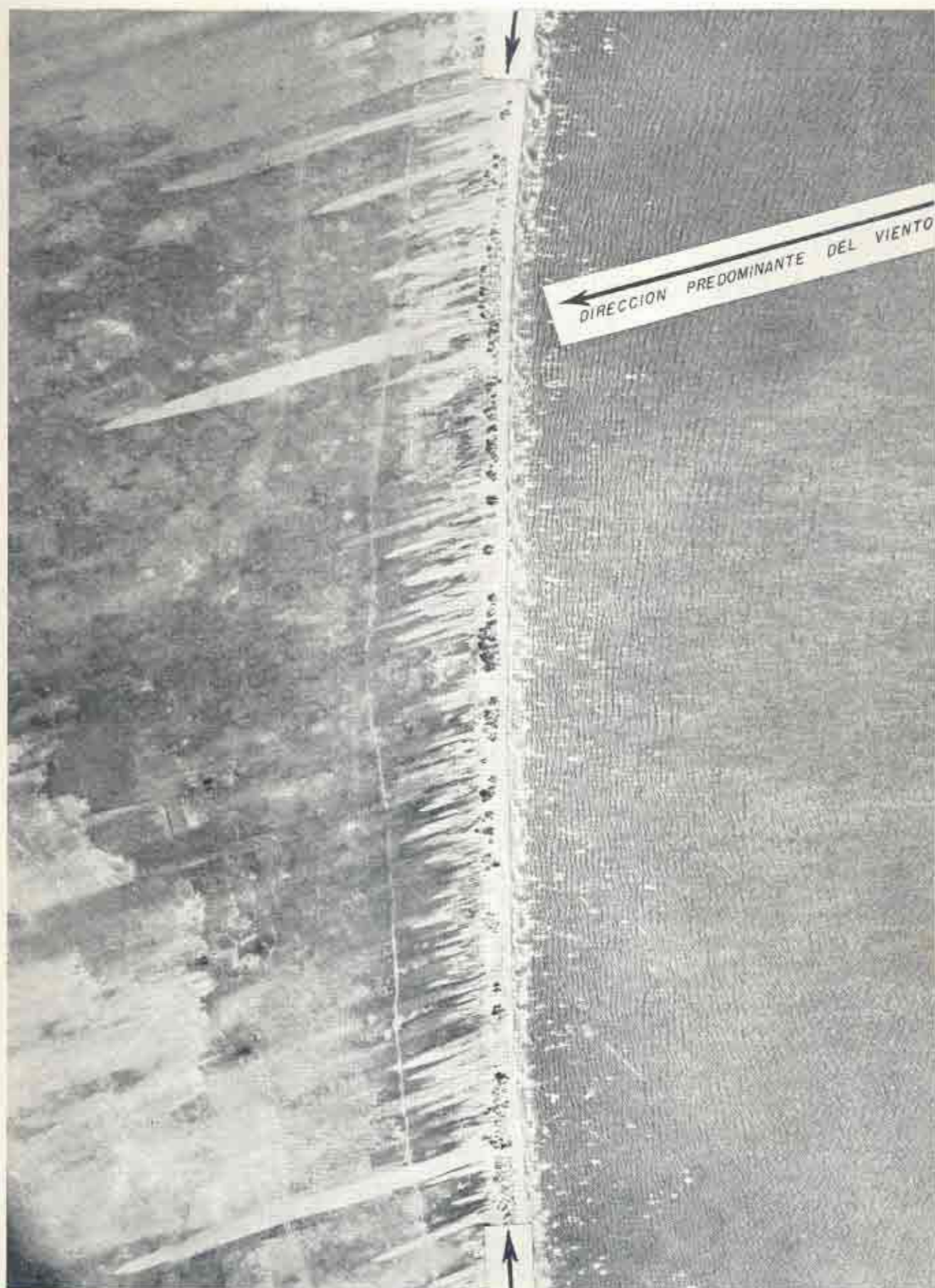


Figura 15. — FRAGMENTO DE LA COSTA GUAJIREÑA EN VENEZUELA.

La línea de vegetación entre las dos flechas quedó interrumpida por las fuertes ráfagas de los vientos. Los arbustos no están lo suficientemente arraigados para resistir las corrientes de la atmósfera y en estas condiciones no puede desarrollarse una duna transversal con relación a la dirección de los vientos. La figura muestra claramente cómo se puede deducir esta dirección por la morfología del terreno.

tirada de la costa hace probable que se hayan formado durante el Pleistoceno o muy al principio del Holoceno. Es probable que las dunas costaneras de Barranquilla (Fig. 8) sean también en parte pleistocenas con la misma dirección N y NNE y que los vientos más recientes del NE borrarán en su mayor parte las huellas de la dirección primitiva.

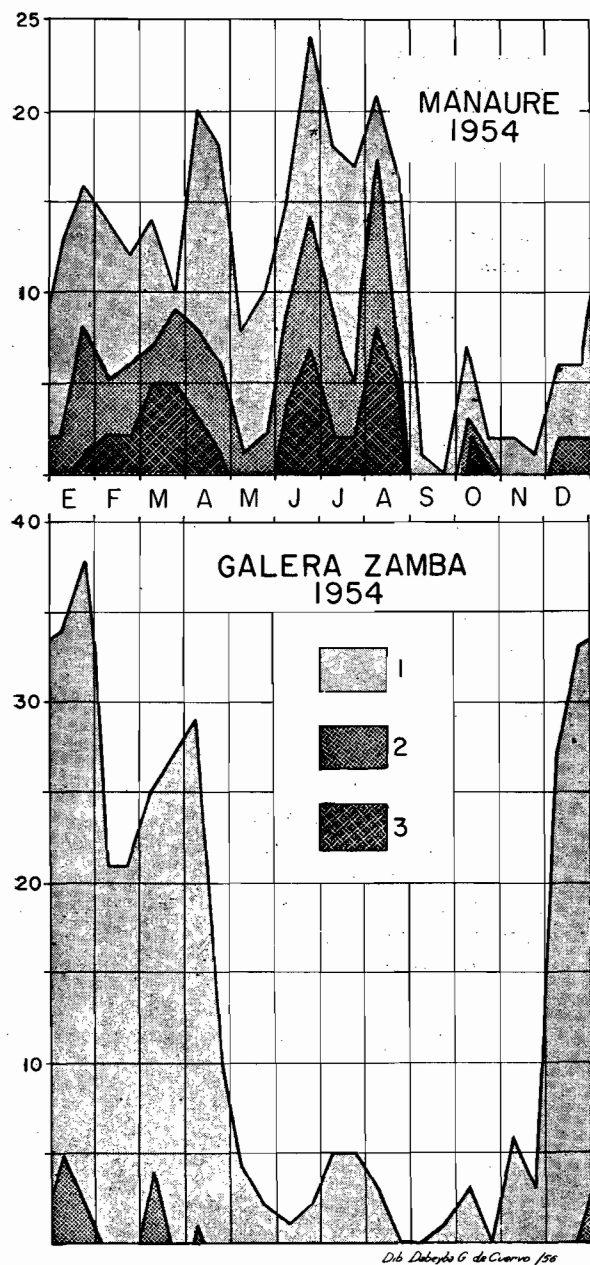


Figura 16. — Distribución de la frecuencia de los vientos más fuertes que B6, en Manaure y Galerazamba, entre los meses del año de 1954. Compilado y dibujado por quincenas a base de un registro de tres observaciones diarias. En Manaure, el 21% de las observaciones correspondió a una fuerza de B6 o mayor; en Galerazamba el 26%, durante dicho año. La velocidad del viento en metros por segundo queda expresada en la escala de Beaufort de la siguiente manera: 10,8 hasta 13,8 m/s = B6; 13,9 hasta 17,1 m/s = B7; 17,2 hasta 20,7 m/s = B8. En Galerazamba y Manaure las velocidades fueron registradas en metros redondos; por lo tanto hemos adoptado, por razones prácticas, los siguientes valores redondeados: 10 hasta 14 m/s = B6; 15 hasta 17 m/s = B7; 18 hasta 21 m/s = B8. Los símbolos del diagrama representan los siguientes valores de Beaufort: 1 = vientos de B6 y más fuertes; 2 = vientos de B7 y más fuertes; 3 = vientos de B8 y más fuertes.

Los intervalos horizontales corresponden al tiempo transcurrido (los meses del año de 1954), las distancias verticales a la frecuencia de las observaciones. Los datos del registro meteorológico nos fueron suministrados por el R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J., Director del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos.

Podemos suponer que los vientos menos fuertes que 10 m/seg no producen transportes notables de arena. También es importante la relación entre el período de los vientos y las épocas de lluvia. En los meses de sequía los vientos son bastante más efectivos para transportar el material que cuando éste está mojado y por la misma razón inmovilizado. Que la distribución de los vientos entre los meses del año varía bastante de región a región parecen indicarlo los gráficos de la Fig. 16. Galerazamba tiene los vientos fuertes durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, y gran parte de abril; los otros meses son tranquilos. Manaure por contraste tiene una distribución de vientos más pareja: breves períodos de tranquilidad en los meses septiembre, octubre, noviembre, y parte de diciembre, con un máximo de actividad entre junio y agosto.

También se puede anotar que los vientos más fuertes que B7 en la escala de Beaufort, abundan en la región de Manaure, mientras que los de Galerazamba son más constantes y muy rara vez superan la fuerza B6.

La ausencia de dunas transversales y los ejemplos presentados en éste estudio indican que el factor viento no es un factor de primera importancia en la formación de las lagunas, con la excepción de la restinga o isla de Salamanca. Las olas se han considerado frecuentemente como perpendiculares a la dirección del viento, pero esto es una generalización que no se puede mantener como regla fija. Esto parece claro de lo dicho bajo el punto 1 y la Fig. 18.

5. Corrientes marinas.

Estas corrientes están dirigidas en general del E.NE al W.SW en la costa colombiana del Caribe (Jorge Alvarez Lleras: El problema de Bocas de Ceniza. Rev. Acad. Ciencias, vol. VI. N° 21, Fig. pág. 103). Sólo localmente habrá remolinos y contracorrientes donde la costa se curva abruptamente hacia el sur. La existencia de remolinos en estas partes puede concluirse del hecho de que las aguas cerca de la costa están cargadas de lodo en suspensión cuyo color contrasta en la fotografía aérea con las aguas más limpias. De esta manera se puede inferir la existencia de remolinos en varias partes de la costa. Un remolino de apreciable tamaño existe probablemente en el golfo cerca de Ciénaga, causando una corriente de W a E a lo largo de la restinga "Isla de Salamanca" (la cual es una península), corriente que parece estar comprobada mediante mediciones cerca de Bocas de Ceniza (J. Alvarez Lleras, Op. cit. Carta N° 1, p. 109).

A nuestro parecer rara vez las corrientes son tan fuertes que tengan una directa acción erosiva o acumulativa de alguna importancia. Su mayor efecto está en la combinación con las ondas y olas que periódicamente levantan las partículas de arena. Por la acción de la corriente estos granos no caerán en el mismo sitio sino lateralmente algo desplazados y de éste modo pueden los granos en el fondo marino ser trasladados desde el N.NE al W.SW. Por lo anteriormente dicho (en la Sección 1 de este capítulo) este desplazamiento lateral está limitado prácticamente a una faja costera hasta la profundidad de 50 a 75 m, donde penetra todavía el efecto de las ondas.

Aparte de las corrientes regulares existen las irregulares o periódicas causadas por las mareas y los vientos.

Como los últimos soplan desde el mar hacia la costa, generalmente desde el N o NE, deben introducir ellos una corriente superficial en esta dirección y además una contracorriente desde la costa hacia el interior del mar sobre el fondo litoral. Esta contracorriente anulará en

gran parte el avance de los granos hacia la costa causado por las ondas.

Las corrientes cerca de la costa atlántica de Colombia son todavía poco conocidas. Para comprender los procesos naturales en la costa, erosiones y acumulaciones es necesario disponer de datos más precisos. La Marina Colombiana tendría aquí un campo de actividad muy útil haciendo investigaciones como las que efectúa el Hydrographic Office de la Armada Norteamericana. Por cierto que aquí también se trata de una forma de defensa del suelo patrio, no contra un enemigo humano sino contra las más potentes y caprichosas fuerzas del mar.

6. Levantamientos y hundimientos locales y regionales de la Costa.

Estos movimientos pueden ser factores decisivos. Podemos excluir de una vez las variaciones mundiales del nivel marino causadas por los cambios climatológicos durante las glaciaciones cuaternarias. Estas oscilaciones pleistocenas del mar fueron demasiado grandes (100 metros y más) y no influyeron en la formación de lagunas, tanto más porque estas configuraciones corresponden a los tiempos más modernos del holoceno. Es obvio que los ejemplos de lagunas presentados se formaron durante los últimos dos o tres mil años y que su formación y destrucción continúan todavía en la actualidad. De los movimientos regionales y locales son de importancia los dos siguientes:

1) Ajustes pequeños al equilibrio isostático el cual en algunas localidades no ha sido todavía alcanzado.

2) Reducción en el espesor de la parte superior de la capa sedimentaria. Estos sedimentos más recientes pueden reducir bastante su espesor por el procedimiento litogénico o diagenético, reducción que afecta especialmente las arcillas. Los minerales del grupo que mayormente componen las arcillas se transforman en otros de menor contenido de agua y así reducen su volumen.

Los movimientos que influyen en la formación de lagunas no sobrepasan generalmente los 5 metros verticales.

Las lagunas se forman sólo en costas donde el mar está transgrediendo. Esta transgresión puede tal vez ser gradual, pero es más probable que necesita ser algo abrupta desarrollándose y finalizando en tiempo relativamente corto.

En el caso contrario de una regresión, cuando el mar se retira, se vacían las lagunas y se puede observar el fondo seco con algunas ciénagas remanentes en las partes más hondas. Un ejemplo de tal acontecimiento está representado en la Fig. 17, donde el mar se había retirado algo *bruscamente* (por un levantamiento local del terreno). Esto ha ocurrido en varias partes de la costa colombiana, desde la Guajira hasta el golfo de Urabá y podemos referirnos a la Fig. 12 donde las ciénagas de Marimonda y del Salado representan los restos de una amplia laguna cuya restinga se puede todavía observar claramente.

Tampoco el retroceso *gradual* del mar favorece la formación de lagunas. Esto lo muestra la región de Arroyo Grande (Fig. 18). Las numerosas barras u orillares que se pueden observar indican el lento retroceso

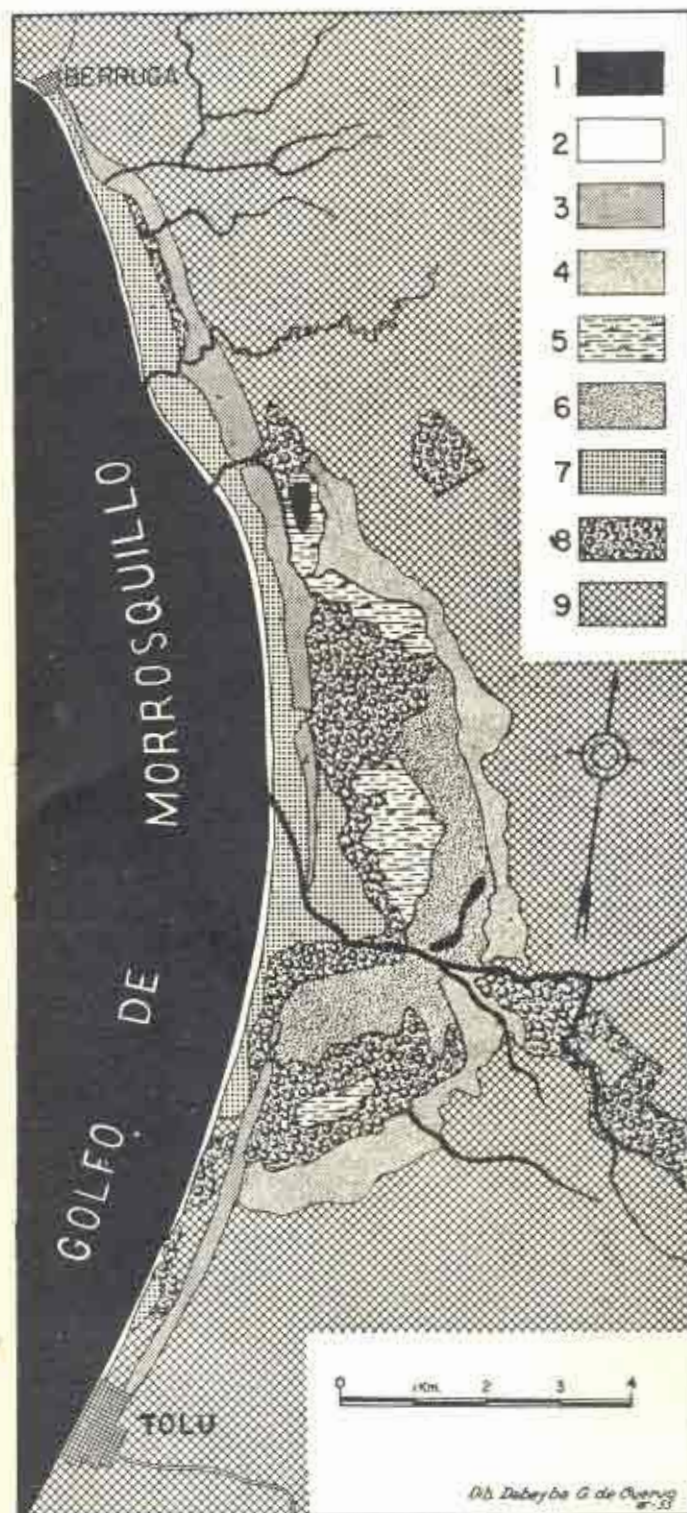
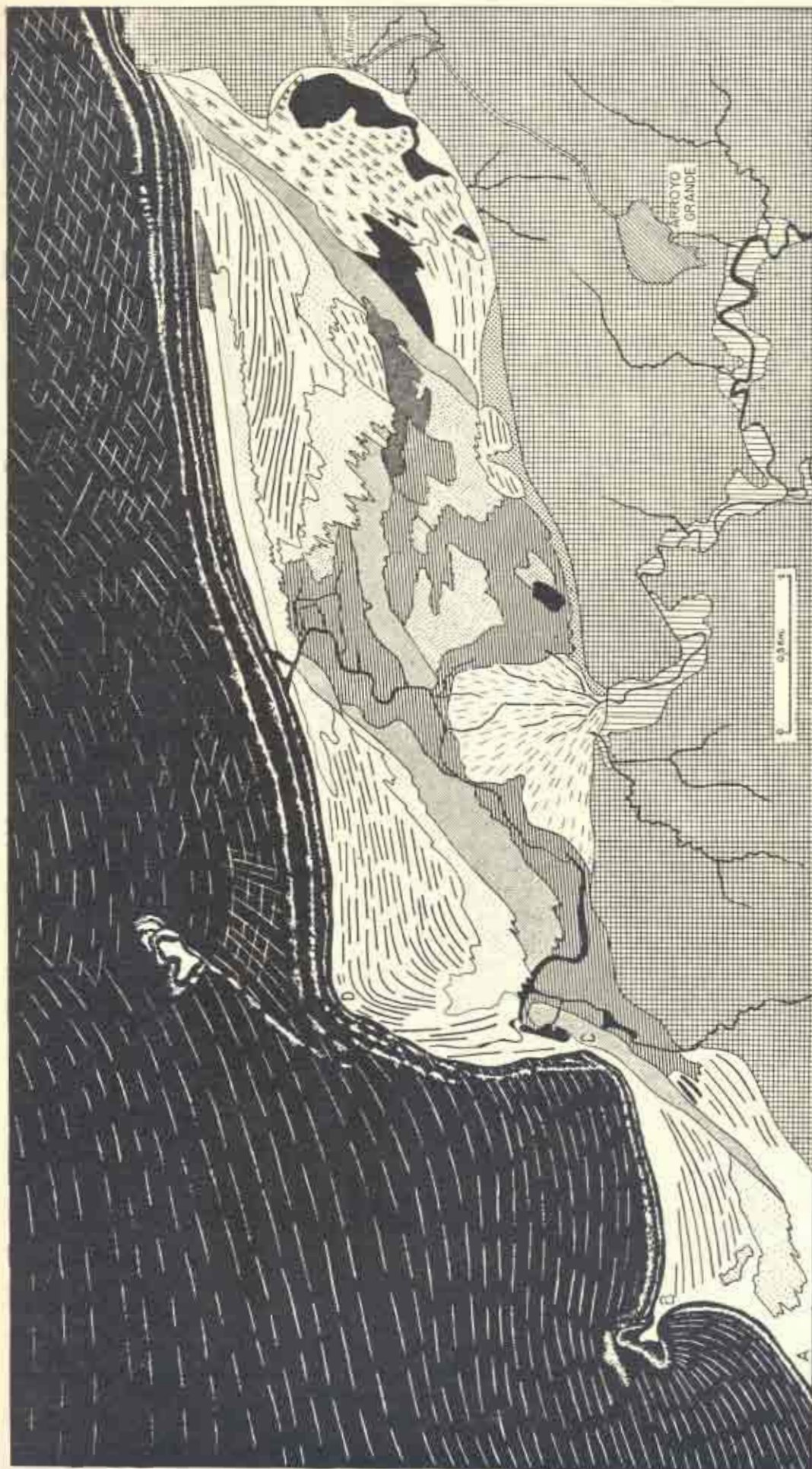


Figura 17. — TOLU - BERRUGA

1. Mar y ciénaga.
2. Barrera de arena en la playa actual.
3. Barrera de arena antigua, antigua restinga.
4. Viejos playones de la antigua laguna casi sin vegetación.
5. Pantanos.
6. Vegetación baja de zonas húmedas, pantanosas en invierno.
7. Manglares y vegetación alta, hidrófila.
8. Árboles de terreno seco.
9. Terreno cultivado o que ha sido cultivado (incluidos los pastos, etc.).



16

Figura 18.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Terreno más alto, formado por sedimentos del Terciario superior. 2. Aluvión del Arroyo Grande. 3. Cono de deyección del Arroyo Grande. 4. Aniguas restingas. 5. Arena transportada actualmente por el viento de noreste a suroeste. 6. Arena antiguamente transportada por el viento, ahora fija. 7. Regiones antiguamente pantanosas, ahora secas, detrás de las restingas. 8. Arena amontada por el viento contra la escarpa terciaria. 9. Región cubierta por vegetación hidrófila, en parte manglares. 10. Terreno con repeticidas restingas. 11. Los demás aluviones. 12. Pantanos. 13. Agua (ciénagas y mar). 14. Resaca. 15. Ondas y olas (esquemático). 16. Carretera. |
|--|

del mar. Aun cuando las fuerzas y la dirección del viento eran favorables y varias restingas se habían formado en estadios sucesivos, las lagunas nunca se pudieron desarrollar bien y detrás de las restingas no se formaban claras y limpias masas de agua sino que estaban subdivididas por orillares que sobresalían en parte de la poco profunda agua lagunar. Estas características pueden observarse todavía en la laguna primeramente formada cerca de San Antonio.

Varios investigadores opinan que las lagunas pueden formarse por el hundimiento repentino de un terreno en el cual la última barra (4) de la fig. 14 está bien desarrollada. En adición, un hundimiento diferencial causado por la reducción desigual del espesor de la capa sedimentaria (*compactación*) podría contribuir notablemente por el hecho de que la barra playera, donde predominan las arenas, reduce mucho menos su espesor que el terreno más arcilloso hacia el interior y contiguo a esta barra. Estas circunstancias a nuestro parecer, pueden originar las lagunas del tipo que muestra la Fig. 2 (lagunas playeras).

7. La forma local de la Costa.

La presencia de golfos, bahías o ensenadas es condición original muy importante para la formación de lagunas especialmente cuando se encuentran promontorios donde afloran rocas o sedimentos pre-cuaternarios a ambos lados. Tales promontorios funcionan como "puntos fijos" entre los cuales se desarrolla muy fácilmente la restinga. Tales puntos fijos, o anclas, se observan en las lagunas de Camarones, de Galerazamba, de Cartagena y la desecada de Marimonda-Mulatos. Hay entonces una tendencia de ciertas fuerzas (particularmente corrientes marinas en combinación con las ondas y el "beach drift") que tratan de redondear la línea de la costa cortando las bahías y ensenadas muy pronunciadas. Estas fuerzas fueron activas también en la Punta de Sabanilla donde formaron la barra de la Isla Verde que se extendía hacia el occidente y la otra, ya desaparecida, que estaba anclada en Punta Galera. Esta última barra que también se dirigía hacia el occidente, fue descrita más en detalle por el R. P. *Jesús Emilio Ramírez*, S. J. en su artículo: "La Nueva Estación sismológica de Galerazamba".

En estos casos está conocida la dirección en que las barras crecieron, es decir de E a W, pero muy dudosa queda la dirección de crecimiento en cuanto se refiere a las restingas de las lagunas descritas.

Hay indicios de que la restinga "Isla de Salamanca" creció desde el oeste al este; especialmente la presencia del remolino que causa una contracorriente a lo largo de la costa en la dirección W-E parece indicarlo. También es muy tentador hacer comparaciones entre la restinga de Galerazamba y la de Salamanca y suponer que la primera creció de manera semejante desde la Punta de Galerazamba hacia su bocaina. En este caso debiera suponerse también una contracorriente de W a E a causa de un remolino. Podría preguntarse si es una regla general que la restinga crezca desde un extremo hasta la bocaina. Pero estos problemas se resolverán apenas cuando se disponga de un mayor número de datos acerca de las corrientes marinas.

8. Desembocaduras de ríos.

Es un hecho curioso que ríos grandes no desembocan en las lagunas pero que las últimas se presentan con frecuencia cerca de las desembocaduras de los primeros. Este es por ejemplo el caso de los hafes de Curlandia que se encuentran al oriente del río Vístula y también el de la famosa laguna de Venecia a cuyos lados desembocan varios ríos grandes (Po, Adige y Brenda al sur, Piave al norte) sin que desemboque ninguno de alguna importancia en ella misma. Sin embargo, cierta relación debe existir y esta nos parece bastante simple: los grandes ríos deben aparentemente suministrar el material detrítico del cual pudieran formarse las restingas.

Los sedimentos aportados por el río Magdalena se extienden desde Ciénaga hasta Puerto Colombia, Galerazamba, Arroyo Grande y Cartagena. Más al SW se van juntando con los detritos del río Sinú y esta mezcla llega por fin, siguiendo las costas, hasta la Punta del Aguila. Las configuraciones lagunares descritas que se han originado de lodos magdalenenses se formaron cuando el río ya tenía aproximadamente su desembocadura actual. Los dos viejos brazos occidentales que pasaban, el uno por Luruaco y el otro por la depresión atravesada hoy por el Canal del Dique no contribuyeron notablemente en el suministro de los materiales formativos.

9. Conclusiones.

Existe entonces un grupo de factores que contribuye a la formación de lagunas sin que se pueda decir a primera vista y como regla general, cuáles de éstos son los más decisivos. Esto sólo puede determinarse mediante una detenida investigación de un caso específico. Pero también en tal caso se observará una interferencia de varios factores presentes únicamente en la orilla del mar. Este es el medio ambiente fisiográfico típico de las lagunas, que las destaca decisivamente de los lagos y las coloca en una categoría especial.

De un modo general puede resumirse el proceso de la formación de lagunas de la siguiente manera: En partes favorables de la costa, donde hay bahías y ensenadas, el "beach drift" y las corrientes marinas en combinación con el oleaje pueden formar a partir de un "punto fijo", una barrera, primero submarina, luego sobresaliente del agua (restinga) que separa la laguna del mar. La región debe disponer de suficientes aportes de material detrítico y la cercanía de un río grande es favorable. Una vez formada la restinga los vientos pueden ayudar a aumentar su altura y fortalecerla. La marea mantendrá abierta una bocaina si la laguna no es demasiado pequeña.

Otra clase de lagunas puede formarse detrás de una barrera de arenas amontonadas por el viento paralelamente a la playa, por hundirse el terreno varios metros. Una faja detrás de la barrera se llenará de agua, originando una laguna playera. El hundimiento local y pulsatorio del terreno favorece que se formen lagunas. Los levantamientos son factores antagónicos.

IV. Apéndice. ¿Qué es una laguna?

En el Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, volumen XI número 2 y 3, apareció el interesante ar-

título de *Helí Moreno Otero*, intitulado "Lago y Laguna", primera contribución al "Estudio sobre la definición de algunos términos geográficos", en el cual el autor con mucha razón y destacado sentido crítico se extraña de que en Colombia y muchos países suramericanos, según la nomenclatura existente, no parece que haya lagos, sino solamente lagunas⁹. En otros países sin embargo se encuentra a menudo la denominación "lago" en los mapas y aparentemente se trata de costumbres que difieren de los seguidos en países de lengua castellana. En el lenguaje popular español es costumbre llamar laguna un pequeño lago y el criterio para la diferencia entre las dos palabras es entonces cuestión de tamaño. Este criterio que se encuentra en las enciclopedias y los diccionarios de la lengua castellana es seguido también por el doctor Helí Moreno Otero y aunque él basa la distinción en la profundidad y no en el diámetro u otras medidas como perímetro, extensión de la superficie o volumen de la masa de agua siempre es una distinción cuantitativa la que sigue aquel autor para hacer la diferenciación entre los conceptos "lago" y "laguna". Según este criterio bastaría bajar la dimensión crítica escogida (sea en sentido horizontal, o como lo propone el doctor Moreno: en sentido vertical) para determinar la transición de una a otra clase de masas naturales en cuestión y muchas de estas se podrían llamar lago en vez de laguna. Es esto en esencia lo que propone el doctor Moreno.

Así, brevemente dicho, "laguna" sería en cierto sentido el diminutivo de "lago" lo que es bastante extraño, porque lingüísticamente existen los diminutivos apropiados en castellano e italiano los cuales son respectivamente "laguito" y "laghetto", mientras "una" no indica diminutivo ni siquiera en el latín, aunque se podría suponer que "lacus" y "lacuna" originalmente deben haber tenido alguna conexión de este sentido en el latín antiguo. Además, con la mencionada definición de las palabras no se explica que en los Alpes suizos, franceses e italianos no haya lagunas aunque aquellas regiones abundan en laguitos tanto pequeños como poco profundos. En el artículo de Helí Moreno Otero no está destacado que el criterio cuantitativo que rige el término en castellano sea un arcaísmo, basado en un concepto brumoso, que se ha conservado desde el viejo latín a través del medioevo hasta los tiempos modernos, pero ya no corresponde al criterio seguido por las otras lenguas europeas importantes en las cuales la distinción entre los dos conceptos es genética o por lo menos cualitativa como lo es la diferencia entre el diamante y la esmeralda, aunque ambas son piedras preciosas.

El doctor Moreno citó lo siguiente de la Enciclopedia Británica (edición de 1942): "lagoon (laguna), término muy usado pero particularmente más aplicado a una extensión de agua salada o salobre o región cenagosa cerca del mar. También parte de agua quieta encerrada por arrecifes".

Las partes esenciales de la precedente definición están subrayadas por nosotros. La definición ciertamente no es muy clara y especialmente no muy adecuada cuando se trata de aclarar una confusión. Séanos permitido citar la enciclopedia holandesa "Winkler Prins" que tenemos a la mano. Aun cuando no es tan célebre como la británica, por pertenecer a una lengua menos difundida, es,

sin embargo, más específica en sus definiciones científicas y por esto más clara. Traducimos de la mencionada enciclopedia, ciñéndonos en lo posible al texto original:

"Lagunas (italiano y español, derivado del latín: Lacuna, es decir bajo, concavidad, depresión) se llaman en general todos los lagos bajos y pantanosos de agua salobre o salada detrás de la costa, que generalmente yacen en las desembocaduras de ríos y que están separados del mar abierto por formaciones de deltas, arrecifes corales, dunas o penínsulas alargadas en forma de lengua (que se llaman "flèches" en Francia, "lidi" en Italia, "Nehrungen" en Alemania, "schoorwallen" en Holanda)¹⁰. Las lagunas más conocidas son las de Venecia, en las desembocaduras de los ríos Piave, Brenta, Po y Adige; luégo los "étangs" de Francia. Formas especiales son los "Haff" de Alemania y los "liman" de Rusia. Las lagunas tienen comunicación con el mar por aberturas ("porti"¹¹) así que reciben agua del mar durante la marea alta y desaguan durante la marea baja. Por este fenómeno se forman las lagunas de agua salada, que se llaman "valli" o "paludi salsi". Se habla de lagunas de agua dulce, cuando afluyen ríos y vuelven el agua dulce. Gradualmente las lagunas se llenan y los pantanos que quedan son insalubres por la presencia de la malaria"... etc.

Buscamos de una vez en la misma enciclopedia las palabras "limán", "Haff" y "étang" que aparecen en el texto arriba citado.

"Liman (griego: "limen", puerto ensenada) es el nombre de la desembocadura de un río, que se parece a una bahía en forma de bolsa. Los ríos de la Rusia meridional (Ucrania) que desembocan en el Mar Negro forman generalmente un liman¹².

"Haff derivada de la palabra escandinava "haf" que quiere decir mar (o parte de aquél), se usa solamente para ensenadas de carácter especial, particularmente en el Mar Este (Báltico). Son porciones en forma de bahías separadas del propio mar por islas o lenguas terrestres estrechas (en alemán "Nehrungen"). Generalmente contienen agua salobre o casi completamente dulce. En la costa alemana se encuentran los "Haffs" de Stettin (Putzing) de Frisonia y de Curlandia".

¹⁰ NOTA DEL TRADUCTOR: Flechas o restingas en castellano.

En el mismo sentido usa estos términos JOSE ROYO Y GOMEZ: Geología de la Isla de Tierra Bomba, Cartagena... , Comp. Est. Geológicos Of. en Colombia, Tomo VIII, p. 40.

Igual descripción del término "restinga" se encuentra en la Historia Natural del Instituto Gallach de Barcelona. (Prof. ANGEL CABRERA: Historia Natural; RAFAEL CANDEL VILA, LUCAS FERNANDEZ NAVARRO, FRANCISCO HERNANDEZ-PACHECO y EDUARDO HERNANDEZ-PACHECO: Tomo IV Geología, p. 311).

Definición de la Enciclopedia Sopena: *Restinga* (del flamenco rots-steen, peñasco) f. Punta de arena o piedra que se prolonga bajo el agua, a poca profundidad. ACAD.

El origen de la palabra se relaciona probablemente con los espellos de bloques de piedra (generalmente basalto, "rots steen") a lo largo de la costa flamenca.

Existe la población La Restinga situada sobre la restinga de la Laguna Bu Areg (o Mar Chica) en el Marruecos español. La Restinga de Marambaia, al oeste de Río de Janeiro es en realidad una restinga aislada del continente, caso en el cual suele dársele el nombre de "lido", de acuerdo con el uso italiano. Por lo tanto nos extraña mucho la parte final de la arriba citada definición proveniente de la Academia: "... que se prolonga bajo el agua".

¹¹ Bocainas en castellano, nota del traductor.

¹² Los limans son probablemente esteros cuyas desembocaduras en el mar se cerraron parcialmente por la acción del mar. Nota de los autores.

⁹ Con excepción del Lago Titicaca y del Lago de Maracaibo.

"*Étang* es el nombre para lagos de agua salada (*étangs salés*) en forma de haf, también a veces completamente separados del mar abierto por una restinga (cordón litoral) o por dunas (tanto por dunas terrestres como por dunas marinas). En las costas meridional y occidental de Francia (Languedoc y Gascuña) ellos forman grandes extensiones de agua, separadas del mar solamente por una estrecha barrera de dunas y conectadas con él por un canal o por la desembocadura de un río. A veces el agua se pone salobre por el aporte del agua fluvial como es el caso de las "maremme" y las lagunas italianas. Son de importancia para la pesca y la explotación de la sal; sin embargo a veces se vuelven una calamidad por la presencia de los mosquitos del paludismo.

Los étangs pueden formarse por el efecto de las ondas del mar con o sin la ayuda del viento y de las corrientes marinas. El ejemplo de un étang separado del mar sólo por un cordón litoral, es el Etang de Thau, cerca de Cette en la Francia meridional, como también las lagunas en la costa del Mediterráneo, desde Perpignan hasta la desembocadura del Ródano. Alrededor del Golfo de Gascuña están los étangs de Cazaux, de Parentis y d'Hourtin, formados por el bloqueo de algunos pequeños ríos por las dunas de Landes las cuales pueden alcanzar alturas de 90 metros. El lago Moses

en la grande llanura del río Columbia en el estado de Washington (U.S.A.) se formó por la acción bloqueadora de dunas terrestres".

Nada más ilustrativo en la geomorfología que el ejemplo práctico y por esto sugerimos al lector buscar los mencionados casos en un buen atlas. Además es interesante examinar algunos casos de las Américas, por ejemplo las dos grandes lagunas, una en territorio mejicano y otra en el estado de Texas, que se llaman ambas "Laguna Madre" y por fin las "lagõas" de la región limítrofe entre el Brasil y Uruguay¹³. El lector notará que hay varios tipos, distribuidos en todas las costas del globo terrestre, que son muy semejantes a tipos ya descritos anteriormente a lo largo de la costa colombiana del Caribe.

Por lo tanto está claro lo que se entiende por "laguna" en otros idiomas, ya que se pueden encontrar definiciones basadas en el mismo criterio en alemán¹⁴, italiano¹⁵, sueco, danés-noruego, ruso, etc. A continuación presentamos una breve lista de la correspondencia de los términos "lago" y "laguna". Para evitar confusiones designaremos con una abreviatura entre paréntesis cómo se debe entender la palabra "laguna" en el texto, siendo laguna (cast.) la *interpretación* que se encuentra en las enciclopedias castellanas, y laguna (it.) la del italiano y demás lenguas europeas.

Idioma	Lago	Laguna
Alemán	See	Haff, Lagune (it.)
Sueco	sjö	haf, lagun (it.)
Danés-Noruego	sø	haff, lagune (it.) ¹⁶
Holandés	meer	haf, lagune (it.)
Inglés	lake	lagoon (it.)
Francés	lac	étang, lagune (it.) ¹⁷
Italiano	lago	laguna, valli
Ruso	ozero	liman, laguna (it.) ¹⁸
Español	lago ¹⁹ , laguna (cast.)	albufera, a veces laguna (it.)
Portugués	lago ¹⁹ , lagõa (cast.)	—?—, a veces lagõa (it.)

No nos hemos impuesto la tarea de investigar personalmente cómo y por qué se ha presentado en el castellano una interpretación de la palabra "laguna" tan diferente de los otros idiomas²⁰. Sin embargo nos dirigimos para este fin a una mayor autoridad la que encontramos en el doctor VITTORE PISANI, profesor en

glosología de la Universidad de Milán. El profesor Pisani gentilmente nos remitió la contribución que presentamos en seguida:

NOTAS SOBRE LA HISTORIA DE LA PALABRA LAGUNA²¹

Con los "derivés et composés" de *lacus* registra el Dictionnaire Etymologique de la Langue Latine de

¹³ En este caso, como también en las citadas Lagunas Madre hay correspondencia entre el portugués o el castellano y otras lenguas europeas, porque las mencionadas extensiones de agua serían llamadas "lagunas" también en esas lenguas. Es además interesante observar que en el mapa de Uruguay del número 452 de Semana (4 julio de 1955) se encuentra la denominación *Laguna* de Merín.

¹⁴ Véase el famoso Brockhaus.

¹⁵ Por ejemplo: "Il Novissimo Melzi, Dizzionario italiano en due parti, linguistica-scientifica" y otra obra más extensa: "Enciclopedia Italiana de Science, Lettere ed Arti" de Giovanni Treconi, Roma 1937, la cual se adhiere muy estrechamente a la "Winkler Prins" en sus definiciones de los términos laguna, haf, limán, etc.

¹⁶ Nudansk Ordbog de Lis Jacobson, Politikens Forlag, dice que equivale a stransø — en alemán Strandsee = haf. Cortesía de Ove Thune, Secretario Comercial de la Legación Real de Dinamarca.

¹⁷ Nouveau Petit Larousse Illustré, ed. 1952: LAGUNE n. f. (ital. laguna). Espace de mer peu profond, voisin de la côte, entre-coupé d'îlots; Venise est bâtie sur des lagunes.

Larousse du XX^e Siecle, 1948: "LAGUNE" n. f. (ital. laguna). Étendue d'eau salée ou saumâtre séparés de la mer par un cordon littoral.

Encycl. Les Lagunes son formées d'ordinaire sur les côtes basses par la mer elle-même, dont le flot rejette sur la côte des sables et

des graviers. Ainsi nait un cordon littoral souvent dépassé par les fortes marées, mais qui, en se fermant, isole de la haute mer des étendues peu profondes d'eau salée". Atención del Dr. Otto de Greiff, quien nos facilitó además diccionarios en latín, italiano, sueco, noruego y danés. Antes de entregarse este trabajo sobre las "Lagunas Colombianas" a la imprenta lo leyó el Dr. de Greiff y bondadosamente corrigió varias imperfecciones del idioma.

¹⁸ Laguna = lago o ensenada de agua marina (A. G. Preobrazhensky: Etymological Dictionary of the Russian Language, Columbia University Press, N. Y., 1951. Atención del Prof. Jesús María Castaño).

¹⁹ Término poco usado en Sur América.

²⁰ El hecho curioso de que la península ibérica sea una de las regiones de Europa más desprovistas de "lagos", puede haber contribuido a esta divergencia.

²¹ Traducido del italiano al castellano por Antonio Tomic. Se tradujeron además las citas en alemán e italiano; sin variar se dejaron las del latín, francés e inglés, por tratarse de idiomas más conocidos en el país.

Ernout y Meillet, la palabra *lacūna*, proveyéndola del siguiente comentario:

“... i. e. aquae collectio, a lacu deriuatur, quam alii lacunam, alii lustrum dicunt, Paulus Festi 104, 14; laculla (luculla): fossette [hoyuelo del mentón] (Varrón). Lacūna est le féminin d'un adjectif *lacus comme portūnus a portus, etc.; lacūna scilicet aqua 'eau de citerne', puis la 'citerne' elle-même, 'fosse, bassin' (surtout poétique dans ce sens); et dans la langue commune 'cavité, creux', et par suite 'vide, lacune'. Meyer Lübke 4835; vieux haut allemand *lahha*”.

No sé si es exacto el último dato sobre la voz del antiguo alto alemán la cual tendría su continuación en el término alemán Lache. De todos modos conviene mencionar también el anglosajón *lacu* 'río, arroyo', el inglés dialectal *lake* 'lago, pantano', etc., los cuales por otra parte parecen tomados de *lacus* y no de *lacūna*; o de otro origen, según piensan Kluge-Götze, *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*, 15 ed., p. 430.

Por lo demás el 'Dictionnaire étymologique' explica muy claramente el origen y la historia de la palabra. En el latín antiguo el significado no se alejó mucho de 'hoya de aguas muertas'; no existe una acepción análoga a *laguna* del italiano actual, y sólo podemos advertir sus premisas en aplicaciones como la del Itinerarium Alexandri (siglo IV), Cap. 85: *Neque aqua utilis reperta. Quidquid de fluuiis aut rivis ab aestivo in lacunis erat, eo proni ac lingua labentes*, etc., pero donde siempre se trata de charcos dejados en las orillas de los ríos con aguas mermadas durante el verano (*). No es diferente el uso que se le da a esa palabra en el latín medieval.

En el Romanisches etymologisches Wörterbuch, 3 ed., de Meyer Lübke leemos bajo el N° 4835:

“*Lacūna* 'Sumpf' [pantano]. Veneciano y español: *laguna*; toscano *laguna* 'espacio dejado vacío en un escrito' Salvioni, *Archivio Glottologico*, 14, 493.

Con cambios en el sufijo: mirandés (Portugal) *llagona*, portugués *lagõa*.

Derivación: gallego *lagumento* 'sümpfig' [pantanoso]”.

Pero es evidente que el significado “espacio vacío en un escrito” dado a la forma toscana “laguna” y al neolatino “lacuna” del siglo XVII es una interpretación alegórica introducida por los humanistas (b) basada en la acepción vernacular de laguna, o sea “cantidad no pequeña de aguas muertas”. Con mucha razón da Tommaseo el último significado mencionado, en su *Dizionario* documentándolo con un pasaje del *Ottimo Commento* sobre el Dante (siglo XIV), *Infierno* I, 22: “Que al pie del valle estuviera una grandísima laguna” y con otro de las *Storie* de F. Serdonati (siglo XVI): “Por la multitud de lagunas de agua, la tierra allí es muy pantano-

(*) Por el latín debo agradecimientos al Dr. H. Humbach, *Privatdozent* de la Universidad de Múnaco, quien ha hecho para mí extractos del fichero del *Thesaurus Linguae Latinae*. [Distínguense las *Notas al pie de las páginas del Prof. Pisani*, con las letras a, b, c, d y e].

(b) No sé cual de ellos había introducido en la terminología filológica este significado de la palabra, comentado por Th. Birt en su *Kritik und Hermeneutik*, Munich 1913, p. 144: “Hablo aquí de lo que nuestros neolatinos designan horripilantemente con la palabra *lacunae*. *Lacunae* son lagunas o charcos. *Omissio, defectio, damnum* sería lo apropiado”.

sa y llena de charcos”. Se trata por lo tanto de la continuación del significado propio del *lacūna* latino, y no nos explicamos por qué A. Prati en su *Vocabulario etimológico italiano* suministra para *laguna* el significado de 'cuenca de agua salada, separada del mar abierto' añadiendo como autoridad “*Ottimo; Serdonati*” es decir los dos pasajes adoptados por Tommaseo los cuales atestiguan un valor bien diferente. Por lo tanto tendremos que complementar el artículo del *Rom. etym. Wört.* dándole al *laguna* toscano, en cuanto continuador directo del *lacūna* latino además el valor de 'espejo de aguas muertas'.

Dejando por ahora al lado el *laguna* veneciano pasemos a examinar las otras continuaciones señaladas por Meyer-Lübke. Se trata del 'laguna' español y del *lagoa* portugués (con la variante *llagona*), los cuales ambos equivalen a 'estanque', la voz portuguesa también a 'lago de aguas vertientes', pero no 'laguna' (it.). Por la intercesión de nuestro común amigo A. Zamora Vicente, me ha suministrado el profesor Rafaeli Lapesa varias informaciones sobre el empleo de *laguna* en el español antiguo, señalándome algunos pasajes en los cuales, según dice, los casos en que ocurre “parecen estar usados en sentido análogo a laguna” (it.).

Esos casos son:

Ruy González de Clavijo (siglo XV), *Embajada a Tamerlán*, ed. López Estrada, Madrid 1943, p. 22 s.:

“E esta dicha isla de lango es del Señorío de Rodas; e la villa está poblada de un llano junto al mar; e tiene un castillo pequeño; e entre el castillo e la villa está una grand laguna de agua de mar, que entra dentro, e una puente por do entran al castillo”.

Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557), *Historia natural de las Indias*, Madrid 1851-55, II, p. 203: “Hay dos lagunas en esta isla, la una salobre de agua de mar”.

Diego Hurtado de Mendoza (1503-1575), *Poesías, Libros raros y curiosos*, Madrid 1877, p. 142:

“Espantáronse el mar y sus lagunas
De ver subir tan altas sus moradas
Y el crecer de tan súbitas fortunas”.

Fray Bartolomé de las Casas 1475-1566, *Apologética historia de las Indias*, 'Nueva Biblioteca de autores españoles', Vol. 13, p. 16: “como la mar sea tan profunda poco hace el caso para poder impedir a la naturaleza que no entre la mar y haga el dicho lago o laguna”

Cristóbal Suárez de Figueroa (siglo XVI), *El Pasajero*, Madrid 1913, p. 23: “Síguese Surgento, con una laguna salada que se congela y endurece por verano”.

Sobre el último pasaje expresa duda Lapesa, haciéndolo seguir de un signo de interrogación, pero como está a la vista, en estos casos pudo tratarse de lagunas en el sentido moderno, como el objeto del cual se habla; pero la palabra *laguna* así usada no como nombre de tal objeto, sino junto con una descripción complementaria, lo cual excluye, sin más, que aquella significara por sí misma una laguna (it.); lo que está demostrado *ad abundantiam* con el pasaje de Bartolomé de las Casas cuando dice *lago o laguna*. A lo más podría existir incertidumbre respecto a *mar y sus lagunas* de Mendoza; pero aquí estamos frente a una obra de poesía y por lo demás *laguna* significaría aquí más bien en-

senada, reflejando los versos españoles los de Horacio, Carmina, III, I, 33;

*Contracta pisces aequora sentiunt
iactis in altum molibus,*

o de Carmina, II, 18, 19:

*struis domos
marisque Baiis obstrepentis urges
submovere litora,
parum locuples continente ripa.*

En resumen, las diversas lenguas romances atestiguan un significado antiguo 'espejo de aguas estancadas'; el significado moderno del *laguna* italiano es una innovación.

¿De dónde provino esta innovación? El *Dizionario etimológico italiano* de Battisti y Alessio no es muy claro a este respecto por cuanto no hace distinción entre el *laguna* toscano con el significado arriba establecido y el *laguna* más reciente, por lo tanto se contenta con indicar como primer testimonio el del siglo XVI (es decir el *Ottimo Commento*) y con dar la siguiente etimología: "voz de procedencia septentrional (veneciana), latín *lacūna* [scil. *aqua*] de un adjetivo **lacūnus* derivado de *lacus* 'lago'... del italiano, el francés *lagune* (año 1609) y de éste el alemán *Lagune* (año de 1784) y el inglés *lagoon* (1673)".

Todo lo cual, o casi todo, requiere ser rectificado. Antes de todo, el *laguna* más antiguo, comprobado en Toscana desde el siglo XIV, pudo muy bien no provenir del Norte y mucho menos de Venecia (-g- de -c- es un fenómeno también toscano aún cuando no extendido a todo el material lingüístico: comparar *lago* de *lacus*, etc.); luego el *Lagune* alemán en el sentido de Pfütze [charco] está comprobado para fines de 1727, mientras que por el año de 1784 surge el empleo con el significado de 'Haff, Strandssee' (Kluge-Götze, Etym. Wb. der dt. Spr. 15 ed., p. 432); y finalmente, el *lagoon* inglés está comprobado para fines de 1612, y su origen debe ser el italiano, ya juzgado por su forma fonética: la *oo*, pronunciada *u*, reproduce el sonido de la *u* italiana y no el de la francesa! Si el Shorter Oxford English Dictionary, I, p. 1099 da indiferentemente como origen: "It., Sp. *laguna* o Fr. *lagune*", esto no cuenta, por el significado en español y por la forma en francés.

En cambio se expresan bien los diccionarios etimológicos franceses, por ejemplo el Bloch-Wartburg, 1 ed., II, p. 2: "*Lagune, 1609... Emprunté de l'italien d'origine vénitienne laguna... s'est dit d'abord des lagunes de Venise; autrement ne désigne que des espaces de mer analogues*". Por cierto el *dicc. de Littré* cita tres pasajes de Voltaire, Buffon y Cuvier, como testimonios para el significado de "espace de mer peu profonde et entrecoupée par des haut-fonds au des îlots"; y todos los tres se refieren a Venecia.

Por lo menos este es el caso del inglés: el texto de 1612 citado del grande diccionario de Oxford [Court and Times of James I (1848), I, 184] dice: *He was observed that day to row to and fro in the laguna (c) towards Murano, to see what show his house made*".

(c) La forma *laguna* demuestra una vez más que la palabra proviene del italiano. En citas de 1697, 1716 y 1763 aparece, en cambio, *lagune*, lo que puede representar el influjo de la forma francesa, si no es el plural de la italiana o una adaptación a la inglesa.

Los testimonios italianos más antiguos que conozco son los citados del *Vocabolario della Crusca*, es decir el verso 166 de las Abejas (*Api*) de Rucellai y un pasaje de Giannotti. En la obra de Rucellai leemos (verso 165 etc.):

*Come dentr'ai navai de la gran Terra
Fra le lacune (d) del mar d'Adria posta,
Serban la pece la togata gente, etc.;*

y en Giannotti (*Op.* II, 19): *La città di Vinegia è posta sopra quelle isolette nelle lagune del mar Adriatico*. La primera edición de las Abejas es de 1539; el *Dialogo della Repubblica dei Veneziani* de Giannotti apareció en 1540: una sesentena de años antes de que encontremos en Francia e Inglaterra, a través de Florencia, la palabra *laguna* en la nueva acepción; y también aquí se trata de las lagunas de Venecia. Esto acontece más tarde igualmente con Tasso, quien en una carta (citada en el diccionario de Tommaseo) habla de las *lacune di Comacchio*; y es necesario llegar, por lo menos de acuerdo con los textos que me constan, al siglo XVII, para ver el vocablo aplicado al fenómeno geográfico sin limitaciones a una sola localidad, es decir a la definición dada por Guglielmini (1655-1710) en el tratado sobre la Naturaleza de los ríos (Bologna 1697) I, 55, pero aún ésta, según creo, a través de Tommaseo: "Las lagunas están pues hechas de las aguas marinas separadas del mar por medio de los bancos o fajas de arena".

De todo esto me parece que se debe sacar la siguiente conclusión; el *lacūna* latino ha permanecido, en la forma de *laguna* en el español, toscano y (a través de **lagōna*) portugués con el viejo significado de 'espejo de agua, generalmente estancada'; en veneciano la palabra, también aquí devenida *laguna*, ha quedado usándose para indicar los espejos de aguas formados por el mar, y a continuación de lo cual su significado se ha restringido a lo de 'hoya de aguas saladas formadas del mar, dividida de este mediante lenguas de tierra las cuales no obstante dejan acceso para una comunicación directa con el mismo mar'. De Venecia la palabra, en su nueva acepción, llegó a Florencia donde se ancló al término florentino tradicional, absorbiéndolo lentamente. Desde Venecia y luego del italiano literario, ella se ha difundido, siempre en su acepción peculiar veneciana, a Francia y a Inglaterra, donde no encontró predecesores homófonos como en Florencia. En cuanto a Alemania, es posible que el *Lagune* 'Pfütze' (charco) más antiguo hubiese provenido de Italia y el más reciente 'Haff, Strandsee (lago costero)' de Francia; y que se habría desarrollado una lucha entre los dos homónimos, análoga a aquella que había tenido lugar en Florencia.

Lo interesante es que en cada una de las diferentes lenguas, partiendo de la designación de las lagunas de Venecia, la palabra *laguna* se haya convertido en un término científico de la geografía, que indica un fenómeno natural el cual si bien tiene su exponente más típico y más conocido en Venecia, no es sin embargo exclusivo de esa localidad. Y con tal sentido encontra-

La grafía *lagoon* que he visto comprobada para fines del siglo XVIII (Piozzi 1789, Cook 1769) debe ser la exacta reproducción de la pronunciación con *u*, propia del vocablo cuando primeramente se estableció en Inglaterra.

(d) Así, con *c* (cito de la edición de Mazzonc, Bologna 1887); cree que Rucellai quiso ennoblecer la palabra, en poesía, acercándola de nuevo al latín. Por lo menos esto es lo que ocurre en la carta del Tasso que se cita más abajo.

mos en las enciclopedias las definiciones de este término.

Por ejemplo, *Enciclopedia Italiana* XX, 382: "Se llaman lagunas los espacios de aguas poco profundas a lo largo de las costas, separados del mar por medio de cinta de tierra... y al mismo tiempo comunicados directamente con el mar abierto... Con las lagunas no deben ser confundidos los lagos costeros que carecen de comunicación directa con el mar, etc."²².

Der grosse Brockhaus, 15 ed., XI, 38: *seichter Strandsee an Flachküsten, meist durch schmale, langgestreckte Sandablagerungen... vom offenem Meer getrennt*".

The Century Dictionary IV, 3331: "An area of shallow water, or even of marshy land, bordering on the sea, and usually separated from the region of deeper water outside by a belt of sand or of sand-dunes, more or less changeable in position", etc. (°).

Tendría que hacerse una investigación para ver cuándo y dónde tuvo lugar la transformación del término *laguna* de nombre particular de laguna veneciana a término geográfico no limitado a ninguna localidad. Que el hecho haya sucedido primeramente gracias a los escritos de un viajero, explorador o geógrafo y que desde ello se haya extendido a toda el área internacional en la cual su uso quedó comprobado, esto creo debe aceptarse a priori como lo más probable. Pero una semejante investigación excede los límites que me he impuesto para escribir estas líneas. Sólo aludiré al hecho que, según el material presentado por el diccionario de Oxford, la transformación debió haber tenido lugar en Inglaterra hacia fines del siglo XVII. Mientras que en el pasaje del año de 1612, ya referido por nosotros *laguna* es todavía casi un nombre propio (*to and fro in the laguna towards Murano*), y en uno de 1673 (Ray, *Journ. Low. C.* 8) no se designan sólo como *lagunas* las de Venecia, sino que esta palabra recibe la adición de un vocablo inglés que la aclara a los lectores (*the Lagune or Flats about Venice*), y en uno de 1697 el término se ha vuelto genérico en Dampier, quien en sus *Voyages* (I, 241) habla de una laguna en la costa mejicana, pero acompañando la palabra de una glosa: *They went into a Lagune, or Lake of Salt-water. The mouth of this Lagune is not Pistol-shot wide*. En 1716 la *London Gaz.* N° 5407/2 dice que *people have come over the Lagune on the Ice*. En 1763 escribe W. Roberts, *Nat. Hist. Florid* 8: *This river... forms a lagune at the mouth*. Y en 1769 surge aquella nueva aplicación del término al indicar con él la "laguna" formada en un atolón, y esto en Cook, *Journal* 4 de abril, 1755: *Found it to be an*

²² Nota del traductor: Estos podrían llamarse ciénagas.

(°) Adopciones similares de nombres locales de un fenómeno, como términos geográficos generales pueden observarse por ejemplo en la palabra noruega-danesa *fiord* o *fjord*, en alemán *Fjord*, en inglés *fiord* o *fjord*, en francés *fiord* o *fford*, en italiano *fiordo*, la cual se está empleando no sólo para indicar los "fiordos" noruegos, sino también formas costeras similares de varias regiones, especialmente en América; o en la palabra eslovena [Yugoslavia] *dolina* que los geógrafos alemanes adoptaron para designar una "hondonada redonda en regiones calcáreas, muy frecuente, por ejemplo, en la superficie del Carso (Karst)" (*Der Grosse Brockhaus*, 15 ed., V, 13) que tiene pues su punto de origen en el Carso; o en *lido*, procedente de Venecia como *laguna* y del cual el mismo Brockhaus (XI, 407) dice: "equivale a costa, ribera, especialmente a cinta de tierra entre lagunas y mar. El más conocido el del *lido* de Venecia", etc.

Island of an Oval form, with a lagoon in the Middle, for which I named it Lagoon Island.

Ahora queda pendiente el problema: puede emplearse el vocablo *laguna* en español con el valor del término geográfico que él tiene en italiano, francés, alemán, inglés y también en ruso, etc.? Existe, es cierto, en español como ya habíamos visto la palabra *laguna* que el Diccionario de la lengua española, 17 ed. (1947) define así: "Depósito natural de agua, generalmente dulce y por lo común de menores dimensiones que el lago". Pero no veo que esta acepción de la palabra pueda constituir un obstáculo a la acogida del nuevo significado (lag. it.), esto no ha ocurrido ni en el florentino ni en el alemán, y el caso se sumaría a la bien conocida y difundida categoría de los calcos semánticos.

En consideración a la tendencia actual de constituir para cada ciencia individual una nomenclatura rigurosamente establecida y de términos en lo posible internacionales, sostengo que el geógrafo o geólogo que al escribir en español, empleara *laguna* con el nuevo significado, suministrando, bien entendido, la precisa definición del valor dado por él al término, creo que así contribuiría al enriquecimiento del léxico científico español y es muy probable que vería acogida su innovación, por lo menos en el lenguaje de los especialistas.

Hasta aquí el profesor Pisani.

El uso de las dos palabras, lago y laguna, en el castellano popular se desvía entonces de las convenciones internacionalmente aceptadas en la geomorfología y la geografía física, mientras que en las otras lenguas europeas sí hay correspondencia con el uso científico. Esta diferencia entre la interpretación popular y la científica de la palabra parece ser la causa de mucha confusión, porque es inevitable que el geomorfólogo, el geógrafo y el geólogo de habla castellana recurra de vez en cuando al vocablo científico. Presentamos como ejemplo extremo de confusión terminológica el caso de la *Laguna Madre* de Tamaulipas (Méjico) que mide 225 km. de Sur a Norte y 25 a 40 km de anchura, la cual a pesar de su nombre español, no corresponde a *laguna cast.* sino a *laguna it.* Este ejemplo de confusión entre designaciones limnológicas en la lengua castellana (y portuguesa) podría fácilmente complementarse con varios otros, aunque menos espectaculares.

En el mencionado artículo, Helí Moreno Otero quería aparentemente llegar a una definición de la palabra laguna en el sentido del castellano popular. Consideramos que su propuesta de llamar lagunas los lagos de una profundidad menos de 10 metros, es un gran paso adelante, porque así muchas llamadas lagunas colombianas recobrarían su legítimo nombre de lagos de acuerdo con la nomenclatura internacional. Además, la mayor parte de las aguas, llamadas científicamente lagunas, son de hecho muy poco profundas. Sin embargo, nos permitimos sugerir se haga otro paso más adelante, porque nos parece que una definición cuantitativa aplicada a fenómenos naturales, tal como la que propuso el doctor Moreno Otero, no puede mantenerse, como no se puede mantener una clasificación de, digamos, amonites por el peso o por el tamaño.

El castellano dispone para masas de aguas semejantes a lagunas (it.) de las palabras *albariza*, *albina* y *albufera*. La Enciclopedia Espasa las define de la siguiente manera:

albina (del lat. albina, fem. de albinus, propio del color blanco) f. Estero.²³ o laguna que forman las aguas del mar en las tierras bajas de la costa. Dícese también albina de marismas²⁴.

El origen de las dos palabras, se relaciona probablemente con el color del lodo en las playas. Por esta conexión y por el significado parece que las dos palabras no se prestan para sustituir el laguna (it.).

Nos queda la palabra albufera o albuhera, del árabe al-bo-heira, diminutivo de "bahr", mar = pequeño mar²⁵. Nombre de varias lagunas²⁶ de España. La más grande está al sur de Valencia con una superficie de 45 km², profundidad hasta 5 m. Con las variantes "Albuhera", grandes lagunas (cast. sic!) en las provincias de Cáceres y Ciudad Real, y también "Algüera".

Dejemos a un lado la cuestión si la palabra albufera sustituye por completo el término laguna (it.), o si más bien es conveniente reservarla para *cierto tipo* de lagunas (it.). Este asunto no se podrá decidir fundadamente a base de las enciclopedias españolas o semejantes fuentes de información porque las definiciones que presentan no son suficientemente explícitas desde el punto de vista científico. Hace falta en este caso como primera medida establecer qué masas de agua llevan el término albufera en el país originario, o sea en la península ibérica, y luego es necesario el estudio geomorfológico comparativo y concluyente de tales casos. Lo mismo podría decirse por lo tanto de "albina" y "albariza".

Aceptemos por el momento, que la costumbre ya bastante arraigada entre los científicos y naturalistas de habla castellana de sustituir laguna it. por albufera, es correcta y bien fundamentada. Aparte de la desventaja de no ser una forma internacionalmente reconocible y sin probabilidad de volverse término internacional, el vocablo no es necesariamente inferior a *laguna it.* y bien podría sustituirlo en el territorio de habla castellana.

Pero, para evitar confusiones y para conformarnos con las costumbres internacionales (motivos también convincentes para Helí Moreno Otero) no nos parece recomendable el uso de la palabra "laguna" con el significado de lag. cast., especialmente porque la lengua dispone del adecuado, castellanísimo, latinísimo e internacionalmente conocido término "lago", el cual además puede complementarse con "ciénaga". En cambio nos parecería adecuado y práctico se aplicara la definición de laguna (cast.) de Helí Moreno a las "ciénagas", las

²³ Por "estero" hay conexión con el "liman" ruso. Consultando Stieler's Handatlas parece que por ejemplo las desembocaduras de los ríos Tajo y Sado (Portugal) tienen formas muy semejantes a los limans rusos. Pero sólo un estudio geomorfológico más detallado podría establecer si se trata de fenómenos equiparables.

²⁴ Marisma (del lat. maritima, de mare, el mar) f. terreno bajo y pantanoso a orillas del mar. — Mar. Tierra atarquinada o cenagosa que queda con las idas y venidas de agua de mar o río. Acad.

²⁵ Compárese la analogía en derivación con el escandinavo "haf".

²⁶ Creíamos que las albuferas tenían en España consistentemente el valor de laguna (it.), y en consecuencia para la Enciclopedia Espasa sea una expresión equivalente a laguna (it.). Pero la misma Espasa trae también ejemplos de un uso contrario, es decir albufera = lago, lo que se vé en Albuhera o Albufera usados como nombres propios. Además menciona la Espasa "La Albufera — gran estanque, construcción romana en la provincia de Badajoz, a 6 kilómetros de Mérida. Todos los tres son ejemplos de masas de agua en el interior, el tercero hasta artificial? Por último dice la Espasa albufera — it. vasca, stagno (= cast. ciénaga, estanque?) y alemán "Haff" que es laguna (it.).

cuales serían entonces lagos poco profundos y por las propias leyes de la naturaleza generalmente provistos de riberas pantanosas. Además podría aplicarse "ciénaga" a las antiguas lagunas (it.) cuando han perdido su conexión con el mar.

Está claro que según el criterio internacionalmente aceptado por los mencionados idiomas europeos y por la geomorfología, no puede haber lagunas ni en Suiza, ni en Cundinamarca, por lo tanto debiera hablarse aquí de los lagos de Fúquene, Guatavita, Suesca, etc. De la misma manera se concluye que casi todas las lagunas del resto de Colombia debieran llamarse simplemente lagos o ciénagas. Con los ejemplos presentados en los capítulos anteriores, el lector se habrá convencido de que el país tiene verdaderas lagunas en sentido moderno, de acuerdo con las definiciones anteriormente desarrolladas. Realmente, aquí existen ejemplos que por su belleza y como casos típicos no son inferiores a los que en Europa se han calificado de "clásicos". La descripción y el análisis de los factores que influyen en su desarrollo era la finalidad de este artículo, el cual, esperamos, habrá contribuido a que el lector se familiarice con el ambiente fisiográfico y con los problemas característicos de las regiones lagunares.

Bogotá, febrero de 1956.

POSTSCRIPTUM. Después de terminado este estudio sucedieron dos importantes acontecimientos en conexión con el tema tratado:

El primero, la publicación del artículo de Bruce C. Heezen, "Corrientes de turbidez del río Magdalena, Colombia" en el Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, vol. XIV, números 51-52, 3º y 4º trimestre de 1956, en el cual *se demuestra* la acción de las corrientes de turbidez (o de turbieza) en el delta del río Magdalena, hecho que nosotros sólo habíamos *supuesto* (final de la Sección II-4).

El segundo, la creación de una sección oceanográfica en la Marina Colombiana como consecuencia directa de las actividades internacionales desarrolladas para el Año Geofísico de 1958.

Los estudios oceanográficos a lo largo de las costas colombianas sin duda aclararán los fenómenos que han conducido a la formación de lagunas, fenómenos estos que nosotros sólo pudimos indicar de una manera muy general.

Febrero de 1958.

Los autores expresan sus agradecimientos más sinceros al R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J., por su continuo interés, que fue un estímulo para terminar este trabajo, y por el suministro de importantes datos meteorológicos; al Dr. Luis Guillermo Durán, quien hizo varias sugerencias después de leer gran parte del texto; y al Dr. Luis María Murillo, quien con su generosa acogida y apoyo entusiasta hizo posible la publicación de "Las Lagunas de Colombia" y la buena presentación de las láminas.

A doña Dabeyba de Cuervo, cartógrafa del Instituto Geofísico, e inteligente colaboradora del doctor Raasveldt, se debe el que se puedan editar sus obras después de la salida del país de este destacado científico. Nota de la D.

METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA DE LA VERTIENTE DEL PACIFICO COLOMBIANO

(UNA CONTRIBUCION AL ESTUDIO DEL "TIEMPO REINANTE EN COLOMBIA")

HANS TROJER

Jefe Sección de Meteorología, Centro Nal.
de Inv. de Café — Chinchiná

El presente trabajo es una ampliación del presentado al simposium sobre ZONAS HUMEDAS TROPICALES reunido en Quibdó, bajo los auspicios de la UNESCO y el Gobierno Nacional de Colombia, durante el mes de marzo de 1958.

Aunque no puede hacerse una descripción completa, sin embargo se intenta captar los principales procesos dinámicos de la atmósfera y su relación con la topografía, que por medio de mediciones directas nunca se podría realizar, debido a la imposibilidad de aumentar las estaciones meteorológicas en una red tan densa como la que requeriría un país montañoso de tan variadas modificaciones locales.

H. T.

INTRODUCCION

La observación meteorológica, muy escasa y discontinua, como ocurre generalmente en las zonas tropicales y especialmente en las húmedas, dificulta la interpretación de los datos correspondientes. Aunque algunos autores han hecho intentos de descripción del clima de la zona húmeda de la vertiente colombiana del Pacífico (13), dando las referencias más notorias, los métodos empleados no han logrado la generalización que se puede intentar por medio de una interpretación dinámica de las condiciones atmosféricas en relación con las características específicas de la topografía de esta región.

La deducción lógica según los conocimientos de la Meteorología General, y la comprobación de ciertos procesos fundamentales en el desarrollo del tiempo en el Trópico constituyen la base para la descripción dinámica del clima sobre las zonas de muy escasos datos meteorológicos. Naturalmente, hay que tomar en cuenta, también, las condiciones especiales debidas a la localización topográfica, como son las regiones costeras y los valles interiores o su extensión geográfica. En esta forma es posible llegar a conclusiones preliminares sobre la Meteorología y la Climatología tropical en general, y de las zonas húmedas más específicamente, si se adicionan para la interpretación algunas características comunes de tales zonas. Una comprobación semejante ha sido estudiada para otras regiones del territorio colombiano, como diferentes zonas cafeteras, la sabana de Bogotá, la cuenca de Medellín, y el valle del río Cauca (12) en los Departamentos de Cauca, Valle y Caldas, utilizando datos obtenidos por redes meteorológicas relativamente densas.

Esta interpretación, según la Climatología Dinámica desarrollada recientemente en varios centros de investigación climatológica, requiere mayores conocimientos de la meteorología y aventaja la acostumbrada por su descripción más completa y generalizable.

Como la observación de la atmósfera implica la medición separada de diferentes elementos, se ha acostumbrado la tendencia a enfocar también la interpretación climatológica según uno o varios de estos elementos. Esto ha sido motivado también por la necesidad de aplicación inmediata de los conocimientos para determinados fines prácticos, como por ejemplo la preferencia por la pluviosidad. Pero, no son sólo los pocos elementos de

común interés los que definen la situación meteorológica de una región, ya que cada uno de ellos caracteriza únicamente en grado limitado el tiempo momentáneo o el tiempo predominante durante cierto lapso. Por esto, la climatología con su aplicación múltiple en las diversas actividades de la vida humana, no puede limitarse al estudio de uno u otro elemento perdiendo, así, la vista global.

En todo caso, de los fines de la interpretación y de su aplicación depende la inconveniencia o la insuficiencia de utilizar un solo elemento meteorológico. Tomando como ejemplo el caso del empleo de los datos de lluvia, las sumas anuales o mensuales no expresan suficientemente la distribución de los diversos sumandos, ni su magnitud, mostrándose por sumas iguales muy diferentes causas y efectividad de las mismas. En cambio, la interpretación por medio de los sistemas dinámicos permite determinar características importantes adicionales debido al reconocimiento de las causas físicas inmediatas, a la descripción del desarrollo y de la interacción de los factores más importantes; así como por la sucesión de un estado al otro de acuerdo con el cambio resultante de esta transformación por los mismos procesos dinámicos. Estudiando en esta forma los datos de cualquier región, el reconocimiento de la situación del tiempo depende de la separación de los principales factores actuantes, eligiendo adecuadamente los elementos más representativos. En consecuencia, pocas observaciones son necesarias, cuando ellas mismas permiten definir las características esenciales del tiempo momentáneo o del tiempo predominante durante épocas determinadas (secas y lluviosas), precisando la situación del tiempo reinante en toda la región. Por esto, cada observación es una muestra para la combinación específica entre la topografía y las condiciones atmosféricas, lo cual produce bajo las mismas relaciones manifestaciones semejantes del tiempo reinante.

METEOROLOGIA DE LAS ZONAS HUMEDAS DEL TROPICO

En consecuencia, con la introducción anterior, el tiempo reinante sobre una región que abarca zonas extensas puede ser bien identificado por los datos meteorológicos de una estación, cuando se toman en cuenta las caracte-

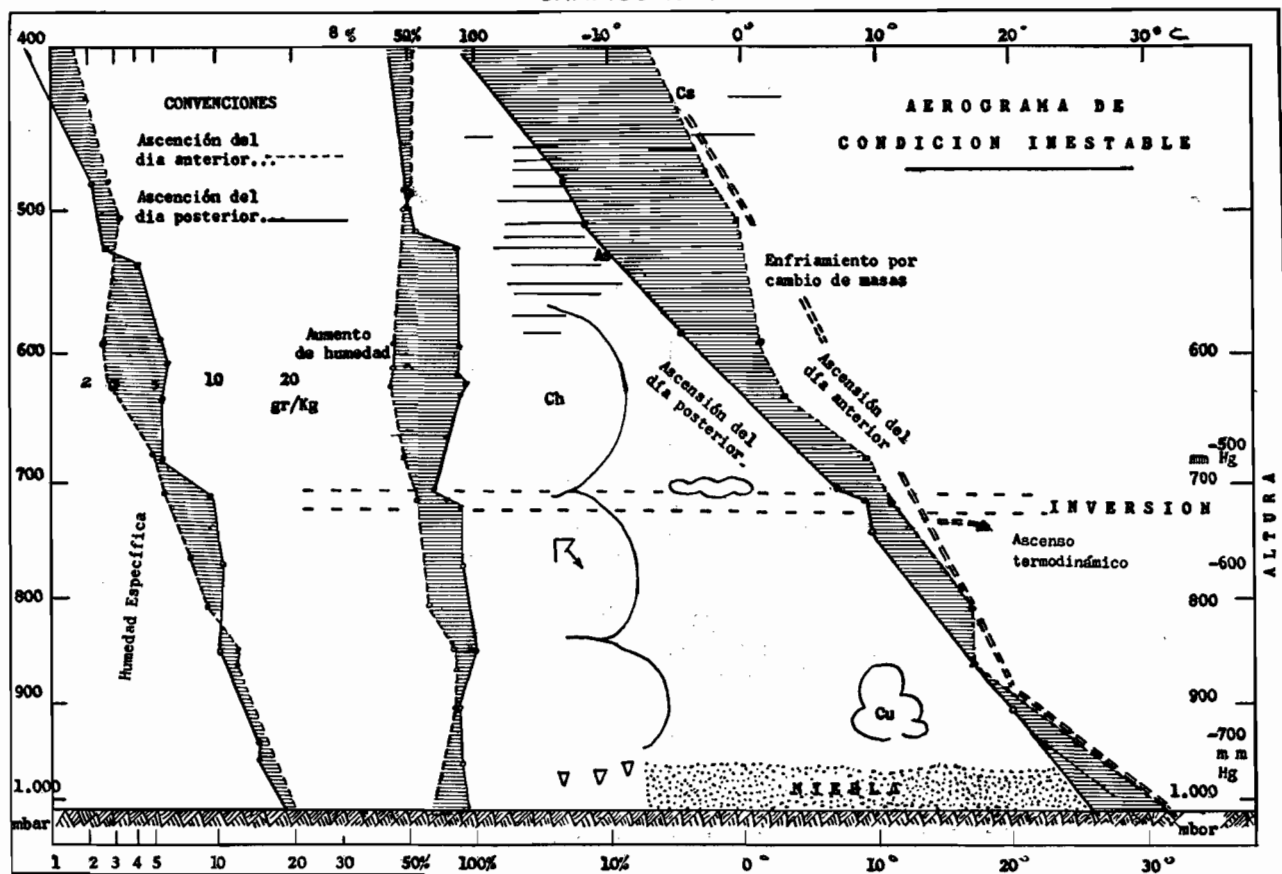
rísticas topográficas del lugar y las modificaciones del tiempo debidas a tales circunstancias. Estos fenómenos locales, como todos los procesos de la atmósfera, obedecen a las leyes de la física y permiten por analogía la ampliación a zonas más vastas teniendo en cuenta estas mismas leyes. De ahí que los datos de las pocas estaciones de que se dispone hayan permitido hacer un estudio preliminar, pues las condiciones que reinan en las zonas húmedas del trópico, no son más que casos especiales de los fenómenos conocidos por la meteorología general en todas partes. Sería difícil determinar por medición directa, la gran variación que presentan los fenómenos meteorológicos en el trópico montañoso, ya que esto implicaría una red tan densa que ningún país del mundo podría sostenerla (5).

La zona húmeda del trópico se caracteriza, primordialmente, por el alto contenido de humedad del aire en el estado inicial de los procesos dinámicos (1 metro cúbico de aire en estado de saturación y a 30°C, contiene 32 gramos de vapor de agua; a 20°C, 18 gramos y a 10°C, 9 gramos); así se explica la alta cantidad de agua en las nubes tropicales, y la consecuente abundancia de lluvia en estas zonas. Tales condiciones se presentan pronunciadamente cuando masas de aire ecuatorial y marí-

timo fluyen hacia la línea de convergencia intertropical que se encuentra en las latitudes superiores. Además, la abundante pluviosidad mantiene la humedad relativa a un alto nivel muy próximo al estado de saturación y, en estas condiciones, un reducido enfriamiento produce la condensación de estas enormes cantidades de vapor acuoso. El enfriamiento ocurre bien al ascender el aire, bien por la irradiación nocturna de la tierra, o por la mezcla o contacto inmediato con aire frío.

En la atmósfera tridimensional hay movimientos verticales y horizontales. El movimiento vertical (ascenso) depende de las condiciones topográficas y también del grado de la inestabilidad en la estructura vertical de las masas de aire actuantes (en analogía con la mecánica se conocen las estructuras estable, indiferente, e inestable). Un volumen de aire que empieza a ascender debido al levantamiento por la topografía o al calentamiento local (convección), sigue el proceso cuando, por la disminución matemática de la temperatura según las leyes termodinámicas, este volumen del aire está más cálido que los alrededores; es decir, la distribución vertical real de la temperatura corresponde a la situación inestable (Gráf. 1). Durante el tiempo anticlinal (buen tiempo) se reducen las condiciones favorables para el movimiento as-

GRAFICO Nº 1



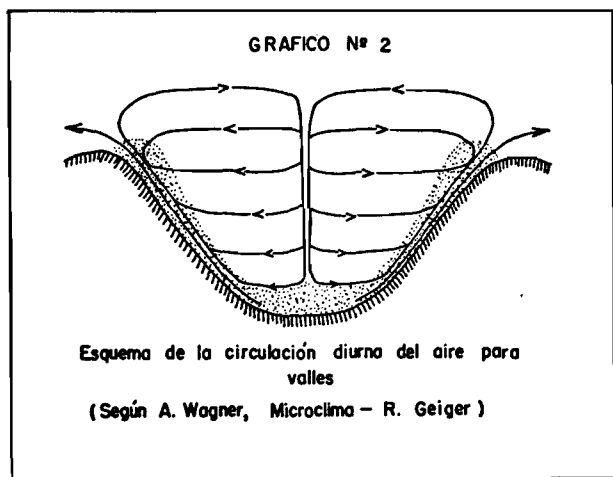
endente (situación más estable), debido a las fuertes inversiones térmicas producidas por el efecto de subsidencia al enjuntarse la zona de alta presión cuando el aire inferior se dispersa. En contraste, durante el tiempo ciclónico (mal tiempo) la afluencia de aires marítimos frescos y el diferente calentamiento local, aumentan la estructura inestable y favorecen las condiciones para fuertes movimientos ascendentes (más de 15 metros por segundo) y con ellos la formación de nubes del tipo de cumulonimbos.

El movimiento horizontal, dependiente de la distribución bórica (centros de alta y baja presión atmosférica

en los diferentes niveles altimétricos), determina algunas características típicas, según su origen, y la estructura de las masas de aire. Las condiciones de estructura se conservan principalmente durante su translación. La forma aerodinámica de las corrientes (convergencia o divergencia), influye además sobre el carácter del tiempo reinante; la convergencia produce movimientos verticales ascendentes con aumento de la nubosidad y por el contrario, la divergencia hace descender el aire y por consiguiente disuelve las nubes. El carácter de la topografía también se refleja sobre la corriente predominante en las manifestaciones del tiempo en la parte montañosa del

trópico por los efectos de Estancamiento y Foehn. Estancamiento se correlaciona con levantamiento y por consiguiente con enfriamiento de las masas de aire ascendente y formación de nubes; mientras que Foehn se denomina el efecto del aire descendente en la parte de barlovento de la montaña donde se despeja el cielo.

Además de los fenómenos de las corrientes generales, en los países montañosos se presentan circulaciones verticales de carácter local (Gráf. 2) causadas por las diferencias térmicas entre valle y montaña, como también entre mar y costa, las cuales poseen su ciclo diario. Su grado de desarrollo depende de la intensidad de la radiación (insolación e irradiación nocturna) y de su consecuente transformación calórica, la cual, a su vez, cambia con la nubosidad formada y con la estructura del aire. La nubosidad densa y las precipitaciones pueden invertir la situación térmica diferencial de tal modo que las circulaciones también se invierten en horas fuera del ciclo normal (posición solar), como se observa en días



con varios cambios repentinos de nubosidad. Por condiciones especiales de topografía, las circulaciones se desarrollan con especial intensidad sobre determinados núcleos de las cimas de las montañas como lo demuestran la nubosidad local durante buen tiempo y la gran variación en la distribución pluvial. Estas diferencias locales son aún más pronunciadas en la zona chocoana que en el resto del país, debido a la gran inestabilidad de las masas de aire marítimo y a la gran disposición de la atmósfera para el desarrollo de movimientos verticales.

De acuerdo con lo anterior, el tiempo reinante depende, en general, de los siguientes factores (3):

A.—Macro tiempo, la situación momentánea de los centros de presión atmosférica que forman el sistema intertropical de circulación y que determinan la dirección de la translación horizontal y la estructura de las masas de aire, como también los efectos hidrodinámicos de convergencia y divergencia.

A. a.—Fenómenos locales producidos por la topografía, y por la corriente general según el macro tiempo (estancamiento y foehn).

B.—Sistemas locales de circulación recíproca (tierra - mar o valle - montaña).

La combinación en cualquier grado de los factores anotados, determina el carácter del tiempo en cualquier momento y para cualquier lugar. Los mismos conceptos aplicados a los tiempos reinantes predominantes durante determinados períodos (tiempos lluviosos o de "invierno", tiempos secos "verano") son la base para la climatología de interpretación más amplia.

Entendiendo como clima el estado medio de la atmósfera sobre un lugar determinado, este está representado también, de acuerdo con el concepto de la climatología dinámica (6), por el tiempo reinante predominante sobre cada región durante épocas bien diferenciadas como las secas o las lluviosas. Tal distribución depende, en primer lugar, de la posición del sistema de circulación intertropical con su translación cíclica, y en segundo lugar de influencias locales.

Todo el sistema consiste en dos zonas de alta presión sobre ambos subtrópicos (una septentrional y la otra meridional) y la franja intermedia de baja presión atmosférica. Hacia esta franja de baja presión convergen las corrientes que se dispersan de los centros de alto nivel, la septentrional y la meridional, forman la línea o zona de convergencia intertropical (ITC).

Debido a la variación de la radiación solar a causa de la translación cíclica (estacional) del sol, se conocen dos posiciones extremas del sistema intertropical (Gráf. 3 y 4). La posición meridional al principio del año (febrero) se caracteriza (3) por la división del cinturón meridional de alta presión en dos células, interrumpidas sobre el continente suramericano. En consecuencia, las corrientes confluyen hacia la zona de baja presión sobre el interior septentrional del continente, llevando masas ecuatoriales marítimas. La parte norte de la ITC está invadida por masas subtropicales marítimas (Caribe) que constituyen y amplían los centros de alta presión del cinturón septentrional. La posición septentrional se desarrolla paulatinamente cuando masas ecuatoriales marítimas avanzan hacia el norte y refuerzan el cinturón meridional de alta presión cerrándose también sobre el continente en forma de un puente.

A. EL MACROTIEMPO

Tal situación en conjunto se denomina el macro tiempo o tiempo general y está regida por la localización de los centros de presión atmosférica que forman el sistema intertropical de circulación y que determinan la dirección y la velocidad de las corrientes actuantes de aire. Con la translación de todo el sistema intertropical cambia paulatinamente la posición de los centros béricos y por consiguiente también las propiedades típicas de las masas de aire arrastradas por las corrientes respectivas. En consecuencia, la ITC cruza también la zona de la vertiente colombiana del Pacífico donde a lo largo convergen masas marítimas o continentales de diferente origen desde direcciones opuestas (generalmente de componentes septentrionales y meridionales, de acuerdo con la diferencia térmica principal de los subtrópicos y el Ecuador). Estas corrientes predominantes, conocidas comúnmente como Alisios, hacen converger hacia la ITC masas de diferencias térmicas y de humedad variadas, las cuales ascienden sobre esta zona de acción. La ITC no puede ser una línea o franja fija, como se supone en el sentido climatológico con el concepto de los Alisios, sino que está en permanente movilización por el dinamismo de los procesos atmosféricos. A este respecto es preciso distinguir entre el tiempo reinante momentáneo y el tiempo reinante predominante (estado climatológico). En las latitudes medias tampoco existe permanentemente

la corriente climatológica occidental, sino que ésta se presenta con la destrucción y el rejuvenecimiento de las perturbaciones atmosféricas y por los cambios de las corrientes de aire; es decir, por cambios del tiempo. De la misma manera, en el trópico también se observan cambios diarios del tiempo, aún durante los períodos de predominio de un carácter del tiempo.

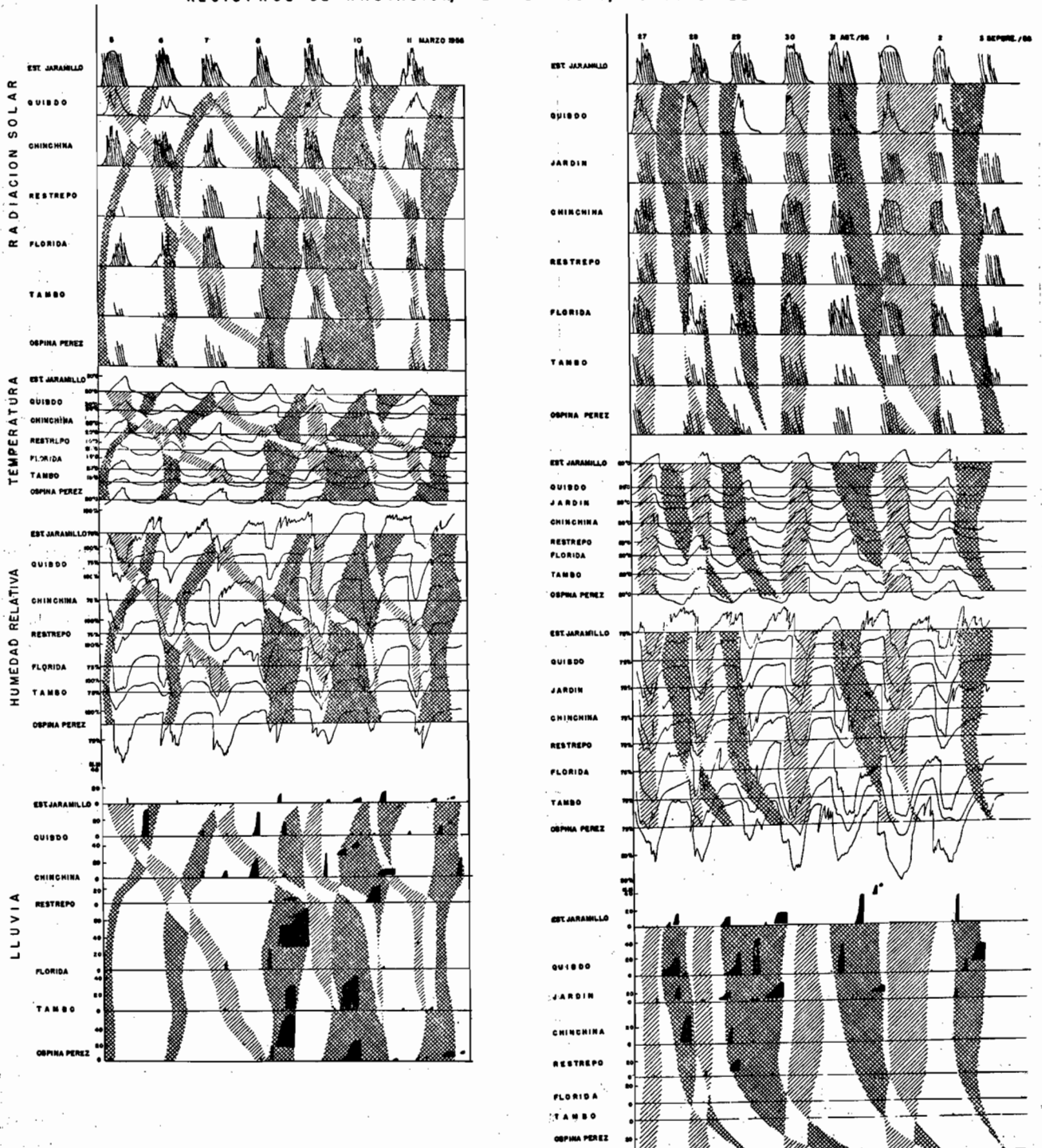
El carácter del tiempo se diferencia en todas partes por valores relativos bien definidos de la radiación y el brillo solar, de las temperaturas y de la humedad del aire, de la nubosidad típica y de la precipitación pluvial. Siempre los días de tiempo anticiclónico (buen tiempo), se caracterizan por la mucha radiación y brillo solar, temperatura relativamente alta; baja humedad del aire, especialmente, en las horas de la tarde; precipitaciones escasas o aguaceros de poca duración. En veces, los días

ciclonales (mal tiempo) se caracterizan por valores contrarios.

Catalogando de acuerdo con las características anotadas los registros semanales (5-11 de marzo y 27 de agosto a 3 de septiembre de 1956) de varias estaciones meteorológicas del occidente colombiano, ordenadas según su latitud, se demuestra visiblemente el transcurso, la translación y la variabilidad del tiempo reinante sobre tal zona (Gráf. 5). Durante el primer período el tiempo ciclónico, con su nubosidad típica aunque con variada intensidad pluvial, avanza desde el sur hacia el norte, debilitándose notablemente al entrar a la zona bajo influencia del centro septentrional alta presión (posición meridional del sistema intertropical); mientras que después de las perturbaciones las cuñas de alta presión del norte se extienden hacia el sur. Así, llegan del norte

GRAFICO N° 5

REGISTROS DE RADIACION, TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA Y LLUVIA



masas de aire fresco del anticiclón del Caribe, las cuales se encuentran hacia el sur con las masas ecuatoriales, y forman nuevas perturbaciones con el mismo traslado general, correspondiente al factor del macrotiempo. Durante el segundo período (27 de agosto a 3 de septiembre de 1956) la translación del macrotiempo es inversa, debido a que el sistema intertropical está en su posición meridional y las perturbaciones atmosféricas se desplazan hacia el sur. El anticiclón meridional se debilita en su actividad, lo cual se manifiesta por el aumento de la nubosidad en los niveles superiores, cambiando transitoriamente la insolación y caracterizando los demás elementos meteorológicos por actividades de mal tiempo. Las perturbaciones se agotan rápidamente bajo la influencia anticiclónica, extendiéndose las cuñas hacia el norte hasta que se encuentran las masas ecuatoriales con las marítimas subtropicales del Caribe. Allí se forman nuevamente en su línea divisoria las perturbaciones que son empujadas hacia el sur por el aire septentrional fresco.

Según el macrotiempo predominante se definen las épocas estacionales, distinguiéndose principalmente las secas y las lluviosas, resaltando en esta forma un elemento del cual existen generalmente el mayor número de datos. Razones posteriores mostrarán que tal preferencia es puramente artificial y que tal elemento no siempre indica el conjunto como lo manifiesta el tiempo reinante.

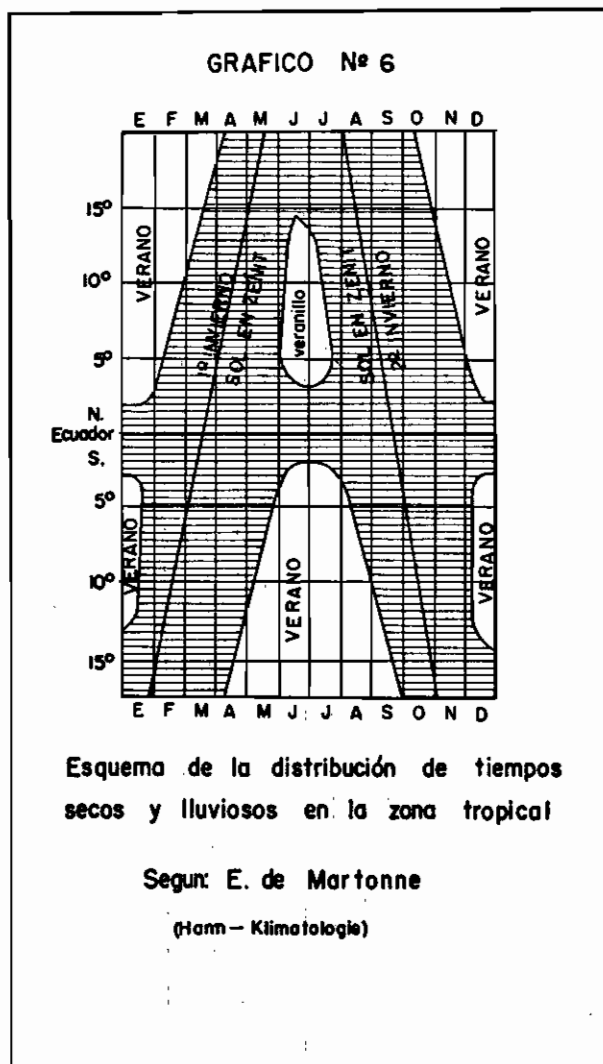
Sin embargo, partiendo de lo acostumbrado y conocido, la distribución de los períodos secos y lluviosos se puede generalizar según la forma esquemática dada por Martonne E. (Gráf. 6) de la cual se puede determinar, según la latitud geográfica, la posición cenital del sol y las correspondientes épocas de lluvia y sequía (2). Según esta interpretación entre el Ecuador y los 14° de latitud existe una doble época anual de lluvia que, con el aumento de la latitud, se convierte en una sola. A la misma distribución llevan las observaciones pluviométricas representadas según el cociente de Angot (7) y ordenadas de acuerdo con la latitud, sin considerar la longitud geográfica.

El despazamiento estacional de los períodos secos y lluviosos se puede relacionar con el avance de la ITC lo cual para Colombia ocurre así: La época lluviosa se localiza a principios del año en el sur del país y a medida que corre el año avanza hacia el norte, donde impera hasta marzo-abril la época seca. Después de la primera época lluviosa, con duración de dos a tres meses, avanza igualmente de sur a norte y hasta aproximadamente 8° Lat. N. el tiempo seco. Desde septiembre-octubre, empieza un rápido retorno de las lluvias desde el norte hacia el sur, a través de toda Colombia.

Tal distribución relativa y generalizada se puede encontrar también en todos los datos pluviométricos de la zona en estudio (Gráf. 7) aunque no siempre en forma tan sobresaliente. La altura de la lluvia y con ella su distribución no va siempre en relación directa con el carácter del macrotiempo a lo cual contribuyen además otros factores que se superponen hasta predominar en ciertas situaciones atmosféricas como lo demuestran los valores de esta zona excepcional de la vertiente del Pacífico (7).

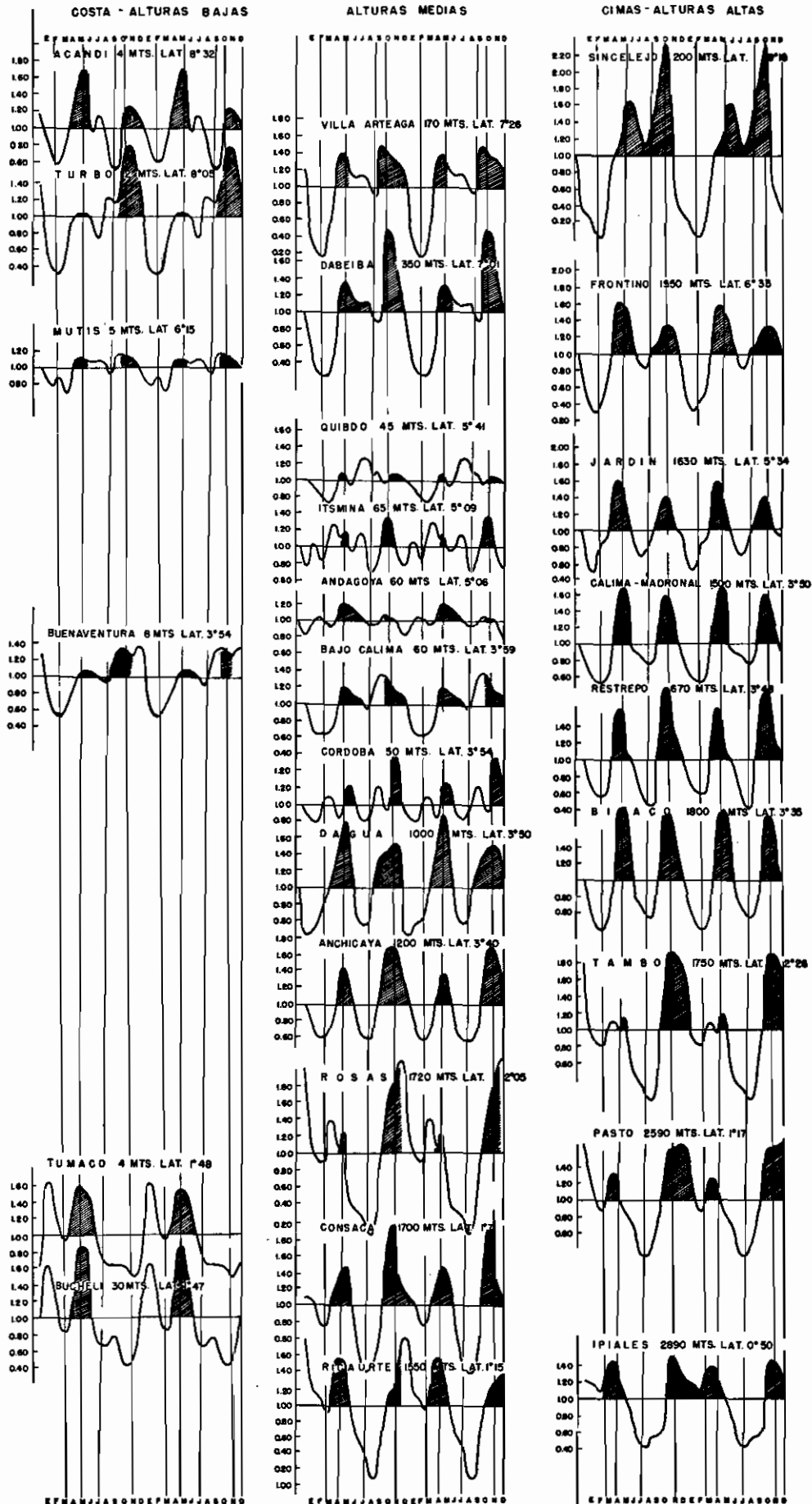
Sólo una descripción más detallada del desarrollo del macrotiempo permite explicar las desviaciones, lo cual puede realizarse por el estudio de días típicos o por pe-

riódos pronunciados. Los días de buen tiempo y los períodos secos son más pronunciados en los lugares costaneros y en el fondo de los valles amplios. Allí la influencia local (circulación local) refuerza este carácter del tiempo anticiclónico por lo cual sus períodos resaltan en todos los valores relativos (porcientos) de las sumas mensuales de la precipitación, especialmente en los extremos norte y sur (Acandí, Tumaco). En cambio, los períodos lluviosos se destacan más en las zonas altas, donde la circulación local aumenta la actividad ciclónica pluvial. También el efecto de estancamiento y foehn no se elimina por completo, aun por la representación porcentual, y tampoco las propiedades de estructura de las masas de aire, lo cual se confirma por la distribución de la zona altimétrica media. En esta zona todos los facto-



res influyen en la magnitud de la lluviosidad. Las estaciones del norte y del sur (Villa Arteaga, Dabeiba, Consacá, Ricaurte) demuestran el transcurso estacional más pronunciado, como les corresponde según el macrotiempo. No obstante, se observan adelantos y prolongaciones de los tiempos secos y de los lluviosos debido a efectos topográficos, tanto por las corrientes generales (estancamiento, foehn) así como por las circulaciones locales. Las masas de aire marítimo ecuatorial, procedentes del anticiclón meridional del Pacífico avanzan al principio del año arrastradas por las corrientes de WSW y después de SW hacia el centro de baja presión sobre el continente, reforzando por estancamiento las precipitaciones sobre las vertientes occidentales (Ricaurte, Rosas, Anchicayá, Dagua). El efecto del foehn se nota en las esta-

TRANSCURSO MEDIO DE LA PRECIPITACION
EN LA VERTIENTE COLOMBIANA DEL PACIFICO
(COCIENTE PLUVIOMETRICO DE ANGOT)



ciones de Pasto y Tambo. Al mismo tiempo, en el norte invaden masas marítimas subtropicales del Caribe del ENE-NE produciendo estancamiento en laderas orientales (Jardín, Restrepo) y el foehn se manifiesta al lado del sotavento (Sincelejo, Calima, Madroñal, Andagoya, Bajo Calima, Córdoba y, aún reconcilable, en Rosas).

Siguiendo la translación de la ITC hacia el norte, se extiende el anticiclón meridional el cual forma puente de alta presión sobre la parte norte del continente suramericano; al mismo tiempo, se hace notorio en la parte sur el período seco durante el cual predominan corrientes de direcciones SE que se manifiestan claramente tanto por la disminución de la pluviosidad como por las características de muy baja humedad y vientos borrascosos en todas las laderas de sotavento (Pasto, Consacá, Rosas, Tumaco) y más tarde (agosto) también en Córdoba, Bitaco, Calima, Madroñal. Como consecuencia de estancamiento se puede interpretar la prolongación de los aguaceros de mayo.

Cuando empieza a regresar la ITC del norte hacia el sur las corrientes, detrás de las perturbaciones, se voltean primero hacia el NW y después al NE produciendo el estancamiento en las laderas occidentales y orientales respectivamente (Villa Arteaga, Dabeiba, Quibdó). En todo caso, el segundo período lluvioso es generalmente más fuerte en toda la zona debido al mayor contraste térmico de las masas marítimas subtropicales con las ecuatoriales continentales procedentes del puente meridional.

Fácilmente se concluye que no cada año el sistema global de circulación intertropical llega a las mismas posiciones extremas, como demuestran los Anuarios Meteorológicos (14) debido a las fluctuaciones que puede sufrir el sistema de circulación tropical, el cual forma parte de las circulaciones generales de la atmósfera global y por esto también depende de la variada actividad (duración e intensidad) de los demás sistemas, de los cuales son tal vez de mayor importancia los polares y el intertropical. Pues, el macro tiempo que reina sobre estas regiones determina las variaciones de las propiedades de las masas de aire que se forman sobre ellas y que se transmiten también a las otras zonas mundiales. Si durante un año o parte de él, todo el sistema tropical se encuentra relativamente en posición muy septentrional, este lapso se presenta menos lluvioso debido a que la zona de alta presión del cinturón meridional avanza sobre casi todo el territorio de Colombia.

B. LAS CIRCULACIONES LOCALES

Si los efectos de estancamiento y foehn por la topografía varían según la dirección de las corrientes correspondientes a la distribución bórica (macro tiempo), en las zonas montañosas existen circulaciones locales que evolucionan, de acuerdo con las diferencias térmicas locales producidas por la transformación de la radiación (insolación e irradiación nocturna) que facilita el intercambio de masas de aire, en sistemas verticales cerrados cuya extensión depende de la configuración topográfica y de la estructura vertical del aire. Tales circulaciones se presentan tanto en las zonas costeras como en los valles. Al invertirse las diferencias térmicas se invierte también el sentido de la circulación que se desplaza siempre en sus niveles inferiores desde la zona fría hacia la caliente donde asciende el aire y se enfría termodiná-

micamente. Sobre las zonas de ascenso, el enfriamiento provoca la condensación y por consiguiente la formación de nubosidad y de precipitaciones; mientras que en la parte descendente las nubes se disuelven.

Naturalmente, como la estructura vertical de las masas de aire cambia de acuerdo con el macro tiempo, las circulaciones locales se desarrollan diferentemente durante cada situación estacional. Sin embargo, debido a la acción permanente y proporcional durante todo el año, la caracterización de cada lugar respecto a su ubicación topográfica se refleja aun en los valores medios anuales de todos los elementos. Además, según cada configuración típica de la topografía, la circulación local imprime manifestaciones meteorológicas muy determinadas que se diferencian en todos los valores de los elementos. Estas variaciones se conocen con el concepto del ciclo diario de cada elemento meteorológico el cual es causado principalmente por el ciclo solar diario y por el carácter del tiempo como función del macro tiempo. Debido a su desarrollo claro y regular, son suficientemente conocidas las características esenciales del ciclo diario para la mayoría de los elementos meteorológicos; por ejemplo, la onda doble de la presión atmosférica y el ciclo bien definido de la temperatura del aire, de la humedad relativa, de la radiación y del brillo solar en forma de onda simple (Gráf. 8). Aunque se aprecia claramente una variación estacional del ciclo diario como reacción del macro tiempo con sus masas actuantes, las características de cada elemento se mantienen firmes. Desde luego, las singularidades más típicas se observan durante días de buen tiempo o durante períodos anticiclónicos, cuando el ciclo diario de los elementos meteorológicos es más pronunciado y por lo tanto las circulaciones locales mejor desarrolladas.

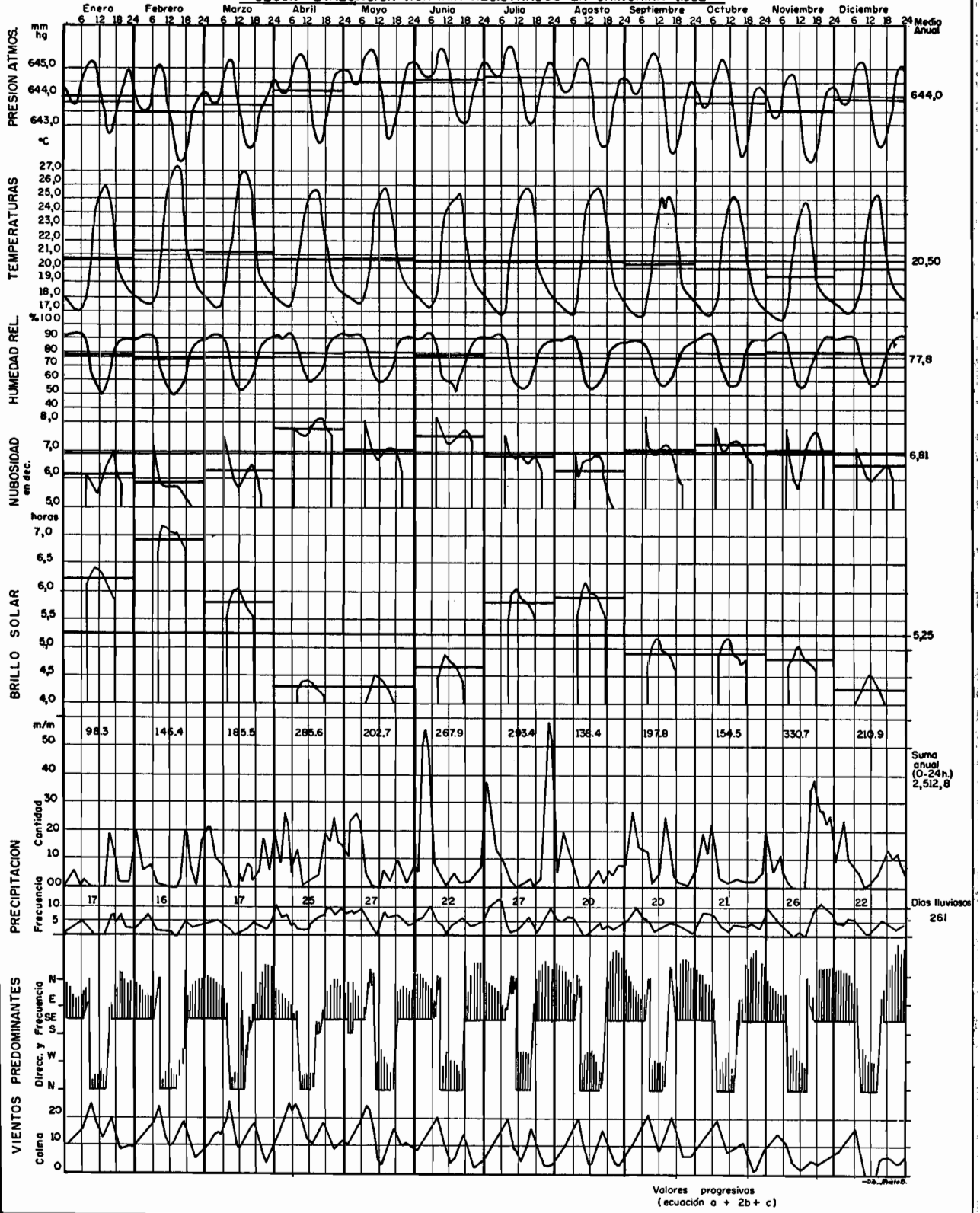
De lo anterior se concluye, tal como se ha confirmado para los Alpes por observaciones durante buen tiempo, que las diferencias notables del ciclo diario de los elementos en zonas en el fondo de valles, en laderas y en cimas dependen, de su parte también, de las circulaciones locales, las cuales modifican los ciclos de los diversos elementos como reacción de la radiación y de su transformación calórica en la superficie terrestre. En todo caso, en los valles y en las cimas se registran oscilaciones más marcadas que en las laderas y, por otra parte, la desviación del promedio diario es contraria en los niveles extremos. Las máximas sobresalen en los valles más que el valor promedio en las cimas y las mínimas bajan más en las cimas que en los valles lo cual es válido para todos los elementos que tienen el mismo ciclo que la radiación y que la temperatura; en contraste, la humedad tiene un ciclo inverso. El ciclo diario durante el tiempo ciclónico es proporcionalmente menos pronunciado, y puede transfigurarse, también en el trópico, por características del cambio de masas de aire.

Para la temperatura, la cual correlaciona la densidad y la humedad del aire, el gráfico siguiente (Gráf. 9) muestra las variaciones correspondientes a la diferente ubicación de la estación meteorológica. En las laderas altas, la reducción de la insolación por la nubosidad local, como consecuencia del ascenso de la circulación diurna, disminuye las temperaturas máximas; y en las partes bajas de las laderas el aumento del contenido de vapor acuoso disminuye la irradiación nocturna y el enfriamiento. También el ascenso térmico en la mañana y el descenso de la tarde reflejan la ubicación y el efecto de la nubosidad local.

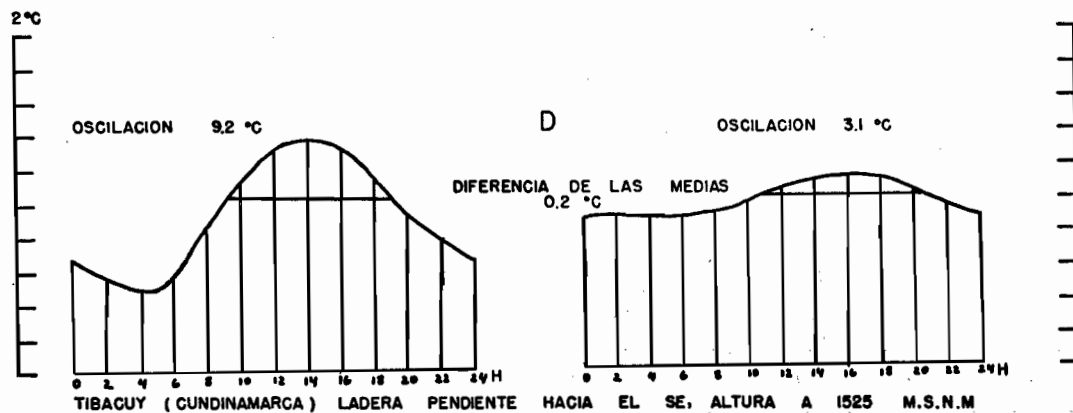
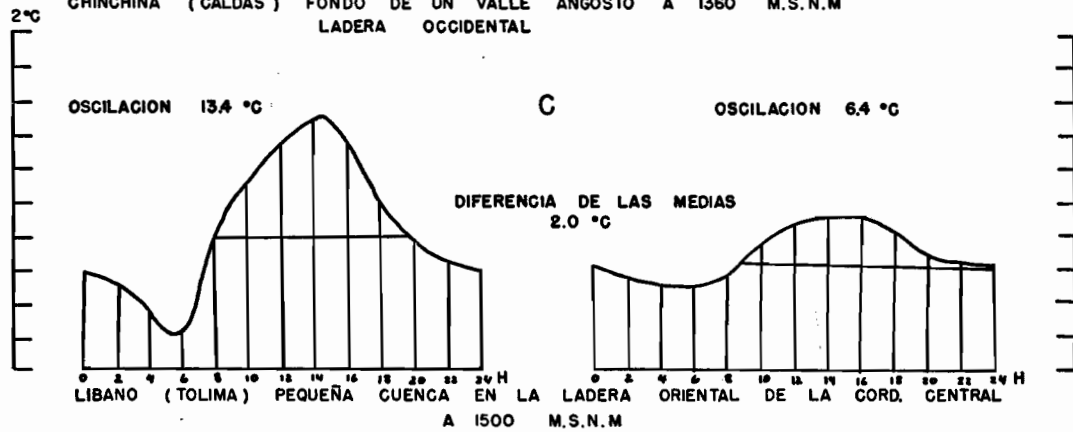
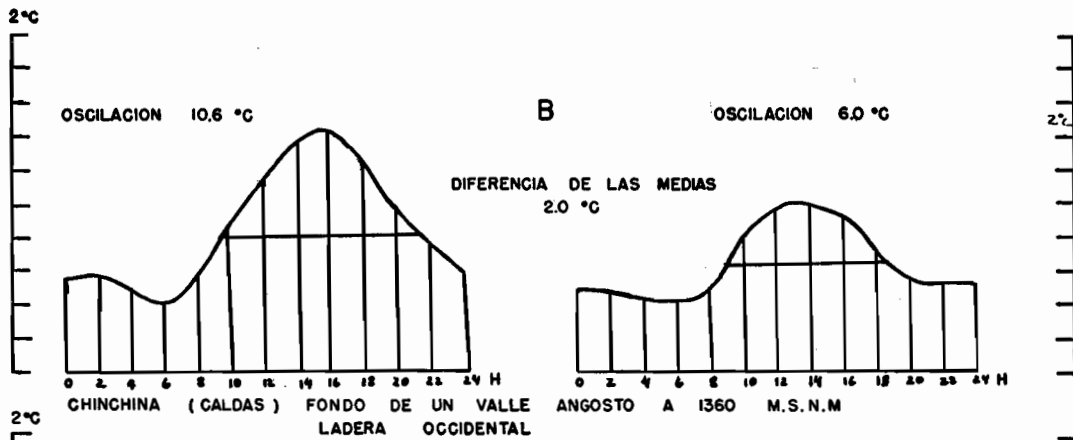
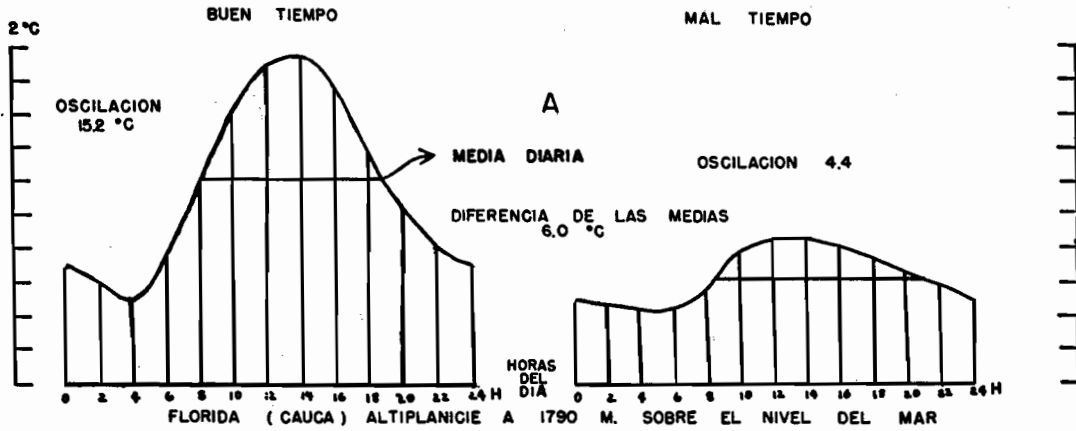
GRAFICO Nº 8

CURSO PROMEDIAL DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS METEOROLOGICOS

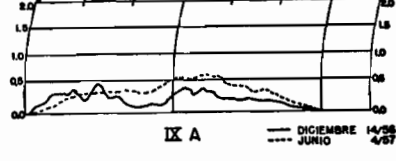
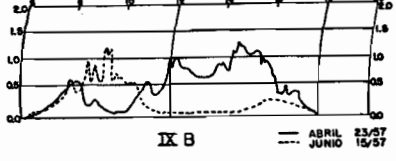
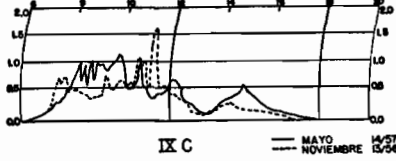
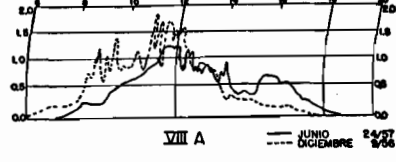
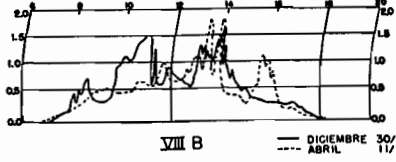
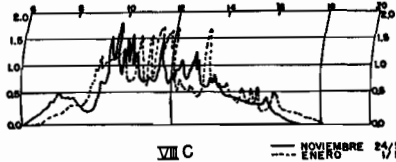
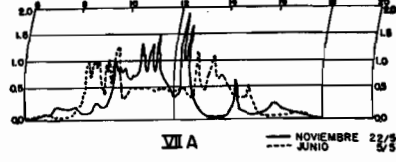
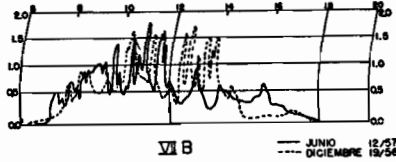
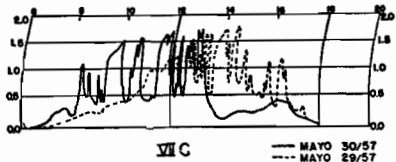
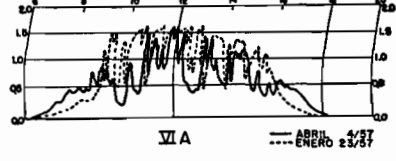
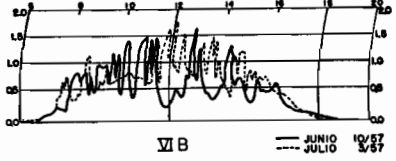
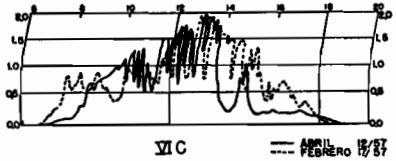
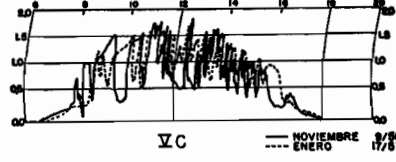
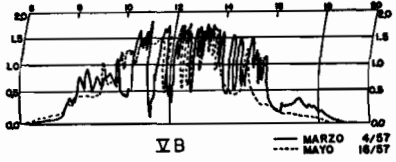
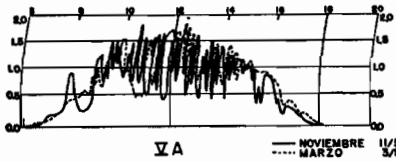
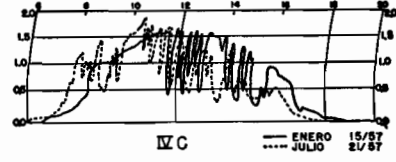
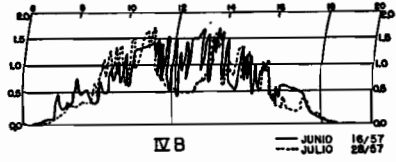
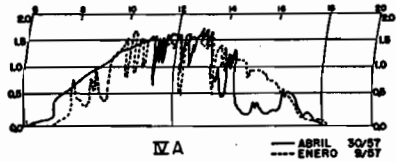
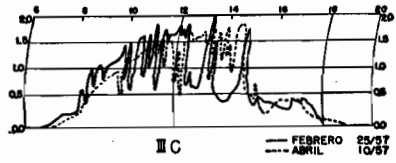
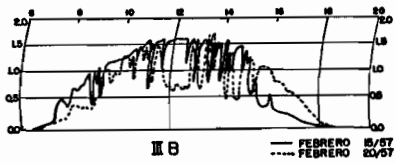
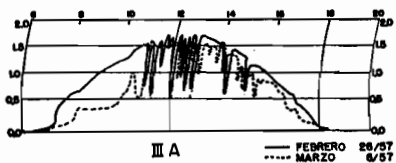
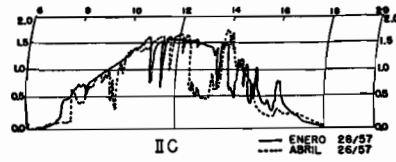
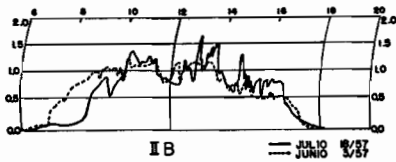
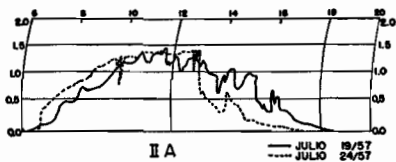
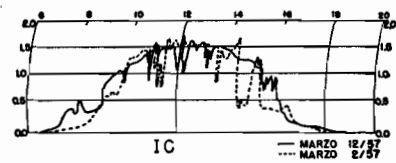
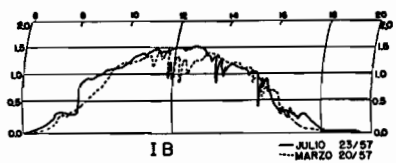
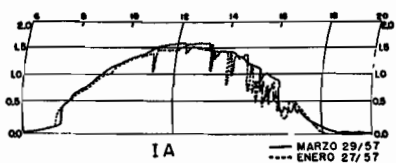
SEGUN EVALUACION HORARIA REGISTRADOS EN CHINCHINA-1952



CONTRASTES DEL CICLO DIARIO DE LA TEMPERATURA DURANTE BUENO Y MAL TIEMPO EN DIFERENTES LOCALIDADES TIPICAS



REGISTROS TÍPICOS DEL ACTINOGRÁFO EN CHINCHINA DURANTE DIFERENTE TIEMPO REINANTE



La variación de la radiación diaria (fuente de energía para las circulaciones locales) se presentan en los registros actinográficos, de los cuales los diferentes tipos manifiestan la influencia de la nubosidad según el tiempo reinante, p. e. en Chinchiná (Gráf. 10) los registros I a III corresponden a días de buen tiempo y los VIII y IX para días nublados y lluviosos, mientras que los otros representan días con nubosidad variable. La cantidad calórica (gr. cal/min. cm²) recibida por una superficie horizontal alcanza su máxima desde 9-10 horas hasta 15-16 horas en cielo despejado y durante tiempo nublado es inversa a la densidad de la nubosidad; estos registros reflejan bien el carácter del tiempo sobre cada lugar. Los valores altos durante el buen tiempo contrastan con los valores bajos durante días lluviosos, en los cuales disminuye la radiación a una quinta parte aproximadamente. Además, la forma de la curva registrada indica notablemente la variabilidad de la nubosidad.

La interpretación del ciclo diario de la precipitación (Gráf. 11) muestra claramente la influencia de las circulaciones locales y su relación con la ubicación topográfica del lugar. Como es sabido, se conoce una circulación diurna del valle hacia la montaña; cuando el aire asciende, forma las nubes de desarrollo vertical sobre las partes altas y las cimas. De allí se desprenden las precipitaciones y toman rumbo hacia el valle, con la corriente superior de regreso, cubriendo una franja hasta de una tercera parte de la altura relativa. El nivel del techo de estas nubes depende del grado de saturación del aire en el fondo del valle, donde el volumen empieza su movimiento de ascenso. Por esto, el techo se levanta en las horas de la mañana (nieblas de laderas que se levantan y se disuelven). Cuando las circulaciones alcanzan su pleno desarrollo, el nivel de la nubosidad se forma a determinada altura sobre el fondo de los valles (nivel de condensación), pero esta relación disminuye con el aumento de la altitud, observándose un nivel general algo inclinado hacia las cimas.

La distribución horaria relativa de la precipitación muestra una acumulación de la lluvia (cantidad, frecuencia, densidad e intensidad) en las horas de la tarde como lo indica notoriamente la estación de Restrepo. Tanto las sumas horarias anuales de la precipitación, como su combinación en intensidad (cantidad-duración) y frecuencia, presentan estas características. Aun mejor resalta este ciclo diario en la distribución porcentual del factor combinado durante los meses menos lluviosos (secos) como junio, julio y agosto durante los cuales la precipitación se debe principalmente al efecto de la circulación local diurna. La circulación contraria, la cual se desarrolla cuando el aire frío de la montaña fluye hacia el valle donde asciende, produce las lluvias predominantes de la noche (Quibdó, Bajo Calima) lo cual confirman también algunas observaciones generales (1). Según la distribución del "factor de combinación" se aprecian dos máximas las cuales se pueden interpretar como efecto producido por olas de aire frío. Después de la primera, las mismas precipitaciones ocasionan la estabilización posterior durante la cual cesa la pluviosidad, para revivir el proceso tres o cuatro horas más tarde. La importancia que tiene este fenómeno local en las sumas mensuales, especialmente en las zonas húmedas tropicales, se puede tomar en consideración comprobando los altos valores de lluvia durante los meses de junio, julio y agosto que se presentan en esta zona (Quibdó: junio 860, 1010, 960 mm. Bajo Calima: 640, 730, 710 mm. res-

pectivamente) fuera del transcurso estacional normal. La zona intermedia, donde actúan ambas circulaciones locales, la diurna y la nocturna, se caracteriza por la mayor pluviosidad (8) y la distribución horaria relativa tiene dos máximas (Dosquebradas). Según la localización del lugar predomina el uno o el otro sistema de circulación, pero el nocturno se destaca generalmente más (7) por cuanto está reforzado por el levantamiento topográfico (estancamiento) al trasladarse las precipitaciones con la corriente superior desde el valle hacia la montaña (Chinchiná). La renovación de las circulaciones, tanto diurnas como nocturnas, se reconoce en las máximas secundarias; las precipitaciones en laderas entre las 8-9 horas corresponden al primer levantamiento del aire matinal al comienzo de las circulaciones diurnas, y las del mediodía se deben interpretar como las primeras de las precipitaciones diurnas.

Las circulaciones locales se manifiestan naturalmente, también, por los registros de los vientos superficiales y por su ciclo diario. Después de la calma matutina comienzan los vientos a ascender a lo largo del fondo de los valles (Talaufwind) para luego extenderse hacia las vertientes (Hangaufwind) y finalmente amplificarse el ascenso por todas las laderas lo cual se denomina viento del valle (Wagner). En las horas vespertinas, al cesar el calentamiento por la insolación, o cuando se cubre con nubes todo el valle, se observa un corto período de calma y luego el viento voltea a la dirección opuesta (vientos de la montaña), acompañado frecuentemente con ráfagas (olas de aire frío). Los vientos predominantes de todas las observaciones están de acuerdo con los correspondientes a las circulaciones locales (7); así se manifiesta en los promedios según el horario de las observaciones. En consecuencia, las circulaciones locales son características muy destacadas en todas las zonas húmedas montañosas donde predomina durante el año la inestabilidad de las masas de aire.

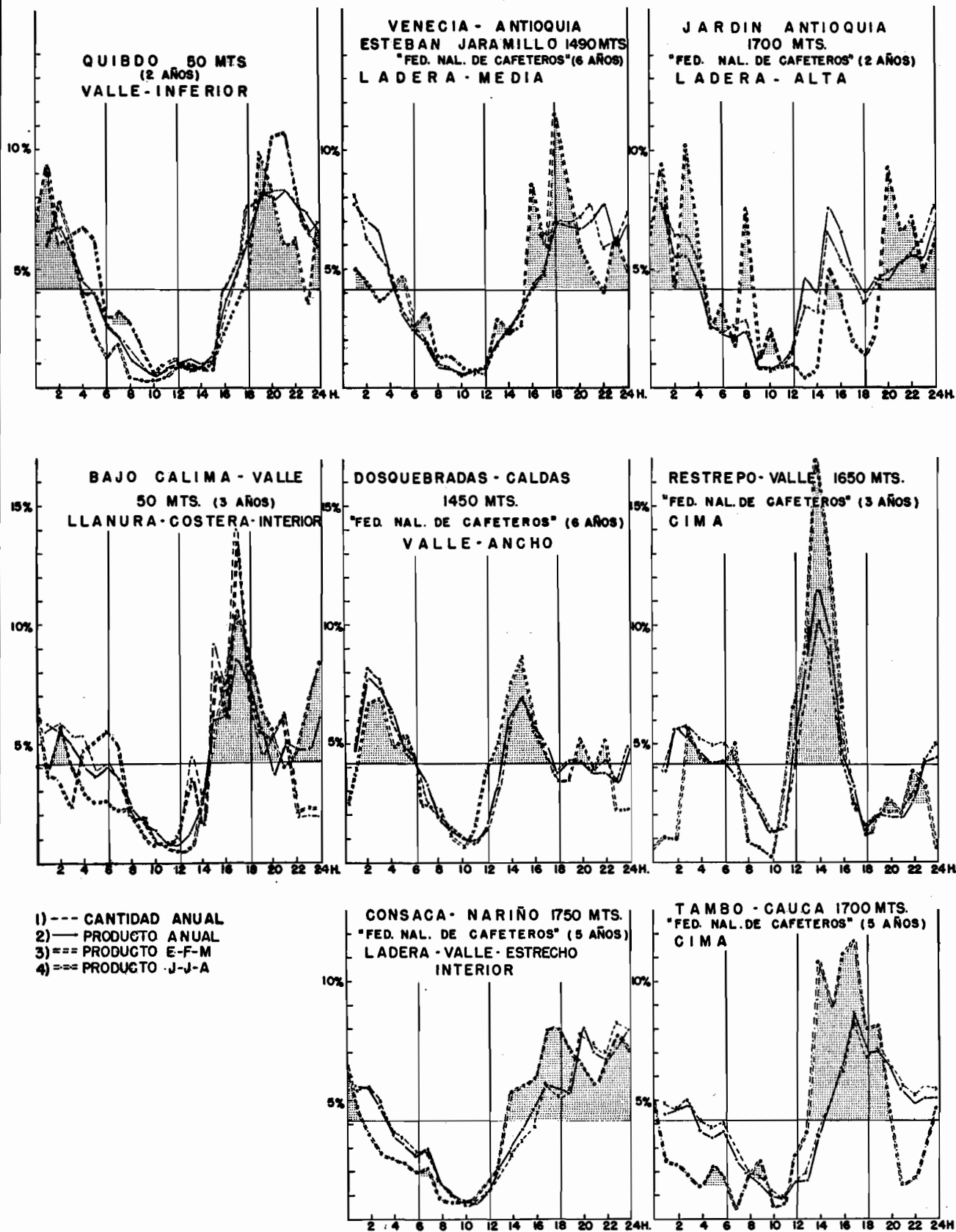
DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ZONAS DE LA VERTIENTE COLOMBIANA DEL PACÍFICO

Si ya es difícil la descripción detallada del clima de las regiones más pobladas de Colombia con base en datos relativamente completos, tal estudio se hace más difícil para la zona húmeda del Pacífico. Hasta el presente, toda la atención climatológica se concretó a reconocer tal región como una de las zonas más lluviosas del mundo, sin mayor preocupación por sentar las bases de observación indispensables para un estudio climatológico detallado, con lo cual se llegó al resultado de que el carácter climatológico excepcional de esta zona más bien sirvió de obstáculo que de aliciente para su estudio.

En las condiciones actuales, es difícil que por medio de una interpretación dinámica se pueda obtener una descripción completa; sin embargo, aprovechando los datos existentes y los de regiones adyacentes, se intentará destacar las zonas de necesidad inmediata para realizar observaciones meteorológicas, que permitan comprobar adecuadamente la interpretación preliminar.

Para cualquier lugar de la región, los valores meteorológicos característicos dependen del carácter del tiempo reinante según su trascurso estacional y de las modificaciones locales. Del macro tiempo dependen las propiedades subjetivas de las masas de aire; y del cambio de ellas depende, también, la variación del carácter del

CICLO DIARIO DE LA PRECIPITACION
COSTADO OCCIDENTAL COLOMBIANO DESDE LA CORDILLERA CENTRAL
 SEGUN EVALUACIONES HORARIAS



tiempo diario y hasta el carácter general de ciertos lapsos de tiempo diario semejantes. Es preciso encontrar las diferencias más notorias que se muestran en las variaciones de los tipos principales de tiempo (anticlinal y ciclinal). Naturalmente, la adición de estas situaciones individuales con sus valores respectivos a sumas mensuales y anuales, y su promedio disminuye aparentemente las diferencias hasta que no se observan características estacionales marcadas en la mayoría de los elementos meteorológicos. Además, las propiedades características de las masas de aire que actúan en el desarrollo del tiempo no pueden diferenciarse en tal grado como en las latitudes medias, donde debido a la variación estacional de la radiación (posición solar) ocurren adicionalmente cambios más fuertes de las masas de aire advectivas (polares y tropicales). Sin embargo, es de gran importancia para el estudio del clima local y aún mundial la atención que se debe prestar a la zona de formación de las masas de aire tropicales y ecuatoriales.

Cada una de las masas que son transportadas por las corrientes generales tienen, según su definición y catalogación, características específicas en su contenido calórico y de humedad. Las masas ecuatoriales son calientes y se trasladan del Ecuador térmico hacia los subtropicos, conservando su calor en toda la trayectoria; las masas subtropicales se presentan en todos los niveles más frescas; mientras que las denominaciones de marítimo y continental determinan el grado de saturación con vapor acuoso. También la disminución de la temperatura y de la altura del nivel de condensación varía de acuerdo con las características mencionadas de las diferentes masas de aire. La disminución altimétrica de la temperatura hasta alcanzar el nivel de condensación es de $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m.}$, nivel que cambia durante el día según la variación de la humedad de la superficie. A partir del nivel de condensación la disminución térmica altimétrica se reduce a $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m.}$ Estas dos condiciones determinan el nivel básico de la temperatura de cualquier lugar al cual se adiciona el calentamiento local según la radiación efectiva. En consecuencia, la disminución de la temperatura con la altura es más lenta en las zonas húmedas que en el interior (aire menos húmedo). La alta humedad del aire reduce también notoriamente la radiación general, según la ubicación del lugar respecto a la influencia de circulaciones locales. Esta reducción de las condiciones de radiación se refleja también en una oscilación muy pequeña de la temperatura alrededor de las medias anuales de $25\text{ a }27^{\circ}\text{C}$ a nivel del mar (Buenaventura, Tumaco) y un ligero aumento en el fondo de los valles del río Atrato y del San Juan a $26\text{ a }28^{\circ}\text{C}$ (Quibdó) y especialmente en las partes bajas de la cuenca del río Patía, debido al ligero aumento de la insolación que hace más calientes los valles que otras localidades de las mismas alturas, aun en las zonas húmedas. Además, la variación de las condiciones térmicas se muestra en una pequeña oscilación diaria ($3\text{ a }4^{\circ}\text{C}$) durante mal tiempo; y $8\text{ a }10^{\circ}\text{C}$ durante buen tiempo; esta oscilación es aun menor en lugares de vertientes debido a efectos topográficos locales. Tomando en cuenta estos puntos de vista (el macro tiempo y la modificación local) se pueden caracterizar con bastante precisión las condiciones térmicas de cada lugar, aun con mayor facilidad cuando se conocen por medición directa los gradientes térmicos para los diferentes tipos del tiempo y su transcurso anual.

El conocimiento del estado térmico exige la relación estrecha con la humedad del aire, de acuerdo con la relación física entre temperatura y humedad. La humedad relativa media anual en casi toda la zona es de más del 85% ; y las mínimas de la tarde no bajan aun en los valles y durante buen tiempo a 45% (Chinchiná 30%) como se comprueba por los registros automáticos de Quibdó y del Bajo Calima (4). La característica más acentuada de las zonas húmedas es naturalmente su dependencia de la humedad absoluta (gr./m^3) o de la tensión del vapor (mm. Hg.). La tensión del vapor muestra valores altos, especialmente en la zona costera y en el fondo de los valles con temperaturas anuales de $26\text{ a }28^{\circ}\text{C}$ y un promedio de la humedad relativa de $80\text{ a }90\%$, al cual corresponde una tensión media de $22\text{ a }24\text{ mm. Hg.}$ cuando más de $16\text{ a }18\text{ mm.}$ se considera en las latitudes medias como sofocante para el hombre. Sin embargo, en los días lluviosos (frescos) con baja tensión del vapor (p. e. 20°C , 100% , 18 mm. Hg.), como en días de buen tiempo (33°C , 50% , 18 mm. Hg.) el habitante aclimatado no sufre el aire sofocante; además, una ligera circulación del aire reduce temporalmente también este efecto desagradable de las zonas húmedas. Por el contrario, en tiempos de nubosidad variable con temperaturas menores pero alta humedad (29°C , 75% , $22,9\text{ mm. Hg.}$), especialmente al cubrirse el cielo con nubes translúcidas, el ambiente se hace extremadamente sofocante. La tensión del vapor disminuye con la altitud de acuerdo principalmente con la disminución de la temperatura, en tal forma que por encima de los 1000 m. desaparece el ambiente pesado apesar de la alta humedad relativa casi permanente.

Un buen índice de las características climáticas de cada lugar es el brillo solar, cuya duración manifiesta las condiciones locales y el tiempo reinante. Por la eliminación del efecto puro de la topografía, la pérdida variable por los alrededores durante las horas de la mañana y de la tarde, resulta la duración efectiva, la cual se determina teóricamente por un levantamiento topográfico del horizonte o empíricamente con base en observaciones de varios años. El conocimiento de este valor permite deducir la reducción real por acción de la nubosidad; sin embargo, las diferencias más notorias por la variación del macro tiempo y por la influencia de las circulaciones locales se obtienen simplemente por los datos comunes. La región del Bajo Calima (llanura costera interior) recibe aproximadamente sólo la mitad de la insolación que Palmira en el Valle del Cauca, conservándose el transcurso general del macro tiempo en ambas regiones. El aumento del brillo solar durante los meses de julio-agosto por la influencia anticlinal resalta mejor por estos datos que por la distribución pluvial en la cual se observan sumas altas durante este período. Aunque las fluctuaciones de la duración porcentual del brillo solar son menores, estas representan más claramente la distribución generalizada según los datos pluviométricos. La relación altimétrica como influencia de las circulaciones diurnas también se refleja como puede verse en los datos de la tabla 1. En el corte geográfico Bajo Calima (40 m.) 1182 horas, Restrepo (1590 m.) 1815 , Palmira (1080 m.) 2232 , Calarcá (1500 m.) 1404 , y Sevilla (1550 m.) 1326 horas, se reconoce la disminución de la duración del brillo solar debido a la presencia de la nubosidad diurna. Durante el período seco (junio, julio y agosto) los valores respectivos son: Bajo Calima 338 , Restrepo 504 , Palmira 592 , Calarcá 406 y Sevilla 434 horas, de lo cual se concluye que la reducción del

brillo solar ocurre notablemente a partir del segundo tercio de altitud relativa (Cordillera Central, Vertiente Occidental fondo 1000 m., cimas generales 3.500-4.000 m., nivel de condensación 1800-2000 m.) cuyas nubes se extienden hacia el Valle hasta la zona de 1400 m.; en analogía en la Vertiente del Pacífico (nivel del mar, cimas 2200-2500 m., nivel de condensación 500-700 m.) la influencia de las nubes respecto a la disminución notoria del brillo solar alcanza hasta 150 a 200 m. Las pro-

pias cimas sufren durante tiempo anticiclónico una reducción menor, debido al carácter de la circulación diurna, cuya parte superior va dirigida hacia los valles, y al secamiento de las capas superiores de la atmósfera por efectos de subsidencia.

La reducción más frecuente se observa, también, de acuerdo con el ciclo diario de la precipitación, después del medio día, lo cual se confirma según la frecuencia media de horas sin sol (tabla N° 2) donde se muestra

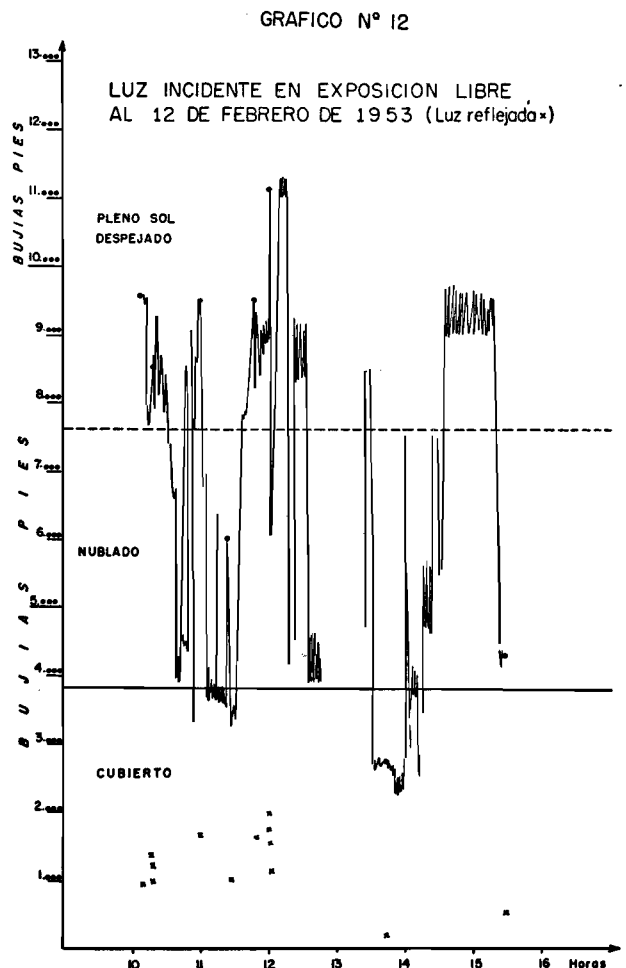
TABLA N° 1 BRILLO SOLAR

ESTACION	Lat.	Alt.	Mts.	Enc.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Galerazamba	10°	47'	3	265	261	252	215	193	181	216	199	183	160	195	229	2549
Venecia	5°	55'	1450	192	184	183	132	170	194	228	232	166	112	141	154	2549
Jardín	5°	34'	1630	191	210	200	154	150	192	209	201	174	120	137	159	2097
Manizales	5°	04'	2150	194	180	156	140	133	147	195	172	137	99	135	137	1825
Chinchiná	4°	58'	1360	196	160	159	119	129	137	186	184	155	131	139	162	1857
Santa Rosa de Cabal	4°	51'	1470	167	155	148	134	117	145	162	151	146	116	144	157	1742
Calarcá	4°	31'	1500	141	126	114	96	100	123	146	137	115	83	100	123	1404
Sevilla	4°	17'	1550	119	106	102	88	95	124	148	162	130	72	85	95	1326
Bajo Calima	4°	00'	40	106	90	89	88	95	98	121	119	94	90	85	107	1182
Restrepo	3°	50'	1590	174	151	151	138	152	155	167	182	158	127	129	131	1815
Palmira	3°	32'	1080	205	196	188	166	169	182	203	207	184	170	172	190	2232
Popayán	2°	26'	1790	165	147	134	105	117	130	169	167	146	95	120	134	1629
Tambo	2°	36'	1750	165	160	136	133	101	163	186	183	139	117	131	169	1783
Consacá	1°	17'	1700	140	134	121	109	127	154	177	191	149	83	135	122	1642

que entre las 11 y las 14 horas aumenta la nubosidad local con alguna anticipación a la frecuencia de la precipitación, después de lo cual se despeja rápidamente el cielo. Esta nubosidad reduce la duración del brillo solar a la máxima de 6-8 horas diarias (Bajo Calima) también durante los períodos de buen tiempo. Sin embargo, ocasionalmente se presentan tardes con 5 horas de brillo solar, debido al despejamiento rápido por subsidencia en la atmósfera superior.

Sobre la reducción de la radiación y la variación de la distribución espectral causada por la absorción debida al alto grado de vapor de agua en la atmósfera, no existen todavía datos; pero por estimación y comparación con otras regiones (10), se puede suponer una reducción por efecto de nubes densas a menos de una quinta parte del valor correspondiente a cielo despejado (Gráf. 12) lo cual se confirma según observaciones fotométricas realizadas en Quibdó. La falta de observación de la radiación es muy lamentable y solo explicable por el costo y complicado manejo de estos aparatos, apesar de la gran importancia de este factor meteorológico sobre la vida en general por su influencia en todos los procesos biológicos.

La cantidad pluvial en las zonas tropicales y también en las húmedas no es estrictamente proporcional con el carácter del tiempo ciclónico (9). Los aguaceros, forma predominante de las lluvias tropicales, no siempre poseen sus intensidades más altas durante tiempo ciclónico, por cuanto el factor de las circulaciones locales es reducido por la falta de fuertes diferencias térmicas locales. Por esto, para una cabal interpretación de la precipitación se hacen necesarias otras características tales como la duración, la frecuencia, la intensidad, las horas de iniciación y el rumbo de las lluvias. La diferente distribución de estas características se muestra en el gráfico 13 con base en datos de Chinchiná. Evaluaciones de regis-



tros pluviográficos dan como valores básicos: la cantidad, la frecuencia (H) y la duración horaria y su cómputo las sumas mensuales y anuales correspondientes; de

estos se deducen algunas características pluviales como la densidad media (cantidad/frecuencia) y la intensidad (cantidad/duración). Por la multiplicación de intensidad por frecuencia (I x H) resulta un producto que combina los elementos básicos en una "cantidad calculada". El transcurso anual y el transcurso diario son en grandes rasgos el mismo para los elementos básicos y para el producto, pero varía considerablemente respecto a la densidad y a la intensidad. En el transcurso anual la máxima de la intensidad y de la densidad según la distribución porcentual, se observa en Chinchiná durante el mes de marzo (período de transición) disminuyendo durante

los períodos lluviosos y secos; mientras que las otras épocas de transición se manifiestan solo por muy pequeñas máximas secundarias. Este hecho se puede interpretar como resultado de la mayor inestabilidad de las masas marítimas ecuatoriales así como de condiciones más favorables durante esta época para el desarrollo de circulaciones locales como lo indican los valores respectivos (tabla N° 3), los cuales corresponden al ciclo característico de este lugar, según la cantidad horaria anual y la del producto (I x H) durante el período seco de los meses de enero, febrero y marzo.

TABLA N° 2

Frecuencia mensual de horas sin sol y suma mensual del brillo solar para el mes de agosto, estación Restrepo:

HORAS RADIACION MAXIMA

HORAS	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Frecuencia	12	5	21.2	21.1	17.9	14.8	16.2	20.8	20.7	18.1
Suma	9.9	16.2	3	2	4	4	3	2	2	5

TABLA N° 3 Valores horarios para marzo en Chinchiná (promedio de 6 años)

HORAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Cantidad (m./m.)	15	23	23	19	15	9	8	6	3	1	8	5	12	4	7	3	8	14	7	7	13	14	4	8
Frecuencia	4	6	6	6	6	5	3	2	2	1	1	1	1	3	2	4	3	3	4	4	3	3	3	4
Duración (Horas)	4	4	5	5	6	4	3	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3

En la tabla siguiente (tabla 4) se aclara la distribución porcentual de los elementos pluviométricos básicos en la zona húmeda, los cuales quedan enmascarados al

tomar en cuenta solo las sumas mensuales como transcurso del tiempo.

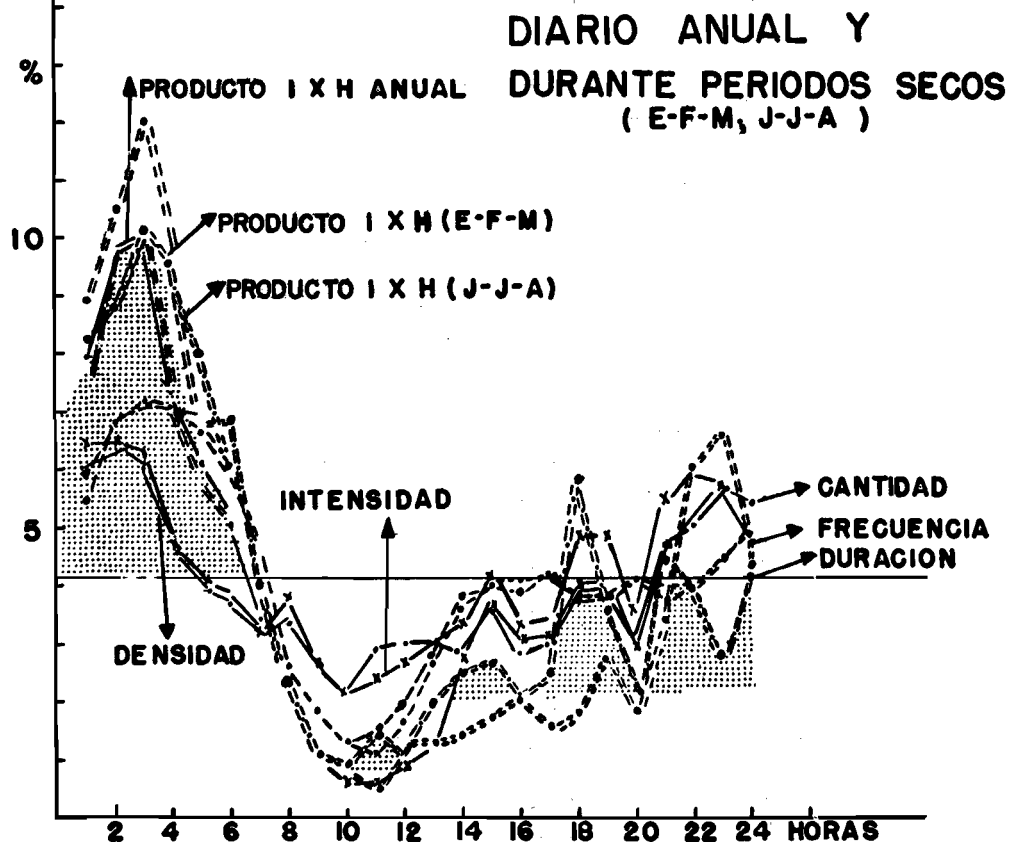
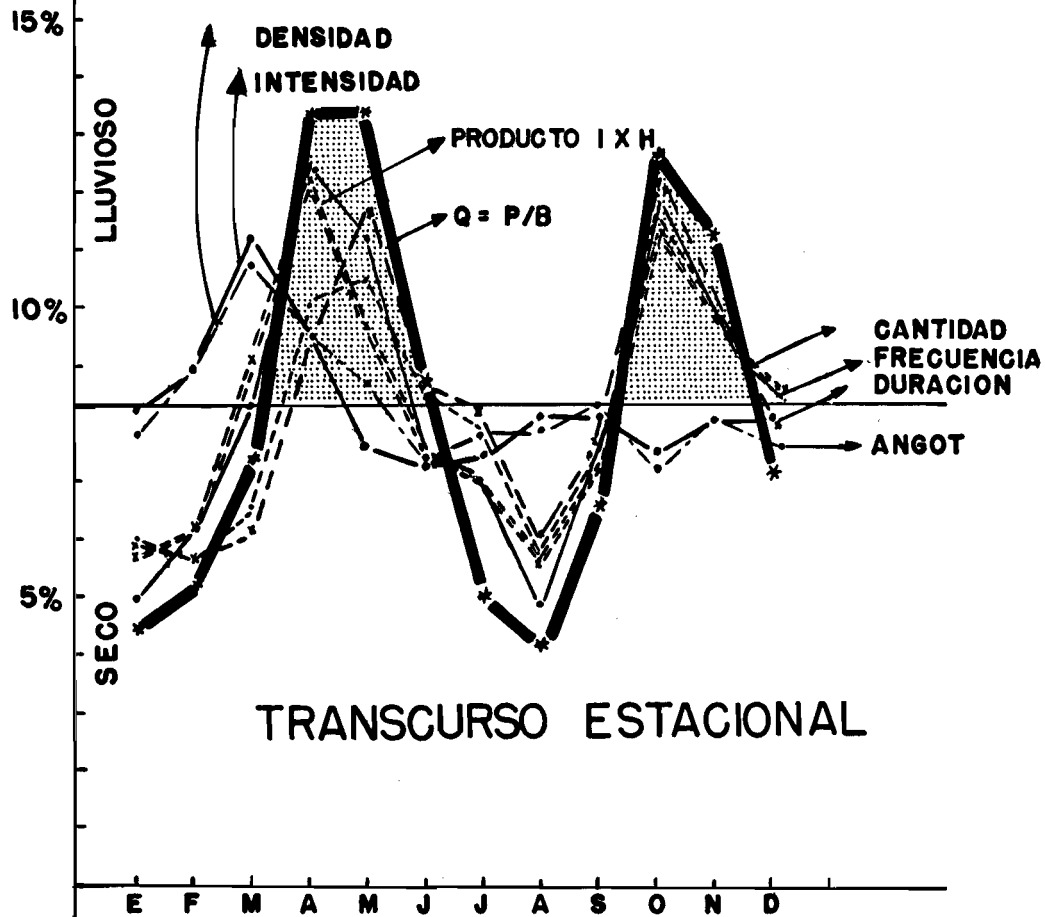
TABLA N° 4 Distribución porcentual (%) anual de cantidad, frecuencia y duración horaria:

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.	Oebre.	Nov.	Dic.
ESTACION QUIBDO												
Cantidad (%)	8.4	7.4	4.7	7.1	6.8	11.3	13.2	12.3	7.3	8.4	6.5	8.4
Frecuencia	9.6	5.9	4.7	7.8	13.4	10.1	8.7	7.9	8.2	8.9	6.4	8.2
Duración	10.0	5.6	4.8	6.5	10.6	9.9	9.3	9.1	8.9	9.7	7.2	8.5
BAJO CALIMA												
Cantidad %	6.0	5.1	6.3	6.5	9.1	8.3	9.4	9.1	8.7	11.4	9.3	11.2
Frecuencia	7.6	5.3	6.0	6.3	9.5	7.9	10.4	9.7	9.1	10.5	9.2	8.5
Duración	6.3	4.8	5.3	5.7	10.4	10.3	9.0	10.4	9.6	10.1	8.3	9.8
RESTREPO												
Cantidad %	6.7	5.2	5.1	12.8	8.8	5.8	5.3	3.2	10.7	16.2	10.5	8.7
Frecuencia	7.2	5.8	6.4	9.4	9.8	7.4	6.9	5.5	7.1	13.8	11.4	9.2
Duración	6.6	5.7	6.0	10.8	8.8	7.3	6.5	4.8	6.8	14.0	12.7	10.1

Las cantidades excepcionales de julio y agosto en Quibdó, de alrededor de 1000 mm. mensuales, mostrarían que en esta época la distribución de la cantidad alcanza su máxima; pero esto no es así si se tiene en cuenta que la frecuencia y la duración de las precipitaciones disminuye notablemente. El ciclo diario de la intensidad muestra un aumento fuerte (máxima) entre las 17-19 horas, mientras que la cantidad aumenta entre las 20 y las 22 horas. El ciclo diario de todos los factores es tan marcado que no deja duda sobre la acción primor-

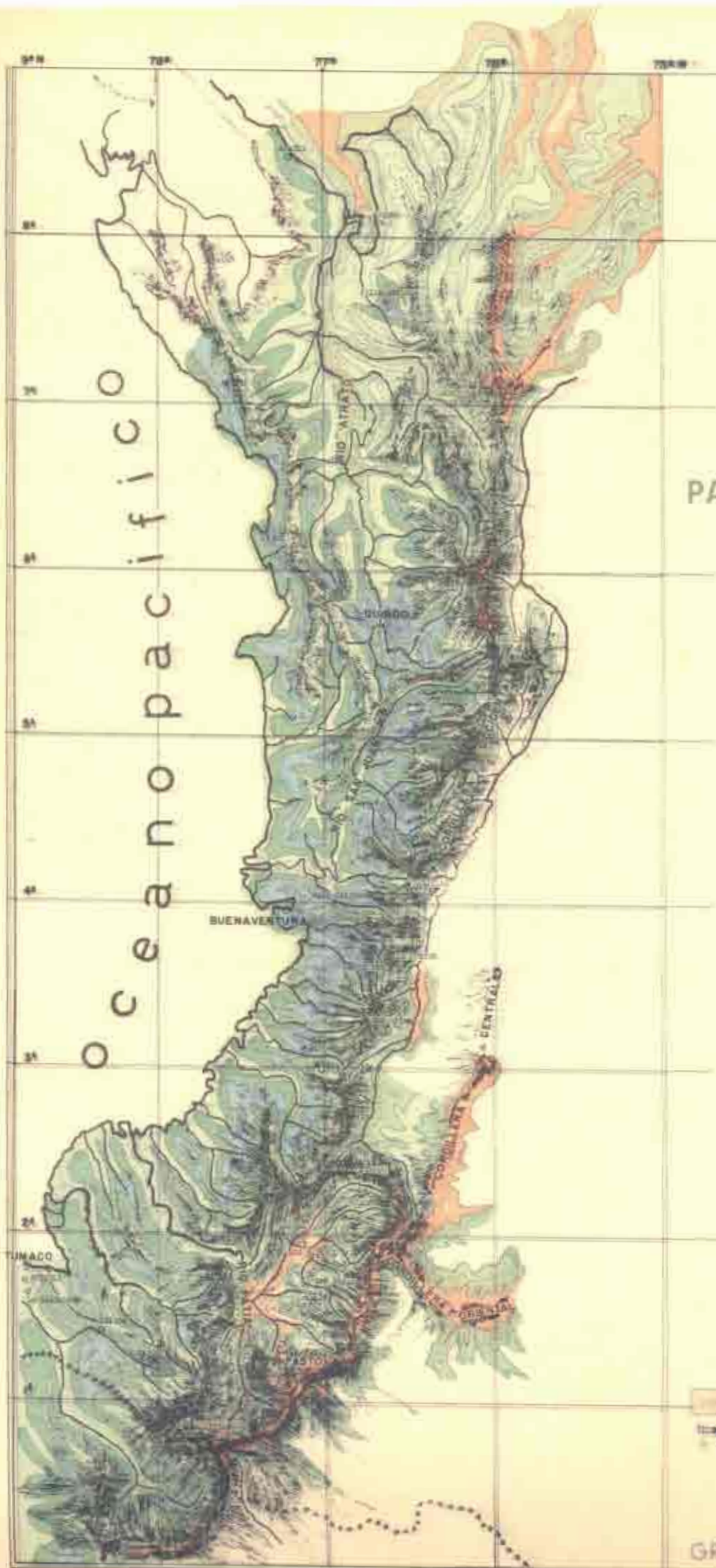
dial de las circulaciones locales. En el Bajo Calima también se manifiesta un máximo secundario de la cantidad pluvial, en el mes de agosto, acompañado por valores altos de frecuencia y duración, pero la intensidad disminuye un poco. La máxima intensidad se registra a las 15-17 horas, lo cual se debe atribuir a la acción de la circulación local, tomando en cuenta el valor alto del brillo solar en este mes. En Restrepo la intensidad máxima se observa durante el mes de septiembre, cuando la duración del brillo solar es un poco reducida. La máxima in-

GRAFICO N° 13
**DISTRIBUCION PORCIENTUAL
 DE ALGUNAS CARACTERISTICAS PLUVIALES
 CHINCHINA**
 (SEGUN EVALUACIONES HORARIAS DE 6 AÑOS)



MAPA DE LLUVIA DE LA VERTIENTE DEL PACIFICO COLOMBIANO

SEGUN
HANS TROJER



ISOYETAS MEDIO ANUALES



tensidad pluvial diaria se presenta entre las 13 y las 15 horas, lo cual también está de acuerdo con el desarrollo diurno de la circulación local para esta estación. En consecuencia, por un análisis detallado se obtiene una mejor interpretación de la distribución pluvial y la explicación de sus grandes diferencias a corta distancia. Además, esta interpretación global constituye una ayuda útil para el cotejo de los datos pluviométricos, los cuales a veces se ponen precipitadamente en duda por algunas pocas irregularidades encontradas.

Si se emplea la distribución porcentual para el estudio del transcurso de los elementos, eliminando hasta el máximo la influencia permanente de la topografía, pues la distribución geográfica de los valores anuales hace resaltar en primer lugar el efecto topográfico, apesar que el transcurso predominante del macrotiempo no se puede separar en este caso, es necesario proceder a una división por zonas en las cuales varíe poco el macrotiempo correspondiente, lo cual conduce a la agrupación siguiente (tabla 5).

TABLA N° 5 Precipitación pluvial anual en diferentes zonas:

LUGAR	ALTURA APROXIMADA	LLUVIA ANUAL
ZONA NORTE		
Turbo	2 Mts.	1.952 m.m.
Villa Arteaga	170 "	5.055 "
Dabeiba	1.350 "	1.564 "
Mutis	5 "	5.547 "
Quibdó	40 "	9.676 "
ZONA CENTRAL		
Buenaventura	8 Mts.	9.676 m.m.
Bajo Calima	40 "	7.907 "
Dagua	1.000 "	5.765 "
Anchicayá	1.200 "	5.091 "
Calima	1.500 "	962 "
La Cumbre	1.580 "	1.274 "
Restrepo	1.670 "	1.233 "
ZONA SUR		
Tumaco	3 Mts.	2.887 m.m.
Buchellí	30 "	2.330 "
La Guayana	380 "	4.855 "
Diviso	800 "	4.801 "
Altaquer	1.070 "	3.774 "
Ricaurte	1.550 "	3.474 "
Pasto	2.590 "	984 "
Ipiales	2.890 "	788 "

La distribución de la lluvia muestra inequívocamente el régimen diferente de las zonas norte, central y sur; además, la influencia de la topografía se observa en cualquiera de las zonas anteriores, en la relación de la cantidad pluvial anual con la altura. En todos los casos la precipitación es menos en las cimas de las montañas (Calima-Madroñal 962 mm. 1.500 mts.; Restrepo 1.233 mm., 1.670 mts.; Pasto 885 mm. 2.590 mts.); en los fondos de los valles y en la costa (Córdoba 4.865 mm., 50 mts.; Dos Ríos-Patía 698 mm., 600 mts., Tumaco 2.887 mm. 3 mts.) que en las laderas donde actúan ambas circulaciones locales, la diurna y la nocturna. Las precipitaciones son diurnas en las partes altas, y preferiblemente nocturnas en las partes bajas.

Por configuraciones especiales del relieve se explican algunos casos de diferencias pluviales notorias a corta distancia (5 a 10 km.) como en Quibdó: Ciudad 8.449 mm. Aeropuerto 7.323 mm. y el Aguillón 9.676 mm.

En este sentido vale indicar que, observando varios registros pluviales, se encuentran formas típicas que se repiten en la misma estación o en diferentes estaciones,

y que permite suponer también causas semejantes a las que las originaron. La deducción inversa, el conocimiento de las condiciones atmosféricas completas y su relación con la configuración topográfica, da las características del tiempo y de sus manifestaciones pluviales (forma de iniciación, distribución de las intensidades, duración aproximada); debido al desarrollo de estos procesos y a su obligatoria inversión, se facilita la localización más precisa de su radio de acción y el rumbo del desplazamiento.

Con base en las consideraciones anteriores sobre la actividad y el engranaje de los diferentes procesos en la atmósfera dinámica queda pendiente para la ampliación de interpretaciones generalizadas el concepto general de que a acciones semejantes resultan reacciones semejantes. Estas bases permiten realizar una interpretación preliminar, en escala conveniente, de la distribución geográfica de la precipitación pluvial (mapa de lluvia, (Gráf. 14) de la vertiente del Pacífico de Colombia, a pesar de que las observaciones disponibles son relativamente pocas (unas 80). También la discontinuidad de la observación durante diferentes años presenta sus

dificultades, pero más bien cuando se trate de elaborar mapas mensuales o más detallados a escala mayor.

En situaciones semejantes de altura y de configuración topográfica se nota un aumento de las cantidades pluviales anuales como también del número de días lluviosos desde los extremos norte y sur hacia la zona central (3° a 5° de latitud N) puesto que esta zona permanece aun influenciada por las vaguadas de las perturbaciones cuando estas se hallan aun en sus posiciones extremas, Norte o Sur. Por lo tanto, la actividad pluvial en la zona central es excepcional, pues el estancamiento de las corrientes generales, la convergencia por la topografía y el buen desarrollo de las circulaciones locales, refuerzan gradualmente la intensidad de la lluvia de acuerdo con las perturbaciones correlacionadas con la ITC. Estas condiciones se pueden suponer óptimas en el segundo tercio de altura relativa de las laderas (entre 50 a 1.000 mts.). Según los datos pluviométricos, se observan más de 5.000 mm. anuales en las siguientes estaciones: Villa Arteaga 5.055 mm. alt., 170 mts.; Quibdó 8.449 mm. 40 mts.; Itsmina 9.333 mm. 60 mts.; Andagoya 6.784 mm. 40 mts.; Bajo Calima 6.921 mm. 40 mts.; Dagua 5.765 mm. 800 mts.; Anchicayá 5.091 mm. 1.000 mts.; El Diviso 4.801 mm. 800 mts.

Como el efecto de estancamiento es débil en las partes bajas y el contenido de agua en la atmósfera es mayor, y en contraste, en las partes altas es menor el contenido de agua pero el efecto de estancamiento es mayor, las cantidades de lluvia en estos niveles son casi iguales. Sin embargo, al estudiar las características completas (5) de su régimen (duración, intensidad, horas de iniciación, horas de mayor frecuencia, etc.) podrán diferenciarse zonas con las mismas características, fácilmente relacionables como manifestaciones conjuntas del mismo tiempo reinante.

DEFINICION CLIMATOLOGICA DE LAS ZONAS HUMEDAS

Los datos de cantidad, distribución y número de días lluviosos no siempre son tan indicativos de las características climatológicas de una región, como su relación conjunta y más detallada según las manifestaciones completas del tiempo; es decir, por medio de una verdadera interpretación dinámica.

Esta interpretación promete, tal vez, una mejor definición climática del concepto de las zonas húmedas tropicales, que los cuocientes o definiciones acostumbrados, los cuales en todo caso tienen que considerar también el transcurso meteorológico, indicando la presencia permanente o temporal de períodos húmedos. Así, se pueden considerar como períodos super-húmedos solo las épocas en las cuales predomina notoriamente el tiempo lluvioso con todas sus manifestaciones características. Para presentar el grado del tiempo lluvioso se puede aplicar un cuociente ya experimentado (11) para relaciones entre la acción climática y la reacción de la vegetación, según la combinación de los valores de precipitación y de la duración del brillo solar (P/B).

Este cuociente que puede aplicarse a sumas anuales, mensuales o a cualquier período del mismo carácter del tiempo, indica, por lo tanto, el estado promedio y también el transcurso de los diversos períodos estacionales. Se correlacionan en esta forma dos elementos muy im-

portantes con transcurso propio muy marcado, y sus valores reflejan muy bien la influencia de las variaciones locales. La ventaja esencial del cuociente P/B está en su mejor expresión de la efectividad de la precipitación de acuerdo con el efecto de la radiación (brillo solar): un mes con alta cantidad pluvial, pero al mismo tiempo con una duración media del brillo solar, da un cuociente bajo y es en su efectividad respecto al suelo y a la planta muy diferente a un mes con igual cantidad pluvial y poco brillo solar (cuociente alto). Cuanto más alto es el cuociente, más húmedo es el período. Como ejemplo de una diferenciación por el cuociente se pueden mostrar los siguientes datos: Galerazamba — Bolívar — Costa Atlántica, representa un cuociente de 0.40; para Chinchiná, Caldas en la zona cafetera, el cuociente es de 1.43; en el Bajo Calima — Valle — zona húmeda del Pacífico, es de 5.83. Si el cuociente es durante todo el año muy alto (mayor de 2.5) es decir, cuando la duración del brillo solar es solo $\frac{1}{4}$ del valor de la cantidad pluvial, indica que en cualquier zona la reducida insolación no alcanza a secar el suelo y el aire, presentando tales regiones las características especiales de tierras húmedas. Esta definición preliminar incluye también las zonas de alturas elevadas donde la precipitación es menor pero también la insolación es muy pequeña debido a la frecuente nubosidad que obliga a determinar estas regiones también como húmedas, como lo demuestra la vegetación (zonas altas). En cuanto a las zonas húmedas causadas por inundaciones temporales donde el aire adyacente a la zona inundada acumula bastante vapor acuoso que se traduce en frecuente nubosidad local, y reduce notoriamente la duración del brillo solar, por lo cual se aumenta de esta manera el cuociente, es necesario realizar observaciones especiales que permitan averiguar hasta qué límite la expresión del cuociente las caracteriza. En este sentido, vale la pena comparar las diferentes clasificaciones conocidas y el cuociente P/B con la clasificación ecológica.

RESUMEN

Partiendo de los conocimientos generales de la Meteorología y de la descripción de los fenómenos básicos del desarrollo del tiempo reinante en el trópico, se puede demostrar que las condiciones meteorológicas en las zonas tropicales húmedas, son apenas una variación especial de los fenómenos comunes debido a excepciones en la combinación de los factores básicos que determinan el tiempo en cualquier momento y para cualquier lugar.

Estos factores son: A) El macrotiempo, la situación momentánea de los centros de presión atmosférica (posición del sistema intertropical de circulación y de la ITC) que determinan la dirección de la translación horizontal, la estructura de las masas de aire y la evolución de los efectos hidrodinámicos.

A.—a) Fenómenos locales producidos por la topografía según el macrotiempo.

B) Sistemas locales de circulación recíproca debidos a diferencias térmicas locales.

Estos factores generales son excepcionales en las zonas húmedas tropicales y las propiedades típicas de las masas de aire (inestabilidad vertical) a lo cual se adicionan los fuertes efectos de estancamiento y también las condiciones favorables para la evolución de las circulaciones locales por la gran inestabilidad de las masas, determi-

nan las características propias de estas regiones. Las masas de aire ecuatorial del Pacífico presentan tales circunstancias y según la distribución bórica son movilizadas por la corriente general hacia los subtropicos, donde convergen a lo largo de la ITC con masas subtropicales más frescas pero menos húmedas debido a su traslado de norte a sur.

En la línea de convergencia se forman centros parciales de baja presión, los cuales dan origen al tiempo ciclónico con fuerte reacción en las manifestaciones meteorológicas, debido a que las pequeñas diferencias térmicas y a la alta humedad del aire producen las condensaciones de enormes cantidades de vapor acuoso.

Las condiciones especiales de la topografía que favorecen los efectos de estancamiento y del desarrollo de circulaciones locales, aumenta la pluviosidad y prolongan las lluvias a días de transición en lugares determinados, cubriendo franjas de unos 5 a 10 km. tal como se localizan en el mapa de lluvia. Durante la influencia de las zonas anticiclónicas tampoco se presentan precipitaciones en estas regiones como confirman las observaciones de Tumaco donde se presenta en período seco de dos semanas (1): sólo se observa la formación de nubes de ciclo diario sobre los focos regionales principales. Así se explican las diferencias locales de la cantidad pluvial a pocos kilómetros, las cuales sobresalen en determinados lugares debido a la permanente y más frecuente acción de las relaciones entre la topografía y el desarrollo del tiempo.

El transcurso del tiempo reinante (tiempos lluviosos y secos) están inequívocamente correlacionado con el traslado cíclico del sistema de circulación intertropical a través del año, en su movimiento casi sincronizado con el del sol.

La ITC no se presenta como una línea o franja fija, como se supone en el sentido climatológico según el concepto de los Alisios, sino que está en permanente movilización por el dinamismo de los procesos atmosféricos y se observa una continua destrucción y rejuvenecimiento de sus perturbaciones atmosféricas en la misma forma como ocurren realmente los cambios diarios del tiempo, aún durante los períodos de mayor actividad pluvial.

A principio del año la época lluviosa se presenta en el sur del territorio Costero del Pacífico y el carácter ciclónico del tiempo avanza paulatinamente hacia el norte, alcanzando en promedio la latitud de Buenaventura hacia finales de Abril y principios de Mayo, para manifestarse plenamente en la parte norte de la zona hacia mediados del año. En septiembre comienza su regreso hacia el sur, haciéndose más agudo hacia octubre y noviembre. De año en año pueden observarse modificaciones en la duración e intensidad de las épocas ciclónicas y anticiclónicas, según la posición variada de todo sistema de circulación tropical. Si durante un año, o parte de él, este sistema se encuentra relativamente en posición septentrional, este lapso se presenta menos lluvioso debido a la influencia que ejerce la zona de alta presión de cinturón meridional avanzado con sus cuñas sobre el territorio colombiano.

Los valores climatológicos correspondientes a las zonas húmedas del Pacífico son: Temperaturas medias anuales de 25 a 27° en la costa, y algo más altas (27-29°) en los bajos de los valles debido al aumento de insola-

ción en estas zonas. En general la disminución de la temperatura con la altura desde 0.5 a 0.6°C/100 m. aproximadamente. La oscilación diaria es muy pequeña y aún mayor en los valles que en las laderas (6 a 8°C y 4 a 6°C) respectivamente durante buen tiempo): humedad relativa media en toda la zona oscila entre 80 y 90%, la tensión del vapor se eleva de 22 a 24 mm./Hg, lo cual hace sufrir al hombre por el ambiente sofocante: también la duración del brillo solar se reduce a máximos de 6 a 8 horas (valles) como consecuencia de la frecuente formación de nubes de ciclo diario, pero sin embargo se presentan tardes despejadas con 5 horas de brillo solar después de una mañana lluviosa.

La distribución pluvial (ver mapa de lluvia) muestra el régimen diferente de las zonas Norte, Central y Sur: además de la influencia de la topografía, se observa en cualquiera de las zonas anteriores la relación de la cantidad pluvial anual con la altura. En todos los casos la precipitación es menor en las cimas de las montañas, en los fondos de los valles y en la costa, que en las laderas donde actúan ambas circulaciones locales, la diurna y la nocturna. Para el estudio de las características completas del régimen pluvial se requieren datos sobre duración, intensidad, horas de iniciación y horas de mayor frecuencia para diferenciar las zonas con características semejantes, fácilmente relacionables como manifestaciones conjuntas de todos los elementos del mismo tiempo reinante.

Vale la pena intentar una clasificación de las zonas húmedas por medio del cociente P/B (precipitación, brillo solar) y su relación con la vegetación, pues así se combinan dos elementos meteorológicos importantes de los cuales cada uno representa en cierto grado el tiempo reinante, como se nota por ejemplo, con los valores de Galerazamba (Costa Atlántica) que tiene un cociente de 0.40: la zona Cafetera (Chinchiná) con 1.43 y el bajo Calima en la zona húmeda del Pacífico con 5.83, de lo cual se deduce que los meses con un cociente mayor de 2.5 son húmedos. También, se puede esperar que debido a la reducción de la duración del brillo solar a causa del aumento de la nubosidad local, los valores del cociente reflejarán las características de las zonas frecuentemente inundables.

SUMMARY

According to the general knowledge on meteorology and the descriptions of the basic phenomena on the development of the weather types in the tropics, the meteorological conditions in humid tropical zones are only a special variation of the ordinary phenomena. These are due to exceptions of the combination of the basic factors which determine the weather in any time and at any place.

These factors are: A) The general weather situation, the momentary situation of the centre of the atmospheric pressure (position of the intertropical system of circulation and the ITC) which determine the direction of the horizontal shifting as well as the structure of the respective air masses and the development of the hydrodynamical effects.

A.—a) The local phenomena produced by the topography according to the general weather.

B) The local circulation systems due to local thermic differences with daily periodical changes.

These factors are exceptional in the humid tropical zones. The typical characteristics of air masses (vertical instability) to which are to be added strong stammings effects and favorable conditions for the development of the local circulations in consequence of strong instability of the air masses, determine the characteristics of these regions. The equatorial air masses from the Pacific possess such conditions and are shifted with the general current to the subtropics, in accordance with the baric distribution where they meet with subtropical air masses along the ITC, which are fresh but less humid as the result of its shifting direction from north to south.

Partial centres of low pressure form themselves in the convergence line and originate the cyclonal weather with strong reactions on the meteorological manifestations. This occurs in spite of the little horizontal differences of temperature but with a high moisture content the vertical movements cause a condensation and precipitation of enormous quantities of water.

These special topographic conditions facilitate the stammung effects and therefore the evolution of local circulations. Both increase the quantity of precipitations and multiply the frequency in determinate places during days of transitional weather and cover zones of 5 to 10 km. as may be seen in the rainfall map. During the influence of anticyclonal weather also in these regions occur dry periods, as confirmed from data from Tumaco registering periods of even two weeks without precipitations (1). However, cloud formations are observed above special regional focuses having a determinate daily cycle. This explains the very local differences of the rainfall distribution within a few kilometres only, which is being accentuated in the yearly rain sums of determinate places in consequence of permanent and frequent influences of the topography on the sequences of the weather.

The sequence of weather (rain weather and dry weather season) is doubtless correlated with the annual shifting cycle of the intertropical circulation system. These movements are almost synchronized with those of the sun position.

The Intertropical Convergence Line —ITC— is not fixed in form of a line or a belt as being supposed in the climatological conception of the trade-wind-belts, but is permanently moving by reason of the dynamic of the processes in the atmosphere. This fact is perceptible through the continuous destructions and renewals occurring in the atmospheric perturbations just as they occur during daily weather changes also during the strongest rain periods.

The rainy season may be observed at the beginning of the year in the southern Pacific coast and the cyclonal weather advances by degrees towards north reaching Buenaventura latitude at about the end of April or at the beginning of May. In the middle of the year it reaches a complete development in the northern part of this zone. During September the rainy season begins to return towards south, being generally accentuated during October and November. From year to year modifications are being observed in respect to the duration and intensity of the cyclonal and anticyclonal periods, according to the changed position of the tropical circulation system. When during a year or part of it the ITC with all the intertropical system is established in his relatively northern position, then this period is less rainy

because the colombian territory is under the influence of the zone of the southern high pressure belt.

The climatological values of the humid zones of the Pacific coast are the following: annual mean values of temperature 25 to 27°C in the coast and a little higher, 27-29°C, in the low land of the valleys, due to the increase of insolation in this regions. Generally the decrease of temperature with the altitude is approximately 0,5 to 0,6°C/100 m. The daily oscillation is very small but still a little more accentuated in the valleys than on the slopes (during fine weather 6-8°C and 4-6°C respectively). The mean weather values of relative humidity in the entire zone is between 80 and 90%; the vapor tension reach in the mean values from 22 to 24 mm. Hg. and these weather conditions produce in human beings a feeling of sultry oppression. The duration of sunshine decrease on a maximum of 6 to 8 hours (in the valleys) due to the frequent formation of clouds with a diurnal cycle. But after mornings with rainfalls, followed by sudden clearings at noon time, cloudless afternoons with up to 5 hours of sunshine occur.

The distribution of precipitations (see rain map) shows the difference between the north, central and south part of the region. There may also be observed the topographical influence in this relation on the annual pluvial quantity with the altitude in each region. In any case the precipitation is always lower at the summit of the mountains, in the valleys and on the shores than on the slopes where the diurnal and the nocturnal system of local circulation is active. For a complete study of the characteristics of the precipitation would be therefore necessary data on duration, intensity, hours of initiation, and frequency in the different zones having the same characteristics. These data would make it possible to relate the common manifestations in all the meteorological elements during the same general weather situations.

It would be interesting to check a classification of the humid zones according to the quotient P/B (precipitation-Sunshine duration) and its relation to the vegetation. This quotient uses two important meteorological elements where each represent to certain degrees the predominant weather. This can be recognized in the following examples: Galerazamba (Atlantic Coast) with a quotient 0,40; the Coffee Zone (Chinchiná Caldas) 1,43 and Bajo Calima in the humid zone of the Pacific 5,83. In consequence humid months have a quotient higher than 2,5. Besides it could be possible that the decrease of sunshine duration due to local cloud formations above zones of frequent inundations are also shown through the values of this quotient.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CASTRO TORRIJOS R.: Chocó — Colombia. Mimeografiado Contraloría General del Chocó. (Simposio de las tierras Húmedas Tropicales; Quibdó 1958).
- (2) HANN J.: Handbuch der Klimatologie. I. Teil Klima der Tropenzone. Stuttgart; Verlag von ENGELHORN, 1910.
- (3) KÖPPEN W. GEIGER R.: Handbuch der Klimatologie. Bd. II. Teil: Klimakunde Von Südamerika. Berlin, Verlag Gebrüder Borntraeger 1930.

- (4) PATIÑO V.: Presentación del Calima. Publicaciones de Secretaría de Agricultura del Valle; Cali 1946.
- (5) PEREZ ARBELAEZ E.: Recursos naturales en Colombia: Capítulo Clima, Cita H. Trojer, Bogotá, Banco de la República 1954.
- (6) TROJER H.: Ein Beitrag zu einer dynamischen Klimatologie, Publicaciones del Observatorio del Ebro, Tortosa, España 1949.
- (7) TROJER H.: El tiempo reinante en Colombia, Boletín Técnico Federación Nal. de Cafeteros, Vol. II-13, 1954.
- (8) TROJER H.: El ambiente climatológico y el cultivo del café en Colombia, Bol. Inf. Centro Nal. de Inv. de Café, Vol. V, Nº 57, 1954.
- (9) TROJER H.: Nuevo rumbo en la Climatología Tropical y su importancia en las Ciencias del suelo. Bol. Inf. Centro Nal. de Inv. de Café, Vol. VI.
- (10) TROJER H.: Distribución horizontal de luminosidad en un cafetal y en almácigos. Boletín Informativo Vol. IV Nº 45, Centro Nal. de Investigaciones de Café, 1953.
- (11) TROJER H.: Investigación Agroclimatológica para el cultivo del Café en Colombia. Bol. Inf. Nº 75, 1956.
- (12) TROJER H.: Informe Técnico del Plan Lilienthal: Parte de Meteorología, Archivo Corporación Autónoma del Valle del Cauca, 1956.
- (13) WEST ROBERT C.: The Pacific Lowlands of Colombia. Lousina State University Studies Nº 8, 1957.
- (14) ANUARIOS: Contraloría de la República, Anuario general de estadística 1949-1950-1951. Ministerio de Agricultura, Anuarios Meteorológicos 1937-1954.
- Instituto Nal. de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico y Secretaría de Agricultura del Valle, Bol. Hidrológico, 1949-1952.
- Federación de Cafeteros, Anuarios Meteorológicos, 1951-1957.

ASPECTOS DE LA VEGETACION NATURAL DE COLOMBIA

JOSE CUATRECASAS

Investigator for National Science Foundation. Smithsonian Institution, Washington, D. C., U. S. A.

Hace ya mucho tiempo que mi antiguo amigo el Dr. Luis M^a Murillo me solicitó un trabajo sobre la Vegetación de Colombia para ser publicado en la Revista de la Academia, y ahora lo reiteró con motivo del año Geofísico. Su deseo era que fuese un estudio general y escrito con un mínimo de tecnicismo destinado a un público más amplio del especializado en geobotánica. En realidad el deseo del doctor Murillo era muy justificado, dado que no existen apenas descripciones publicadas que den idea de como es la vegetación natural, espontánea, de Colombia, como tampoco las hay relativas a la mayoría de las regiones tropicales latinoamericanas.

El Dr. Murillo reprodujo con atinadas acotaciones de su parte, los trabajos de Caldas, Vergara, Chardon y Chapman sobre la ecología y vegetación de Colombia. En todos ellos hay aspectos originales y datos y descripciones de valor. Con respecto al carácter y distribución de la vegetación natural en Colombia, el trabajo de Chapman es el más ilustrativo que se ha publicado hasta la fecha y su mapa es apenas modificable hoy día.

El autor de estas líneas ha tenido el proyecto desde hace muchos años de hacer un estudio ecológico y fitogeográfico a fondo del territorio colombiano. La principal dificultad con que se encontró fue el estado de atraso en que se hallaba el conocimiento de toda la flora neotropical, y especialmente la de la región noroeste de América del Sur. Esto obligó a dedicar muchos años a la exploración y estudio de la flora. Hoy día tenemos bastantes elementos entre las notas de campo y los herbarios para el estudio fitogeográfico proyectado; no obstante para dar cima a la obra se necesita una dedicación completa durante un cierto plazo y nuevas visitas al campo de operaciones para revisar ciertos aspectos, despejar dudas y resolver algunos problemas ecológicos y corológicos pendientes.

No obstante para atender de momento los deseos del Dr. Murillo, y de otros colegas que los comparten, ofrecí una descripción preliminar de los aspectos fisionómicos de la vegetación de Colombia. En realidad la primera fase en el conocimiento de una vegetación es el estudio de su fisionomía, es decir de sus "formaciones", como se dice en lenguaje semitécnico. Por lo tanto como avance de un trabajo ecológico profundo y extenso, que ha de sucederle, se justifica en cierto modo. Se justifica para satisfacer siquiera parcialmente, la curiosidad de quienes desean información elemental sobre la vegetación natural de Colombia. También en 1953 con motivo del Congreso Científico del Pacífico fui solicitado para escribir un trabajo sobre el aspecto de la vegetación de la región norte-andina. No pude eludir el compromiso; y gran parte del material de aquel artículo ha sido aprovechado para el presente; un resumen del mismo se publicó en la revista Suelos Ecuatoriales de Medellín. El presente trabajo pretende únicamente dar una idea de los aspectos más destacados de la inmensa vegetación colombiana; a base solo de la experiencia personal del autor adquirida en el campo y en el herbario. Deseo señalar

también que dada la falta de tiempo disponible para elaborar una síntesis completa, se ha prescindido no solo de la bibliografía existente (incluyendo mis propias publicaciones) sino también de gran parte de los datos inéditos propios. Excusado es decir que el carácter de este artículo es ajeno al de mis "Observaciones Geobotánicas en Colombia", 1934, elaboradas con un criterio estrictamente técnico. A pesar de todas las limitaciones confío que el presente trabajo contribuya a la difusión del conocimiento de la extraordinaria vegetación colombiana. Al final se inserta una lista bibliográfica donde el lector interesado encontrará valiosas fuentes complementarias de información.

CARACTER DE LA VEGETACION

Lo que caracteriza la vegetación natural del territorio colombiano tomada en su conjunto, es la riqueza y extraordinaria exuberancia de su flora. Una inmensa capa verde, de variada estructura y composición, cubre la casi totalidad de su superficie extendiéndose de extremo a extremo, es decir de oeste a este, de norte a sur y desde las inmensas, constantemente cálidas y bajas llanuras, hasta las permanentemente frías sumidades de las cordilleras. Solo ciertas áreas presentan vegetación discontinua y aun pobre debido a factores locales o edáficos y en su mayor parte a la acción antropogénica. Pero no hay duda de que la vegetación de Colombia es una de las más exuberantes del mundo y de que a pesar de la aparente uniformidad que muestra una superficial vista de pájaro, contiene gran variedad de formas biológicas y un infinito repertorio de entidades taxonómicas.

Su situación en la zona tropical cruzando el ecuador, con fuertes lluvias y elevadas temperaturas en las tierras bajas, el territorio corrugado y montañoso produciendo gran diversidad de medios ecológicos y las barreras naturales que para la migración de las especies representan las cordilleras, son condiciones adecuadas para la diversificación morfológica y la evolución de las estirpes. Colombia es una de las pocas partes del mundo en donde la vegetación clímax cubre todavía la mayor parte del país, por cuya razón el territorio sigue aun dominado por unas pocas formaciones vegetales extensamente distribuidas. Pero en el seno de las grandes formaciones, constituídas con gran riqueza de especies, se desarrolla una verdadera gama de tipos biológicos.

La mayor formación básica que cubre gran parte del país es la selva virgen neotropical. La flora, es decir las especies que la constituyen, es genuinamente neotropical. En la vegetación de la era terciaria que se extendía por lo que era entonces continente americano, de este a oeste, antes del surgimiento de los Andes, hay que buscar el origen de la flora actual. Con el levantamiento de los Andes se formaron barreras naturales que han facilitado la especiación por aislamiento, fenómeno aun más evidente en la zona occidental del país que cuenta con un alto porcentaje de endemismos. La elevación de los Andes fue creando paulatinamente nuevas condicio-

nes ecológicas debidas en primer término a la disminución de la temperatura en las regiones emergidas. Estos cambios condicionaron la selección de las mutaciones y con ello la formación de nuevos géneros y especies. La flora nueva que se iba formando sobre los Andes en crecimiento se originó pues por evolución y adaptación de las estirpes terciarias de la plataforma inferior y también, luego, por migraciones de norte a sur o viceversa. Aunque el conocimiento de la flora de las regiones neotropicales está bastante atrasado, los datos de que disponemos hoy día indican claramente que la flora de los Andes y de las tierras bajas en que se asientan, constituyen una compleja unidad de formas taxonómicas emparentadas que se suceden y se entrelazan en el espacio. En toda el área se repiten las mismas familias y casi todos los géneros sin ninguna diferencia latitudinal. Con respecto a la distribución altitudinal y a la adaptabilidad de las altas montañas la selección natural ha actuado en beneficio de ciertos grupos pero es un hecho claro que la mayor parte de la flora de las faldas andinas se ha derivado de la de tierra baja.

Ya de tiempo se tenía la idea del común origen de la flora básica continental, pero la falta de datos florísticos, especialmente de las regiones occidentales del continente, podían inspirar ciertas dudas. Al efecto, las exploraciones recientes de las selvas de ambos lados refuerzan la opinión anteriormente expuesta. Por ejemplo, el género *Huertea* hasta hace poco solo se conocía de una localidad en el Perú y de otras poblaciones de las islas del Caribe; el autor descubrió en Colombia en lugares intermedios dos nuevas especies de estos árboles, una en la hoya amazónica, otra en la zona andina occidental (± 2000 m. alt.); recientemente Llewelyn Williams la colectó en la cordillera de la costa de Venezuela. El género *Metteniusa*, de singulares características sistemáticas, (lo mismo que *Huertea*), presenta una semejante distribución; también solo se conocía del Perú y de la frontera Venezuela-Colombia; últimamente fue hallada por el autor en la región del Putumayo, localidad intermedia. El género *Belotia* de las Tiliáceas ha sido extendido al continente suramericano por mis exploraciones y las de E. Little en el Ecuador. Una de las familias más importantes en la composición de las selvas tropicales es la de las Burseráceas; recientes exploraciones demuestran su abundancia en la Amazonia; nuestros descubrimientos especialmente en *Protium*, *Paraprotium* y *Dacryodes* (Fig. 1) confirman la uniformidad básica en la constitución floral de la selva neotrópica de este a oeste, evidenciando su carácter preandino. Lo mismo podría repetir del gigante de las selvas, *Huberodendron*; esta Bombacácea descubierta no ha mucho por Ducke en la Amazonia fue clasificada recientemente por el autor de la zona del Pacífico y hallada por P. Allen en Costa Rica. El género *Cecropia* (los guarumos) se extiende abundantemente en selvas y orillas del centro y occidente colombiano con la misma espontaneidad con que se presenta en las vastas selvas orientales hasta el Atlántico. Y esto es solo para citar algunos de los casos en que por falta de datos hace algunos años se pudieron haber creído limitados a la zona oriental. Las listas que se dan en párrafos siguientes completarán la ilustración de la tesis expuesta.

Lo mismo se puede decir con respecto a las afinidades entre plantas a distintos pisos altitudinales. Las listas que se insertan luego prueban la continuidad de una flora básica desde el nivel del mar hasta el límite altitudinal

de los bosques en las cordilleras. Numerosas son las familias o subfamilias en este caso, p. e. Leguminosas, Lauráceas, Melastomatáceas, Rubiáceas, Rosáceas, Bruneliáceas, Gutíferas, Vacciniáceas, Meliáceas, Moráceas, Mirsináceas, Aquifoliáceas, Mirtáceas, Araliáceas, Loganiáceas, Bromeliáceas, Orquídeas, Eriocauláceas, Lorantáceas, etc. Como géneros especialmente significativos de esta clase de distribución (resistencia máxima a temperaturas extremas) e importantes por su frecuencia social son dignos de ser citados:

Miconia	Eupatorium
Brunellia	Baccharis
Ruagea	Peperomia
Ilex	Puya
Cavendishia	Alsophila
Macleania	Blechnum
Thibaudia	Lycopodium
Rapanea	Paepalanthus
Schefflera	

En menor grado pero con amplio margen de adaptabilidad térmica se hallan:

Clusia	Hieronyma
Tovomita	Palicourea
Ficus	Psychotria
Conomorpha	Cinchona
Guarea	Smilax
Cedrela	Passiflora
Piper	

Es característico de ciertos grupos de plantas leñosas tropicales una gran facilidad en cambiar de forma biológica para adaptarse a un medio distinto. De este modo, en la selva higrófila megatérmica ciertos arbustos y árboles adoptan la forma de vida epifítica como ocurre con Vacciniaceae, Clusiaceae, Araliaceae, Rubiaceae (*Schradera*, *Cousarea*, *Cephalis*), Moraceae (*Cousapoa*, *Ficus*) las cuales son plantas terrestres en climas microtérmicos, mesotérmicos o menos húmedos. Esto es aparte de los diversos tipos biológicos a que generalmente cada especie vegetal pertenece como carácter propio e invariable. Como se ha dicho, la distribución de las especies en cada piso y comunidad está condicionada en parte a su forma biológica.

Así como he insistido en los argumentos que apoyan la idea de la unidad de carácter de la flora general preandina, me permitiré referirme nuevamente a las causas de diversificación de las especies que han operado en el territorio colombiano. Formadas las cordilleras resultaron muchas zonas de aislamiento de naturaleza topográfica, geológica, climática o ecológica. La propia masa vegetal de un bosque puede ser factor de aislamiento de sus propias especies. Ciertas plantas cuyo habitat óptimo sean las faldas y la hondonada de una hoya cubierta de selva, raramente traspasarán los filos que limitan la hoya para entrar en la contigua; tal ocurre (para citar solo un ejemplo de cosecha propia) con los guarumos; en una región dominada por la selva virgen no alterada he comprobado que las especies de *Cecropia* naturales del interior de una hoya son distintas de las de la hoya contigua. Es decir que en una serie de valles paralelos profundos cada uno tiene su especie distinta de *Cecropia*. El aislamiento topogeográfico es aquí factor de especiación. En las mayores alturas andinas ciertas especies, p. ej. un frailejón, ajustado a vivir en las condiciones de una estación determinada por la calidad del suelo, humedad y microclima de un páramo determi-

nado, constituye una población específica de frailejón limitada a ese páramo y estación diferenciándose de los frailejones de otros páramos y estaciones. El aislamiento puede estar determinado por un accidente topográfico (cerros circundantes) por un bosque que rodee la estación paramuna, o por autoecología, es decir por responder la especie únicamente a las microcondiciones de su

páramo. La limitación del mecanismo de difusión de las semillas es también un factor favorecedor del aislamiento y por lo tanto de la diferenciación específica. Los frutos de *Espeletia* carecen de vilano por lo que tienen una área muy reducida de dispersión. Por estas razones las poblaciones climáticas de *Espeletia* presentan morfología muy uniforme. Esta, no obstante, varía cuando la

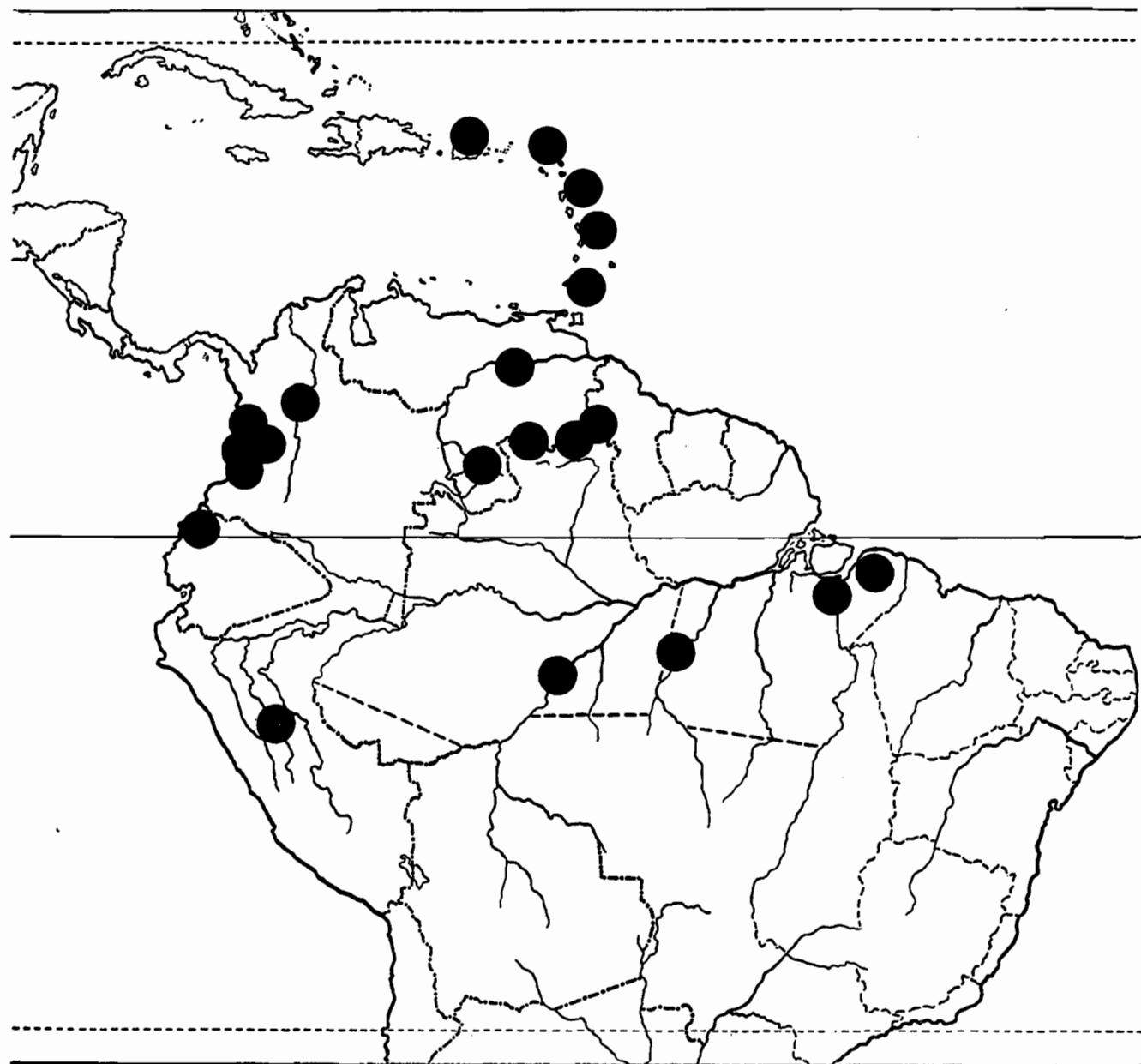


Figura 1. — Distribución del género *Dacryodes* ("anime", Burseraceae), como ejemplo del carácter neotropical de la flora que forma la selva inferior.

vegetación natural ha sido destruída; el hombre, con las talas y quemas abre caminos por los que las poblaciones localizadas se extienden, se ponen en contacto unas con otras, experimentando entonces modificaciones morfológicas fenotípicas y produciéndose hibridaciones y nuevas mutaciones. En el superpáramo el primordial factor aislante es la altitud, pues ocupa los picos o cerros situados en las sumidades de las cordilleras separados unos de otros como verdaderos islotes por grandes distancias. Las razones expuestas explican el hecho de que de las 74 especies hoy conocidas de frailejones (entre Colombia y Venezuela), 72 están circunscritas a reducidas áreas andinas y parameras. Es probable que una especie ar-

bustiva de *Espeletia* muy afín a *E. neriifolia* se extendió por una gran área, desde la Cordillera Oriental a la cordillera de la costa venezolana y Sierra Nevada de Santa Marta, en una época glacial del pleistoceno dominada por un clima más frío. Al retirarse los glaciares las *Espeletia* subieron por la cordillera hasta las altitudes que ocupan hoy día. En su migración altitudinal y luego en otra horizontal hacia el suroeste, se fueron localizando poblaciones que evolucionaron por mutación y ajustamiento a la ecología local de cada páramo (véase Cuatrecasas, 1954). Figs. 2 y 3.

Fue Carlos Chardón (1941) quien primero trató a fondo el origen de las especies de las regiones nortan-

dinas. Basándose en estadísticas que hizo sobre monografías florísticas, entomológicas y ornitológicas, comentó ampliamente el carácter fundamental de una fauna y flora general preandina, de la cual luego se derivaron por evolución altitudinal las especies de los pisos andinos; también determinó el porcentaje de endemismo resultando ascender desde 27% en tierra baja a 100% en los páramos. La lectura de su trabajo, reproducido por Murillo en esta Revista (VIII: 185-202) es altamente instructiva.

En resumen, diremos que tanto los valles como las alturas crean condiciones geográficas o ecológicas aislantes, es decir, forman estas islas biológicas andinas e interandinas, que son centros de diversificación de especies y géneros de plantas. Es el fenómeno que sin duda justifica la denominación que el Dr. Luis M^a Murillo

tan felizmente ha asignado al país colombiano, de *Archipiélago Biológico*.

EL FACTOR TROPICAL

Con mucha frecuencia se da a la palabra tropical una acepción simplista equiparándola a elevada temperatura. Es corriente leer trabajos en que el término "subtropical" y "extratropical" se aplica dentro del trópico a lugares o fenómenos relacionados con temperaturas moderadas. Nada más erróneo que ello y es necesario, en biología, rectificar esta inadecuada terminología substituyéndola por otra más precisa.

Zona tropical es la faja terrestre situada entre los trópicos; los fenómenos que tienen lugar en esta zona como consecuencia de su posición geográfica son fenó-

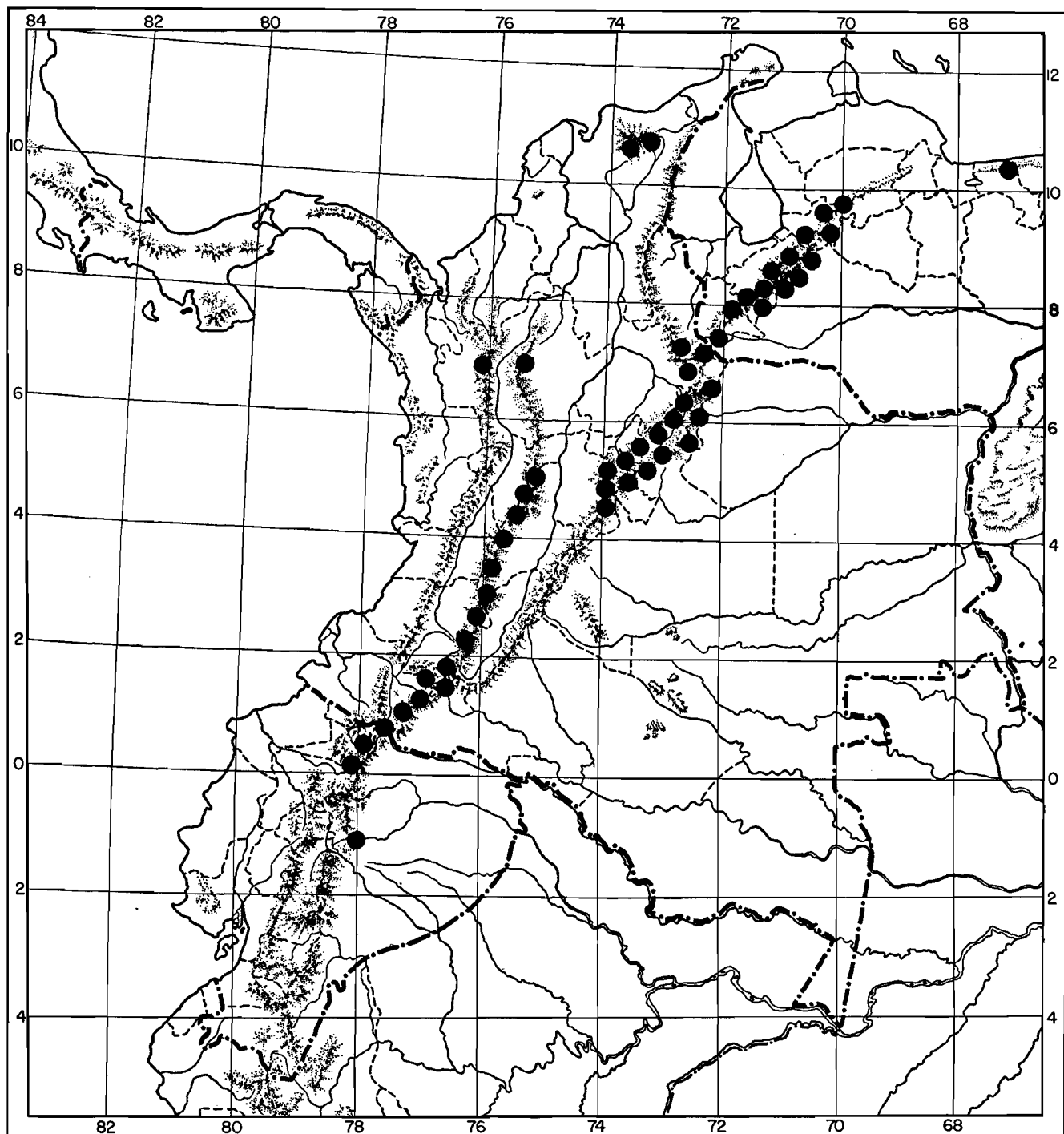


Figura 2. — Distribución del género *Espeletia* ("frailejones", Compositae), elemento característico del sector andino grancolombiano, o sea del área nortandina.

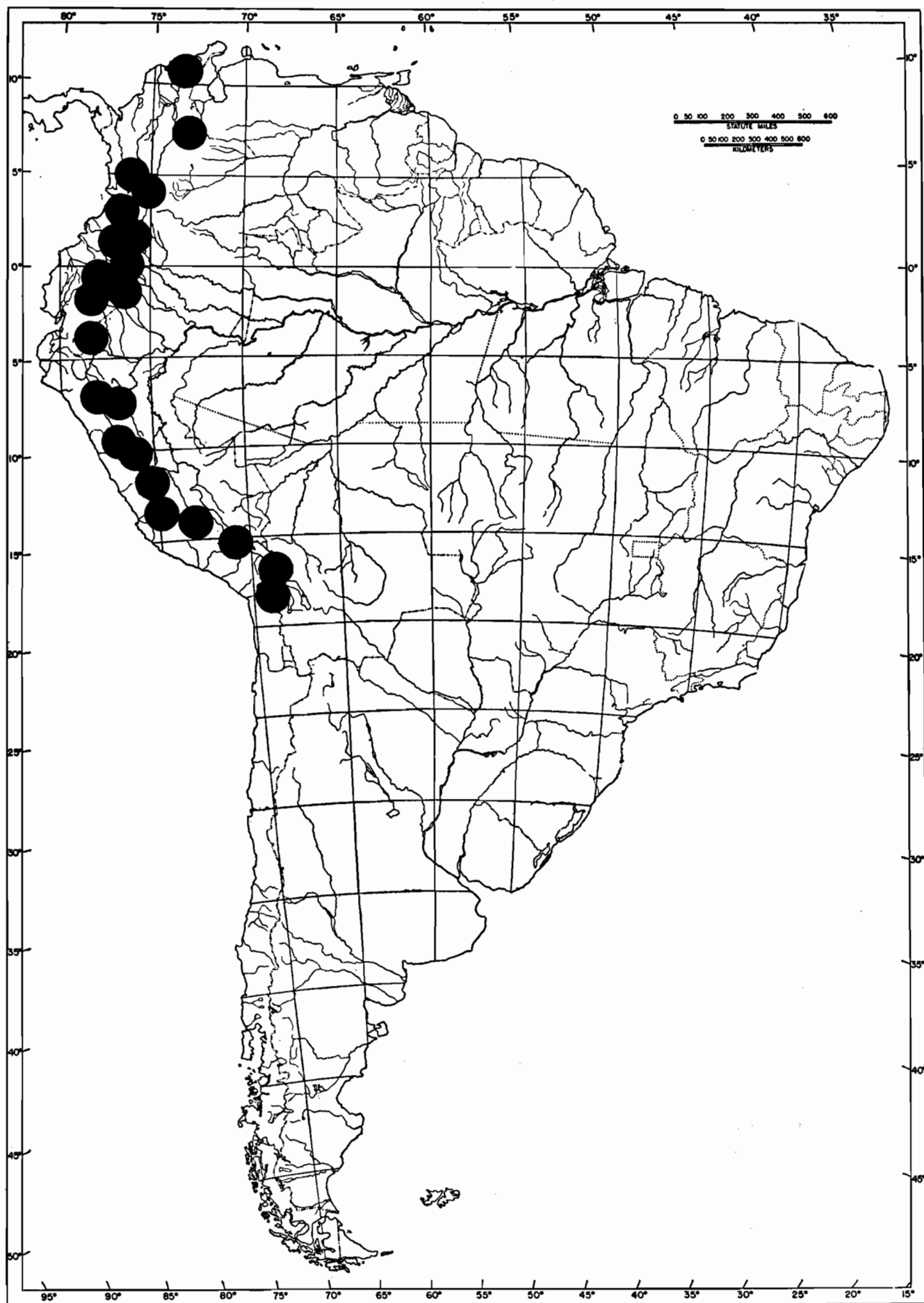


Figura 3. — Distribución del género *Loricaria* (Compositae) elemento característico de la región andina tropical o sea del área tropandina.

menos tropicales. Los factores mecánicos, físicos o físico-químicos que actúan sobre los seres en la superficie del planeta pueden experimentar variaciones sensibles en su calidad, intensidad, dirección y periodicidad desde el polo hasta el ecuador. Algunas de estas acciones son bien conocidas y sus variaciones han sido rigurosamente medidas y registradas. Otras de estas acciones son desconocidas totalmente, o se ignoran las variaciones que sufren con la posición geográfica. Entre los agentes climáticos bien conocidos en cuanto a su distribución geográfica está el factor temperatura; al biólogo interesa no solamente la distribución de las temperaturas medias, sino las oscilaciones de las temperaturas extremas. La zona tropical se caracteriza no precisamente por elevadas temperaturas máximas, sino por una débil oscilación anual de las temperaturas máximas y mínimas, es decir, por una relativa uniformidad térmica durante todo el año. Hace más calor en un día de julio o agosto en Chicago o en Berlín que en un lugar cualquiera cercano al ecuador. Los lugares elevados de las montañas sobre el ecuador son sumamente fríos durante todo el año, pero el frío es mucho más intenso que allí en un día de enero en Chicago o en Berlín. No podemos equiparar este lugar permanentemente frío de las regiones tropicales elevadas con una región de características climáticas como Illinois o la Marca de Brandenburg. La característica térmica inconfundible de las regiones del cinturón tropical es la uniformidad anual de temperatura alta o baja acompañada de una fuerte oscilación diurna, rigurosamente periódica y regular. La oscilación diurna de la temperatura en latitudes elevadas sufre una variación paralela al cambio anual. Otra de las influencias físicas que actúan sobre el trópico en forma similar a la del calor es la luminosidad. Ambos factores actúan también en el trópico con otra característica: la dirección de los rayos, que inciden en un ángulo muy abierto durante todo el año. Y todos los demás elementos contenidos en la radiación solar, de influencias conocidas, o completamente ignoradas, sobre los seres vivos, pueden ser causa de una acción decisiva sobre el desarrollo u origen de nuevos organismos.

Explico mi insistencia en considerar "tropicales" los climas, hechos y fenómenos del cinturón tropical porque aparte de su razón física, las manifestaciones de la vegetación demuestran una diferencia bien notoria con respecto a la vegetación extra-tropical. No voy a tratar aquí de las características de la vegetación en sus diversos distritos, que están expuestas en los tratados, pero señalo el hecho de una diferencia rotunda entre los bosques de tierras cálidas tropicales y los de tierras bajas extratropicales, entre los bosques de las montañas tropicales y los de las cordilleras extratropicales, entre los matorrales y los prados de las cumbres tropicales y la vegetación de las mayores altitudes extratropicales. Tampoco conviene usar para la denominación de pisos andinos la palabra "alpina", pues la vegetación alpina (extratropical) no tiene parangón con la andina (tropical). Hay grandes diferencias entre una y otra basadas no solo en la composición florística sino en la morfología de las plantas (biotipo), en la distribución cuantitativa y social de los biotipos que se traduce en la fisionomía de las asociaciones y del paisaje, en la vitalidad ininterrumpida de la flora (excepto en áreas excepcionalmente secas y bajo el punto de vista fitoevolutivo tal vez no climáticas). Ciertas manifestaciones morfológicas de las plantas se presentan solo en el trópico o bien presentan en el trópico su máximo desarrollo, de lo que se puede inferir

que se han originado en el cinturón tropical con tal exuberancia, que algunos representantes se han extendido rebasando las fronteras tropicales. Citaré un ejemplo que es el de las plantas de tallo sencillo (o escasamente ramificado) rematado por una roseta o penacho de hojas terminales, sencillas o divididas (biotipo *caulirrésula*); las palmas constituyen el grupo más rico de este tipo y es una familia eminentemente tropical, con centenares de especies y millones de individuos profusamente distribuidos por las selvas tropicales cálidas, templadas y frías. Otro grupo de este tipo son las cicadineas de los géneros *Cycas* y *Zamia*; otro es el de los helechos arborescentes, que tienen su clímax en las selvas tropicales y en todas las altitudes; otro son diversas monocotiledóneas en más o menos grado, como *Fourcroya*, *Yucca*, *Puya*. A familias tan evolucionadas como las Compuestas y las Lobeliáceas también les alcanza, y adoptan este biotipo las *Lobelia* y los *Senecio* de las altas montañas africanas, *Chimantaea*, *Duidaea*, *Stenopadus* de los cerros cretácicos de las Guayanas y las *Espeletia* de las regiones más frías de los Andes. Es pues bien evidente la existencia de un tipo biológico especial (caulirrésula) originado en el trópico y profusamente distribuido entre sus límites. Este biotipo se halla en los más diversos grupos sistemáticos, comprende elementos del más primitivo origen (Pteridophyta, Cycadales), otros de formación actual (*Espeletia*, *Senecio*) y otros modernos pero filogenéticamente derivados (Monocotiledóneas). Indudablemente caulirrésula es un fitotipo de los más antiguos filogenéticamente hablando, originado en el trópico, y en el cual persisten las influencias para que se mantenga y para que reaparezca en grupos que se desarrollaron extensamente con otra morfología (p. ej. Compositae). El que caulirrésula es un biotipo de carácter filogenéticamente primitivo lo indica también el hecho de que ontogénicamente se puede ofrecer en una primera etapa del desarrollo vegetal. Ciertos árboles de las selvas tropicales presentan la fase juvenil en forma de un tallo largo y simple terminado por un penacho de hojas, como ocurre p. ej., en *Grias*, *Pentagonia*, *Herrania*, *Carpotroche*, *Codiaeum*, *Cespedesia*, *Cecropia*, *Pourouma*, etc. Aunque no sabemos a que atribuir de preciso este tipo de crecimiento, hasta tanto estudios fisiológicos experimentales no lo diluciden, hemos de pensar en la existencia de factores físicos y físico-químicos como posibles causantes. Probablemente la calidad de estos elementos condicionados por la intensidad, dirección, constancia, periodicidad, etc., constituyen un ejemplo de circunstancias, que se puede llamar *factor tropical*, responsable de los mencionados fenómenos biológicos.

OJEADA FISIOGRAFICA DE COLOMBIA

La gran cordillera de los Andes que domina los países occidentales del continente suramericano, entra en Colombia por el sur formando un solo cuerpo continuación de la cordillera ecuatoriana. Pero a poca distancia de la frontera, hacia 1 grado norte del Ecuador este tronco se divide en tres ramas semidivergentes de sur a norte separadas por dos profundos valles. La altura media de las cordilleras colombianas es de unos 3200 metros pero en gran extensión rebasan los 4000 m. y en numerosos lugares se elevan a gran altura picos de origen volcánico algunos de los cuales exhiben nieves perpetuas; los más eminentes de estos son el Nevado del Huila (5750 m.) y el del Tolima (5620 m.) en la cor-

dillera Central y el Nevado del Cocuy (5453 m.) en la Oriental; los dos picos más altos de Colombia están en la Sierra Nevada de Santa Marta (los Picos Bolívar y Colón, ambos a 5775 m.) que se yergue aislada al norte de Colombia.

Los Andes colombianos constituyen una enorme masa de montañas con infinidad de valles y quebradas transversales que forman una rugosa y complicada orografía. Es evidente también que estas cordilleras son una inmensa barrera que separa las regiones orientales (las hoyas del Amazonas y Orinoco) que desaguan al Atlántico de las tierras bajas situadas al oeste de la Cordillera Occidental. Estas están reducidas a una faja irregular paralela a la costa del Pacífico que va desde Panamá hasta el Ecuador formando una plataforma al nivel del mar cuya anchura máxima al sur de Colombia es de unos 100 km. Esta plataforma es aparentemente plana, pero está cruzada por pequeñas ondulaciones salpicadas de cerritos separados por una verdadera red de riachuelos y canales.

El río Magdalena es el mayor de los ríos completamente colombianos, va de sur a norte a lo largo del amplio valle de su nombre, profunda y larga hoya separatoria de las cordilleras Oriental y Central. No mucho antes de desembocar en el Atlántico recibe el Magdalena el caudal del río Cauca, el cual desciende por la hoya abierta entre la cordillera Central y Occidental fertilizando en su largo curso el alto valle de Popayán (1800 m. alt.) y el Valle del Cauca (900-1000 m. alt.). En el NW de Colombia el río Atrato de la vertiente atlántica y el San Juan de la del Pacífico naciendo en la misma región del Chocó y partiendo en direcciones opuestas forman una línea de N. a S. que separa al oeste la llamada Serranía del Chocó. Esta, flanqueada abruptamente por el Pacífico, es una región sumamente rugosa que forma infinitos cerros que no suelen exceder de los 400 m. si bien al norte, en el Darién (Panamá), se señalan algunos de hasta más de 1000 m. altitud.

En gran parte las vertientes de las cordilleras son inclinadas y abruptas por lo cual muchos de los ríos que se forman son de tipo torrentoso; la Cordillera Occidental que cae abruptamente sobre el Pacífico ofrece en este lado solo pendientes arroyos y algunos ríos de corto cauce, siendo los mayores el Patía y el Micay.

La Cordillera Central colombiana probablemente inició su emergencia durante el fin del cretáceo continuando su elevación durante todo el terciario hasta tiempos recientes. La primitiva Cordillera Central sufrió una depresión longitudinal que la dividió en las actuales Cordilleras Central y Occidental, formadas principalmente por rocas paleozoicas. En cambio, el levantamiento de la Cordillera Oriental colombiana empezó a mediados del terciario con el plegamiento de los sedimentos mayormente cretáceos y terciarios causado por la presión lateral del macizo de la Guayana en desplazamiento hacia el W. contra el bloque de la Cordillera Central. Un movimiento del mismo tipo levantó la cordillera venezolana de Mérida. Durante la glaciación pleistocena en los Andes colombianos los glaciares descendieron hasta los 3400 m. de altitud; el actual nivel inferior de la nieve perpetua está a unos 4700 m. La Sierra Nevada de Santa Marta con glaciares en sus cúspides (5775 m.) se eleva como una isla al N. de Colombia desligada de la cordillera si bien es considerada como un desprendimiento de la Central. El sistema montañoso del noroeste de Colombia

(Chocó) es de origen reciente. Los terrenos de las bajas llanuras situadas entre las cordilleras y entre las montañas son de origen sedimentario y en su mayor parte lacustres.

CLIMA

El clima de Colombia es, en primer término y debido a su situación geográfica, básicamente tropical; se caracteriza por la relativa uniformidad de temperaturas en cada sitio durante el año. Las principales diferencias en la temperatura atmosférica son originadas por la altitud y esto ocasiona una diferenciación de zonas de vegetación según pisos o niveles altitudinales. Estas variaciones van desde un promedio de 30° al nivel del mar hasta el de cero grados y menos a 4000-4500 m. de altura. A veces se citan fuertes variaciones diurnas de temperatura en los trópicos, pero en realidad estas oscilaciones son menores y aun insignificantes comparadas con las que se experimentan en las regiones templadas del globo. A modo de ejemplo se citan aquí las siguientes temperaturas extremas de máxima y mínima registradas en varias altitudes de Colombia: Barranquilla (nivel del mar, 39° máxima y 19° mínima); Calima-Buenaventura (nivel del mar, 38° y 19°); Guajira (nivel del mar, 40° y 14°); Cali (1000 m., 34.4° y 15.4°); Medellín (1538 m., 38° y 9°); Popayán (1760 m., 29° y 6°); Bogotá (2640 m., 25° y 0.3°).

Las lluvias varían según la región pero en general la precipitación es elevada; su distribución puede clasificarse en los tres siguientes tipos:

1.—Precipitaciones durante todo el año sin acusarse una estación seca bien definida. Se presenta en toda la zona occidental desde Darién al sur del país. Los datos registrados hace pocos años en la estación del bajo Calima (cerca de Buenaventura) entre la selva tropical se pueden considerar típicos de la zona: 9.123 mm., con 1297 mm. para el mes más lluvioso y 235 mm. para el menos lluvioso con solo dos meses de menos de 600 mm. Otras regiones del país en las faldas de las cordilleras y del oriente presentan también este tipo de pluviosidad. Corresponde aquí la *Hygrophytia*.

2.—Dos estaciones húmedas anuales alternando con otras dos menos húmedas o relativamente secas. Precipitación total relativamente alta. A veces desaparece una de las estaciones secas resultando una larga estación húmeda alternada con otra seca corta. Ejemplos de este tipo se encuentra en Cali (1000 m. alt.) 1200 mm.; Manizales (1500 m. alt.) 2153 mm.; Bogotá (2600 m. alt.) 1000 mm. Aquí corresponde la *Subhygrophytia*.

3.—Una estación húmeda alterna con una estación seca más o menos larga. En la costa NE de Colombia la estación húmeda puede durar 6 meses y aun mucho menos. En Barranquilla hay por lo menos 4 meses (diciembre-marzo) completamente secos, siendo muy lluviosos octubre y noviembre, con un promedio de precipitación anual de 880 mm. En la península Goajira las precipitaciones son aun más bajas pues nunca alcanzan 500 mm. anuales (generalmente menos de 300) y aun repartidos muy irregularmente. Determina la *Subxerophytia* y la *Xerophytia*.

Los vientos alisios relativamente secos que durante el invierno nórdico soplan por el NE son los responsables de la escasez de lluvias en la zona Atlántico-Goajira y en consecuencia de la singular aridez de esta zona. Condiciones locales en otros lugares del país, en valles y

quebradas interandinas y en su mayor parte por efecto de los vientos acanalados en quebradas estrechas, se producen áreas aisladas de clima seco acusadas súbitamente por la vegetación; tal es el caso del islote xerófito en la hoya del Dagua, del de Cañas Gordas-Dabeiba en Antioquia, de la hoya del Chicamocha etc., en los cuales un detallado estudio de las corrientes de aire proporcionaría ilustrativas enseñanzas. Véase C. Troll, 1952.

Aparte de la lluvia, la nubosidad y la niebla son factores importantes en mantener gran parte del país en un grado alto de humedad, especialmente en las partes elevadas de las cordilleras. La humedad relativa es en general bastante elevada en Colombia variando desde el estado de saturación constante, como ocurre en las vertientes selvosas del oeste y del este, hasta fluctuaciones entre 59 y 83% que se han registrado en la región más seca del país, la península Goajira.

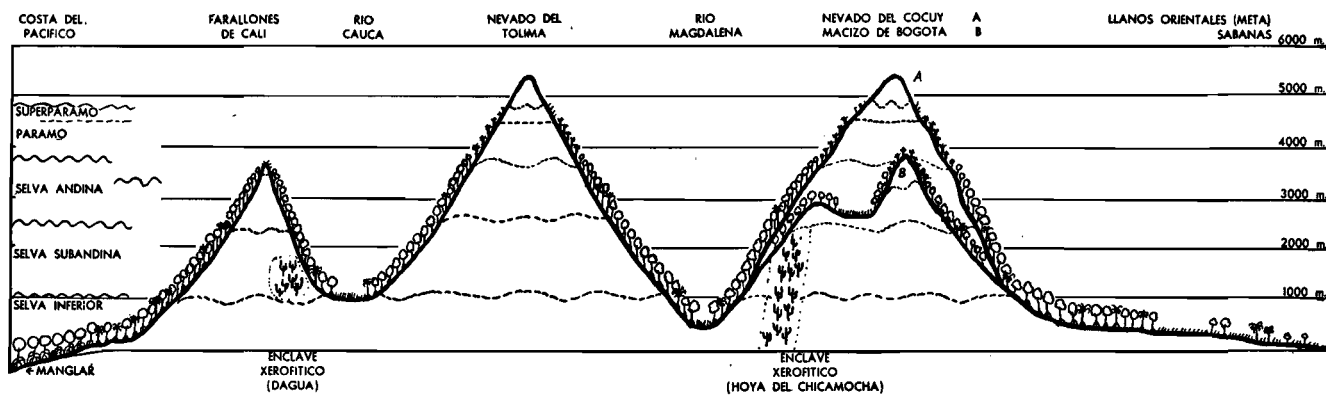


Figura 4. — Esquema muy simplificado de las formaciones climáticas según pisos altitudinales en una sección transversal del territorio colombiano, desde la Costa del Pacífico (al sur de Buenaventura) a los Llanos del Arauca y del Meta, con el perfil transversal de las tres cordilleras. En la Oriental se indica un doble perfil, el de la Sierra Nevada del Cocuy superpuesto al del macizo de Bogotá. Como excepción se indican dos enclaves xerófitos que representan las formaciones locales más alejadas de la climax general dominante (subhigrofitia).

LAS FORMACIONES VEGETALES

Se van a considerar las principales, clasificadas del siguiente modo:

- 1.—La selva neotropical (o selva lluviosa neotropical perennifolia).
 - A.—La selva neotropical inferior.
 - B.—La selva subandina (o bosque subandino).
 - C.—La selva andina (o bosque andino).
- 2.—Formaciones de páramo.
 - A.—El subpáramo.
 - B.—El páramo propiamente dicho.
 - C.—El superpáramo.
- 3.—La sabana.
 - La sabana casmófito.
- 4.—Formaciones xerófitas o subxerófitas.
- 5.—Los manglares.
- 6.—Formaciones de playas y márgenes.
- 7.—Los prados.
- 8.—Formaciones acuáticas.

1. LA SELVA NEOTROPICAL

La selva neotropical en sentido amplio, es la formación vegetal más importante de Colombia, tanto por la gran extensión que ocupa (unas 2/3 partes del territorio) como por constituir en su mayor parte la climax geográfica, es decir, por haber alcanzado el máximo biológico que la masa de vegetación es capaz de adquirir espontáneamente en las condiciones climático-geográficas presentes. La selva neotropical se caracteriza por la riqueza en especies de árboles que componen sus comunidades (muy raramente estas sinecias climáticas están constituídas por una sola especie), por las hojas de los árboles cartáceas o coriáceas y persistentes, por la variedad de formas biológicas en sus diferentes estratos con gran abundancia de bejucos leñosos y de epífitas y por

la exuberante vitalidad de todo el bioma. La selva tropical es higrófila por definición y sin variar apenas de aspecto durante el año manteniéndose siempre verde, pues la temperatura y las lluvias se distribuyen uniformemente; por igual motivo no se distinguen en ella épocas especiales de floración. Estas selvas (*the Rain-Forest, der Regenwald*) entran en la *Pluviisylva* de la clasificación de las formaciones de Rübél y en el *Hygrodrymum* de la de Diels. En la gran selva neotropical se hallan numerosas variaciones que caracterizan las innumerables comunidades que la integran, variaciones correspondientes a diferencias regionales, edáficas y microclimáticas, pero en este trabajo se van a distinguir solamente tres grandes variantes de la gran "formación", correspondientes a la variación climática de altitud. El factor principal que condiciona estos tres subtipos de formación es la temperatura; solo en menor grado también la humedad. La temperatura decrece a medida que sube el nivel de los Andes ($\pm 1^\circ$ cent. por cada 180 m.), mientras que la humedad no cambia por este motivo; aunque la cantidad de precipitación puede disminuir hacia las alturas, las nubes que rodean las montañas y la niebla sostienen un alto grado de humedad.

Los tres subtipos altitudinales de formación de selva no resultan muy bien definidos ni quedan bien separados uno del otro; más bien, muchas especies integrantes de los bosques se imbrican unas con otras a diversas alturas, desde el nivel del mar hasta la máxima altitud a que alcanza la selva. Si bien es fácil distinguir la naturaleza y estructura del bosque altoandino del que se halla en las tierras bajas, es un hecho incontrovertible la dificultad existente hoy día en demarcar líneas divisorias entre estas zonas o pisos. Solamente futuros estudios detallando la distribución altitudinal de las especies en sus formaciones climáticas permitirán formular divisiones definidas de la uniforme e inmensa masa de selvas que cubren las faldas andinas. Muchos autores llaman los bosques de la cordillera "bosque de montaña", "sel-

vas de montaña” o “bosques subtropicales”; pero sin dar ningún carácter definidor ni los límites de estos bosques. La mayoría de los autores que directa o indirectamente se han ocupado de las zonas altitudinales de los Andes se han basado en las plantas cultivadas o adventicias, que se hallan precisamente en las áreas deforestadas. Sin quitar valor a esas clasificaciones ni a la significación biológica y geográfica que tiene la distribución de las plantas cultivadas, este punto de vista no puede servir para la clasificación de las selvas espontáneas. Al considerar estas aquí, y al no poder usar de términos morfológicos, ni siquiera biotipológicos, para denominar los subtipos de formación (de selva), prefiero usar términos geográficos regionales indicativos de localización. De este modo, los bosques del piso superior altitudinal de los Andes son los *bosques andinos*, los de transición en las faldas medias de los Andes son los *bosques subandinos*. Algunos antiguos tratadistas, concedores a fondo de la naturaleza andina, como Wolf, p. ej., reconocieron ya la unidad de carácter de la gran formación selvática tropical.

A. SELVA NEOTROPICAL INFERIOR

La selva tropical de tierra baja se extiende desde el nivel del mar hasta unos 1000 m. alt. por las llanuras aluviales y por las bases de la Cordillera Occidental en la costa del Pacífico; cubre toda la región noroeste de Colombia, es decir el Chocó y sus serranías, las inmensas llanuras del sudeste desde el Amazonas hasta el Guaviare y hasta las mismas faldas de la Cordillera Oriental, y domina extensas partes del interior, en los valles y entre las tres cordilleras. La temperatura media anual en esta formación va de 30° a 23°, la precipitación total anual varía desde 10.734 mm. (Quibdó), 4.807 mm. (Villavicencio), 3.388 mm. (Puerto Asís) a 1.816 mm. (Honda). Planchas I, II, III, V.

Esta formación de selva está constituida por árboles de distintos tamaños, alcanzando los más corpulentos una altura de 30-40 metros y un diámetro de 1 m. Muchos árboles presentan típicos fúlcreos o raíces zancos o grandes estribos tabulares en la base. El sotobosque está formado por numerosas especies de arbolitos, grandes arbustos y hierbas gigantes (megafilas, como las de Escitámíneas y Aráceas). Abundan bejucos leñosos de grueso tronco y hay gran profusión de epífitas (criptógamas, monocotiledóneas, matas leñosas). Matas caulifloras (truncifloras) o ramifloras son frecuentes. El ramaje de los árboles es siempre verde debido a que el follaje es persistente; las hojas son esclerófilas, cartáceas o coriáceas, de bordes enteros o subíntegros, predominantemente meso o macrófilas (escala de Raunkier). No obstante existen unas pocas especies heliófilas cuyas hojas se desprenden por una corta temporada, hecho que no altera la fisionomía de la selva, ya que estos árboles se hallan muy esparcidos. La especie más conspicua de las caducifolias es *Huberodendron patinoi* (el carrá), que en la costa del Pacífico rebasa en altura el nivel de la propia selva, es decir que su copa emerge de la masa perennifolia de los demás árboles¹.

En esta formación se hallan representadas no solamente muchas especies sino que también numerosas fa-

milias y géneros, como los siguientes de la población arbórea de la Costa del Pacífico (Yurumanguí-Calima); árboles de 20-40 m. altura:

- Anacardiaceae: *Anacardium*, *Campnosperma*, *Tapirira*.
 Anonaceae: *Anaxagorea*, *Crematosperma*, *Guatteria*,
Pseudoxandra, *Unonopsis*, *Xylopia*.
 Actinidaceae: *Saurauia*.
 Apocynaceae: *Couma*, *Lachmella*, *Zschokkkea*.
 Aquifoliaceae: *Ilex*.
 Bignoniaceae: *Jacaranda*.
 Bombacaceae: *Huberodendron*, *Matisia*, *Pachira*, *Phragmotheca*, *Pseudobombax*.
 Burseraceae: *Dacryodes*, *Paraprotium*, *Protium*, *Trattinickia*.
 Celastraceae: *Goupia*.
 Clusiaceae: *Calophyllum*, *Chrysochlamys*, *Clusia*, *Symphonia*, *Tovomita*.
 Dichapetalaceae: *Dichapetalum*, *Tapura*.
 Eleocarpaceae: *Sloanea*.
 Euphorbiaceae: *Hieronyma*, *Tetrorchidium*.
 Humiriaceae: *Humiria*, *Sacoglottis*, *Vantanea*.
 Hypericaceae: *Marila*, *Vismia*.
 Lauraceae: var. gen. & species.
 Flacourtiaceae: *Hasseltia*.
 Lacistemaceae: *Lacistema*.
 Lecytidaceae: *Eschweilera*, *Gustavia*.
 Leguminosae: *Dussia*, *Andira*, *Inga*, *Macrolobium*, *Parikia*, *Pseudouaupea*, *Mora*, *Pentaclethra*, *Pterocarpus*, *Swartzia*.
 Malpighiaceae: *Byrsonima*.
 Melastomataceae: *Miconia*.
 Meliaceae: *Carapa*, *Cedrella*, *Guarea*, *Trichilia*.
 Moraceae: *Brossimum*, *Castilla*, *Cecropia*, *Coussapoa*, *Ficus*, *Helicostylis*, *Olmedia*, *Olmediopsis*, *Perebea*, *Pourouma*.
 Myristicaceae: *Compsonera*, *Dialyanthera*, *Iryanthera*, *Osteophloeum*, *Virola*.
 Myrsinaceae: *Ardisia*.
 Ochnaceae: *Cespedesia*, *Ouratea*.
 Olacaceae: *Minquartia*, *Heisteria*.
 Rosaceae: *Hirtella*, *Licania*, *Parinari*.
 Rutaceae: *Fagara*.
 Rubiaceae: *Elaeagia*, *Isertia*, etc.
 Sapindaceae: *Cupania*.
 Sapotaceae: div. gen. et spp.
 Sterculiaceae: *Sterculia*, *Theobroma*.
 Tiliaceae: *Apeiba*, *Belotia*, *Luehea*.
 Violaceae: *Fusispermum*, *Gleospermum*.
 Vochysiaceae: *Vochysia*.
 Palmas: *Ammandra*, *Astrocaryum*, *Attalea*, *Bactris*, *Castostigma*, *Euterpe*, *Guilielma*, *Jessenia*, *Iriarteia*, *Manicaria*, *Mauritiella*, *Metasocratea*, *Orbignya*, *Phytelphas*, *Socratea*, *Tessmanniophoenix*, *Welfia*, *Wetinia*, *Chamaedorea*, *Geonoma*.
 Cycadineae: *Zamia*.
- A continuación doy una lista de familias y géneros de árboles importantes anotados por el autor en la región oriental del país (selvas del Vaupés-Putumayo):
- Anonaceae: *Anaxagorea*, *Anona*, *Crematosperma*, *Duguetia*, *Guatteria*.
 Anacardiaceae: *Tapirira*.
 Apocynaceae: *Ambelania*, *Couma*, *Malouetia*.

¹ La explicación de la caída de la hoja en este clima puede referirse a una causa genética, siendo probable que las Bombacáceas de este tipo (al igual que *Ceiba*, *Pseudobombax*) se hayan originado bajo la influencia de un clima estacional alternante.

Bignoniaceae: *Jacaranda*.
 Bombacaceae: *Bombax*, *Ceiba*, *Matisia*.
 Burseraceae: *Crepidospermum*, *Dacryodes*, *Hemicrepidosperrum*, *Paraprotium*, *Paraprotium*, *Protium*, *Trattinickia*.
 Caryocariaceae: *Caryocar*.
 Clusiaceae: *Calophyllum*, *Chrysochlamys*, *Clusia*, *Simphonia*, *Tovomita*.
 Combretaceae: *Buchenavia*, *Combretum*.
 Eleocarpaceae: *Sloanea*.
 Euphorbiaceae: *Alchornea*, *Croton*, *Hevea*, *Micrandra*, *Mabea*, *Sapium*.
 Flacourtiaceae: *Lindackeria*, *Tetrathylacium*, *Hasseltia*, *Homalium*.
 Humiriaceae: *Humiria*, *Sacoglottis*.
 Hypericaceae: *Vismia*.
 Leguminosae: *Brownea*, *Bauhinia*, *Calliandra*, *Campsiandra*, *Cowellocasia*, *Heterostemon*, *Inga*, *Macrolobium*, *Macrosamanea*, *Parkia*, *Peirania*, *Piptadenia*, *Swartzia*, *Sweetia*, *Tachigalia*, *Taralea*, *Zygia*.
 Lecythidaceae: *Eschweilera*, *Grias*, *Gustavia*, *Lecythis*.
 Lauraceae: *Nectandra*, etc.
 Malpighiaceae: *Burdachia*, *Byrsonima*, *Heteropteris*.
 Melastomataceae: *Miconia*.
 Meliaceae: *Guarea*, *Trichilia*.
 Moraceae: *Brosimum*, *Castilla*, *Cecropia*, *Coussapoa*, *Ficus*, *Jacaratia*, *Olmedia*, *Olmediopsis*, *Perebea*, *Pourouma*, *Poulsenia*, *Trophis*.
 Myristiaceae: *Dialyanthera*, *Virola*.
 Myrtaceae: *Myrica*.
 Ochnaceae: *Blastemanthus*, *Cespedesia*, *Ouratea*.
 Olacaceae: *Heisteria*.
 Polygonaceae: *Coccoloba*, *Triplaris*.
 Protaceae: *Panopsis*.
 Rosaceae: *Couepia*, *Hirtella*, *Licania*, *Parinarium*.
 Rubiaceae: *Calycophyllum*, *Warszewiczia*.
 Sapindaceae: *Allophylus*, *Cupania*, *Matayba*.
 Sapotaceae: *Manilkara*, *Pouteria*.
 Staphylleaceae: *Huerteia*.
 Simarubaceae: *Picramnia*.
 Tiliaceae: *Apeiba*.
 Violaceae: *Gleospermum*, *Rinorea*.
 Palmas: *Astrocaryum*, *Bactris*, *Catostigma*, *Cuatrecasea*, *Euterpe*, *Guilielma*, *Iriarteia*, *Iriartella*, *Jessenia*, *Manicaria*, *Mauritia*, *Mauritiella*, *Maximiliana*, *Oenocarpus*, *Phytelephas*, *Paraschelea*, *Socratea*, *Syagrus*, *Geonoma*, *Chandorea*.
 Cycadineae: *Zamia*.

A modo de ejemplo de constitución de las selvas de tierra baja en Colombia se dan a continuación las siguientes listas de composición de comunidades vegetales del río Yurumanguí (alrededor de Veneral) y del bajo Calima de la costa del Pacífico, del río Vaupés (Mitú-Carurú) y del Putumayo. Aunque incompletas y no correspondientes a verdaderas sinecias, no dejan de ser ilustrativas. Para facilitar su análisis y comprensión se desintegran en tipos biológicos y dentro de ellos se enumeran las especies por familias. Los nombres vulgares que se citan son locales y tomados en su lugar por el autor, sus identificaciones son originales y casi todas se publican aquí por vez primera.

ARBOLES

Anacardiaceae:

Tapirira myriantha

Anonaceae:

Anaxagorea clavata
Crematosperma novogranatense
Guatteria chocoensis (cargadero)
Guatteria columbiana (cargadero)
Guatteria cargadero (cargadero)
Guatteria calimensis (cargadero)
Pseudoxandra
Xylopia columbiana (rayado)

Apocynaceae:

Couma macrocarpa (popa)
Lachmella speciosa (caimito-pumarejo)

Aquifoliaceae:

Ilex flos-parva
Ilex nayana

Bignoniaceae:

Jacaranda hesperia (gualanday)

Bombacaceae:

Matisia hirta
Matisia castaño (castaño)
Matisia leptandra
Huberodendron patinoi (carrá)
Pseudobombax squamigerum (lana)
Phragmothecca siderosa (baltrán)

Burseraceae:

Dacryodes occidentalis (caraño)
Dacryodes acutipyrena
Protium colombianum (anime)
Protium nervosum (anime)
Protium glomerulosum (ruda macho)
Protium amplum

Clusiaceae:

Calophyllum brasiliense
Calophyllum longifolium (marío)
Chrysochlamys dependens (zanco de araña)
Tovomita lanceolata

Eleocarpaceae:

Sloanea multiflora

Euphorbiaceae:

Hieronyma chocoensis

Flacourtiaceae:

Hasseltia floribunda

Humiriaceae:

Sacoglottis procera (chanú)

Hypericaceae:

Marila dolichandra (carbonero)
Vismia cuatrecasii
Vismia panamensis
Vismia rufa (sangre de gallina)
Vismia angusta



FOTOGRAFIA ARD 8007-1

Interior de la selva neotropical en la costa del Pacífico, bajo Callima, con *Zamia* sp. y un penacho de una lecitidácea en primer término, la palma *Tessmanniophoenix polyneura*, hojas de *Heliconia*, una hoja colgante de *Welfia regia*, palmitas jóvenes etc. (Foto Cuatrecasas C-2227).



LUCIANA ALI BOGITA

Metasocratea hecatonandra Dugand. Cono de raíces epigeas, espinosas y cubiertas de hepáticas y helechos epifitos; una hoja de *Manicaria saccifera* al fondo; *Chamaedorea* spp. repartidos. En la costa del Pacífico, bajo Callima. (Foto Cuatrecasas C-2232).

Lauraceae:
Nectandra spp. (jigua, chachajo)

Lecythidaceae:
Eschweilera pittieri
Eschweilera sclerophylla (guasco)
Gustavia occidentalis (manteco)

Leguminosae:
Inga polita (guabo rosario)
Inga spectabilis
Dussia lehmannii (bagatá)
Macrobium stenosphon
Pentaclethra maculosa (dormilón)
Pterocarpus officinalis (suela)
Swartzia darienensis
Andira inermis

Malpighiaceae:
Byrsonima magna

Melastomataceae:
Miconia ruficalyx (mora)

Meliaceae:
Cedrela odorata (cedro)
Guarea mancharra (mancharro)
Trichilia acutanthera

Moraceae:
Brossimum utile (sande)
Castilla (caucho)
Cecropia burriada (burriada)
Cecropia virgusa (virgusa)
Cecropia eximia (yarumo)
Cousapoa contorta
Helicostylis paraensis
Ficus glabrata (higuerón)
Pourouma chocoana (uvo)

Myrsinaceae:
Ardisia manglillo (manglillo)

Myristicaceae:
Compsonera trianae (sebo)
Compsonera atopa (castaño)
Dialyanthera lehmanni (cuángare)
Dialyanthera otoba (cuángare, sebillo)
Iryanthera megistophylla
Iryanthera ulei (cañae indio)
Virola macrocarpa (sebillo)

Ochnaceae:
Cespedesia macrophylla (pacó)

Olacaceae:
Minuartia punctata (guayacán)

Rosaceae:
Hirtella tubiflora
Licania chocoensis
Licania minuscula
Licania velata

Rubiaceae:
Elaeagia sp.
Isertia pittieri

Tiliaceae:
Apeiba aspera (peine de mono)
Belotia australis
Luehea seemannii

Violaceae:
Fusispermum minutiflorum
Gleospermum sclerophyllum

Vochysiaceae:
Vochysia ferruginea (sorogá)

ARBOLITOS

Acanthaceae:
Aphelandra hartwegiana

Apocynaceae:
Tabernaemontana sanaho

Clusiaceae:
Tovomita trojitana
Chrysochlamys membranacea (zancaraña)
Rheedia chocoensis (madroño)

Erythroxylaceae:
Erythroxylum macrophyllum

Flacourtiaceae:
Carpotroche pacifica
Casearia sylvestris
Hasseltiopsis mucronata
Ryania chocoensis
Casearia combaymensis

Euphorbiaceae:
Phyllanthus mexiae (chirrinchao)

Hypericaceae:
Marila dolichandra

Leguminosae:
Macrobium archeri (marimbo)

Melastomataceae:
Ossaea spicata (mora)
Miconia lepidota (mora)
Miconia scorpioides (mora)
Conostegia multiflora (mora)
Conostegia trianae
Blakea stellaris
Bellucia grossularioides

Meliaceae:
Guarea chalde (chalde)

Piperaceae:
Piper reticulatum

Rosaceae:
Hirtella racemosa (garrapato)

Rubiaceae:
Faramea calophylla
Ferdinandussa dissimiliflora
Faramea lutescens
Cephaelis crassifolia
Ladenbergia hookeriana
Palicourea lugubris

Palicourea nigricans
Psychotria macrophylla
Psychotria cincta
Psychotria lassula
Psychotria rufescens
Guettarda discolor
Guettarda ochreatea
Schradera neeoides

Rhizophoraceae:

Cassipourea calimensis

Sterculiaceae:

Theobroma nemorale

Theophrastaceae:

Clavija densilineata

Verbenaceae:

Aegiphila glandulifera

Violaceae:

Gleospermum sclerophyllum

ARBUSTOS

Acanthaceae:

Aphelandra cuatrecasasii

Melastomataceae:

Ossaea trichocalyx
Ossaea bracteata
Ossaea grandifolia (mora)
Ossaea robusta
Ossaea rufibarbis
Ossaea macrophylla
Tocoa spadiciiflora (mora)
Tocoa acuminata

Moraceae:

Trophis racemosa (barbarito)

Myrsinaceae:

Weigeltia purpurea (chocó)

Piperaceae:

Piper griseolimbium

Rubiaceae:

Psychotria cuspidata
Amphydasia ambigua
Psychotria longissima
Psychotria amplissima

PALMAS

Ammandra decasperma (cabeza de negro)
Astrocaryum standleyanum (güérrege)
Attalea allenii (taparín)
Catostigma radiatum (palma crespá)
Iriarteá corneto (barrigona, pambil)
Jessenia polycarpa (milpeso)
Manicaria saccifera (jícara)
Metasocratea hecatonandra (sapa)
Orbignya cuatrecasana (táparo)
Phytelephas sp. (tagua)
Socratea elegans (zancona)
Tessmaniophoenix dianeura (nolí)
Welfia regia (amarga)
Wettinia quinaria (memé)

BEJUCOS

Apocinaceae:

Odontadenia cognata
Mandevilla hirsuta
Prestonia
Allamanda cathartica
Odontadenia grandiflora

Bignoniaceae:

Paragonia pyramidata

Connaraceae:

Connarus nervatus

Convolvulaceae:

Maripa cuatrecasasii

Cyclanthaceae:

Carludovica spp.

Dilleniaceae:

Doliocarpus coriaceus

Dichapetalaceae:

Dichapetalum odoratum

Hippocrateaceae:

Salacia multiflora
Cheiloclinium sp.

Leguminosae:

Machaerium parvifolium (pichinché)
Mucuna rostrata (embisca)
Schnella mutisii
Dioclea cuspidata

Loganiaceae:

Strychnos mitschertichii

Melastomataceae:

Ossaea resinosa
Blakea pilosa
Clidemia epiphytica
Blakea alternifolia
Adelobothrys frutescens

Malpighiaceae:

Tetrapteris calophylla v. *glabrifolia*
Mascagnia platyrhachis
Hiraea fagifolia

Marcgraviaceae:

Marcgravia

Passifloraceae:

Passiflora vitifolia (granadilla)
Passiflora gracillima

Piperaceae:

Sarchorhachis sydownii

Rhamnaceae:

Gouania polygama (agraz)

Rubiaceae:

Schradera luxurians
Sabicea colombiana
Malanea chocoana

Sapindaceae:

Serjania calimensis
Paullinia chocoensis
Paullinia bracteosa
Paullinia faginea

Smilacaceae:

Smilax aequatorialis (china)
Smilax tomentosa (china)

Solanaceae:

Solanum sp. (uña de gato)

EPIFITAS LEÑOSAS

Araliaceae:

Schefflera multiflora
Schefflera magnifolia
Oreopanax anchicayanum

Clusiaceae:

Clusia triflora (matapalos)
Clusia fructiangusta
Clusia latipes
Clusia sclerophylla
Clusia hydrogera
Clusia cruciata
Clusia latifolia
Clusiella macropetala
Oedematopus octandrus
Pilosperma caudatum
Tovomita trojitana
Quapoya peruviana v. *occidentalis*

Gnetaceae:

Gnetum sp.

Melastomataceae:

Adelobotrys guianensis
Blakea cuatrecasii (mora)
Blakea podogrica (mora)
Blakea stellaris (mora)
Topobea subscaberula
Topobea floribunda
Topobea pubescens
Ossaea resinosa

Moraceae:

Coussapoa vannifolia
Ficus peroblonga
Ficus hartwegii

Rubiaceae:

Schradera calophylla
Cephaelis sp.

Vacciniaceae:

Psammisia occidentalis
Psammisia pacifica
Cavendishia palustris
Cavendishia coccinea
Cavendishia praestans
Cavendishia splachnoides
Cavendishia tenella
Calopteryx insignis
Macleania pentaptera
Macleania tropica

Thibaudia pachypoda
Satyria bracteolosa
Satyria grandifolia
Anthopterus wardii
Sphryspermum buxifolium
Sphryspermum majus

PARASITAS

Loranthaceae:

Oryctanthus spicatus

EPIFITAS HERBACEAS

Araceae:

Philodendron guatemalense
Anturium sp.

Bromeliaceae:

Guzmania subcorymbosa
Guzmania musaica (chupaya)
Guzmania minor
Guzmania eduardi
Ronnbergia columbiana
Aechmea germinyana (chupaya)
Aechmea dactylina (chupaya)

Orchidaceae:

Epidendrum nocturnum
Epidendrum difforme
Epidendrum cuatrecasii

Piperaceae:

Peperomia urocarpa
Peperomia emarginella
Peperomia paniculata
Peperomia serpens
Peperomia blephariphylla

HELECHOS

Adiantum petiolatum
Alsophila quadripinnata (lecho)
Alsophila microdontha
Dryopteris guianensis
Dryopteris angustifolia
Dryopteris sprengelii
Dryopteris gemmulifera
Pityrogramma calomelanos
Selaginella horizontalis
Trichomanes elegans

HELECHOS ARBORICOLAS

Eschatogramme panamensis
Bolbitis nicotianaefolius
Ctenopteris epiphytica
Nephrolepis rivularis
Nephrolepis pectinata
Lomariopsis japurensis
Polypodium cnoodes
Polypodium crassifolium
Trichomanes ankersii
Trichomanes dactylites
Salpichlaena volubilis
Selaginella longissima

HIERBAS

Calathea guzmanioides
Calathea insignis
Calathea colombiana
Calathea lutea
Calathea altissima
Calathea legrelleana
Arthrostemum macrodesmum
Sanchezia pennelli
Centropogon cornutus
Begonia semiovata
Columnea silvatica
Trianaeopiper umbriculum
Trianaeopiper contraverrugosa
Pilea daguensis
Pilea seemannii
Pilea pteropodon
Diolena pileoides
Struchium sparganophorum
Jussiaea decurrens

SELVA DEL RIO YURUMANGUI (VENERAL)

ARBOLES

Anacardiaceae:

Campnosperma panamensis (sajo)

Actinidaceae:

Saurauria parviflora v. *lehmannii*

Anonaceae:

Guatteria cargadero (cargadera)
Guatteria elegantissima
Guatteria pittieri
Unonopsis pacifica (cargadera)

Bombacaceae:

Pachira acuatica (sapotolongo)

Burseraceae:

Protium colombianum (anime)

Celastraceae:

Goupia glabra (cháquiuro)

Clusiaceae:

Chrysochlamys floribunda (manglillo)
Symphonia globulifera v. *macrocarpa* (machare)

Dichapetalaceae:

Dichapetalum nervatum

Eleocarpaceae:

Sloanea multiflora (embagatao)

Euphorbiaceae:

Hieronyma oblonga v. *nervata*
Tetrorchidium ochroleucum

Hypericaceae:

Vismia rufa
Vismia panamensis (sangre de gallina)
Marila laxiflora
Marila podantha

Lacistemaceae:

Lacistema pacificum

Lauraceae:

Nectandra sp. (jígua)

Lecythidaceae:

Eschweilera sclerophylla

Leguminosae:

Parkia velutina (guabo dormilón)
Hymenaea palustris (algarrobo)
Pterocarpus officinalis (suela)
Swartzia darienensis (hueso)
Inga sp. (guabo rabo de mico)
Pseudovaupea stenosisiphon (pichindé)
Dussia lehmannii (bagatá)

Melastomataceae:

Miconia punctata (mora)

Moraceae:

Pourouma oraria (uva)
Pourouma chocoana
Cecropia burriada (burriadá)
Cecropia eximia (yarumo)
Brossimum utile (sande)

Myristicaceae:

Iryanthera joruensis (cuángare)
Osteophloeum platyspermum (sebillo)

Myrtaceae:

Campomanesia crassifolia (bigüare)

Olacaceae:

Heisteria cyanocarpa

Rosaceae:

Licania calvescens
Hirtella carbonaria (garrapato)

Rutaceae:

Fagara hygrophila (tachuelo)

Sapindaceae:

Cupania scrobiculata

Sterculiaceae:

Sterculia aerisperma
Theobroma capilliferum (cacao de monte)

Tiliaceae:

Apeiba aspera (peine de mono)

Vochysiaceae:

Vochysia ferruginea

ARBOLITOS

Apocinaceae:

Tabernaemontana amygdalifolia (carrizo)

Clusiaceae:

Rheedia chocoensis

Erythroxylaceae:

Erythroxylon cuatrecasii

Euphorbiaceae:

Tetrorchidium ochroleucum
Phyllanthus valleanus (chirrinchao de monte)
Sapium utile (cauchillo)
Phyllanthus brasiliensis (chirrinchao)

Flacourtiaceae:

Ryania chocoensis
Casearia sylvestris

Hypericaceae:

Marila laxiflora
Vismia cuatrecasasi

Lecytidaceae:

Eschweilera oligosperma
Eschweilera sclerophylla
Grias colombiana

Leguminosae:

Macrolobium schenocalyx (dola-marimba)
Muelleria frutescens (barbasco de fruto)
Inga punctata (guabo)

Melastomataceae:

Miconia reducens (cascajero)
Miconia punctata (mora)
Ossaea bracteata (mora)
Ossaea spicata (mora)
Conostegia multiflora

Moraceae:

Cecropia virgusa (virgusa)

Myristicaceae:

Iryanthera ulei (cuángare)

Myrsinaceae:

Cybianthus venezuelanus
Conomorpha scrobiculata

Ochnaceae:

Ouratea rubrocyanea

Olacaceae:

Heisteria fatoensis

Rosaceae:

Licania veneralensis
Licania chocoensis

Rubiaceae:

Psychotria cincta
Psychotria cooperi
Cephaelis crassifolia
Pentagonia sp.
Hippotis albiflora
Posoqueria latifolia (cachimba)
Genipa americana (jagua)
Coussarea venosa
Isertia pittieri (jaboncillo)

Sterculiaceae:

Herrania pulcherrima var. *pacifica*

ARBUSTOS

Acanthaceae:

Aphelandra hartwegiana

Clusiaceae:

Clusia leptandra

Lythraceae:

Cuphea tetrapetala

Melstomataceae:

Miconia minutiflora (mora)
Miconia lepidota (mora)
Ossaea grandifolia (mora)
Ossaea rufibarbis
Tococa acuminata
Blakea hydraeformis
Conostegia polyandra

Myrsinaceae:

Weigeltia purpurea

Piperaceae:

Piper argentamentum (cordoncillo)

Rubiaceae:

Cephaelis tomentosa
Psychotria rufescens
Gonzalagunia sessilifolia
Amphidasya ambigua

Verbenaceae:

Cytarexylum poeppigii
Cornutia odorata

PALMAS

Catostigma radiatum (cumbí)
Euterpe spp. (naidí)
Guilielma gassipaes (chontadurillo)
Iriartea ventricosa (pambil)
Manicaria saccifera (jícara)
Mauritiella pacifica (iraca)
Socratea spp. (zancona)
Wettinia quinaria (gualte)

BEJUCOS

Apocynaceae:

Allamanda cathartica (lecho)

Bignoniaceae:

Schlegelia darienensis (tomé de orilla)
Anemopaegma chrysantum (cangrejo)
Paragonia pyramidata
Clytostoma binatum (cangrejo)

Clusiaceae:

Quapoya peruviana v. *occidentalis*

Dilleniaceae:

Davilla aspera

Hippocrateaceae:

Cheiloclinium
Hippocratea volubilis
Salacia cuspidata

Leguminosae:

Schnella excisa (amarradiablo)
Schnella splendens (cadenilla)
Dioclea virgata
Dioclea violacea (mandiba)
Dalbergia brownei

Malpighiaceae:

Heteropteris multiflora (lecho macho)
Hiraea brachyptera
Stigmaphyllon ellipticum

Marcgraviaceae:
Marcgravia spp.

Melastomataceae:
Ptilanthus scandens (mora)
Topobea killipii
Blakea hydraeformis
Blakea stellaris

Passifloraceae:
Passiflora tiliacifolia
Passiflora auriculata

Piperaceae:
Piper trigonum (cordoncillo)
Piper ottoniaefolium

Rubiaceae:
Schradera
Sabicea colombiana (calambombo)

Sapindaceae:
Paullinia alata (canaleao)
Paullinia stipitata (canaleao)

Smilacaceae:
Smilax sp. (zarza, china)

Verbenaceae:
Aegiphila laevis

EPIFITAS LEÑOSAS

Araliaceae:
Schefflera yurumanguinis
Schefflera multiflora

Aquifoliaceae:
Ilex yurumanguinis

Clusiaceae:
Pilosperma quadratum
Clusia veneralis
Clusia fructiangusta
Clusia formosa (matapalo)
Clusia triflora (matapalo)
Clusiella albiflora

Moraceae:
Ficus peroblonga

Rubiaceae:
Schradera sp.

Vacciniaceae:
Psammisia occidentalis
Cavendishia urophylla (chipirera)
Cavendishia violacea
Macleania pentaptera
Anthopterus wardii

EPIFITAS HERBACEAS

Araceae:
Anthurium spp.

Bromeliaceae:
Aechmea germinyana
Aechmea dactylina

Guzmania sanguinea
Guzmania musaica
Guzmania guatemalensis (chupaya)
Guzmania calamifolia

Cactaceae:
Epiphyllum trimetrace (rabo de caimán)

Orchidaceae:
Maxillaria rufescens
Epidendrum nocturnum
Oncidium pusillum

Piperaceae:
Peperomia paniculata
Peperomia panamensis

PARASITAS

Loranthaceae:
Oryctanthus spicatus

HELECHOS

Cyathea cuspidata (3 met.)
Hemitelia decorata (1-3 met.)
Alsophila phalaenolepis
Dryopteris guianensis
Dryopteris pseudocampta
Lindsaea lancea
Tectaria acutiloba

HELECHOS ARBORICOLAS

Trichomanes ankersii
Lindsaea lancea
Polypodium ciliatum
Lycopodium linifolium

HIERBAS

Rapatea paludosa
Mapania silvatica
Renealmia pilosa (sanjuanito)
Begonia semiovata
Jussiaea suffruticosa
Spathiphyllum friedrichsthali
Justicia comata
Sauvagesia erecta

SELVA DEL VAUPES (MITU-CARURU)

ARBOLES

Anonaceae:
Anona Ambotay
Duguetia cauliflora
Guatteria spp.

Apocynaceae:
Ambelania marcgraviana
Couma macrocarpa (juansoco)
Malouetia furfuracea
Malouetia tamaquarina

Bombacaceae:
Pachira obtusa
Bombax sp.

Burseraceae:
Crepidospermum goudotianum
Dacryodes sp.
Hemicrepidospermum rhoifolium
Paraprotium amazonicum
Protium calanense
Protium pauciflorum
Protium divaricatum
Protium crassipetalum
Trattinickia burserifolia

Caryocariaceae:
Caryocar glabrum

Clusiaceae:
Calophyllum brassiliense
Clusia microstemon
Clusia renggerioides
Clusia columnaris
Tovomita spruceana

Combretaceae:
Buchenavia vaupesana

Euphorbiaceae:
Alchornea triplinervia
Hevea brasiliensis (siringa)
Mabea costata
Mabea nitida

Flacourtiaceae:
Homalium mituense

Humiriaceae:
Sacoglottis retusa

Hypericaceae:
Vismia angusta

Lauraceae:
Nectandra spp.

Lecythiaceae:
Eschweilera lancifolia
Eschweilera inaequisepala

Leguminosae:
Machaerium vaupesenum
Macrolobium multijugum
Macrolobium acaciaefolium
Macrosamanea macrophylla
Macrosamanea spruceana
Cowellocasia lucens
Campsiandra comosa
Heterostemon mimosoides
Inga plumifera
Inga ruizana
Inga acuminata
Inga strigilosa
Brownea bijuga
Bauhinia bicuspidata
Sweetia nitens
Swartia conferta
Swartia arborescens
Tachigalia cavipes
Taralea oppositifolia
Zygia densiflora

Malpighiaceae:
Burdachia prismatocarpa
Heteropteris laurifolia
Byrsonima japurensis

Meliaceae:
Trichilia caudata
Guarea trianae

Moraceae:
Pourouma cecropiaefolia
Pourouma cuatrecasatii
Pourouma apaporiensis
Pourouma garciana
Cecropia mituana
Cecropia discolor
Castilla ulei
Ficus vaupesana
Ficus mathewsii

Myristicaceae:
Virola cuspidata
Virola sebifera

Myrtaceae:
Calyptranthes multiflora

Ochnaceae:
Blastemanthus decistaminodens
Ouratea racemiformis

Olacaceae:
Heisteria maytenoides

Proteaceae:
Panopsis acuminata

Rosaceae:
Couepia myrtifolia
Hirtella elongata
Licania mollis
Licania microcarpa
Licania vaupesana
Licania pulchravenia

Rubiaceae:
Retiniphyllum breviflorum

Sapindaceae:
Matayba purgans
Matayba macrolepis

Simarubaceae:
Picramnia podantha

Violaceae:
Rinorea pubiflora

Vochysiaceae:
Qualea acuminata
Vochysia sp.

ARBOLITO
Anonaceae:
Anaxagorea dolichocarpa
Xylopia spp.

Apocynaceae:
Malouetia schomburgkii
Malouetia cuatrecasatii
Tabernaemontana rubro-striolata

Erythroxylaceae:

Erythroxylum cataractarum

Euphorbiaceae:

Mabea costata

Flacourtiaceae:

Lindackeria paludosa

Carpotroche linguifolia

Leguminosae:

Chamaefistula bacillaris

Abrus precatorius

Heterostemum conjugatum

Macrolobium floridum

Loganiaceae:

Potalia amara

Malpighiaceae:

Heteropteris moosii

Melastomataceae:

Miconia aplostachya

Miconia biglandulosa

Miconia eugenioides

Miconia platypoda

Miconia tetrasperma

Miconia amplexans

Bellucia grossularioides

Tococa guianensis

Henriettea granulata

Rubiaceae:

Rudgea sprucei

Duroia hirsuta

Duroia sprucei

Genipa americana

Warscewiczia coccinea

Remigia ulei

Faramea salicifolia

Ferdinandusa dissimiliflora

Rustia splendens

Sapindaceae:

Cupania scrobiculata

Matayba inegalans

Sterculiaceae:

Theobroma subincanum

Verbenaceae:

Amasonia arborea

Violaceae:

Rinorea riana

ARBUSTOS

Acanthaceae:

Aphelandra deppeana

Ruellia thyracanthoides

Compositae:

Calea yuruparina

Melastomataceae:

Miconia polypetala

Miconia kluggii

Miconia nervosa

Miconia compacta

Miconia minutiflora

Miconia scrobiculata

Clidemia novemnervia

Clidemia strigilosa

Clidemia umbonata

Aciotis paludosa

Aciotis purpurascens

Maieta guianensis

Maieta poeppigii

Leandra rufescens

Leandra longicoma

Leandra acuminata

Salpinga secunda

Myrmidome macrosperma

Heterotrichum octonum

Myrtaceae:

Myrcia bracteata

Piperaceae:

Piper obumbratum

Piper mituense

Piper crenatifolium

Piper poporense

Piper metanum

Rosaceae

Hirtella racemosa

Hirtella praealta

Rubiaceae:

Palicourea triphylla

Palicourea fastigiata

Psychotria loretensis

Psychotria patens

Psychotria brachyata

Psychotria racemosa

Psychotria cuspidata

Rudgea woronovii

Cephaelis barcellana

Cephaelis loretensis

Cephaelis setifera

Cephaelis trichocephala

Cephaelis rosea

Coussarea rudgeoides

Verbenaceae:

Amasonia spruceana

Amasonia lasiocaulon

PALMAS

Astrocaryum chambira

Astrocaryum acaule

Bactris spp.

Cuatrecasea spruceana

Euterpe precatoria (guasá)

Iriartea ventricosa (cachuda barriguda)

Iriartea corneto (cachuda barriguda)

Iriartella setigera (pimpí)

Jessenia polycarpa (seje, patabá)

Maximiliana elegans (inaya, echiti)

Manicaria martiana (ubí)

Manicaria atrica (uachí)

Mauritia minor (mirítí)

Mauritia aculeata (caranaí)

Oenocarpus bacaba (milpesillo)

Oenocarpus mapora (pusuí)

Oenocarpus minor (pusuí)

Socratea exorrhiza (cachuda, zancona)
Socratea elegans (cachuda, zancona) Plancha II
Scheelea attaleoides (yagua)
Syagrus inajai (churrubai)
Parascheelea anchistropetala (curua, yapó)
Geonoma spp.
Chamaedorea spp.

BEJUCOS

Apocynaceae:

Odontadenia neglecta
Odontadenia funigera
Mandevilla subspicata
Prestonia

Araceae:

Montrichardia arborescens
Heteropsis spruceana (yaré)

Bignoniaceae:

Arrabidea japurensis
Distictella racemosa
Pithecoctenium granulosum
Phryganocydia corymbosa
Pleonotoma jasminifolium
Clytostoma binatum
Memora schomburgkii

Combretaceae:

Combretum laxum

Connaraceae:

Connarus sprucei
Connarus lambertii

Compositae:

Mikania psilostachya

Convolvulaceae:

Prevostea glabra
Maripa scandens

Cucurbitaceae:

Gurania vaupesana

Dioscoreaceae:

Dioscorea trifida

Hypnaceae:

Salacia impressifolia
Hippocratea volubilis
Cuervea kappleriana
Tontelea clorantha

Leguminosae:

Schnella splendens
Clitoria javitensis
Dioclea virgata
Lonchocarpus spp.

Malpighiaceae:

Heteropteris moosii
Heteropteris beecheyana
Tetrapteris styloptera
Tetrapteris mucronata
Jubelina bracteosa

Marcgraviaceae:

Marcgravia sprucei

Melastomataceae:

Graffenrieda patens

Menispermaceae:

Abuta grandifolia

Palmae:

Desmoncus tenerrimus (bejuco alcalde, yasitán)

Passifloraceae:

Passiflora nitida
Passiflora vitifolia
Passiflora spinosa
Passiflora glandulosa
Passiflora coccinea

Sapindaceae:

Paullinia vaupesana

Sterculiaceae:

Bytneria vaupensis

Violaceae:

Corynostylis volubilis

EPIFITAS LEÑOSAS

Vacciniaceae:

Psammisia guianensis
Satyria panurensis

EPIFITAS HERBACEAS

Araceae:

Philodendron nobile
Philodendron poeppigii

Bromeliaceae:

Aechmea tillandsioides
Aechmea mertensis
Aechmea contracta
Aechmea setigera
Aechmea nivea
Aechmea schultesiana
Billbergia rupestris
Guzmania vittata
Streptocalyx colombianus

Orchidaceae:

Agania cyanea
Catasetum barbatum
Epidendrum nocturnum
Ionopsis utricularioides
Maxillaria sp.
Rudolphiella bicornaria

Piperaceae:

Peperomia macrostachya

HELECHOS

Alsophila nigra (2-4 met.)
Dryopteris desvauxii
Dryopteris meniscoides
Lindsaea lancea
Pityrogramma calomelanos
Adiantum tomentosum
Adiantum latifolium

Saccoloma inaequale
Trichomanes pinnatum
Trichomanes elegans

HELECHOS ARBORICOLAS

Asplenium spruceanum
Nephrolepis rivularis
Polypodium triseriale

PARASITAS

Struthanthus syringifolius
Souroubea pachyphylla
Aiouea densiflora
Pirusa sp.

HIERBAS

Phenakospermum guianense (terriago)
Heliconia acuminata
Heliconia cannoidea
Heliconia subulata
Calathea altissima
Calathea cyclophora
Calathea insignis
Ischnosiphon hirsutus
Monotagma laxum
Costus spicatus
Renealmia pilosa
Rapatea paludosa
Hypolepis hostilis

SAPROFITOS

Daedalea repanda (orejas de palo)
Daedalea elegans
Auricularia auricula-judae
Ganoderma sp.
Panus rudis
Polyporus sanguineus
Polyporus occidentalis
Trametes hydnoides
Stereum hydrophorum

SELVA DEL PUTUMAYO (PUERTO OSPINA)

ARBOLES

Anacardiaceae:

Tapirira myriantha

Anonaceae:

Anaxagorea mutica
Crematosperma cauliflorum
Duguetia spixiana
Rollinia edulis

Bignoniaceae:

Jacaranda copaia

Bombacaceae:

Matisia inaequilateralis

Borraginaceae:

Cordia alliodora
Cordia tetrandra

Clusiaceae:

Chrysochlamys ulei
Clusia sp.
Symphonia globulifera

Eleocarpaceae:

Sloanea fragrans

Euphorbiaceae:

Sapium aereum
Sapium poeppigii
Mabea atroviridis
Croton lechleri

Flacourtiaceae:

Lindackeria maynensis
Tetrathylacium macrophyllum

Hypericaceae:

Vismia confertiflora

Lecithydaceae:

Eschweilera juruensis
Grias foetidissima
Gustavia magna
Lecythis sp.

Leguminosae:

Calliandra carbonaria
Inga nobilis
Inga ruiziana
Inga marginata
Parkia multijuga
Peirania multijuga
Piptadenia pteroclada
Swartzia macrosema
Zygia cauliflora
Zygia longifolia

Melastomataceae:

Miconia aurea

Meliaceae:

Trichilia flava
Trichilia laxipaniculata

Moraceae:

Cecropia pacis
Cecropia hormigana
Cecropia congesta
Cecropia sciadophylla
Cecropia discolor
Cecropia putumayensis
Jacaratia digitata
Olmedia aspera
Trophis racemosa
Poulsenia armata
Coussapoa ovalifolia
Olmediopsis lanceolata
Perebea xanthocyma
Ficus glabrata
Ficus urbaniana

Myristicaceae:

Dialyanthera parvifolia (sangre de toro)
Virola peruviana

Ochnaceae:

Cespedesia spathulata

Olacaceae:
Heisteria cyanocarpa
Polygonaceae:
Coccoloba densifrons
Triplaris schomburgkiana
Rosaceae:
Licania bullatifolia (castaño)
Rubiaceae:
Calycophyllum spruceanum
Warszewiczia cordata
Sapindaceae:
Cupania cinerea
Allophylus divaricatus
Sapotaceae:
Pouteria juruna
Staphylleaceae:
Huerteia putumayensis
Tiliaceae:
Apeiba tibourbou
Hasseltia floribunda
Verbenaceae:
Vitex cymosa
Violaceae:
Gleospermum sphaerocarpum
Rinorea falcata

ARBUSTOS

Acanthaceae:
Aphelandra villosa
Aphelandra impressa
Neea macrophylla
Sanchezia pennellii
Sanchezia speciosa
Sanchezia putumayensis
Actinidaceae:
Siparuna metensis
Siparuna mollicoma
Anonaceae:
Anona hypoglauca
Cymbopetalum brasiliense
Apocynaceae:
Tabernemontana palustris
Bignoniaceae:
Jacaranda rachidoptera
Bombacaceae:
Matisia putumayensis
Euphorbiaceae:
Croton pseudofragans
Flacourtiaceae:
Neosprucea sucumbiensis
Icacinaceae:
Citronella sucumbiensis

Lecythidaceae:

Grias foetidissima

Leguminosae:

Erythrina amazonica
Bauhinia tarapotensis

Lobeliaceae:

Centropogon granulosis

Melastomataceae:

Bellucia grossularioides
Clidemia hirta
Blackea bracteata
Miconia prasina
Miconia lamprophylla
Miconia nervosa
Miconia aurea
Miconia triplinervis
Maieta guianensis
Tococa micrantha
Ossaea robusta
Ossaea semijuga
Ossaea trichopoda

Myristicaceae:

Virola calophylla

Ochnaceae:

Ouratea nervulina

Piperaceae:

Piper putumayense
Piper ospinense
Piper florencianum
Piper calanyanum
Piper rotundistipulum
Piper cuniculorum
Piper bermejatum
Piper armatum
Piper futuri
Piper aduncum
Piper corpulentissimum

Rubiaceae:

Palicourea subspicata
Psychotria viridis
Psychotria brachyata
Psychotria macrophylla
Psychotria micayensis
Psychotria pallescens
Gonzalagunia bunchosiooides
Warszewiczia coccinea

Sterculiaceae:

Herrania dugandii
Herrania cuatrecasana

Violaceae:

PALMAS

Jessenia polycarpa (milpeso)
Catostigma drudei
Astrocaryum chambira
Iriarteia ventricosa (bombona)
Astrocaryum macrocalyx (chuchana)
Wettinia maynensis
Mauritia minor (canangucha)
Phytelephas

BEJUCOS

Apocynaceae:
Condylocarpon pubiflorum

Aristolochiaceae:
Aristolochia cordifolia

Begoniaceae:
Begonia rosmanniae

Bignoniaceae:
Roentgenia bracteomana
Paragonia pyramidata

Combretaceae:
Combretum assimile

Compositae:
Mikania psilostachya

Convolvulaceae:
Ipomoea tiliacea
Maripa sp.

Leguminosae:
Senegalia macbridei
Senegalia riparia
Dioclea violacea
Dioclea huberi
Schnella glabra
Schnella umbriana
Canavalia eurycarpa
Mucuna sp.

Malpighiaceae:
Stigmaphyllon kuhlmannii
Stigmaphyllon hypargyreum
Hiraea quapara
Tetrapteris calophylla

Melastomataceae:
Adelobotrys tessmannii
Blackea bracteata

Passifloraceae:
Passiflora vitifolia
Passiflora micropetala

Piperaceae:
Piper conejoense
Piper laevigatum

Rhamnaceae:
Gouania lupuloides
Gouania lassiocarpa

Sapindaceae:
Paullinia nobilis
Paullinia yoco

Vitaceae:
Cissus quadrialata

EPIFITAS LEÑOSAS

Clusiaceae:
Quapoya peruviana

Euphorbiaceae:
Sapium marmieri

Moraceae:

Ficus niceforoi
Ficus putumayonis
Ficus microclada

Solanaceae:

Juanulloa ferruginea

EPIFITAS HERBACEAS

Araceae:

Philodendron heterophyllum

Bromeliaceae:

Aechmea anomala
Aechmea schultesiana
Guzmania calamifolia

Orchidaceae:

Oncidium glossomystax
Scaphyglottis sp.

Parasitas:

Psithacanthus cuculifer
Struthanthus sp.

Piperaceae:

Peperomia serpens
Peperomia rotundifolia
Peperomia glabella
Peperomia putumayoensis
Peperomia puerto-ospinensis

HELECHOS

Alsophila lasiosora
Alsophila elongata
Adiantum pulverulentum
Dryopteris meniscoides
Dryopteris serrata
Tectaria incisa
Tectaria antioquiensis
Pityrogramma calomelanos
Pteris propinqua
Polypodium repens
Saccoloma inaequale
Selaginella exaltata

HELECHOS ARBORICOLAS

Asplenium auritum
Bolbitis lindigii
Polypodium percussum
Polypodium dasypleuron
Polypodium fusco-punctatum
Polypodium ciliatum
Polypodium bifrons
Cochliostema odoratissimum
Lomariopsis japurensis

HIERBAS

Heliconia hirsuta (platanillo)
Heliconia episcopalis (platanillo)
Heliconia platystachys (platanillo)
Heliconia rostrata (platanillo)
Calathea roseopicta
Calathea standleyi

Calathea comosa
Calathea altissima
Costus argenteus
Costus villosissimus
Costus cylindricus
Ischnosiphon aruma
Ischnosiphon leucophaeus
Floscopa robusta
Dichorisandra villosula
Orthoclada laxa
Olyra latifolia
Ichnanthus pollens
Teliostachya lanceolata
Xiphidium coeruleum
Sauvagesia erecta
Besleria corallinoides
Besleria variabilis
Besleria ignea
Biophytum somnians
Geophila herbacea

SAPROFITAS

Polyporus sanguineus (oreja de palo).
Ganoderma mangifera

RESUMEN DE LA SELVA ANALIZADA

Considerando el total de los ejemplos de bosque analizados, lo que primero llama la atención es la gran cantidad de especies arbóreas, entre las cuales no existe ninguna que sea dominante. No solamente son numerosas las especies, sino que ellas pertenecen a numerosas familias y géneros. A pesar de ser incompletas las listas anteriores indican más de 40 familias y más de 110 géneros, aparte de un minimum de 20 géneros de palmas. Pero los árboles que más abundan son los de las anonáceas (cargaderos), miristicáceas (cuángares, sebos, sebillos...) cuyas maderas bastas son de gran consumo, leguminosas (guabos, dormilón, bagatá, suela...), lauráceas (laureles, jíguas...), euforbiáceas (siringa, región oriental), burseráceas (animes, caraños), moráceas (caucho negro, uvos, higuerones, árbol vaca o sande, guarumos o yarumos) y bombacáceas que incluyen los árboles más corpulentos de la selva (carrá, lana, ceibos). Esparcidos en ella o formando grupos locales más o menos extensos dan carácter las palmas, algunas altísimas y sobrias, como las cachudas, el seje, milpeso, las zancanas, el pambil, la amarga, las espinosísimas corombolo y guérrigue, las acaules de grandes hojas como la yagua y de grandes frutos como el táparo, las de tallos esbeltos y hojas pennadas finas, como los naidies y guasaies, y las de los escasos géneros de hoja palmada, como son el nolí, la iraca o girasol, el caranaí y el mirití o moriche. Este último constituye formaciones densas en el interior de las grandes selvas siguiendo cursos inundables. Otro elemento llamativo lo forman los caulirrosetos sembrando palmitas de la *zamia* (chigua).

En el sotobosque se manifiesta la abundancia de arbolitos y de arbustos también correspondientes a muchas familias y géneros en gran parte de las mismas del estrato arbóreo, predominan, no obstante, innumerables especies de las rubiáceas y melastomatáceas (moras) así como palmitas. También se muestra la gran importancia de las lianas en las numerosas familias representadas; abren las flores sobre la copa de los árboles, teniéndolas

algunas muy coloreadas y vistosas, como es general en bignoniáceas, convolvuláceas y pasifloráceas. Algunas son corpulentos bejuco de gran diámetro como el rayo (menispermácea) y otras de las hipocrateáceas, malpighiáceas, leguminosas, dileniáceas, bignoniáceas y sapindiáceas.

De entre las abundantes epífitas leñosas algunas se distinguen por sus vistosas flores como son las vacciniáceas y ciertas melastomatáceas, otras por la gran robustez del tallo y por las hojas gruesamente coriáceas o crasas como ocurre en las clusiáceas y moráceas, que pueden llegar a ser árboles asentados encima de otros, y las de hojas partidas o compuestas como las araliáceas. El curioso cuadro de la gran población epífita se completa con los grandes rosetones de las bromeliáceas que con el agua acumulada entre sus hojas forman acuarios naturales, mantenedores de larvas de insectos y hasta de batracios, además exhiben con frecuencia flores coloreadas, y algunas orquídeas, aunque más bien escasas, sellan la variedad floral de la gran selva; permítaseme mencionar la *Aganisia cyanea*, de hermosas flores azul celestes, que descubrí como nueva para Colombia en el Vaupés en 1939. Numerosas especies herbáceas, especialmente de piperáceas, gesneriáceas y begoniáceas, algunas con lindas flores, así como muchos helechos se encaraman en los árboles acompañando las otras epífitas.

En cuanto a plantas herbáceas, las hay esparcidas en el sotobosque, perteneciendo a muy diversas familias, citándose como más frecuentes gesneriáceas, piperáceas, ciperáceas, bromeliáceas, aráceas y escitamiáceas. Llamen especialmente la atención las de grandes hojas, que pueden alcanzar varios metros de longitud, como ocurre con los bijaos, platanillos, hoja blanca, etc. (*Calathaea*, *Heliconia*, etc.). Especialmente digno de mención es el *terriago* (*Phenakospermum guianense* Endl.), seguramente la hierba de mayores dimensiones del continente americano pues con frecuencia con sus largas hojas planiformes sobrepasa los 10 metros de altura; esta musácea muy afin de la palma del viajero de Madagascar, destaca sus robustas y erguidas inflorescencias de tonos pálidos y exhibe sus semillas a modo de borlitas carmesí. También las aráceas dan tono a la selva especialmente en estaciones más húmedas o inundadas y lo mismo se puede decir de gramíneas y de ciperáceas gigantes como son las "cortaderas" de hoja larga y bordes aserrados (*Scleria melaleuca*, *Diplasia karakaefolia*, *Caliptrocarya intermedia*).

Es interesante señalar también una colonia saprofitica de hongos de varias familias que se desarrolla sobre troncos en descomposición. Casi nunca faltan en ella el rojo *Polyporus sanguineus*, el pálido *P. occidentalis*, *Daedalea repanda* y especies de *Ganoderma*. Son las que se suelen llamar "orejas de palo".

Formando parte de la propia selva, como sección de la misma en las costas marítimas, representando la transición del manglar (halófilo) a la selva de tierra firme (halófoba), se encuentra una asociación especial que se describe someramente a continuación.

EL NATAL

Una de las muchas variantes de la selva inferior es una de las sinecias de las partes bajas inundadas por el diario flujo y reflujo de agua de río empujada por la

marea en la costa occidental. Esta comunidad se halla detrás del manglar, viene a ser una sinecia de transición que se posesiona del terreno al elevarse y retirarse los mangles constituyendo la primera fase en la serie que terminará con la selva firme. La especie más destacada es el "nato" *Mora oleifera*, una leguminosa de enorme corpulencia (40-45 m. alt.) provista de robustos estribos basilares, que se destaca por su capacidad de poblar las zonas de alguna inundación resistiendo incluso cierto grado de salinidad, pues puede hallársele también en puntos avanzados del manglar. Esta comunidad, reconocida vulgarmente por *natal*, tiene la siguiente composición anotada en tres sectores de la costa del Pacífico según sigue:

Moretum oleiferae en Ají Chiquito (boca del Naya):

ARBOLES

Mora oleifera (nato)
Symphonia globulifera v. *macrocarpa* (machare)
Brossimum utile (sande)
Hirtella carbonaria (garrapato)
Pachira aquatica v. *occidentalis*
Iryanthera ulei
Fagara hygrophila (tachuelo)
Sterculia aerisperma (bacao arisco)

PALMAS

Euterpe cuatrecasana (naidí)
Mauritiella pacifica (iraca)
Zamia chigua (Cycadaceae) (chigua)

BEJUCOS

Paragonia pyramidata
Strychnos darriensis
Cosmibuena grandiflora
Aegiphila laevis
Allamanda cathartica
Prestonia portabellensis
Aristolochia sp.
Desmonchus sp.
Marcgravia sp.

EPIFITAS

Blakea podagrica
Guzmania musaica
Struthanthus orbicularis

HIERBA

Lindernia diffusa

El *Moraetum oleiferae* en la isla Noanamito (Naya):

ARBOLES

Mora oleifera
Symphonia globulifera v. *macrocarpa*
Pachira aquatica v. *occidentalis* (sapotolongo)
Pterocarpus officinalis (suela)
Dussia lehmannii (bagatá)
Cespedesia repanda v. *lanceolata* (pacó)

PALMAS

Euterpe cuatrecasana (naidí)
Mauritiella pacifica (iraca)

En Brazo Ají, bajo río Naya:

ARBOLES

Mora oleifera
Tovomita rhizophoroides (manglillo)
Symphonia globulifera v. *macrocarpa*
Dialyanthera gracilipes (cuángare)
Pterocarpus officinalis (suela)
Apeiba aspera (peine de mono)
Ilex nayana
Xylopia polyantha
Brossimum utile

PALMAS

Euterpe rhodoxyla (naidí)
Manicaria saccata (jícara)
Mauritiella pacifica (iraca)

EPIFITAS

Clusia bracteosa
Schradera sp.

BEJUCOS

Connarus nervatus

Cerca de Buenaventura:

ARBOLES

Mora oleifera
Pterocarpus officinalis
Hirtella carbonaria
Pachira aquatica v. *occidentalis*
Symphonia globulifera v. *macrocarpa*
Clusia sp.
Tococca acuminata
Licania glauca
Miconia racemosa

PALMAS

Euterpe cuatrecasana
Mauritiella pacifica

FILICES

Acrostichum aureum (chigua macho)

EPIFITAS

Tuberostylis axillaris
Spherospermum ellipticum
Mikania sp.
Polypodium jubiforme
Guzmania glomerata
Guzmania musaica
Peperomia sp.

Con estas listas y otras coincidentes tomadas en otros lugares de la costa occidental, queda definida la comunidad *Moretum oleiferae*. En ella pueden encontrarse circunstancialmente varias de las especies de la selva inmediata, pero su característica es la constancia de ciertas especies de árboles y palmas ajustadas a un determinado biotipo. Estas especies tienen raíces estribos tabulares

(*Mora oleifera*, *Iryanthera ulei*, *Brossimum utile*, *Pachira aquatica*, *Dussia lehmannii*, *Pterocarpus officinalis*) o bien presentan fúlcreos (*Tovomita rhizophoroides*, *Dialyanthera gracilipes*, *Symphonia globulifera*, *Euterpe cuatrecasana*, *E. rhodoxyla*, *Mauritiella pacifica*). Algunas presentan, además, raíces en un todo iguales a las de ciertas plantas de manglar, p. ej. *Symphonia globulifera*, que desarrolla raíces terrífugas, es decir que emergen hasta 15 cm. del suelo en forma de codo levantado (al igual que en *Brugiera*). La palma *Euterpe cuatrecasana* y alguna otra especie del género desarrolla raíces terrífugas en forma de bujía, como los neumatóforos de *Avicennia*. En suelos inundados y lodosos, también *Mauritiella pacifica* produce raíces en bujía, siendo más delgadas que las de naidí. Parece que mis observaciones son las primeras que se han hecho sobre la existencia de raíces terrífugas en bujía (neumatóforos) en palmas. Las especies más características del *Moretum oleiferae* de la costa colombiana del Pacífico son: *Euterpe cuatrecasana*, *Symphonia globulifera v. macrocarpa*, *Pterocarpus officinalis*, *Mauritiella pacifica*, *Tovomita rhizophoroides* e *Hirtella carbonaria* Planchas III y IV.

B. LA SELVA SUBANDINA

La selva subandina se extiende desde 1000 a 2400 m. de altitud por las faldas de las cordilleras. La temperatura media va desde 23° a 16°. Las precipitaciones se calculan entre 4000 y 1000 mm. anuales, regularmente distribuidos. La fisionomía de estos bosques es semejante a la de la selva inferior pero contienen menor número de especies con raíces estribos, menor cantidad de lianas y de epífitas leñosas, tienen algunas especies arbóreas con hojas menores (microfilas) y menor cantidad de palmas grandes. En realidad la composición de estos bosques subandinos ha sido poco estudiada, creo que es la vegetación menos conocida de los países andinos y la causa puede residir en que corresponden a las vertientes más abruptas de las cordilleras, lo cual dificulta su exploración. Planchas VI y VII. Como ejemplo de la composición y estructura de una selva clímax subandina doy a continuación un análisis de una sinecia situada en la Cordillera Occidental a unos 1400 m. alt., en el lugar llamado La Laguna de la hoya del río Sanquininí. Aún siendo incompleta, pues falta la determinación de una buena parte de sus integrantes, los datos ofrecidos son bastante ilustrativos.

ARBOLES (15-30 met.)

- Anonaceae:
Guatteria lehmannii
- Apocynaceae:
Lachmella arborescens (popa)
- Araliaceae:
Dendropanax macrocarpum
- Brunelliaceae:
Brunellia comocladifolia
- Burseraceae:
Dacryodes olivifera (anime)
- Clusiaceae:
Chrysochlamys dependens (rapabarbo)
Tovomita lingulata (rapabarbo)

- Eleocarpaceae:
Sloanea robusta
- Euphorbiaceae:
Alchornea bogotensis
Croton mutisianus
Sapium sp.
- Flacourtiaceae:
Casearia megacarpa
- Hypericaceae:
Vismia mandur
- Icacinaceae:
Calatola sanguinensis
Citronella silvatica (lato)
- Lauraceae:
Nectandra spp. (jigua, laurel)
- Lecythidaceae:
Eschweilera cincta (membrillo)
- Leguminosae:
Calliandra carbonaria
Inga chardonii
Inga marginata
Inga popayanensis (churimo)
- Melastomataceae:
Blakea calyptrata
Meriania pallida
- Meliaceae:
Guarea rubrisepala
Ruagea trisperma (cartagüeno)
Cedrela subandina (cedro cebollo)
Trichilia goudotiana (chocho)
- Moraceae:
Brossimum utile (sande)
Castilla sp. (caucho)
Clarisia colombiana (lechudo)
Cecropia plicata (yarumo)
Cecropia strigilosa (yarumo)
Coussapoa danielis
Ficus ciroana (higuerón)
Olmedia boyacana
Pourouma crassivenia
- Myristicaceae:
Dialyanthera lehmannii
Virola macrocarpa (otobo)
- Proteaceae:
Panopsis mucronata (yolombo)
- Rubiaceae:
Cinchona calycina (roble rosado)
Faramea obtusifolia
Guettarda hirsuta
- Sapindaceae:
Allophylus angustatus
- Solanaceae:
Solanum sp. (tachuelo)
- Sterculiaceae:
Theobroma cirmolinae (cacao de monte)

ARBOLITOS

Bombacaceae:

Hampea albipetala (balso blanco)
Matisia sulcata

Leguminosae:

Erythryna edulis (chachafruto de monte)

Melastomataceae:

Conostegia cuatrecasii (nigüito)
Ossaea micrantha

Myrsinaceae:

Conomorpha occigranatenensis

Papaveraceae:

Bocconia pearcei

Rhizophoraceae:

Cassipourea floribunda

Rubiaceae:

Joosia umbellifera
Palicourea obesiflora
Anisomeris longiflora

Simaroubaceae:

Cedronia granatensis (cedrón)

PALMAS

Euterpe purpurea
Wettinacarpus cladospadyx

EPIFITAS LEÑOSAS

Araliaceae:

Schefflera sanquininensis

Clusiaceae:

Clusia venulosa
Clusia brachycarpa
Clusia coremandra

Vacciniaceae:

Cavendishia striata
Cavendishia splachnoides
Satyra grandiflora

BEJUCOS

Bignoniaceae:

Amphilophium glaziovii

Marcgraviaceae:

Marcgravia sp.

Menispermaceae:

Anomospermum occidentale

Passifloraceae:

Passiflora menispermifolia
Passiflora rubra
Passiflora tiliaefolia

Rhamnaceae:

Gouania polygama

Sapindaceae:

Paullinia faginea v. *pubescens*
Paullinia alata
Paullinia integra

Verbenaceae:

Aegiphila vullensis

EPIFITAS HERBACEAS

Begoniaceae:

Begonia cuatrecasana

Bromeliaceae:

Guzmania costaricensis
Pitcairnia brogniartiana
Tillandsia delicatula
Tillandsia adpressa v. *tonduziana*
Vriesia capituligera

HELECHOS

Cyathea divergens

Alsophila

Polypodium crassifolium

Lycopodium passerinoides

Lycopodium callitricaeifolium

Alrededor de los 2000 m. alt. las selvas subandinas están predominantemente compuestas de árboles pertenecientes a los siguientes géneros: *Tara*, *Calliandra* (Leguminosae); *Miconia*, *Meriania*, *Tibouchina* (Melastomataceae); *Euplassa*, *Roupala*, *Panopsis* (Proteaceae); *Ladenbergia*, *Cinchona*, *Elaeagia*, *Holtonia* (Rubiaceae); *Banara* (Flacourtiaceae); *Lacistema* (Lacistemaceae); *Rapanea* (Myrsinaceae); *Befaria* (Ericaceae); *Alcornea* (Euphorbiaceae); *Lafoensia* (Lythraceae); *Cecropia*, *Ficus* (Moraceae); *Escallonia* (Escalloniaceae), *Billia* (Hippocastanaceae); *Heliocarpus* (Tiliaceae); *Clusia* (Clusiaceae); *Vismia* (Hypericaceae); *Freziera* (Theaceae); *Cordia* (Borraginaceae); *Weinmannia* (Cunoniaceae); *Nectandra* (Lauraceae); *Quercus* (Fagaceae); *Clethra* (Clethraceae); *Saurauia* (Actinidaceae); *Toxicodendron* (Rutaceae); *Brunellia* (Brunelliaceae); *Alsophila* (Filices).

Una mirada al bosque de Los Cárpatos, 1920-2100 m. alt. (Valle, Cordillera Occidental), indica los siguientes principales componentes:

ARBOLES

Araliaceae:

Dendropanax macrophyllum
Dendropanax glaberrimum

Bombacaceae:

Matisia bolivarii v. *occidentalis* (sapote de monte)

Brunelliaceae:

Brunellia occidentalis (riñón)

Celastraceae:

Perrottetia caliensis

Clusiaceae:

Clusia ovalis (mandul)

Compositae:
Vernonia brachystephana

Cunoniaceae:
Weinmannia balbiana v. *calothyrsa* (encenillo)

Euphorbiaceae:
Hieronyma duquei (candelo)

Icacinaceae:
Calatola columbiana
Citronella colombiana

Leguminosae:
Inga coruscans

Melastomataceae:
Blakea calyptrata

Meliaceae:
Cedrela subandina (cedro)
Cedrela herrerae (cedro)
Ruagea tomentosa

Moraceae:
Cecropia telealba (yarumo blanco)

Myristicaceae:
Dialianthera lehmannii (otobo)

Proteaceae:
Euplassa duquei (yolombo blanco)
Panopsis rubra (yolombo colorado)

Rubiaceae:
Elaeagia utilis (azuceno)
Guettarda sabiceoides
Holtonia myriantha
Cinchona pubescens (quino)

Sabiaceae:
Meliosma glossophylla

Sapindaceae:
Allophilus excelsus

Simarubaceae:
Aeschrion medica (cuasia)

Staphylleaceae:
Huerteia granadina (cedrillo)

Styracaceae:
Styrax vidaliana (estoraque)
Styrax pseudoargyrophyllus (estoraque)

Symplocaceae:
Symplocos pichindensis

Vochysiaceae:
Vochysia duquei

ARBOLITOS

Caprifoliaceae:
Viburnum cornifolium

Clusiaceae:
Chrysochlamys dependens (rapabarbo)

Passifloraceae:
Passiflora arborea

Verbenaceae:
Aegiphila farinosa

ARBUSTOS

Acanthaceae:
Pseuderanthemum cuatrecasasii

Melastomataceae:
Miconia asclepiadea
Miconia psychrophila (nigüito)

Polygalaceae:
Monnina arborescens

Theophrastaceae:
Claviija caliensis

PALMAS

Euterpe zephiria

BEJUCOS

Acanthaceae:
Mendoncia microchlamys

Compositae:
Clibadium sarmentosum
Liabum megacephalum

Hydrangeaceae:
Hidranea peruviana

Passifloraceae:
Passiflora appoda

Rubiaceae:
Chiococca alba

Sapindaceae:
Paullinia fuscescens

Vitaceae:
Cissus rhombifolia

EPIFITAS LEÑOSAS

Araliaceae:
Schefflera elachystocephala

EPIFITAS HERBACEAS

Orchidaceae:
Epidendrum longipes

Piperaceae:
Peperomia enantiostachya
Peperomia josei

HELECHOS

Cyathea muriculata
Cyathea ochroleuca
Dennstaedtia cicutaria

En los límites altitudinales (2200-2500 m. alt.) el bosque subandino esta caracterizado por los siguientes géneros:

<i>Weinmannia</i>	<i>Cedrela</i>
<i>Clusia</i>	<i>Symplocos</i>
<i>Tovomita</i>	<i>Panopsis</i>
<i>Laplacea</i>	<i>Euplassa</i>
<i>Drimys</i>	<i>Roupala</i>
<i>Brunellia</i>	<i>Paiicourea</i>
<i>Rhamnus</i>	<i>Miconia</i>
<i>Ficus</i>	<i>Topobea</i>
<i>Hieronyma</i>	<i>Myrica</i>
<i>Maytenus</i>	<i>Clethra</i>
<i>Ilex</i>	<i>Chrysochlamys</i>
<i>Matisia</i>	<i>Viburnum</i>
<i>Dendropanax</i>	<i>Befaria</i>
<i>Oreopanax</i>	<i>Juglans</i>
<i>Guarea</i>	

En este piso de vegetación se puede incluir el *Quercetum tolimense* descrito en mi trabajo "Observaciones Geobotánicas" pág. 45, cuadro 4.

C. LA SELVA ANDINA

Los bosques andinos empiezan a unos 2400 m. alt. formando una faja hasta los 3800 m. alt. La temperatura media de este piso va desde 15° a 6°C. Las precipitaciones se estiman en 900 a 1000 mm. anuales si bien se carece de medidas en los lugares más altos. Nubosidad y nieblas frecuentes contribuyen a una constante humedad.

En la selva andina a medida que nos elevamos en altitud observamos que los árboles van siendo menores, con hojas más pequeñas, predominando las microfilas y en el límite altitudinal las nanofilas. El estrato epífítico en general es exuberante y conspicuo, gracias especialmente a las Bromeliáceas y Orquídeas que destacan por el colorido o bizarras formas de sus flores, a las Pteridofitas, musgos y hepáticas que a veces cubren materialmente la superficie de las ramas y troncos de los árboles y a los líquenes que ofrecen una variante nota de forma y color. Ya no se hallan los árboles epífitos de las Moráceas y Clusiáceas pero son abundantes los arbustos epífitos de flores coloreadas de las Vacciniáceas y los semiparásitos de las Lorantáceas que exhiben a menudo flores rojas o amarillas. También contribuyen a la flora epífita con profusión dicotiledóneas herbáceas de las Begoniáceas, Gesneriáceas y Lobeliáceas con vistosas flores y las carnositas *Peperomia*.

Entre los árboles del bosque andino los géneros representados de mayor importancia son los siguientes:

<i>Weinmannia</i> (Cunoniaceae) (encenillos)
<i>Brunellia</i> (Brunelliaceae) (riñón, cedrillo)
<i>Clusia</i> (Clusiaceae) (cape)
<i>Befaria</i> (Ericaceae)
<i>Ternstroemia</i> (Theaceae)
<i>Drimys</i> (Magnoliaceae) (canelo)
<i>Geissanthus, Rapanea</i> (Myrsinaceae)
<i>Daphnopsis</i> (Thymeleaceae)
<i>Miconia, Monochaetum, Tibouchina, Meriania</i> (Melastomataceae) (sietecueros, mayo)
<i>Oreopanax</i> (Araliaceae)
<i>Vallea</i> (Eleocarpaceae) (raque)
<i>Eugenia</i> (Myrtaceae)

<i>Gaiadendron</i> (Loranthaceae)
<i>Paiicourea, Ladenbergia, Cinchona, Psychotria</i> (Rubiaceae)
<i>Tournefortia, Cordia</i> (Borraginaceae)
<i>Xylosma, Abatia</i> (Flacourtiaceae)
<i>Piper</i> (Piperaceae) (cordoncillo)
<i>Bocconia</i> (Papaveraceae)
<i>Escallonia</i> (Escalloniaceae)
<i>Berberis</i> (Berberidaceae)
<i>Symplocos</i> (Symplocaceae)
<i>Duranta</i> (Verbenaceae)
<i>Hesperomeles</i> (noro), <i>Prunus, Polylepis</i> (colorado) (Rosaceae)
<i>Clethra</i> (Clethraceae)
<i>Rhamnus</i> (Rhamnaceae)
<i>Alnus</i> (Betulaceae) (aliso)
<i>Ilex</i> (Aquifoliaceae)
<i>Nectandra, Ocotea</i> (Lauraceae) (laurel, aguacate)
<i>Vernonia</i> sect. <i>Critoniopsis</i> (Compositae)
<i>Budleia</i> (Loganiaceae)
<i>Podocarpus</i> (Gymnospermae) (pino)
<i>Ceroxylon</i> (Palmae) (palma de cera)

En altitudes elevadas, que es donde la selva andina es más típica, los árboles dominantes o más notables de la formación son varias especies de *Weinmannia* (encenillos) con hojas o folíolos pequeños y brillantes, de *Ilex* con hojas pequeñas, rígidas y densas sobre las ramillas terminales, de *Escallonia* de ramificación aparasolada y hojas pequeñas, oscuras, de *Miconia* y de *Hesperomeles* principalmente *H. lanuginosa* (noro) provisto de gruesas hojas coriáceas y tomentosas. En ciertas regiones es *Polylepis* (colorado) uno de los árboles dominantes, caracterizado por la corteza externa del tronco rojizo y exfoliable y por las hojas de folíolos brillantes en la haz y tomentosos o seríceos en el envés. Las sinecias de este piso presentan abundantes especies, si bien el número de las arbóreas decrece con la altitud al mismo tiempo que se patentiza cierta dominancia de alguna especie o género (p. ej. *Weinmannia*) en el conjunto. Plantas características y extraordinarias de este piso son las palmas de cera (*Ceroxylon*) que yerguen altivas entre el bosque elevando sus esbeltos penachos por encima del ramaje; sus estipes lisos, céreos, de tono claro, son rectos y largos, alcanzando generalmente hasta 40 m. de altura, pero a veces mucho más. En ciertas regiones andinas son abundantes entre el monte. Cuando este se destruye a veces son respetadas las palmas que, siendo heliófilas, siguen prosperando y sellando con su marcada nota tropical la montaña andina. Plancha VIII.

Tengo muchos datos reunidos sobre la composición y distribución de los bosques andinos cuyos detalles se harán públicos una vez completado el estudio de las especies. En 1934 el autor publicó un esbozo de estudio de varias de estas comunidades correspondientes al *Weinmannietum tomentosae*, *W. tolimense*, *Cordietum lanatae* y *Hesperomeletum ferrugineae* (Observaciones págs. 48-75); se incluyeron formaciones subclimáticas y disclimáticas, como las del *Alchemillion* (pág. 88), acompañadas de cuadros estadísticos y de tablas analíticas de los biotipos (esquemas biotipológicos o "espectros" biotipológicos).

Las especies de árboles que se pueden dar como característicos de los bosques climáticos de mayor altitud son los siguientes considerando un ejemplo de la Cordillera Central. Este fue tomado junto al Páramo de Ba-

rragán entre 3500 y 3600 m. alt. e incluye árboles de 4 a 7 metros de altura que son los siguientes:

Miconia curvitheca (Melastomataceae)
Purpurella grossa (Melastomataceae)
Diplostegium tolimense (Compositae)
Gynoxys lindenii (Compositae)
Gynoxys verrucosa (Compositae)
Gynoxys florulenta (Compositae)
Hesperomeles lanuginosa (Rosaceae)
Ilex uniflora v. *paramensis* (Aquifoliaceae)
Vallea stipularis (Eleocarpaceae)
Oreopanax discolor (Araliaceae)
Tournefortia fuliginosa (Borraginaceae)
Geissanthus quindensis (Myrsinaceae)
Viburnum jamesonii (Caprifoliaceae)
Maytenus novogranatensis (Celastraceae)
Weinmannia tolimensis (Cunoniaceae)

En la Cordillera Oriental cerca al nevado del Cocuy, en el Alto del Escobal (3400-3600 m. alt.), el bosque que encontré a mayor altura estaba constituido por árboles de

Polylepis boyacensis (Rosaceae)
Weinmannia microphylla (Cunoniaceae)
Gynoxys subcinerea (Compositae)
Sessea elliptica (Solanaceae)
Hesperomeles lanuginosa (Rosaceae)
Escallonia sp. (Escalloniaceae)

Las asociaciones vegetales del límite altitudinal del bosque en su contacto con el piso contiguo de páramo son difíciles de clasificar, puesto que en ellas se encuentran especies de las integrantes del subpáramo, así como en este se entrometen las del bosque. Aquí se considera una localidad dentro del piso de selva andina cuando los árboles forman una masa continua de bosque de unos 10 m. de altura. Cuando la vegetación está fragmentada, viéndose árboles aislados y por lo tanto pequeños, o pequeños grupos de ellos localizados por condiciones edáficas, entre matorrales alternando con prados andinos estamos más bien en el piso altitudinal superior de transición que llamamos *subpáramo*. Una ilustración de la selva andina de altitud es la Lam. XVIII (Cuatr. Observ.) que representa la asociación *Hesperomeletum lanuginosae* (sinónimo de *H. ferrugineae*).

Aunque a primera vista el límite altitudinal que he dado para el bosque andino de 3800 m., puede parecer exagerado, en realidad no lo es, pues hay evidencia de que el límite climático del bosque ha sido aun más alto en el pasado. Por ejemplo, en la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental) en la vertiente del lado de San Paulino, se pueden observar reliquias de bosque macizo a 4000 m. alt., formados con dominancia de *Polylepis boyacensis* y presencia de *Escallonia*, *Rapanea*, *Weinmannia*, *Miconia*, *Gynoxys*. También observé menores grupos residuales de *Polylepis* en la misma sierra localizados a 4200 m. alt.

El límite inferior de la selva andina es irregular y más difícil de establecer. Tomo como ejemplo de composición la asociación hallada en una fuerte depresión de la Cordillera Oriental en el paso llamado Gabinete (Huila), a 2300-2450 m. alt. Esta asociación es típica del bosque andino siendo principales componentes del estrato arbóreo los siguientes:

Weinmannia penicillata (Cunoniaceae)
Weinmannia trianae
Weinmannia microcarpa

Weinmannia parviflora
Weinmannia balbisiana
Weinmannia caquetana
Weinmannia magnifolia
Brunellia rufa (Brunelliaceae)
Brunellia macrophylla
Tovomita umbellata (Clusiaceae)
Laplacea granatensis (Magnoliaceae)
Drimys granatensis (Magnoliaceae)
Rhamnus granulosa (Rhamnaceae)
Ficus huilensis (Moraceae)
Hieronyma macrocarpa (Euphorbiaceae)
Maytenus verticillata (Celastraceae)
Ilex gabinetensis (Aquifoliaceae)
Elaeagia karstenii (Rubiaceae)
Symplocos venulosa (Symplocaceae)
Oreopanax integrifolium (Araliaceae)
Hedyosmum translucidum (Chlorantaceae)

Este bosque se encuentra a una altitud inferior a la considerada ser la línea límite entre los pisos andino y subandino, por causa de circunstancias locales, pues ocupa el filo de la cordillera en una súbita depresión.

Es evidente que el bosque andino en otros tiempos estuvo mucho más extendido que en la actualidad sobre las faldas y altos de las cordilleras; el hombre ha destruido grandes extensiones de monte con objeto de dedicar la tierra al cultivo (maíz, papas, cereales...) o al pastoreo. Planchas XI, XII, XIII y XIV-2.

2. EL PARAMO

Páramos son las extensas regiones desarboladas que coronan las sumidades de las cordilleras por encima del bosque andino, desde 3800 m. alt. (localmente desde 3200 m.) hasta el nivel de la nieve permanente (4700 m. alt.). Son fríos y húmedos sufriendo cambios meteorológicos bruscos; están casi siempre cubiertos por la niebla, reciben frecuentes precipitaciones y son a menudo azotados por los vientos. Los fríos días neblinosos y lluviosos pueden alternar con otros despejados, soleados y cálidos, pero las noches son siempre frías, nevando frecuentemente a una altura superior a 4400 m. Pocos datos meteorológicos se disponen de esta región. Se indica la temperatura máxima de 12.7° y una mínima de -2° (2 grados bajo cero); registradas a 4400 m. alt.

El terreno está en su mayor parte saturado de agua y en muchos lugares aun pantanoso, asomándose en muchas partes las rocas. El suelo es negro, turboso, ácido, muy profundo, excepto en lugares altos, inclinados y rocosos donde la vegetación está enrarecida. Las plantas de los páramos están especialmente ajustadas a resistir el frío y la sequedad fisiológica. Esta está determinada por la reducción de la absorción que ocasionan la baja temperatura y la elevada presión osmótica del suelo, en contraste con una intensa transpiración en las horas soleadas. Así las plantas presentan estructura xeromórfica. Los páramos, excepto en el subpiso más alto, están densamente cubiertos de vegetación verde durante todo el año. La cobertura vegetal del páramo la forma principalmente un prado dominado por gramíneas, entremezcladas con arbustitos de hojas coriáceas y con plantas cespitosas, almohadilladas y arrosietadas. Entre estas últimas se encuentran las más llamativas y las más típicas plantas de los páramos grancolombianos. Nos referimos a los frailejones que constituyen rosetas de hojas generalmente de gran tamaño dispuestas en el extremo de

un tallo recto y erguido; las hojas suelen ser alargadas, gruesas, lanudas y blancas; el tallo está cubierto por una gruesa funda formada por las vainas secas de las hojas viejas; las flores son amarillas y delatan la familia de las Compuestas, pertenecen al género *Espeletia* concebido por Mutis. Algunos frailejones tienen tallos ramificados, pero otros, los auténticamente paramunos, son sencillos y enhiestos levantando a cierta altura (1-4 m. generalmente, pero alcanzan hasta 10 m.) el gran rosetón de hojas lanudas; en realidad constituyen un tipo biológico definido que conviene a la ecología del páramo, llamado *caulirrosula*. Las *Espeletia* son plantas sociales y la mayoría de los páramos colombianos están fisionómicamente dominados por formaciones, densas o espaciadas, a veces extensísimas, de *Espeletia*; son los frailejones. Algunas espeletias son acaules en cuyo caso la formación es un acaulirrosuleto, cuando son caulescentes tenemos el caulirrosuleto.

Las gramíneas que caracterizan los prados de páramo forman densos haces de hojas rígidas e involutas (enrolladas) apretados entre sí, pertenecientes principalmente a los géneros *Calamagrostis* y *Festuca*. Ellas constituyen sin duda el porcentaje más alto de la cobertura vegetal de este piso.

Los arbustos de los páramos son generalmente pequeños y ramosos presentando hojas coriáceas, pequeñas (nanofilas o leptofilas) con bordes revueltos o aciculares, frecuentemente densas o imbricadas y cubiertas de pelo en el envés o en ambas caras.

Las hierbas o sufrútices de los páramos tienen frecuentemente las hojas basales arrosetadas, o bien sus tallos ramosos, densamente intrincados, forman un denso césped a veces en forma de almohadilla o de alfombra. Muchos sufrútices o frutículos tienen las ramas reptantes e intrincadas medio enterradas o bien cubiertas con una masa de residuos vegetales que las oculta totalmente excepto las hojas y partes tiernas de la planta; este es también un tipo biológico típico del páramo que se puede llamar *cryptofrutex* o *cryptolignum*. Sus simorfias (o formaciones) son el *cryptolignetum* o *cryptofruticetum*.

El piso *Páramo* puede dividirse en tres subpisos:

A. EL SUBPARAMO

Este tipo de páramo es una región con abundante matorral que ocupa el cinturón, de anchura muy irregular, más bajo del páramo; no es más que la zona de transición entre el bosque andino y el páramo propiamente dicho; su vegetación es una mezcla de elementos de ambos. Está dominado por arbustos y salpicado por arbolitos procedentes del inmediato bosque andino. En su composición entra un gran número de especies fruticosas características que faltan o que son solo esporádicas en el bosque andino; ejemplos son especies de los géneros

Hypericum (Hypericaceae)
Aragoa (Scrophulariaceae)
Arcytophyllum (Rubiaceae)
Baccharis (Compositae)
Senecio (Compositae)
Diplostephium (Compositae)
Loricaria (Compositae)
Gynoxys (Compositae)
Stevia (Compositae)
Eupatorium (Compositae)

Ilex (Aquifoliaceae)
Miconia (Melastomataceae)
Brachyotum (Melastomataceae)
Purpurella (Melastomataceae)
Monochaetum (Melastomataceae)
Macleania (Vacciniaceae)
Cavendishia (Vacciniaceae)
Plutarchia (Vacciniaceae)
Vaccinium (Vacciniaceae)
Pernettya (Vacciniaceae)
Disterigma (Vacciniaceae)
Gaylussacia (Vacciniaceae)
Desfontainia (Desfontainiaceae)
Befaria (Ericaceae)
Gaultheria (Ericaceae)
Symplocos (Symplocaceae)
Rubus (Rosaceae)
Siphocampylus (Lobeliaceae)
Ternstroemia (Theaceae)
Berberis (Berberidaceae)
Monnina (Polygalaceae)
Rapanea (Myrsinaceae), etc.

Frecuentemente están representados por varias especies en el matorral que ofrece un aspecto poco uniforme y exhibe coloridas flores. Los árboles más frecuentes que aparecen esparcidos entre estos matorrales pertenecen a los géneros

Miconia (Melastomataceae)
Purpurella (Melastomataceae)
Senecio (Compositae)
Diplostephium (Compositae)
Gynoxys (Compositae)
Escallonia (Escalloniaceae)
Weinmannia (Cunoniaceae)
Polylepis (Rosaceae)
Hesperomeles (Rosaceae)
Befaria (Ericaceae)

En un trabajo anterior (Observaciones, págs. 133, 136) traté esta zona como un piso propio (3°) en el que incluía el complejo de asociación llamado *Vaccinion floribundi* (l. c. pág. 77).

B. PARAMO PROPIAMENTE DICHO

A esta sección corresponden las formaciones de prado de gramíneas fasciculadas (*Calamagrostis* y *Festuca*) y de caulirrosuleto (*Espeletia* spp.). Aparte de las gramíneas el páramo es rico en especies de otras formas biológicas.

La mayoría de los arbustos del subpáramo se encuentran esparcidos por entre el prado paramuno y algunos forman hasta pequeños matorrales en lugares en que las condiciones del terreno lo favorecen, p. ej. en puntos elevados o emergencias rocosas. Incluso arbolitos (de 2-1 metros) de ciertas especies se ven con frecuencia en el páramo propiamente dicho, cual ocurre con *Diplostephium revolutum* (romero), *Gynoxys paramuna*, *Senecio vaccinioides*, *Valeriana arborea*, *Miconia buxifolia*, *Polylepis boyacensis*. Con bastante frecuencia se pueden observar estos árboles aislados o formando pequeños grupos en los márgenes del prado paramuno y entre peñascos a una altitud considerable. El autor ha constatado grupos de arbolitos de 3-5 m. de *Gynoxys paramuna* a 4400 m. alt. y de *Polylepis boyacensis* a 4300 m. alt. en la Sierra Nevada del Cocuy.

Las especies de *Hypericum* con hojas menudas, densas o imbricadas o aciculares constituyen los más importantes frútices de los auténticos páramos, destacando sus brillantes flores amarillas. En ciertos lugares de humedad adecuada los *Hypericum* (o chites) son abundantes dominando el estrato ya solos ya en combinación con los frailejones, relegando el graminetum (o pajonal) a escasa participación. Una de las especies de chite más difundidas es *Hypericum laricifolium* que se encuentra en los páramos desde Venezuela hasta el Perú y en Colombia caracteriza asociaciones (p. ej. *Espeletium hartwegianae hypericetosum* Observ. pág. 110).

Otros géneros muy representativos de los fruticetos de páramo son *Vaccinium*, *Gaultheria*, *Pernettya* y varios de Compuestas. La cantidad de arbustitos en el páramo disminuye con la altitud llegando un punto (unos 4500 m.) en que desaparecen completamente. De mi experiencia los arbustitos que suben a máxima altitud son los del género *Loricaria*, compuestas con las hojas dispuestas en forma semejante a las *Thuja* (véase Cuatr. 1954 págs. 150-152). Los arbustitos de páramo tienen hojas coriáceas rígidas y pequeñas, predominando las de tipo leptófilo y nanófilo, siendo escasas las microfilas.

Importantes plantas de los páramos son también numerosas fanerógamas de aspecto herbáceo, pero que son criptofrútices, de *Bomarea*, *Bartsia*, *Gentiana*, *Halenia*, *Geranium*, *Lupinus*, *Draba*, *Lucilia*, *Lysipomia*, *Erigeron*, *Aster*, *Senecio*, *Werneria*, *Castilleja*, *Ranunculus*, *Sisyrinchium*, las pteridófitas *Lycopodium* y *Jamesonia*, etc. etc. Las matas de *Lupinus alopecuroides* son espectaculares por sus inflorescencias lanosas, columnares, de 1 m. de altura. Las diminutas rosetas de *Plantago rigida* forman densas y duras almohadillas. *Distichia tolimensis* es una peculiarísima juncácea que forma alfombras compactas, muy duras, de un espesor de 15 a 20 cms. sobre suelos muy húmedos, anegados o en la misma superficie de pantanos formando una estera flotante sobre la cual se puede caminar sin peligro de romperse ni de hundirse. Estas alfombras de *Distichia* están formadas por las ramas dicótomas de la planta cubiertas de hojas dísticas y aplanadas lateralmente, todas dispuestas paralelamente y densísimamente apretadas unas con otras. Las ramas de *Distichia* crecen constantemente por el ápice y mueren en su base cayendo las partes muertas al fondo del pantano donde se desintegran y forman turba; presentan un proceso biológico igual a la de los *Sphagnum*. Otras plantas que forman almohadillas son especies de *Azorella* y de *Paepalanthus*. También los *Sphagnum* forman comunidades entremezcladas con las otras en los páramos, contribuyendo a sus turberas. La flora de los páramos es sumamente rica y hace falta mucho estudio para conocerla totalmente, no obstante existe ya bastante literatura sobre la misma y se puede decir que se sabe más de ella que de las selvas climácicas. Por ello no me extiendo más sobre este tema. Quiero indicar no obstante que es en el páramo en donde hallamos grupos procedentes de migraciones boreales o australes, como p. e. las especies de *Gentiana*, *Draba*, *Cerastium*, *Erigeron*, *Ranunculus*, *Plantago*, *Lupinus*. Pero esto no quita que, como se dijo, la flora básica de todos los Andes es de origen americano habiéndose diferenciado las estirpes de abajo hacia arriba. Incluso la típica caulirrósula de las *Espeletias* paramunas tiene sus ancestrales en las formas arbóreas ramosas que se hallan en el bosque andino. Planchas XIV-XXII.

Más arriba de 4500 m. alt. cesan absolutamente las *Espeletia* y empieza una estrecha zona que llega hasta el nivel de la nieve, en donde la vegetación es dispersa y disociada, en un suelo pobre sobre cascos, arenas y grava. Esta vegetación cuya flora es distinta de la del páramo propiamente dicho y cuya "sociabilidad" es también diversa, forma otro subpiso llamado "superpáramo"; corresponde a la "Tierra gélida" de Pittier (1. s. 22). Según mis observaciones el superpáramo está probablemente sometido a diarias nevadas nocturnas excepto en estaciones secas. Hace años describí este tipo de vegetación a base de una sinecia estudiada en el Tolima con el título de consocietas de *Culcitium*. (Cuatr. Observ.: 119, cuadro 26).

Las especies más características de esta comunidad son los de la sección *Culcitium* del género *Senecio*, cubiertos de densa capa de lana blanca, como el *Senecio canescens*, *S. cocuyanensis* y *S. santanderensis*. Otras especies características son las plantas de arrenal y cascajar como *Cerastium caespitosum*, *C. floccosum*, *Draba pachythyrsa*, *Senecio adglacialis*, *S. supremum*, *S. gelidus*, etc., así como las gramíneas *Agrostis nigrivetula*, *Poa orthophylla*, *P. trachyphylla* y *Bromus oliganthus* y la juncácea *Luzula racemosa*. Plancha XXIII.

En esta zona de superpáramo se encuentran muchos endemismos localizados y la razón es que se trata de un piso interrumpido constantemente desde un extremo al otro de los Andes; el superpáramo ocupa solo casquetes aislados unos de otros como islas. Esta flora es bien expresiva del concepto del Dr. Murillo sobre "Colombia archipiélago biológico".

En mi trabajo varias veces citado (Observaciones págs. 101) se hallarán detalles sobre la composición y estructura de algunas comunidades vegetales de páramo, así como tabulaciones relativas a la presencia y porcentaje de biotipos. Pero deseo insertar aquí las conclusiones que del análisis de mis datos pude sacar como definidoras de la vegetación paramuna. Estas se basan en el análisis de cinco asociaciones que en conjunto agrupé en un complejo de asociación llamado *Espeletion*. Sus características son las siguientes:

1.—Elevada expansión, sociabilidad y densidad del caulirrosuletum (*Espeletia* div. sp.).

2.—Elevada proporción de especies del criptofruticetum, casi el 50% de la vegetación total.

3.—Proporción pequeña del perenihetbetum, presente solo en formas cespitosas y pulvinadas.

4.—Perennigraminetum de tipo fasciculado y de hoja arrollada (xerofítico), con máxima expansión y densidad; de tipo fasciculado y hoja plana (tropófito) solo en una facies local muy reducida de altitud.

5.—Gran desarrollo numérico y social del muscine-tum y liquenetum. Facies turbosas.

6.—Fruticetum relativamente rico en especies, pero solo con densidad manifiesta en un tipo. En los demás discontinuo y afisionómico, y presenta:

a) Predominio de formas leptófilas (superior al 50%), a las que siguen las nanófilas en gran proporción, con muy pocas micrófilas.

b) Exclusivismo de las formas esclerofilas, con proporción elevada de formas de hojas de bordes revueltos y densamente lanosas por una cara. Formas aciculifolias frecuentes y sociales (facies).

ESQUEMA BIOTIPOLOGICO DEL ESPELETTION

CONCEPTOS SIMORFIALES	% EN LAS SINECIAS						% DEL TOTAL DE LA SINECIA						% DEL FRUITICETUM						
	Medias	Cuadro 22	Cuadro 23	Cuadro 24	Cuadro 25	Cuadro 26	Hojas	Medias	Cuadro 22	Cuadro 23	Cuadro 24	Cuadro 25	Cuadro 26	Cuadro 22	Cuadro 23	Cuadro 24	Cuadro 25	Cuadro 26	Medias
Caulirosuletum	3	1	5	3,5	5,5	"	leptofilas	25	31	37	26	28,5	4,5	44,5	67	80	60	100	70
Fruticetum	19	22,5	37	18,5	14	4,5	nanofilas	31	39	19,5	37	37	22,5	"	20	20	40	"	25
Sufruticetum	2	"	2,5	3,5	3	"	microfilas	13	11,5	27	3,5	17	4,5	11,5	13,5	"	"	"	5
Cryptofruticetum	43	46,5	34	22	65,5	45,5	mesofilas	6	2,5	5	"	5,5	18	"	"	"	"	"	"
Perennherbetum	12	15	17	22	3	4,5	macrofilas	3	1	10	"	3	"	"	"	"	"	"	"
Annulherbetum	0,2	1	"	"	"	"	coriáceas	28	30	44	22	34	9	100	100	100	100	100	100
Perennigraminatum	9	5	2,5	7,5	8,5	22,5	herbáceas	51	57,5	56	48	48,5	45,5	"	"	"	"	"	"
Acanthirosuletum	0,5	"	2,5	"	"	"	revolutas	10	12,5	14,5	11	5,5	4,5	44,5	40	60	40	100	57
Proteretum	11	9	"	22	"	"	tomentosas	43	46,5	49	29,5	45,5	45,5	50	"	40	40	100	54
Caespiti-pulvinetum	27	34	12	44	14,5	32	imbricadas	6	10	5	11	5,5	4,5	17	"	20	40	100	35,5
Rosuletum	24	17	27	3,5	31,5	41	aciculares	2	2,5	2,5	3,5	3	"	11,5	6,5	20	20	"	11,5
Acaulirosuletum	21	16	19,5	"	26	"	divididas	13	15	17	11	20	9	"	"	"	"	"	"
Fasciculatum	13	9	2,5	18,5	11,5	23	ramas pubescentes	46	51	49	29,5	48,5	50	67	46,5	40	40	100	58,5
Especies características	71	66	39	66,5	83	100													

7.—Proporción bastante elevada de formas de hojas o vainas empizarradas.

8.—Proporción elevada de formas arrosetadas.

9.—Proporción elevada de formas cespiti-pulvinadas.

10.—Anuiherbetum nulo o reducidísimo.

11.—Proporción elevada de especies características (exclusivas o electivas); casi su totalidad.

Los páramos están hoy día mucho más extendidos de lo que fueron en otro tiempo y alcanzan un nivel mucho más bajo del que les corresponde en la vegetación climática. La destrucción de los bosques andinos, especialmente en sus límites altitudinales para proveer de pastos y formar campos de cultivo, depredación continuada por la acción del fuego, es la causa de que la vegetación paramuna se haya difundido a zonas más bajas desertizadas, originando subpáramos y páramos "secundarios".

3. LA SABANA

Las sabanas son llanuras cubiertas de una vegetación baja de gramíneas, arbustitos y a veces árboles esparcidos. Ocupan regiones bajas, cálidas, con estación seca más o menos larga, como ocurre en los llanos orientales al N. del río Guaviare y E. de la Cordillera, en la costa atlántica al este del río Sinú, en parte del bajo Magdalena y en algunos enclaves del interior, p. ej. en Tolima y Huila.

En los Llanos orientales la sabana cubre miles de kilómetros cuadrados en Colombia y Venezuela. La mayor parte de estos Llanos está caracterizada por pajonales o pastos subxerófitos, con frútiles abundantes, sin árboles o con ellos esparcidos; se pueden distinguir en ellos muchas asociaciones relacionadas generalmente a factores edáficos. Son especies típicas y características de las sabanas varios árboles de escasa altura, perennifolios, algunos de hoja muy gruesa, otros con corteza suberosa:

Bowdichia virgilioides (Leguminosae) (alcornoque)

Byrsonima crassifolia (Malpighiaceae) (chaparromantecón)

Curatella americana (Dilleniaceae) (chaparro)

Palicourea rigida (Rubiaceae) (chaparrobobo)

y el bototo, *Cochlospermum vitifolium* de grandes flores amarillas y hoja caediza en el verano.

Las gramíneas típicas y más frecuentemente dominantes en las asociaciones de las sabanas son

Andropogon bicornis

Eragrostis maypurensis

Andropogon leucostachyus

Andropogon cirrhatu

Axonopus chrysolepharis

Paspalum millegrana, etc.

Paspalum pectinatum

Aristida capillacea

Panicum rudgei

Aristida tinctoria

Ctenium planifolium, etc.

Entre los arbustos y subarbustos más comunes se hallan principalmente Melastomatáceas, Leguminosas, Labiadas, Esterculiáceas, Malváceas, etc., como p. ej.

Hyptis brachyata

Hyptis dilatata

Sida glomerata

Waltheria glomerata

Pavonia speciosa

Grimaldia llanorum

Mimosa pudica

Clitoria rubiginosa

Miconia rufescens

Miconia macrothyrsa

Miconia acinodendron

Tibouchina bipenicillata

a las cuales acompañan muchas otras especies.

Como ejemplo indicamos que en Apiaí, no lejos de Villavicencio, anotamos densas formaciones de *Andropogon bicornis*, entrelazadas con otras más o menos abiertas de *Tibouchina bipenicillata*, *Miconia rufescens* y *Grimaldia llanorum*, que forman consocios o socios locales extensas. Presentes en la asociación variando el grado de densidad o de dispersión, se encontraron los siguientes frútiles:

Mimosa indivisa

Borreria capitata

Hyptis dilatata

Waltheria glomerata

Miconia stenostachya

Miconia albicans

Miconia acinodendron

Miconia scorpioides

Miconia minutiflora

Miconia mollicula

Miconia ulei

Miconia amplexans

Clidemia neglecta

Clidemia tiliaefolia

Siparuna chiridota

Pavonia fruticosa

Bauhinia bicuspidata

Xylopia aromatica

Vismia angusta

y las siguientes gramíneas:

Eragrostis maypurensis

Panicum versicolor

Paspalum leucostachyus

Eriochloa distachia

Panicum rudgei

Paspalum conjugatum

Según el predominio de unas u otras especies varía la fisonomía local del paisaje, por lo que en ciertos lugares prevalecen formaciones arbustivas con gramíneas dispersas y en otros las gramíneas son densas con arbustos y hierbas esparcidas. Es frecuente encontrar densos pajonales de hasta 1 a 2 metros de altura como los que forman *Paspalum millegrana* y algunos *Andropogon*. También *Axonopus cirrhatu* da lugar a formaciones densas. Lo mismo ocurre con los arbustos o subarbustos predominando en matorrales sabaneros las antes mencionadas *Miconia rufescens*, *M. albicans*, *M. stenostachya*, *Sida glomerata*, *Hyptis brachyata*, *H. dilatata*, *H. colombiana*.

Como se ha dicho, el factor edáfico es muy importante, en función de parte de la permeabilidad del terreno la cual ocasiona una rápida desecación en época seca y un lavado del suelo en la época de las lluvias. Por esto en gran parte las sinecias están localmente determinadas por la topografía y calidad del suelo. En lugares bajos más o menos pantanosos o constantemente imbibidos en

época seca se halla una flora distinta de la de las sabanas elevadas y está constituida por elementos higrófilos como son:

Polygala higróphila
Fimbristylis complanata
Rynchospora kunthii
Blechnum serrulatum
Siphanthera alsinoides
Acisanthera limnobios
Naiadotherix myriophylloides
Caperonia angustifolia
Syngonanthus caulescens
Syngonanthus gracilis
Syngonanthus huberi
Eriocaulon humboldtii
Limnosipanea sp.
Coutoubea spicata
Chelonanthus uliginosus
Cipura paludosa
Cypella linearis
Utricularia hispida, etc.

En cambio en lugares altos bien drenados y despejados se desarrollan consocietas de gramíneas más bajas y densas o de ciperáceas arrosietadas como las tan típicas de *Oncostylis paradoxa* y *Bulbostylis lanata* (cabeza de negro), que encontramos extensamente en La Serranía.

Los Llanos de sabana están con frecuencia interrumpidos o cruzados por manchas alargadas de "mata de monte" llamadas también selvas de galería, las cuales siguen los cursos de los ríos y riachuelos o de las aguas freáticas en la época seca. La vegetación de estas "matas" es semejante en estructura a la de la selva higrófila ya tratada; depende de la extensión de la misma, la riqueza de su composición y el volumen de la masa arbórea. Es evidente que generalmente hay una intromisión en ella de elementos de sabana, así como hacia la sabana avanzan constantemente los constituyentes genuinos de estas "matas" (selva). La constante tendencia a expansionarse que demuestran las "matas" es una de las pruebas del origen antropógena de las formaciones de sabana, las cuales son mantenidas en virtud de los incendios periódicos y de la constante depredación por el pastoreo.

La naturaleza selvática de estas "matas" salta a la vista cuando encontramos en ellas las mismas especies de la selva amazónica indicando que no son más que una extensión de las mismas. Por ejemplo en pleno Llano hallamos *Palicourea condensata*, *Bauhinia tarapotensis*, *Siparuna guianensis*, *Guatteria metensis*, *Hirtella elongata*, *Palicourea punicea*, *Myrica sylvatica*, *Tococa guianensis*, *Jacaranda obtusifolia*, *Capironia decorticans*, *Pterocarpus ulei*, *Brownea vaupesana*, *Rourea glabra*, *Hieronyma laxiflora*, *Senegalia glomerata*, *Forsteronia benthamiana*, *Casearia javitensis*, *Duguetia odora*, *Couroupipta peruviana*, *Chrysochlamys ulei*, *Allophylus amazonicus*, etc. así como el gigante de las hierbas, el terriago, *Phenakospermum guianense*, el cual acompaña las "matas" en estas islas remanentes de selva a través de los Llanos. Lo mismo ocurre con el moriche, la palma *Mauritia minor*, que es tan fiel a los cursos de agua en las abiertas sabanas como lo es en el interior de la selva del Vaupés; en ambos ambientes constituye formaciones lineales por causa hidro-edáfica. Si en los Llanos persiste el moriche aun donde todo el resto de la selva ha sido anulada, es por su resistencia al fuego; por esta razón

destacan con frecuencia morichales aislados en medio de amplia sabana limpia de matorrales. La existencia en la región de los Llanos de una época seca no es causa exclusiva del tipo de vegetación de sabana. La sequía periódica facilita la acción aniquiladora de las quemadas, las cuales se repiten anualmente. Donde el período seco sea corto y la precipitación anual exceda de 1200 mm. se hace difícil sostener la sabana. Planchas XXIV y XXV.

La vegetación de la sabana que es típica en los Llanos orientales también se encuentra en el interior del país en partes bajas de las grandes hoyas (Magdalena, Cauca, Zulia...) en donde forman enclaves subseriales. Con frecuencia estas sabanas están más afectadas por el hombre dada la vecindad de los cultivos y un más intenso pastoreo. Pero la sabana está siempre tipificada por un grupo de elementos. Como ejemplo cito el siguiente tomado bastante arriba del Magdalena, en los llanos más al sur de Neiva, con las siguientes especies esparcidas:

Bursera tomentosa
Byrsonima crassifolia
Curatella americana
Rondeletia pubescens..
Malpighia glabra
Randia aculeata
Rapanea guyanensis
Casearia nitida
Neltuma juliflora
Machaonia acuminata
Croton glabellus
Muntingia calabura
Calliandra tolimensis
Clusia parvicapsula
Ficus elliptica
Ficus prinoidea
Guazuma ulmifolia, etc.

Aquí se nota la existencia de elementos extraños a las sabanas típicas procedentes del bosque climácico cercano o de las comunidades xerófilas de las lomas áridas contiguas. En realidad aún está por hacer el estudio de las diversas asociaciones de sabana y de sus relaciones con la selva y con las sinecias de los desertizados áridos, que se mencionan en el capítulo siguiente.

LA SABANA CASMOFITA

Un tipo especial de vegetación que se menciona como de "sabana" es la que se halla en lo alto de los cerros y mesetas, aisladas entre las selvas de las Guayanas, como son los cerros Roraima, Duida, Kaietur, Tafelberg, Auyan-tepuí, Ptari-tepuí, Chimanta-tepuí, Sipapo, etc. los cuales en recientes años han sido motivo de activas exploraciones que han proporcionado muchos descubrimientos. Estos cerros, formados o cubiertos por rocas de arenisca, se consideran las reliquias de un escudo de rocas cristalinas que se extendía continuo en el cretáceo descansando sobre granitos paleozoicos. La naturaleza química de estos cerros y su estructura física, muy permeable, que hace que el agua se filtre y escurra en ellos rápidamente, constituye un factor ecológico que imprime carácter a su vegetación. La flora de estos cerros es un matorral de tipo xeromorfo, predominando arbustos y árboles pequeños con hojas coriáceas, plantas arrosietadas de hojas firmes, con frecuencia espinoso-dentadas, de las Bromeliáceas, matas del tipo de caulirrósula pertenecientes a las Compuestas-Mutisias y a Rubiáceas y las bizarras *Vellozia*.

Este tipo de vegetación, que adquiere extensísimo desarrollo en los países vecinos tiene, aunque más pobremente, alguna representación en Colombia, en donde por vez primera en 1939 el autor exploró una estación de este tipo cerca de San José del Guaviare encontrando *Navia acaulis*, *Vellozia lithophila*, *Senefelderiopsis chiribiquitensis*, *Mandevilla nerioides*, *Acanthella conferta*, *Aneimia bumifolia*, *Syngonanthus humboldtii*, *Puya floccosa*, *Aranella fimbriata*, *Siphanthera capitata*, *Cassytha filiformis*, *Pitcairnia turbinella*. Quien después ha explorado y estudiado más esta flora ha sido R. Evans Schultes, que ha visitado varios de los cerros y mesetas de difícil acceso situados a modo de islas en medio de la inmensa selva del Vaupés-Caquetá-Meta. Schultes ha llamado especialmente la atención sobre este tipo de vegetación semejante a la de los cerros de la Guayana, habiendo explorado entre otros puntos los cerros Campana, Chiribiquete, Monachi, Isibucuri, etc. También la Sierra Macarena comprende en parte este tipo de flora, así como ciertos puntos situados en las faldas que originan los raudales, p. ej. Yuruparí. Según Schultes son típicos de estas formaciones los arbolitos o arbustos de *Senefelderiopsis chiribiquitensis*, la siringa enana *Hevea nitida* v. *toxicodendroides*, especies de *Clusia*, *Ternstroemia*, *Miconia pradoxa*, *Bombax coriaceum*, las bromeliáceas del género *Navia*, abundantes, varias orquídeas, *Poepalanthus*, etc. Todas ellas con su diversa estructura xeromorfa dan carácter a la flora de estos terrenos rocoso-arenosos, y muy especialmente se lo dan las *Vellozia* cuando presentes. Ojalá se active la exploración de los enclaves colombianos de esta flora.

4. FORMACIONES XEROFITICAS Y SUBXEROFITICAS

La costa del Caribe al N. de Colombia, desde el río Sinú hasta toda la península Goajira forma una zona en gran parte seca, resultado de la acción de los alisios. Aquí se deja sentir en la vegetación el efecto del clima del tercer tipo, caracterizado por un período muy seco que puede durar hasta seis meses, durante los cuales las lluvias son escasas y pueden ser hasta nulas. La precipitación varía localmente siendo mayor donde se levantan serranías capaces de detener los vientos; también varía según los años, pero siempre octubre y noviembre son los meses húmedos, los más lluviosos, y enero y febrero son absolutamente secos. La vegetación que se desarrolla de este modo es de tipo xerofítico: árboles pequeños y arbustos achaparrados, de hojas persistentes, coriáceas y rígidas con gruesa cutícula o que las pierden en verano (tropofitia), matas espinosas, plantas crasas, adquiriendo gran desarrollo, rosuletos de hojas rígidas y punzantes, sarmientos espinosos, y pequeños sufrutices y gramíneas que se secan en verano. *Cavanillesia plataniifolia* (macondo), bombacácea de tronco bombacho, es forma biológica típica de este medio. Características de las formaciones son arbolitos espinosos de mimosáceas, más o menos densos o esparcidos, generalmente caducifolios, los perennifolios de las caparidáceas y teofrastáceas (*Jacquinia*) y los cardones, es decir las cactáceas columnares que pueden alcanzar gran tamaño y densidad. También árboles resinosos de las burseráceas, como el almácigo, la bija y la caraña y los guayacanes de las zigofiláceas son típicos de estas formaciones xerofíticas. Según las condiciones de sequía local varía la concentración y distribución de especies en la formación, que puede ser bos-

que bastante denso con predominio de arbolitos, bosque claro o muy abierto, intrincado espinar o convertirse en completo erial. En ciertos lugares los cardones (*Lemaireocereus*, *Acanthocereus*...) son esparcidos o raros, en otros predominan formando bosque. En todo caso el aspecto del paisaje durante la época seca (verano) es de gran aridez. Esta vegetación ha sido descrita del departamento del Atlántico por Dugand (1938, 1944, 1947) quien ha dado además un cuadro analítico de la composición de una de las más importantes asociaciones de la región (1941). La comunidad estudiada por Dugand es de tipo tropofítico (es decir predominantemente caducifolia) y se trata de un complejo que denomina *Cappari-piptadenion*, en el cual la especie más abundante es el árbol espinoso caducifolio *Piptadenia flava*; va mezclado con otros numerosos árboles, de los que enumera 34 especies. Las especies más conspicuas son:

Piptadenia flava
Neltuma juliflora
Poponax tortuosa
Chloroleucon mangense
Coccoloba ramosissima

y las caparidáceas perennifolias

Capparis odoratissima
Capparis flexuosa
Capparis verrucosa
Stuebelia nemorosa

y la teofrastácea *Jacquinia aurantiaca*.

Además las suculentas:

Lemaireocereus griseus
Acanthocereus colombianus
Epiphyllum sp.
Pereskia colombiana
Pedilanthus tithymaloides
Dicliptera assurgens
Ruellia albicaulis
Tillandsia aloifolia
Phoradendron venezuelense,

el crassicauleto armado de *Bromelia pinguin*, muy difundido y que forma grandes greges; las brevicaducifolias *Libidibia coriacea*, *Neltuma juliflora* y *Zizyphus angolito*; otro árbol de los mayores con grueso tronco espinoso, *Bombacopsis quinata* (ceiba) y la palma *Copernicia sanctamartae* que se establece en formaciones en terrenos anegadizos.

Ahora bien, los bosques de selva no están muy lejos de esta estrecha región, ellos asoman por las serranías del oeste o suroeste y por las faldas de la Sierra de Santa Marta; donde condiciones locales de irrigación, protección topográfica, etc., lo favorecen, la selva se adelanta y sus formas subhigrófilas hacen contacto con las comunidades subxerofíticas, de tal modo que en los límites de la zona y en enclaves se pueden encontrar todas las transiciones entre el tipo desértico de vegetación, el espinar, el bosque tropófilo y el subhigrófilo.

Asociaciones subxerofíticas y aun xerofíticas y otras intermedias se hallan también en la región de Zulia y entre las Cordilleras donde las condiciones locales son semejantes, por ejemplo en la hoya del Chicamocha, en la del Dagua, en Río Sucio sobre Dabeiba, en el Magdalena, etc. Plancha XXVI.

Sorprendentemente, en el valle interior del Chicamocha, entre 1700 y 2200 m., en las abruptas y secas ver-

tientes y en la misma hondonada se halla una vegetación semejante constituida por los siguientes más visibles y típicos elementos:

Pithecelobium dulce
Poponax tortuosa
Fagara culantrillo
Cercidium praecox (yabo)
Neltuma juliflora (cuji)
Ficus soatensis (uvo)
Thevetia peruviana
Dodonaea viscosa (ayuelo)

entremezcladas con las siguientes cactáceas, algunas formando candelabro de considerable altura:

Cephalocereus colombianus (canelón)
Cephalocereus smithianus (canelón)
Lemaireocereus griseus (canelón)
Melocactus amoens
Mamillaria columbiana
Opuntia tunicata
Opuntia elatior
Cactus caesius

generalmente hay una cobertura baja de pequeños frutícos o sufrutícos y gramíneas, siendo las especies más abundantes:

Croton meridensis y *Cordia curasavica* a las que siguen
Lantana rugulosa
Malvastrum spicatum
Evolvulus argyreus
Alternanthera pungens
Jatropha gossypifolia
Eragrostis tephrosanthos
Tricholena repens
Pappophorum pappiferum

Los arbolitos que dominan en algunas de estas secas lomas son los tropófilos *Cercidium praecox* (yabo) y *Neltuma juliflora* (cuji) que con su copa aparasolada y de fino follaje dan notable carácter al paisaje.

En muchas lomas de estas regiones desertizadas, cuando el drenaje es grande o debido a causas que aun no se conocen, quizás quemadas muy continuadas, solo prospera el pajonal. Así se forman las llamadas por algunos autores estepas, si bien este tipo de formación es bien distinto de las verdaderas estepas. Las gramíneas del género *Andropogon* son muy frecuentes en estas formaciones en haces, especialmente *A. condensatus*. También se presenta *Aristida*, habiendo observado extensas formaciones de *Aristida laxa* en lomas desertizadas de la hoya del río Bugalagrande a unos 2250 m. alt. En lugar más bajo y cálido (Ibagué) las hay muy altas y densas de *Hyparrhenium bracteatum* (Observ. p. 85) que se repiten frecuentemente. En cerros del Valle del Cauca (1000-1200 m. alt.), sometidos a constantes quemadas, se hallan formaciones de *Andropogon condensatus* en haces, acompañadas de otras especies como *Sporobolus indicus*, *Paspalum paniculatum* y de dicotiledóneas, p. ej. *Croton ferrugineus*, *Hyptis colombiana*, *H. pectinata*, *Senecio semidentatus*, *Baccharis trinervis*, *Buchea prismatica*, etc.

5. LOS MANGLARES

Son asociaciones arbóreas o arbustivas perennifolias de carácter anfíbio, halófilas que prosperan en las costas tropicales, ofreciendo generalmente un efecto espectacular.

Las plantas de los manglares están estructuradas para resistir fuertes oleajes y para la vida en agua salobre pues están sometidas a las periódicas inundaciones provocadas por la marea. Es adecuada adaptación morfológica de las plantas de manglar un sistema de raíces aéreas formado por estribos, fúlcreos o zancos, cables (con geotropismo positivo) y raíces terrífugas (geotropismo negativo) en forma de codo o de bujía. Este complicado sistema radical fija las plantas al suelo que es de tipo flojo y lodoso, ayudando a su estabilidad y sirve también para absorber durante la bajamar el aire que no puede tomar del suelo inundado. El suelo de los manglares es limoso, carece de oxígeno y contiene gran concentración de sustancias disueltas, lo cual dificulta la absorción por las raíces. Los manglares ocupan lugares de la costa generalmente junto a los estuarios de los ríos; las aguas cargadas de detritus y materia orgánica depositan sus acarreos entre el sistema radical del manglar; con ello el suelo se enriquece y se eleva progresivamente. Cuando el terreno alcanza el nivel de la pleamar, es ya firme y es invadido por una vegetación no halófila que sustituye el manglar por la selva tropical. Así el manglar avanzando hacia el mar y retirándose del interior va ganando nuevo terreno para la tierra firme.

En Colombia los manglares ocupan casi toda la costa del litoral Pacífico y la occidental del Atlántico en donde forman una faja, en lugares de gran anchura, atravesada por una compleja red de canales o esteros. Los manglares colombianos son de los más extensos del mundo, pues alcanzan completo estado de madurez, formando una densa selva de gran volumen y altura. El manglar corresponde al complejo de asociación llamado *Rhizophoretalia*, el cual en Colombia está integrado por comunidades de especies de *Rhizophora* (*Rhizophoraceae*), *Pelliceria* (*Theaceae*), *Avicennia* (*Avicenniaceae*), *Laguncularia* y *Conocarpus* (*Combretaceae*). En la costa atlántica es *Rhizophora mangle*, pero en la del Pacífico es *Rhizophora brevistyla* la especie que constituye la masa más importante e imponente del manglar. En la costa del Pacífico *Rhizophoretum brevistylae* cubre enormes extensiones ofreciendo el espectáculo de la gran selva; aquí alcanzan los tallos una altura de hasta 40 metros y de 1 metro de diámetro; además están sostenidos por un sistema de corpulentas raíces-estribos, arqueadas, que levantan la base del tallo a una altura de hasta 10 m. sobre el nivel del lodo. Plancha XXVII.

Recorriendo los esteros que cruzan el manglar y que comunican la desembocadura de un río con la de otro, se encuentran las diversas comunidades de manglar. Cada especie aparece en asociaciones exclusivas que se distribuyen de afuera hacia adentro según la solidez del terreno, la salinidad y la distancia que les separa del océano. Una de las sucesiones de comunidades más frecuentes es la siguiente:

- 1.—de *Rhizophora brevistyla* (mangle rojo), m y desarrolladas en el frente marino.
- 2.—de *Avicennia nitida* (iguanero), asociación de árboles de mediana altura, le sigue en terreno más elevado.
- 3.—de *Laguncularia racemosa* (comedero) arbustiva o arborea de menos altura; forma una tercera faja.

En ciertos lugares hay una aparente inversión de la sucesión, pues por haberse acumulado depósitos aluviales entre las raíces del manglar (*Rhizophora*), luego este ha sido invadido exteriormente por comedero o iguanero.

No lejos de formaciones de *Laguncularia* en playas limosas se encuentran formaciones herbáceas de *Sessuvium portulacaecum*, lo cual indica un estado avanzado en la consolidación del terreno. En el frente marítimo, está siempre en primer lugar, en rompeolas, el mangle rojo. *Pelliceria rhizophorae* (piñuelo) es un arbolito de forma de ciprés, de unos 10 a 15 m., se encuentra cerca de *Rhizophora* y en donde el terreno es duro, rocoso y no demasiado hondo. Los piñuelos pueden formar comunidades pero no se internan. *Rhizophora* y *Pelliceria* son sucedidas por *Avicennia* (iguanero) al internarnos y esta lo es por *Laguncularia* (comedero). En terreno aun más elevado se encuentra la asociación de *Conocarpus*. Para Colombia una de las plantas de mayor interés científico del manglar es el piñuelo, porque es un árbol de una familia muy diversa de las de los restantes mangles y constituye un género endémico con una sola especie. *Pelliceria rhizophorae* es exclusiva de la Costa del Pacífico.

Otras especies secundarias se hallan en el manglar y tienen interés, porque en realidad esta formación es pobre en especies. Dos de ellas son un arbolito *Ardisia granatensis* y un arbusto, *Pavonia rhizophorae*, que se encuentran asociados al comedero y al iguanero; son especies limitadas a estas formaciones de la Costa del Pacífico. Otras especies secundarias son la Rizoforácea *Casipourea killipii*, la Melastomatácea *Conostegia polyantha* y la Rubiácea *Rustia occidentalis*, frecuentes en la zona de transición. Una nota ornamental del manglar es el gran helecho *Acrostichum aureum* (chigua macho), que es frecuente en los terrenos más elevados bajo *Rhizophora*. Además tienen interés ciertas epífitas que son algunas bromeliáceas y orquídeas y dos compuestas: *Tuberostylis rhizophorae* y *T. axillaris*, ambas de la importante lista de endemismos de esta formación.

6. FORMACIONES DE PLAYAS Y MARGENES

Las formaciones de playas representan las primeras fases de la vegetación sobre un suelo primario nuevo formado por recientes depósitos aluviales. Las plantas que primero aparecen sobre estos suelos son heliófilas de pocas exigencias y capaces de aprovechar la escasa cantidad de nutrimento de un suelo pobre. Las especies más generalmente representadas en estas formaciones de playa son gramíneas; suelen tener tallos rastreros y estolones que se extienden y enraizan fácilmente, contribuyendo con ello a fijar el terreno y prepararlo para la invasión de otras plantas. En las grandes playas y bancos aluviales de los ríos de los Llanos orientales se encuentran con frecuencia asociaciones pioneras de gramíneas monoespecíficas o dominadas por una sola especie. En el río Meta (p. ej. en Vuelta Mala) he observado largos tallos o cañitas estoloníferas extendidas sobre playas nuevas, formando malla que fija los arenales; con gran frecuencia estas son de *Hymenachne amplexicaulis* y de *Paspalum millegrana*. Estas especies forman luego grandes haces erguidos de pajonal. También se hallan en esta fase primaria de las playas otras gramíneas más esparcidas como son

Eriochloa punctata
Leptochloa virgata
Panicum elephantipes
Eragrostis acutiflora
Echinocloa crus-gavonis

la ciperacea *Cyperus ligularis* y los grandes haces o greigies de *Imperata contracta*. Esta es una de las de más efecto fisionómico en las playas nuevas y en vías de fijación, pero otra dominante de la primera fase es *Paspalum millegrana* que da lugar a grandes y densas formaciones. No obstante, a medida que la playa se afirma, gana terreno y se establece el pajonal de *Hymenachne amplexicaulis* (gramalote, cañizo) formando comunidad cerrada de cañitas de 1 a 2 metros de alto, a través de la cual es difícil abrirse paso y que puede extenderse en muchos kilómetros de superficie. Otra fase en la fijación que sucede a las anteriores y donde el suelo es menos pobre es la de la caña brava, *Gynerium sagittatum*, y también la de la compuesta *Tessaria integrifolia*. Esta última, llamada "sauce" constituye formaciones de arbustos o arbolitos uniformes de 2-4 m. altura en playas o bordes interiores de las playas firmes. Una vez asentadas estas comunidades se asocian progresivamente nuevas especies que van ganando terreno y mejorando el suelo, favoreciendo la entrada de una más compleja vegetación. Entre estas especies invasoras se pueden citar *Mimosa pigra* (mata de espino), *Sesbania exasperata*, *Funastrum clausum*, etc. Plancha XXVIII.

La caña brava desempeña un papel importante en la fijación de los terrenos primarios en una etapa siguiente a la del graminetum o pajonal inicial. Diversas dicotiledóneas, arbustos o árboles son también características de etapas priseriales y entre ellos se encuentran los guarumos o yarumos (*Cecropia*). Es evidente, que tanto en los bancos de los ríos orientales como en los del centro (Magdalena) y occidentales, los yarumos caracterizan formaciones marginales riparias, en las que esquematizando consideramos que constituyen una tercera etapa en la invasión de las playas por la vegetación. La primera etapa es la inicial, la de varias gramíneas fijadoras, ramosas o fasciculadas, una segunda etapa es la de caña brava o de ciertos arbustos o pequeños arbolitos ("sauce", "chíparos") o de grandes *Escitamineas* (*Calathea*, *Heliconia*, *Costus*: 'hoja blanca', bijao, platanillo, cañagria); a todo esto suceden las formaciones de *Cecropia*. Estas forman comunidades monoespecíficas uniformes que cubren extensos bancos formando fajas marginales de más o menos anchura a lo largo de los ríos, separando la playa de la selva. Plancha XXX. En el Meta, he observado tal sucesión, es decir de fuera adentro:

- 1.—pajonal de gramínea (p. ej. *Hymenachne amplexicaulis*).
- 2.—cañar de *Gynerium sagittatum*.
- 3.—guarumal de *Cecropia* sp.

También puede presentarse:

- 1.—pajonal.
- 2.—formación de *Tessaria*.
- 3.—formación de *Cecropia* sp.

En el río Sucumbíos (Putumayo) en la playa de Singüé anoté semejante sucesión:

- 1.—pajonal (*Paspalum virgatum* y *Oryza latifolia* y *Hymenachne amplexicaulis* y *Panicum zizanioides*).
2. cañar de *Gynerium sagittatum*.
- 3.—guarumal de *Cecropia pacis*.

También en el Putumayo el pajonal de orilla o de playa es con frecuencia una formación extensa de *Hymenachne amplexicaulis* o de *H. donacifolia*. La etapa segunda puede también consistir en formación de esci-

tamíneas, p. ej. *Calathea comosa*, etc. o bien puede ser un matorral formado por *Tessaria* o por leguminosas (p. ej. *Zygia*, *Inga*, *Mimosa*...). También se presenta el caso en que a la formación de caña brava suceden otras de matorral (*Tessaria*, leguminosas, etc.), resultando como una serie de cuatro etapas; de este tipo indiqué unas en el río Magdalena (Observ. 28-31), en las cuales, al cañar de *Gynerium sagittatum* sigue una formación de *Salix humboldtiana*, y a esta la de *Cecropia*. Esta serie completa (el ejemplo de la fig. 3, loc. cit. es un margen cortado en el que falta la playa baja) sería como sigue:

- 1.—graminetum con *Hymenachne*.
- 2.—cañar de *Gynerium*.
- 3.—arbusculetum de *Salix*.
- 4.—guarumal (*Cecropia* sp.).

En otra publicación anterior (Vistazo, 309-310, pl. 5 y 6) he resumido cómo tiene lugar la invasión de las playas nuevas del río Calima en la Costa del Pacífico. También allí es frecuente el pajonal de *Hymenachne amplexicaulis* presentándose con cierta importancia el de *Panicum grande*. Además, otras especies pueden ser las primeras dominantes de playas (p. ej. *Panicum laxum*) y también se señala con frecuencia una sucesión desde la orilla hacia el interior formada por: 1, graminetum p. ej. *Panicum laxum*; 2, *Gynerium sagittatum*; 3, *Cecropia*.

Cuando las orillas se inundan con frecuencia puede presentarse también una vegetación especial de gramíneas más higrófilas, p. ej. algunas del género *Ischaemum*, que constituyen densas formaciones de alto pajonal más o menos tiempo inundado en los márgenes de ríos.

A veces aparecen dicotiledóneas arbustivas como primera fase, de vegetación exclusiva en un terreno nuevo, lo cual se puede explicar por depósitos de limo que puede haber en el subsuelo. Un ejemplo de este caso es el de arbolitos de *Calliandra angustifolia* (chípero) en el Putumayo y Sucumbios; son arbolitos bajos achaparrados, de copa aplanada, que aparecen solitarios, esparcidos, en los islotes de cascajo y arena exentos de cualquier otro tipo de planta. Precisamente entre las Mimosáceas se encuentran especies que buscan las orillas de los ríos aún en tierra templada, p. ej. desde 0 a 1400 m. alt. he observado en tales estaciones *Calliandra pittieri*, *C. angustifolia*, *Albizia carbonaria*, *Inga* spp., *Zygia* spp., etc.; también suben por los ríos *Tessaria integrifolia*, *Heliocharis popayanensis* y con más tolerancia *Salix humboldtiana* que alcanza a más de 2600 m. alt. Igualmente forman grupos riparios las guadas. Ya por el nivel del piso andino, además del sauce (*Salix humboldtiana*), se encuentran en formaciones de importancia *Alnus jorullensis* v. *ferruginea*, *Eugenia* sp., *Vallea stipularis*, *Myrica* spp., etc.

En las playas marítimas (Costa del Pacífico) las gramíneas reptantes fijadoras más importantes en formación son *Cenchrus pauciflorus* y *Homolepis aturensis*, siendo también reptantes típicas de estos arenales, *Phyla nodiflora*, *Pectis arenaria*, *Ipomoea pes-caprae*, *I. stolonifera*, *Canavalia maritima*, *Stenotaphrum secundatum*. Los primeros arbustos que se encuentran al fijarse la playa son *Mimosa pudica*, *M. pigra*, *Psidium guayabo*, *Ditremexa occidentalis*, *Hibiscus tiliaceus*, *Chrysobalanus icaco*, *Anona glabra*. Este último es un arbolito que abunda en ciertas zonas más al interior dando sabrosos frutos (guanabanillo). Planchas XXIX y XXX.

Las áreas deforestadas de las montañas que en algunas regiones son extensas están frecuentemente cubiertas con prados. Esto ocurre cuando la precipitación es suficientemente uniforme y no hay un período anual bastante seco para favorecer las quemadas continuadas. En este último caso se originan sabanas o lomas de aspecto estepario. Cuanto a la humedad es bastante sostenida, en tierra caliente se suelen desarrollar prados o praderas de gramíneas introducidas que se han propagado y difundido profusamente; estas son el yaraguá, *Melinis minutiflora* y el pasto micay, *Axonopus compressus* y *A. scoparius*. Estos pastos ocupan extensiones en clima cálido y templado cálido. También se han difundido en tierra caliente formando praderas, el pará (*Panicum purpurascens*) y el guineo o yerba guinea (*Panicum maximum*). Otros pastos abundantes en tierras deforestadas cálidas y húmedas son los de *Paspalum bijugatum*, *Panicum polygonatum*, *Paspalum decumbens*, *Panicum zizanioides* y *Panicum hylaeicum*.

Subsiguientes a la destrucción y quema de los bosques subandinos, se siembran o esparcen semillas de algunos pastos, y se difunden también espontáneamente procedentes de los campos vecinos, especies de *Paspalum*, *Axonopus*, *Panicum*, *Trifolium* y *Dactylis glomerata*. Cerca de Tacueyó en la Cordillera Central encontré una formación de prado constituida por las siguientes especies dominando la primera:

Paspalum macrophyllum
Digitaria sanguinalis
Kyllinga odorata
Setaria geniculata
Polypogon elongatus
Trisetum deyeuxioides
Cyperus niger
Bohmeria aspera
Manettia coccocypseloides
Cuphea racemosa
Pilea microphylla
Scutellaria trianae
Chaptalia nutans
Borreria laevis
Equisetum bogotense
Spilanthes americana
Trifolium repens
Oxalis martiana
Ranunculus vaginalis

En el Valle del Cauca, cerca de La Margarita, 2100-2200 m. alt., la composición de la pradera es como sigue:

Panicum olivaceum
Oplismenus burmannii
Holcus lanatus
Setaria geniculata
Calamagrostis viridiflavescens
Polypogon elongatus
Sporobolus poiretii
Pseudochinolaena polystachya
Zeugites mexicana
Salvia scutellarioides
Rumex obtusifolius v. *agrestis*
Trifolium repens
Jaegeria hirta
Spilanthes americana
Stemmatella urticifolia
Cyperus hermaphroditus

Bidens pilosa v. *minor*
Borreria ocymoides
Borreria laevis
Verbena litoralis
Erechtites valerianifolia
Castilleja arvensis
Cissus rhombifolia
Piper glanduliferum
Peperomia pennellii
Bomarea patinoi

Stemmatella
Jaegeria
Lachemilla

Es indudable que la riqueza en especies de la formación y su diverso origen es clara expresión del carácter subserial o secundario de estos prados.

Es interesante la composición de uno de estos prados de la sabana de Bogotá, en lugar cercano a Sibaté, en terreno poco inclinado que fue abandonado de cultivo dos años antes; el aspecto es de prado graminoide bastante denso con dominio completo de *Anthoxanthum odoratum* de unos 60 cm. de alto; las demás especies esparcidas:

Anthoxanthum odoratum
Eragrostis soratensis
Paspalum trianae
Stipa mucronata
Bromus coloratus
Eragrostis pastoensis
Dactylis glomerata
Holcus lanatus
Brassica campestris
Rhaphanus sativus
Stevia elongata
Stevia rhombifolia
Chrysanthemum leucanthum
Apium leptophyllum
Daucus montanus
Bidens triplinervia v. *hirtella*
Bidens pilosa v. *minor*
Oenothera multicaulis v. *tarquensis*
Sisyrinchium sp.
Anthericum sp.
Gnaphalium sp.
Gnaphalium spicatum
Silene gallica
Ranunculus pilosus
Lachemilla aphanoides
Lithospermum mediale
Cologania ovalifolia
Oxalis corniculata
Siegesbeckia sp.
Erigeron uliginosus
Sonchus oleraceus
Veronica sp.

En realidad, a la altitud entre 2500 y 3000 m. los prados suelen estar dominados por las gramíneas introducidas *Dactylis glomerata* (pasto azul), *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum* y *Agrostis palustris*, como he comprobado también en antiguas praderas de la sabana en los terrenos que son ahora la Ciudad Universitaria. A mayores altitudes generalmente van tomando preponderancia especies de las asociaciones del *Lachemillion* especialmente *Lachemilla orbiculata* y *Lachemilla aphanoides*. Estas especies dominan desde los 2600 a 3600 m. alt. extensos prados de tipo cespitoso en suelos bastante húmedos o irrigados. Para citar solo un ejemplo doy la composición de uno de estos prados formado por denso césped de *Lachemilla* en el cual las restantes especies están esparcidas. Es un *Lachemilletum orbiculatum* *Trifoliosum* situado en la Quebrada de San Cristóbal sobre Las Delicias (Bogotá) a 2950 m. alt. (Plancha XXXI):

Lachemilla orbiculata
Lachemilla aphanoides

En cuanto a los prados que se forman en las montañas del piso andino por supresión del monte, sirve de ejemplo el siguiente, anotado en la loma de Barragán, Cordillera Central, en extensa formación prácticamente uniforme entre 2660 y 2800 m. alt. Son dominantes las cinco primeras especies (asociés), las restantes abundan, aunque más esparcidas:

Aegopogon cenchroides
Panicum bulbosum
Sporobolus poiretii
Axonopus compressus
Dactylis glomerata
Trifolium repens
Amarantus quitensis
Stemmatella sodiroi
Stemmatella urticifolia
Alonsoa meridionalis
Trifolium dubium
Salvia palaefolia
Castilleja arvensis
Spilanthes americana
Juncus andreanus
Juncus tenuis
Jaegeria hirta
Poa annua
Desmodium mollicolum
Desmodium affinis
Verbena litoralis
Avena sativa
Setaria geniculata
Rebunium hypocarpium
Bidens pilosa v. *radiata*
Trisetum deyeuxioides
Medicago hispida
Bromus quitensis
Asplenium monanthes
Galium obovatum
Galium fraseri
Veronica humifusa
Juncus capillaceus
Vasquezia anemonifolia
Triodanis perfoliata
Phytolacca bogotensis
Bidens rubifolia
Trifolium procumbens
Lachemilla andina
Lobelia rupestris
Carex albolutescens
Satureja bro. zeii
Stipa mucronata
Alternanthera paniculata

En estaciones muy locales más húmedas se concentran:

Hydrocotyle sp.
Spilanthes
Trifolium repens

Trifolium repens
Trifolium filiforme
Hypochaeris sessiliflora
Aster marginatus
Gnaphalium spicatum
Rumex acetosella
Carex bonplandii v. *humilior*
Altensteinia rostrata

En mi trabajo mencionado (Observ.: 88-99) se trataron diversas asociaciones de prados de este tipo, relativos al *Lachemillion* (= *Alchemillion*) y a ellos se remite al lector.

8. VEGETACION ACUATICA

Es poco lo que se conoce hoy día de la vegetación acuática, y parte de las observaciones hechas no pueden actualizarse por estar pendiente la identificación de muchas colecciones.

Como vegetación acuática de tierra caliente en aguas tranquilas se pueden referir las formaciones flotantes de *Eichornia crassipes* (lirio de pantano) de flores azules que dominan grandes extensiones cubriendo la superficie de ciénagas y de aguas lentas, como p. ej. ocurre en el Valle del Cauca y en el bajo Magdalena. En forma semejante se encuentra *Pistia stratiotes* de flores blancas ya sola ya acompañando la anterior o con otras especies esporádicas. También las Pteridofitas *Salvinia natans* y *Marsilia* sp. cubren la superficie de lagunas o pantanos; en Puerto Carreño entre peñascos graníticos, encontré una de estas asociaciones (*Salvinia* y *Marsilia*) en una laguna cuya temperatura era de 50°C. Planchas XXXII-XXXIV.

En las lagunas de tierra fría no faltan tampoco las hydropteridales, habiendo observado en muchos pozos o lagunitas subparameras (2000-3000 m. alt.) que tenían gran parte de la superficie o toda ella cubierta por una continua capa flotante de color verde o más comunmente rojizo, de *Azolla filiculoides*.

La región amazónica del sur de Colombia alcanza a desarrollar la extraordinaria *Victoria regia* cuyas hojas flotantes en forma de plato alcanzan más de 1 m. de diámetro y cuyas grandes flores rosadas emergen a la superficie del agua. Formaciones de esta extraordinaria especie tropical fueron encontradas en un afluente tranquilo cerca de Leticia por R. Evans Schultes.

Frecuentes en tierra caliente son también asociaciones de *Nymphaea goudotiana*, *Limnanthemum humboldtianum*, *Trapa natans* y *Cabomba aquatica* (p. ej. Valle, 1000 m. alt.). Comunidades monoespecíficas semisumergidas de *Araceas* spp. y de *Carludovica* son frecuentes en las zonas cálidas, en caños más o menos sombríos y de agua limpia y tranquila, p. ej. la de *Urospatha sagittifolia* con espatas blanquecinas y espádice violáceo, de los caños del Vaupés.

Lo mismo en tierra caliente que en tierra fría son frecuentes formaciones palustres de ciperáceas y gramíneas. Pajonales densos e inundados se pueden encontrar en todos los climas. En tierra caliente llaman la atención las formaciones sumergidas (inundadas) de la "cortadera" *Lagenocarpus guianensis*, de *Rynchospora* div. sp., así como en tierra fría forma enormes juncales en ciénagas la "totora" *Scirpus californicus*, *Juncus bogotensis* (Pl. XXXV) y otras.

Aunque no muy abundantes, existen en Colombia también formaciones acuáticas de aguas torrentosas, especialmente en las cataratas y en los raudales de los ríos orientales. Así p. ej. entre las peñas batidas por la corriente del río Vaupés, en el raudal de Yuruparí, encontré una asociación de *Rhyncholacis brassicifolia* y *Weddellina squamulosa* (Podostemonaceae). En la base del Salto de Tequendama junto a la hoya de recepción otra Podostemonácea forma una asociación rupestre de chorrera *Marathrum foeniculaceum* (donde la anoté en 1938). En el Chocó es frecuente en raudales *Tristicha hypnoides*. Dugand publicó un interesante estudio sobre la ecología de las Podostemonáceas en general y en Colombia (1944).

BIBLIOGRAFIA

- Barriga Villalba, A. M.* — Las heladas en la sabana de Bogotá. Rev. Acad. Col. de C. E. F. y N., 9: 274-279, 1956.
- Bates, M.* 1948. — Climate and vegetation in the Villavicencio region of eastern Colombia. Geogr. Rev. 38 (4): 555-574.
- Caldas, Francisco José.* — Memoria sobre la invelación de las plantas que se cultivan en la vecindad del Ecuador. Rev. Ac. Col. C. E. F. Nat. 8: 168-172, 1951.
- Chapman, Frank M.* — The distribution of Bird-life in Colombia. Bull. of Am. Mus. of Nat. Hist. Vol. 36, 729 pages. New York 1917.
- Chardon, Carlos E.* — Viajes y Naturaleza, 379 págs. Editorial Sucre, Caracas 1941.
- Chaves, Milcíades.* — La Guajira: Una región y una cultura de Colombia. Rev. Colomb. Antrop. 1: 125-152, Bogotá 1953.
- Cuatrecasas, José.* — Plantae Colombianae Novae. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Ser. Bot. 26, 30 págs. y 1 láms. (Lámina I representa el *Espeletietum* en el Tolima). Madrid, 15-IV-1933.
- Cuatrecasas, José.* — Observaciones geobotánicas en Colombia. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat., Ser. Bot. 27, 144 págs. 32 láms. Madrid 1934.
- Cuatrecasas, José.* — Impresiones sobre la vegetación de los Andes en Colombia. Rev. Acad. Cien. 18: 29-41 Zaragoza 1935
- Cuatrecasas, José.* — Zusammenfassung, en Resumen de mi actuación en Colombia con motivo del II Cent. del nacimiento de Mutis, págs. 149-156. Trabajos del Mus. Nac. de Cienc. Nat. y Jardín Bot., Ser. Bot. 33, 158 págs. y 8 láms. Madrid, julio 1936.
- Cuatrecasas, José.* — Resumen de unas Observaciones Geobotánicas en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias E. F. y Nat., 5: 289-294. Bogotá, diciembre 1943.
- Cuatrecasas, José.* — Vistazo a la Vegetación Natural del bajo Calima. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias E. F. y Nat., 7: 306-312, y 6 láminas. Bogotá 1947.
- Cuatrecasas, José.* — New mural shows plant life of Colombia's High Andes. Bull. of Chicago Nat. Hist. Museum 19 (n. 9): 1-3, 1948.
- Cuatrecasas, José.* — Rosette Trees, a tropical growth form. Bull. of Chicago Nat. Hist. Museum 20 (n. 10): 6-7, 1949.
- Cuatrecasas, José.* — Frailejónal, típico cuadro de la vida vegetal en los páramos andinos. Rev. Ac. Col. C. E. F. y Nat. 7: 457-461, Bogotá 1950.
- Cuatrecasas, José.* — Notas a la Flora de Colombia XII. Rev. Acad. Colomb. C. E. F. Nat. 8: 464-488, Bogotá 1952.
- Cuatrecasas, José.* — Synopsis der Gattung *Loricaria* Wedd. Feddes Repertorium 56: 150-172 Tafel. 1, Berlín 1954.
- Cuatrecasas, José.* — Outline of vegetation types in Colombia. VIII^e Congres International de Botanique. Rapports et Communications, Sect. VII: 77. París 1954.
- Cuatrecasas, José.* — Distribution of the genus *Espeletia*. VIII^e Congres International de Botanique, Rapports et Communications, Sect. IV: 131, París 1954.
- Cuatrecasas, José.* — Esquema sumario de la vegetación de la "Provincia Norteandina". Suelos Tropicales 1: 13-30 con 8 láminas. Medellín, 1956.
- Cuatrecasas, José.* — A sketch of the vegetation of the North-Andean province (Summary). Proceedings of the Eight Pacific Science Congress, vol. IV, Botany, págs. 167-173. Quezon City, 1957.
- Daniel, H.* — Aspectos de una Flora 15 págs. Medellín 1939.
- Daniel, H.* — Una Ascensión al Cerro de "La Vieja". 14 págs. Medellín, 1940.
- Daniel, H.* — Apuntes sobre la Flora de Antioquia. Medellín, 1942.
- Diels, L.* — Pflanzengeographie. 3. Aufl., Sammlung Goeschen. 159 págs. Berlín & Leipzig 1921.
- Dugand, Armando.* — The transition forests of Atlántico, Colombia. TROPICAL WOODS, 40: 1-14. 1934.
- Dugand, Armando.* — Estudios Geobotánicos Colombianos (Descripción de una sinecia típica en la subxerofitia del Litoral Caribe) Revista de la Academia Colombiana de Ciencias E. F. y Nat., vol. 4: 135-141 y 2 láminas. Bogotá julio 1941.
- Dugand, Armando.* — Apuntaciones sobre el medio en general y la vegetación en Colombia. Revista trimestral de la Universidad Nacional 1: 307-343. Bogotá, octubre 1944.
- Dugand, Armando.* — Nuevos conceptos biotológicos y ecológicos en la Hydrophytia y breve sinopsis de la *Flora podostemonácea* de Colombia. Revista Academia Colombiana de Ciencias E. F. y Nat., VI: 28-31 Bogotá, diciembre 1944.
- Dugand, Armando.* — On the vegetation and plant resources of Colombia. In Verdoorn's Plants and Plant Science in Latin America, 289-293. Waltham, 1945.
- Dugand, Armando.* — Aves del Departamento del Atlántico, Colombia (introducción ecológica geográfica, págs. 497-546). Caldasia, 4: 499-648, 1947.
- Fosberg, F. R.* — El Páramo de Sumapaz. Colombia. Journ. New York Bot. Gard. 45: 226-234 (1944).
- Guhl, Ernesto.* — La Costa del Pacífico entre los ríos Dagua y Naya. Bol. Soc. Geogr. Colomb. 7: 100-112. Bogotá, 1948.
- Hammen, Thomas van der.* — El desarrollo de la Flora Colombiana en los períodos geológicos. Bol. Geológico 2, n. 1: 49-106 pl. 1-7 y 1-21, Bogotá, 1954.
- Holdridge, L. R., Little, E. L. Jr. and others.* — The forests of western and central Ecuador, Forest Service, United States Department of Agriculture. 134 págs. and 2 maps. Washington, 1947.
- Howe, Marshall A.* — A little-known Mangrove of Panamá. Journ. New York Bot. Card., vol. XII, págs. 61-72, April 1911.
- Jenny, Hans.* — Great soil groups in the equatorial regions of Colombia, South América. Soil Science 66: 5-28 (1946).
- Knoch, K.* — Klimakunde von Südamerika. Berlín, 1930.
- Lauer, Wilhelm.* — Humide u aride Jahreszeiten in Afrika und Suedamerika u ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geogr. Abhand. 9: 15-98. Bonn, 1952.
- Little, E. L., Jr.* — A collection of tree specimens from western Ecuador. The Caribbean Forester, 9: 215-298 (Nº 3) Puerto Rico, 1948.
- Llano, Manuel del.* — Planeamiento regional de Colombia con fundamento ecológico. Suelos Ecuatoriales 1: 39-45 ocho láminas y un mapa. Medellín 1956.
- Merizalde del Carmen, P. Bernardo.* — Estudio de la Costa Colombiana del Pacífico, 248 págs. Bogotá, 1921.
- Moldenke, H. N.* — The known geographic distribution of the member of the *Verbenaceae* and *Avicenniaceae*. New York City, 1942.
- Murillo, Luis María.* — Colombia, un archipiélago biológico. Documentos para un estudio ecológico del país. Rev. Ac. Col. de C. E. F. y N. VIII: 168-220, 1951; VIII: 409-431, 1951; IX: 1-XX, 1956.
- Murphy, R. C.* — The littoral of Pacific Colombia and Ecuador. The Geographical Review, 29: 1-33 (1939).
- Oppenheim, O.* — Geología de la Costa Sur del Pacífico de Colombia. Inst. Geogr. Boletín Nº 1 Bogotá 1949.
- Patiño, V. M. y colaboradores.* — Presentación del Calima. 162 págs. Cali, 1946.

- Patiño, V. M.* — Estación Agro-Forestal del Pacífico de Calima-Buenaventura. Publ. Secret. Agr. y Fom., Cali, 1948.
- Pérez, Arbeláez, E.* — Plantas útiles de Colombia. Bogotá, 1947; Madrid, 1956.
- Pérez, Arbeláez, E.* — Hilea Magdalena (Prospección Económica del Valle Tropical del Río Magdalena). Contraloría General de la República. Bogotá, 1949.
- Ruebel, E.* — Pflanzengesellschaften der Erde. Bern-Berlín, 1930.
- Salvoza, F. M.* — Rhizophora. Natural and Applied Science Bulltin. Univ. of Philippines, vol. 211. Manila, 1936.
- Schaujfelberger, P.* — Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia 296 págs. Manizales, 1944.
- Schimper, A. F. und Faber, F. C. von.* — Pflanzengeographie auf Physiologischer Grundlage, 3 Aufl., 2 vols. Jena, 1935.
- Schmidt, R. Dietrich.* — Die Niederschlagsverteilung in andinen Kolumbien. Bonner Geogr. Abhand. 9: 99-119. Bonn, 1952.
- Schroeder, Rudolf.* — Die Verteilung der mittleren Lufttemperatur in Kolumbien. Bonner Geogr. Abhand 9: 120-123. Bonn, 1952.
- Schultes, Richard E.* — Plantae Colombianae IX, Nova species Senefelderaceae. *Caldasia* 3 (Nº 12): 121-130. 1944.
- Schultes, Richard E.* — La riqueza de la Flora Colombiana. *Rev. Acad. Col. de C. E. F. y N.* 8: 230-241; láminas y figuras. 1951.
- Schultes, Richard E.* — La familia de la Velloziáceas en Colombia. *Rev. Ac. Col. de C. E. F. y N.* 8: 458-463 y 4 láms. 1952.
- Schultze, Arnold.* — Flammen in der Sierra Nevada de Santa Marta. *Mitteilungen der Geogr. Gasell. in Hamburg* 45: 59-226, 1 map and 13 plates. Hamburg 1937.
- Schultae, Rohnhof, Arnold.* — Pflanzengeographische Beobachtungen aus den Regenwäldern von Ecuador und den angrenzenden Gebieten von Colombia. *Botanische Jahrbucher*; 75, 2: 221-272 Stuttgart 1950.
- Servicio Geológico Nacional.* — Mapa Geológico general de la República de Colombia a escala 1: 2.000.000 y breve explicación. *Comp. Est. Geol. Ofic. en Colombia Tom. VI-Anexo I.* Bogotá, 1945.
- Smith, Albert C. & Koch, M. F.* — The genus *Espeletia*: a study in phylogenetic taxonomy. *Brittonia* 1: 479-530, 2 pl., 1935.
- Troll, Carl.* — Der asymmetrische Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord und Südhalbkugel. *Ber. Geobot. Forch. Rübel Zürich Jahr* 1947: 46-83. Zürich, 1948.
- Troll, Carl.* — Das Pflanzenkleid der Tropen in seiner Abhängigkeit von Klima, Boden und Mensch. *Deutscher Geographentag Frankfurt* 28: 35-66. Frankfurt 1952.
- Troll, Carl.* — Die Lokalwinde der Tropengebirse u ihr Einfluss auf Niederschlag u Vegetation. *Bonner Geogr. Abhand.* 9: 124-182. Bonn, 1952.
- Troll, Wilhelm.* — Die Mangrovenwachse in "Vergleichende Morphologie der hoeheren Pflanzen" Vol. I, part 3, Berlín-Zehlendorf, 1942.
- Vareschi, Volkmar.* — Sobre las superficies de asimilación de Sociedades Vegetales de Cordilleras tropicales y extratropicales. *Boletín Soc. Venez. Cienc. Nat.* 14: 121-173. Caracas, 1953.
- Vergara y Velasco, F. G.* — Nueva Geografía de Colombia. Bogotá, 1901.
- Vergara y Velasco, F. J.* — Las Regiones Naturales de Colombia, publicado por L. M. Murillo en Archipiélago Biológico, *Rev. Acad. Col. de C. E. F. y N.*, 8: 409-431, 1951.
- Verdoorn, F. (editor).* — Plants and Plant Science in Latin América. Waltham, 1945.
- Vila, Pablo.* — Nueva Geografía de Colombia 358 págs. y 1 map. Librería Colombiana, Bogotá, 1945.
- Weddell, H. A.* — *Chloris Andina*, 2 vols. París, 1855-1857.

G L O S A R I O

Acaulirrósula

Plantas con hojas arrosadas a ras del suelo.

Aciculifolias

Plantas con hojas en forma de aguja (aciculares), como los pinos.

Asocietas, asocies

Varias especies que comparten el dominio de una asociación.

Bioma

Conjunto de todos los seres, vegetales y animales, que forman una comunidad biológica estabilizada.

Biotipo

Forma biológica, tipo biológico.

Casmófitas

Plantas que prosperan en las fisuras de las rocas.

Caulifloras

Plantas que presentan las flores directamente sobre el tallo o ramas gruesas.

Caulirrósula

Planta de tallo recto y simple terminado por un penacho o roseta de hojas.

Caulirrosuleto

Formación o agrupación de plantas de tipo caulirrósula.

Climácico

Que corresponde a la climácico.

Climácico

Estado espontáneo de la vegetación natural de una región cuando ha adquirido el máximo desarrollo (mayor masa) posible en las condiciones de su clima con caracteres de estabilidad.

Consocietas, consocies

Dominancia de una sola especie en una asociación.

Corológico

Relativo a la distribución geográfica de las plantas.

Criptofruticetum

Formación de plantas *criptofrútex*. Sinónimo de *criptotolignetum*.

Criptofrútex (criptofrutex)

Arbustito rastrero cuyos tallos se ocultan entre el suelo y los residuos vegetales acumulados sobre el suelo.

Disclimácico

Relativo a una condición distinta de la climax, originada por la destrucción total o parcial de la vegetación espontánea.

Ecología (vegetal)

Estudio de las relaciones o interdependencia de las plantas con el medio

Edáfico

Relativo al suelo.

Epífita

Planta que vive encima de otra planta que le sirve de soporte o casa, sin parasitar o vivir de ella.

Esclerofilas

Plantas de hojas gruesas y coriáceas.

Especiación

Proceso de formación o de diferenciación (derivación) de nuevas especies.

Esquema biotipológico

Representación esquemática o tabular de la cantidad o del porcentaje de cada uno de los tipos biológicos presentes en una comunidad vegetal. Sinónimo de "espectro biológico".

Formación

Asociación vegetal caracterizada por la forma biológica dominante, p. ej. bosque, matorral.

Formas biológicas

Categorías en que se clasifican las plantas según su estructura vegetativa independientemente de su posición sistemática, por ejemplo: hierba, bejuco, árbol, caulirrésula, etc. Sinónimo de biotipo y de tipo biológico.

Fúlcreos

Raíces sostén que nacen oblicuas sobre la base del tallo y forman como una armazón cónica. También "zancos" o "sancos".

Halófilas

Plantas que prosperan en suelos salinos.

Halófobas

Plantas que no pueden prosperar en suelos con sal.

Heliófilas

Plantas que buscan la luz, amantes de lugares abiertos.

Hidrófilas

Plantas acuáticas o semiacuáticas.

Higrófilas

Plantas adaptadas a la humedad.

Higrofitia

Sector y tipo de vegetación de países lluviosos con abundantes precipitaciones durante todo el año.

Leptofilas

Hojas muy pequeñas, de menos de 25 mm². de superficie (escala de Raunkiaer).

Macrofilas

Hojas grandes, de superficie entre 18225 y 164025 mm². (escala de Raunkiaer).

Megafilas

Hojas muy grandes, como las del plátano, por ejemplo.

Megatermas

Plantas que prosperan a temperatura elevada durante todo el año, con mínima media mensual de 16°.

Mesofilas

Hojas de tamaño mediano, de superficie entre 2025 y 18225 mm². (escala de Raunkiaer).

Mesotermas

Plantas que prosperan a temperaturas con mínima mensual entre 0° y 16°, tolerando poco temperaturas inferiores.

Microclima

Factores climáticos que recaen en la limitada estación en que vive la planta.

Microfilas

Hojas pequeñas de superficie entre 225 y 2025 mm². (escala de Raunkiaer).

Microtermas

Plantas que viven en países fríos o con largos períodos invernales con heladas y nevadas.

Nanofilas

Hojas pequeñas, de superficie entre 25 y 250 mm². (escala de Raunkiaer).

Neumatóforo

Raíces desarrolladas fuera del suelo, con función respiratoria, en forma de bujía, fúlcreo, codo, etc.

Nortandina (área)

El área de la región norte de los Andes que abarca Colombia, Ecuador y la parte andina de Venezuela.

Parásito

Planta que vive de otro, que toma su alimento de otro ser viviente.

Pulvinetum

Conjunto de plantas del tipo biológico en almohadilla (*pulvinulum*).

Raíz bujía

Raíz terrífuga, que emerge del suelo con un brote de esparraguera o aparentando una bujía.

Raíz terrífuga

Raíz con geotropismo negativo, que crece para arriba, saliéndose del suelo, como en ciertas especies de los manglares y de lugares pantanosos (p. ej. el iguanelo, el naidí, el machare).

Simorfia

Conjunto de los elementos de una sinecia o de una comunidad vegetal, que presentan la misma forma biológica. Por ejemplo las hierbas de un robledal, que forman la simorfia *herbetum*.

Sinecia

Conjunto de todas las plantas que viven reunidas formando una agrupación homogénea, definida por la morfología de los componentes.

Subhigrofitia

Sector y tipo de vegetación de países lluviosos con un corto período seco o muy poco lluvioso.

Subserial

Estado de la vegetación, alterada, en una etapa alejada de la climática.

Tropandina (área)

El área que abarca los Andes tropicales, es decir las regiones andinas comprendidas entre los dos círculos tropicales.

Tropófitas

Plantas que pierden la hoja en una estación del año desfavorable, que pueden ser por causa de excesivo frío o de excesiva sequedad.

Truncifloras

Plantas que presentan las flores directamente sobre el tronco.

Xerófitas

Plantas que prosperan en lugares secos.

Xeromorfas

Plantas de estructura adecuada para prosperar en lugares secos.



1—Създа антропогенал дел оло Ваппа, еден долго и ало дел Сери Мамави (Мити); на јорина територија испитува; **Clusia nitida**; (Pinto-Castro, 1970)



II—Selva neotropical del río Putumayo, con el cono de raíces típico de *Socratea elegans*. Pimpallo de *Gustavia* sp. con un penacho de grandes hojas. Un indio Kofán. (Foto Chatterjee 1381).



III-1 — Aspecto de una asociación de *Tovomita rhizophoroides*, exhibiendo sus típicas raíces epigeas, en la selva neotropical pantanosa de la Costa del Pacífico, que sucede en el interior a los manglares. (Foto *Chatterton* C-2082).



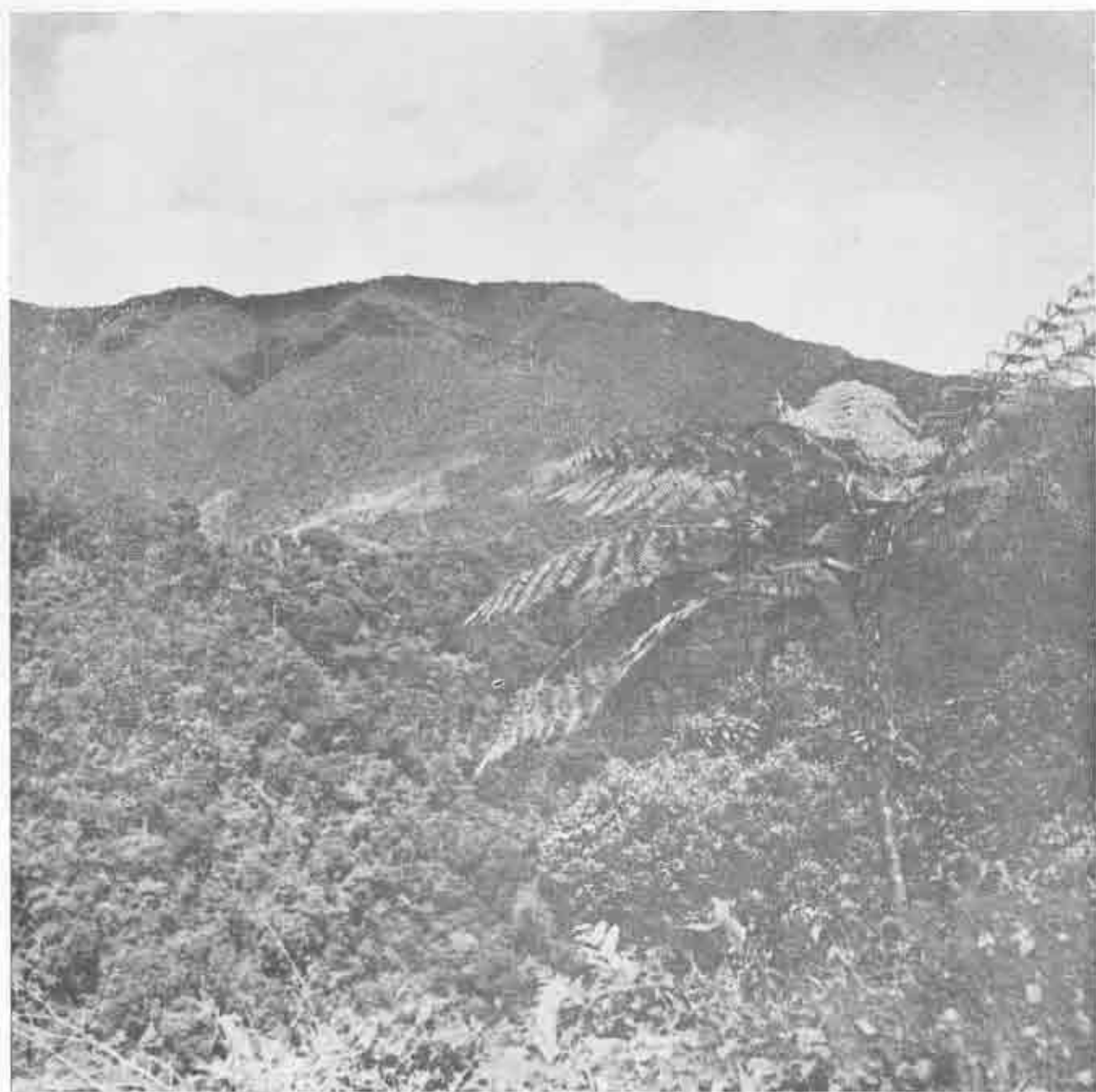
III-2 — Grúgas de *Enterpe cuneatissima* en la asociación *Morenium oleiferae* de la Costa del Pacífico, río Yurumangú. Obsérvense los típicos filicesos y las raíces recéfugas en laja. (Foto *Chatterton* C-2198).



IV—Raíz geotrópico-positiva, inclinada, (normal) de *Euterpe cuatrecasana* (nandi) mostrando el nacimiento de ramas geotrópico-negativas (accesóritas), las raíces terrífugas en luz, también llamadas pneumatóforos, (Foto Cuatrecasas C-2205).



V—Selva neotropical de la Costa del Pacífico, río Yurumangui. A la izquierda el tronco de un guasco (*Eschweilera* sp.) y tallos trepadores epífitos de *Clusia* sp.; palmas jóvenes de *Welfia regia* y *Wettinia quinaria* y un gran bejuco, el "rayo" (*Abuta colombiana*). (Foto Cuatrecasas C-2057).



VI—La selva subandina en la Hoya del río Anchicavá-Digua, a 1,350 m. alt. En primer término un helecho arbóreo de *Allophila* sp.
(Foto Cuatrecasas 1-1974)



VII-1 — Selva neotropical subandina en la Cordillera Occidental. En primer término a \pm 1.100 m. alt. palmas de *Catostigma inconstans*, *Cecropia megastachya* (yarecos con grandes hojas palmadas) y guaduas conspicuas. (Foto Cuatrecasas C-2116).



VII-2 — Formación de helechos arbóreos, en el sotobosque de la selva subandina. Cordillera Oriental, región del Satare, 2.100 m. alt. (Foto Cuatrecasas C-1871).



VIII-1 — Cordillera Central, Cauca, Hoya del río Palo, 2.600-2.700 m. alt. Bosque andino densamente salpicado por palmas de *Ceroxylon*. (Foto Cuatrecasas G-2341).



VIII-2 — Valle del Cauca, 1.000 m. alt. "Corral"; formación de *Scheelea butyracea* (Mutis) Karsten, "palma de puerco" o "corral de puerco". (Foto Cuatrecasas G-2434).



IX-1 — Alto Calima, entre Restrepo y Darién, paisaje de guaduales. (Foto Cuatrecasas I-1658).



IX-2 — Guadual en el Alto Calima. (Foto Cuatrecasas I-1660).



X—*Syagrus sancona* (HBK.) Karsten, entre Garrago y La Virginia, \pm 1200 m. alt. (Foto Casanova 1-1810).



XI—Condillera Occidental, Los Farallones. La selva andina a 3.500 m. alt. Primer término con abundante *Weinmannia engleriana* y *Miconia ochroleuca*. (Foto Cuatrecasas 1-1707).



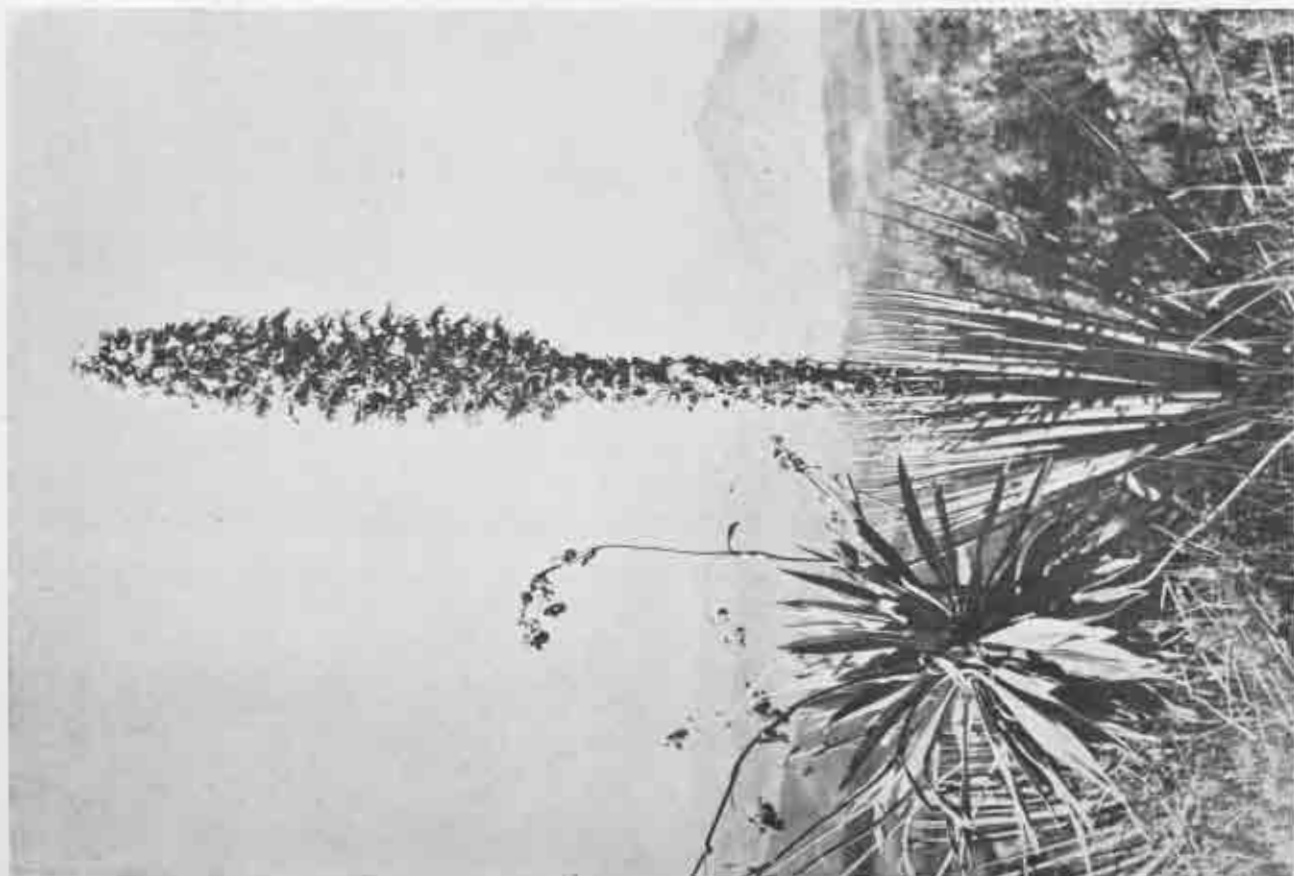
XII-1 — Cordillera Central, Cauca, alta orilla del río Palo, Selva andina y en la más alta, páramo. Primer término, bosque de *Weinmannia engleriana* y *Ocotea* sp., 3,400-3,450 m, alt. (Foto Cuatrecasas C-2327).



XII-2 — Cordillera Central, Valle, Montañas de Barragán, \pm 3,250 m, alt. Inmenso proceso de destrucción del bosque clímax predominantemente *Weinmannietum* y *Hesperomeletum*, para formar pastos floridos en estos *Dactylis glomerata*. (Foto Cuatrecasas C-2408).



XIII—Cordillera Occidental, Los Farallones, 3,200 m. alt. Bosque de páramo destacando los encenillos escobiformes (*Weinmannia penicillata*), *Escallonia* sp., chusques y helechos arbóreos. (Foto Cuatrecasas 1-1695).



XIV—1 — *Puya gondotiana* Mez. v. *Espeletia grandiflora* H. & B., en el páramo de Guasca, Cordillera Occidental, 3,200 m. alt. (Foto Cárter-Cortés C. 1966).



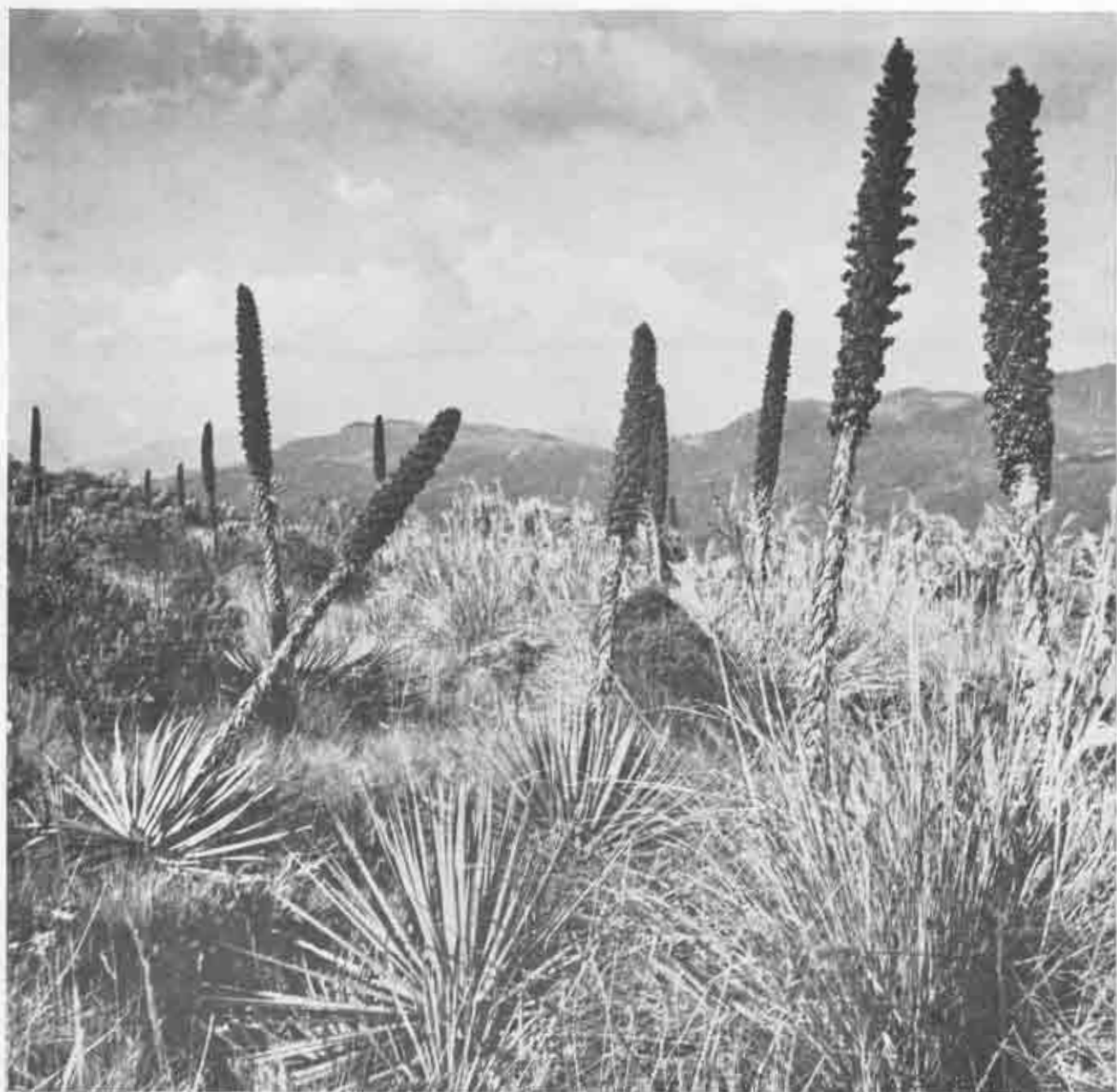
XIV—2 — Troncos de *Podocarpus oleifolius* D. Don, (foto de Parro) en el bosque amárico de La Cocha, Nariño, 2,800 m. alt. (Foto Contreras) F-1339).



XV—Cordillera Central, Laguna del Ruiz, páramo 3,700 m. alt. Formación de caulirrosuletum de *Espeletia hartwegiana* con graminetum de *Calamagrostis enacnata*. (Foto Cuatrecasas 12471.)



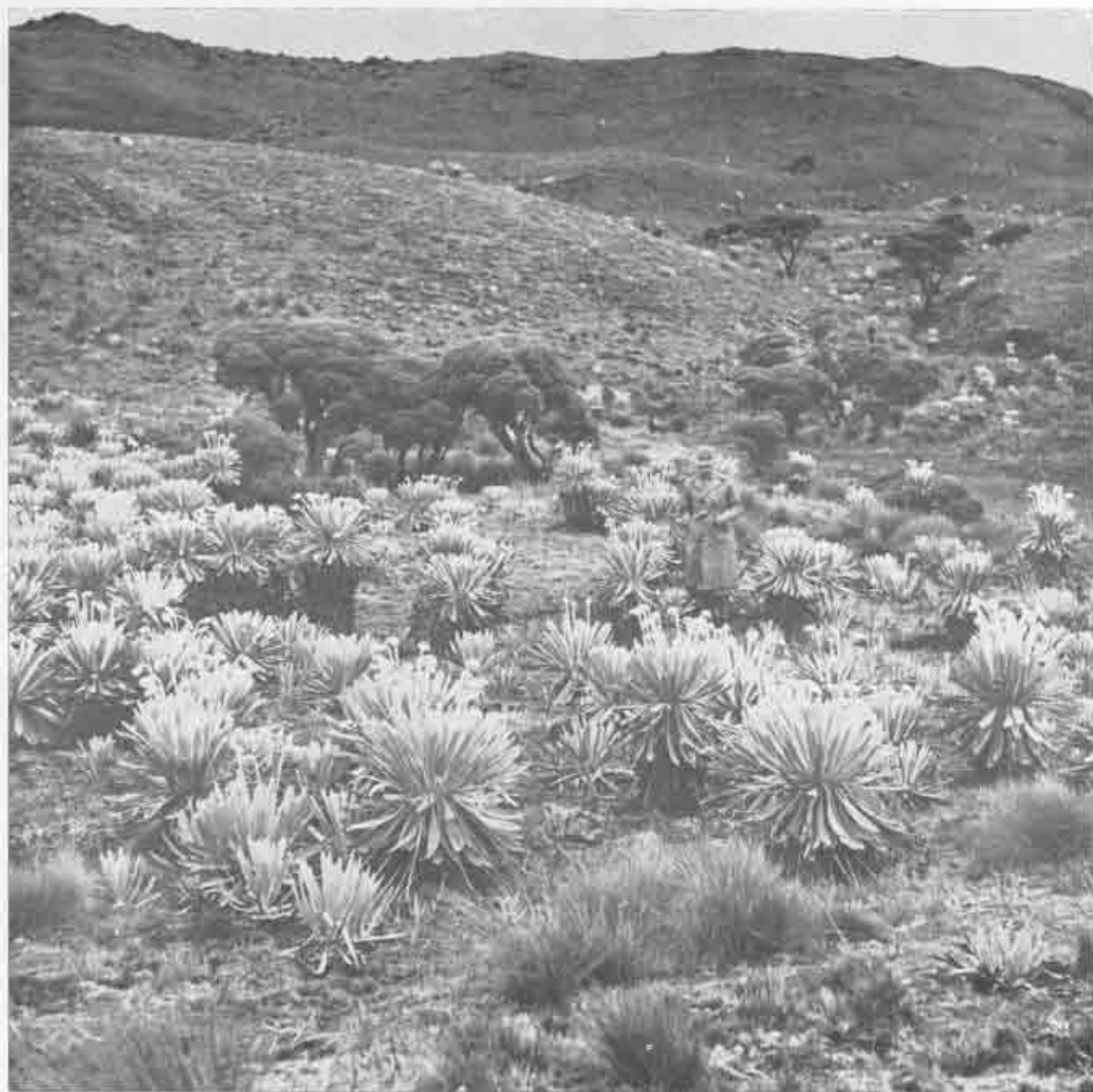
XVI—Cordillera Central, Cauca, Páramo de San Rafael, 3,360 m. alt., grupo de *Espeletia harrwegiana* Cuadr. con *Blechnum schomburgkii* (Kl.) Chr. (Foto Cuatrecasas 1-1909).



XVII—Cordillera Oriental, macizo de Bogotá, páramo 3,250 m. alt., formación de Poys gondotiana, grandes haces de *Cortaderia nitida* matas de *Arctostaphylos* al fondo rosetones de *Espeletia grandiflora*, etc. (Foto Cuatrecasas [129]).



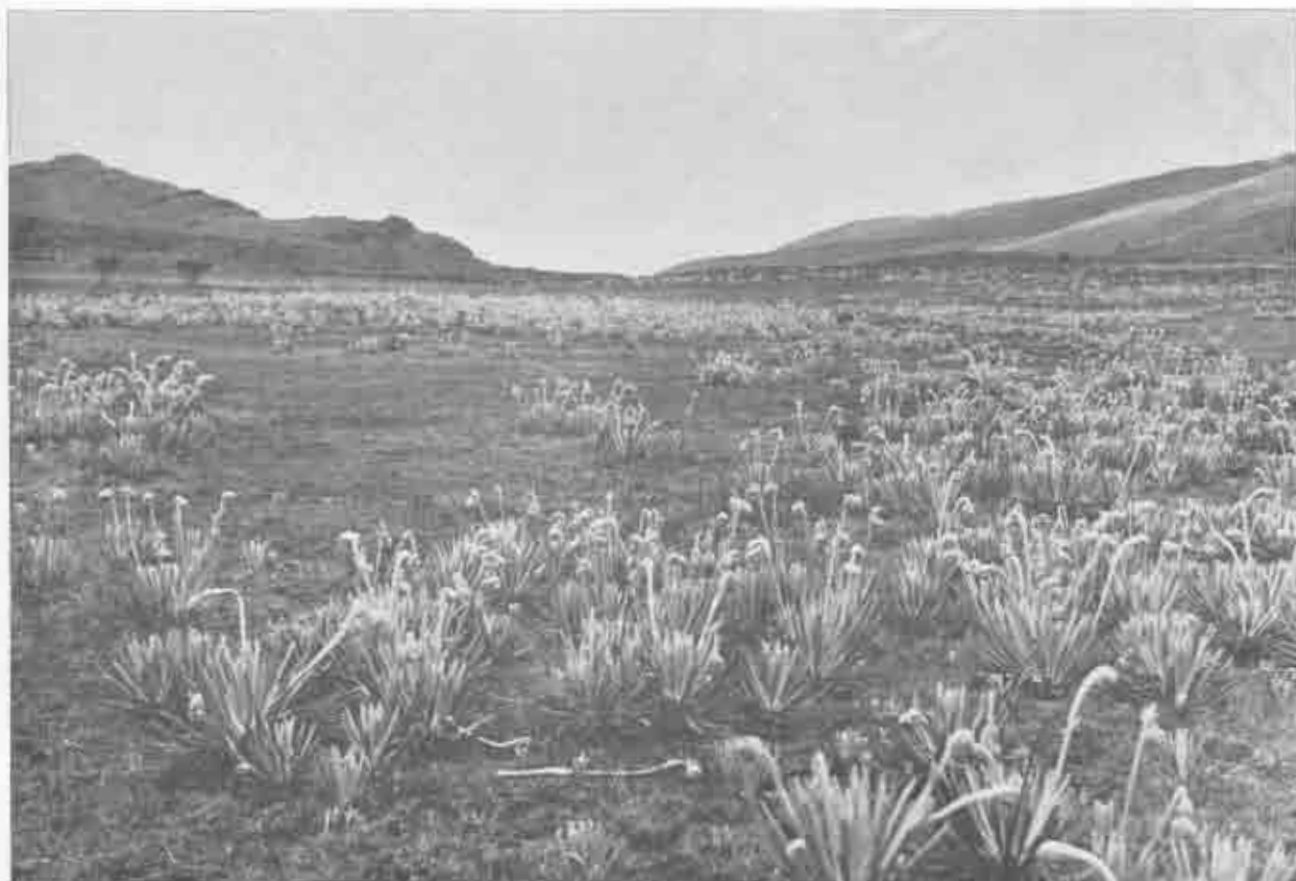
XVIII—Nevado del Ruiz (Cordillera Central); páramo 4,300 m. alt. con alibudillas de *Plantago rigida* HBK. con pajonal de *Calamagrostis effusa* Steud. y *C. recta* Tr. (Foto Cuatrecasas 1-235).



XIX.—Cordillera Oriental, páramo del Almorzadero, en una quebrada 3.800-3.900 m. alt. Formación de *Espeletia conglomerata* Sm. con arbolitos de *Diplostegium revolutum* W., fasciculanetum de *Calamagrostis effusa* y demás especies de páramo. (Foto Cuatrecasas 1-388).



XX-1 — Cordillera Central, páramo de Paracé, 3,900 m. alt. *Lupinus alopecuroides* Desr. (Foto Cuatrecasas C-2016).



XX-2 — Cordillera Oriental, páramo del Almocadere, 3,800 m. alt., prado turboso-pañtanoso con *Espeltia estanislana*. (Foto Cuatrecasas C-1703).



XXI-1 — Cordillera Central, cabezas del río Tuluá, páramo 3.500 m. alt., prado embelido, con *Isoetes killipii*, *Plagiocheilus solivaeformis*, *Oreobulus obtusangulus* como principales elementos visibles. (Foto Cuatrecasas C-2398).



XXI-2 — Cordillera Oriental, macizo de Bogotá, páramo 3.380 m. alt., típica melastomatácea arrosada del prado paramuno, con flores amarillas: *Castanella pilloseloides*. (Bonpl.) Naud. (Foto Cuatrecasas C-3405).



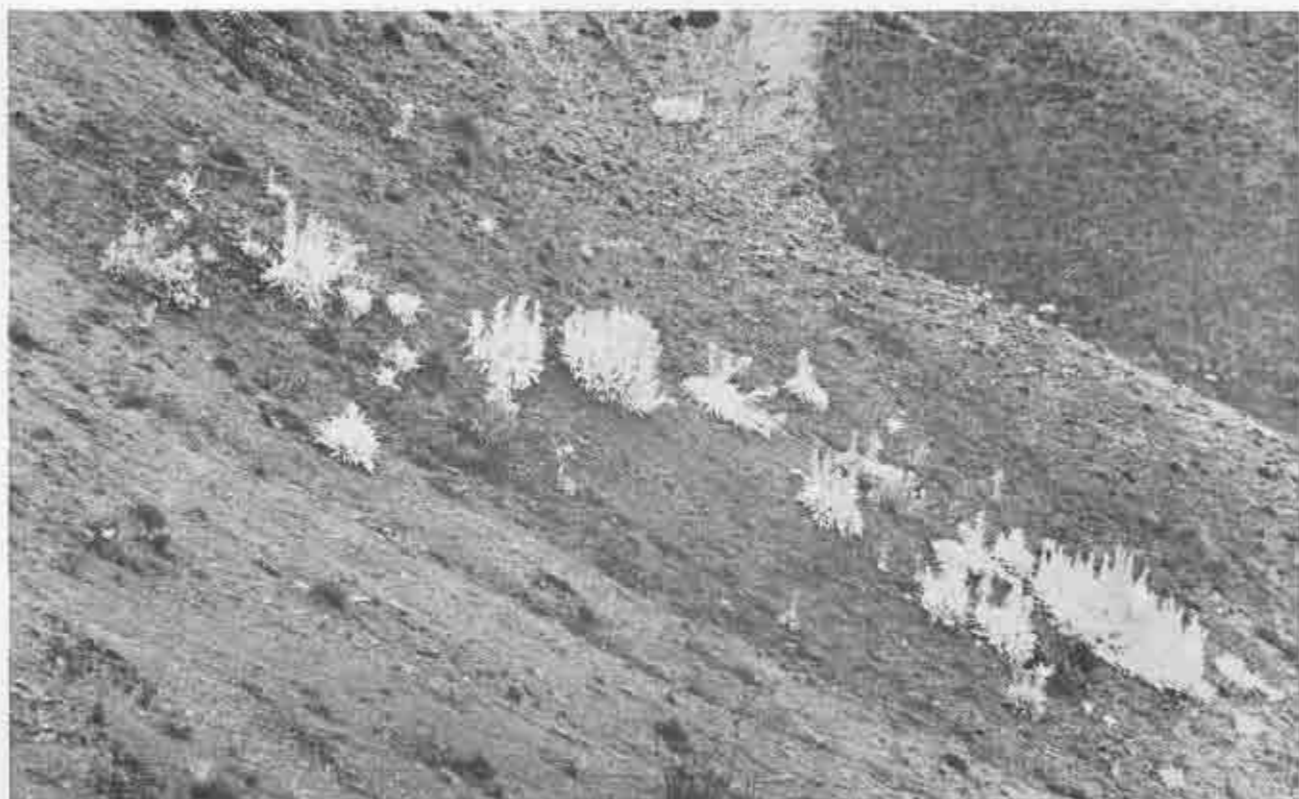
XXII-1 — Cordillera Central, grado pantanoso en un viejo cráter del Puracé llamado El Alombrado, 4,100 m. alt. Compacta alfombra (lotante) de *Distichia tolimensis* con esporádicos ejemplares entremezclados de *Cotula minuta*, *Plagiocheilus solivaeformis*, *Werneria*, *Guncera magellanica*, *Cyperaceae*; lomas con gubonal de *Festuca tolocensis*, frutos de *Senecio vaccinioides*, *Loricaria*, almohadillas de *Azorella crenata* y grupos de *Senecio puracensis*. Primer término *Agrostis foliata* y *Loricaria thujoides* v. *microphylla*. (Foto Cuatrecasas C-2105).



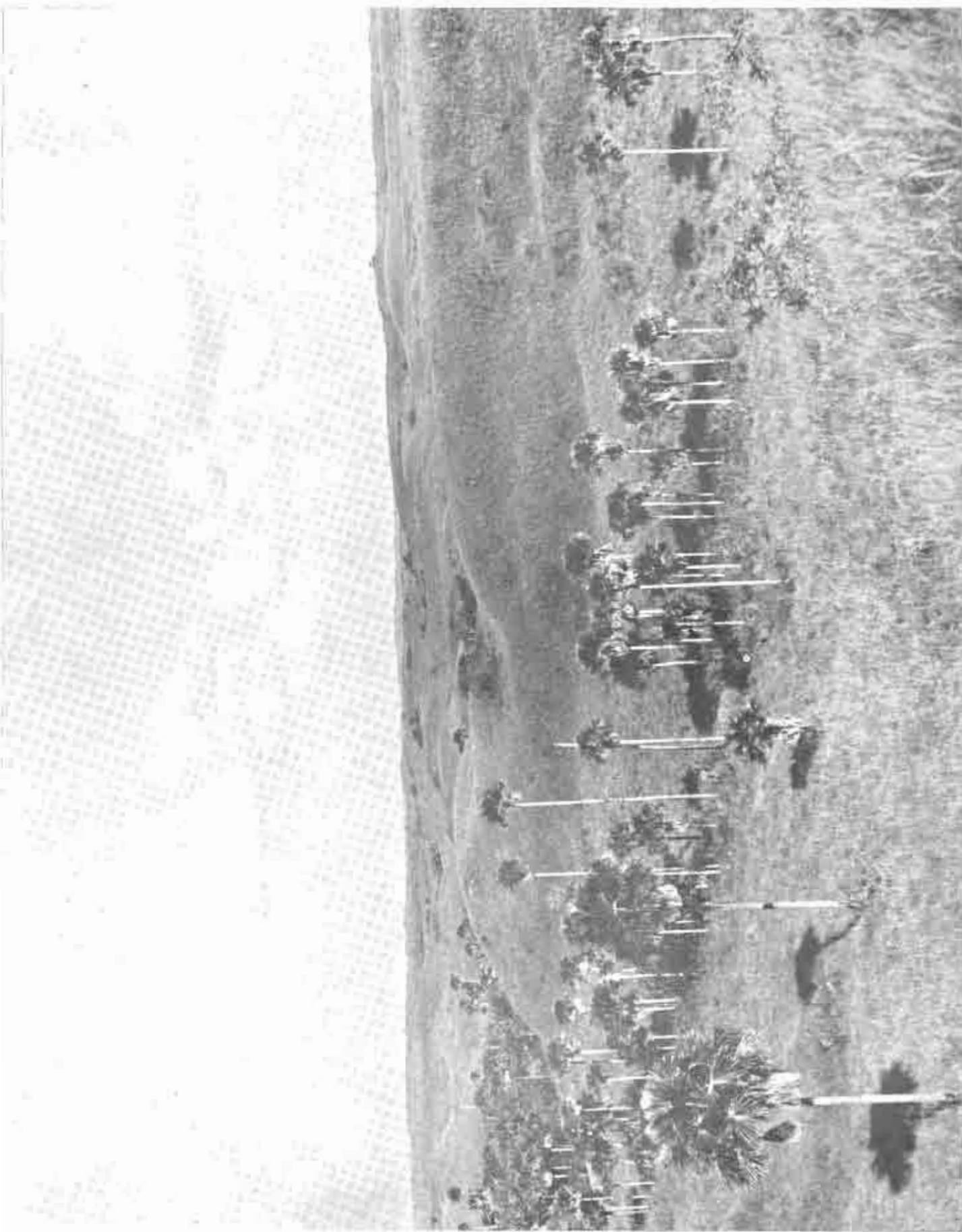
XXII-2 — Cordillera Oriental, Suroeste del Cocuy, 4,200 m. alt. pantano con alfombra compacta (lotante) de *Distichia tolimensis*. Entre las placas = v. *Calamagrostis* sp., *Werneria crassa* v. *minor*, *Plagiocheilus solivaeformis* subsp. *multiflorus* y escasas ramillas (y) pastueles de *Peperomia pumila*. (Foto Cuatrecasas C-2111).



XXIII—1 — Superpáramo del Nevado del Cocuy, inmediatamente debajo del glaciar, 4500 m. alt. *Agrostis nigritella* Pilger como especie única entre las finas arenas bañadas en el agua de fundición. (Foto Cuatrecasas C-1329).



XXIII—2 — Superpáramo en la Cordillera Oriental, en el Páramo del Almorzadero, 3800 m. alt., formación en arenas de *Senecio niveo-aureus*, *S. almorzaderonis*, *S. canescens* Muell. Boyacensis y *S. folioserratus*. (Foto Cuatrecasas C-1974).



XXIV.—Los Llanos orientales en La Sarramis, sabana muy fértil de granjeno con mancha de moricheal y las hombrimulas, con agua (salada, *Mauritia minor* Burys). (Foto *Flaegge*) (C. 1977).



XXV—1 — Los Llanos orientales. Frente de una mata de monte con matas de la umbelícea *Pithecellobium guianense* (terriago) muy destacadas, *Capironia decorticans* y otros árboles de los citados en la pág. 254. Sabana con pajonal de *Andropogon leucostachyus*. (Foto Cuatrecasas C-1372).



XXV—2 — Formación xerófito cerca de Cúcuta (N. de Santander); arbóditos aparasolados de "xují" (*Neltuma juliflora*) y *Opuntia* sp. (Foto Cuatrecasas C-1372).



XXVI—Enclave verjégu de Dagua, 650 m, alt. *Cephalocereus colombianus* R.&K. (Foto. Chibrevain 1-11-40).



XXVII-1 — Manglar en la costa del Pacífico. Tres troncos de *Avicennia nitida* (iguanelero) con sus cortos fúerros basales y una gran producción de raíces terrícolas en-bujía. Fondo con *Rhizophora brevistyla* y *Acrostichum aureum*. (Foto Cuatrecasas C-2189).



XXVII-2 — Frente de manglar de *Rhizophora brevistyla* en la costa del Pacífico. (Foto Cuatrecasas C-2191).



XXVIII—Playa sur of the Mira. Labor pospera. *T. tinctoria* (el arenal por el palmito de *Imperata contracta* y por *Tessaria integrifolia*). (Foto. Contreras C. 1284)



XXIX—1 — Playa en la isla del Guayabal (costa del Pacífico). Gramíneas fijadoras de la playa: *Cenchrus pauciflorus* y *Homolepis aturensis*. Frecuentes pimpollos de guanabanillo (*Anona glabra*). Además esparcidos, *Carex* sp., *Borreria ocymoides*, *Desmodium triflorum* y *Phyla nodiflora*. (Foto Cuatrecasas C-2207).



XXIX—2 — Playa en la isla del Guayabal (costa del Pacífico), *Phyla nodiflora*, fijadora de arenales. (Foto Cuatrecasas C-2206).



XXX-1—Orillas del río Sucumbios (Putumayo). Formación de *Cecropia peltata* (guarumo) precedida por material de *Zygia* sp. y por *Gynerium sagittatum*. (Foto Cuatrecasas C-1761).



XXX-2 — Isla de arena y cantos rodados del río Sucumbios, desnuda y con sólo urubolitos aplanados, e inclinados por la corriente, de *Calliandra angustifolia* ("chíparo"). (Foto Cuatrecasas C-1766).



XXXI-1 — Sabana de Bogotá; prados en los terrenos actualmente ocupados por la Ciudad Universitaria, dominados por *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum* y *Agrostis palustris*. (Foto Cuatrecasas C-1373).



XXXI-2 — Quebrada de San Cristóbal, arriba de Bogotá, 2,950 m. alt. Prado de *Lachemilletum* entre matorrales subparameros resultantes de la destrucción del bosque andino. Véase págs. 259-260. (Foto Cuatrecasas C-3599).



XXXII—Asociación hidrófila flotante de *Pistia stratiotes*, cerca de Guadalupe (Huila), 1.000 m. alt. (Foto *Cameracasa* 4-154).



XXXIII—Marais (Laguna de Urama) dans Mitil, avec prairial amandato de la "systolens" *Lagenocarpus guianensis*. (Foto Chateaucas 1-66).



XXXIV—1 — Valle del Cauca. Pantanos con densa regeneración flotante de *Eicchornia crassipes*. Márgenes con hileros de cachimbos, *Erythrina poeppigiana*. (Foto Chatterton C-1437).



XXXIV—2 — Valle del Cauca. *Nymphaea goudotiana*; flor de *Limnanthemum humboldtianum*; *Trapa natans*; *Cabomba aquatica*; *Eleocharis interstincta*. (Foto Chatterton C-2373).



XXXV—Extremo norte de la laguna La Gacha (Nariño) vegetación anfibia de *Juncus bogotensis* (total), \pm 2510 m. alt. (Foto Casafrecaux, 4731).

FRAILEJONAL, TÍPICO CUADRO DE LA VIDA VEGETAL EN LOS PARAMOS ANDINOS

Con el objeto de que el admirable estudio del doctor Cuatrecasas sobre la geobotánica de Colombia, al cual ha dedicado toda la pasión, pueda ser estimado en sus múltiples aspectos, hemos creído conveniente agregar, como apéndice del anterior capítulo, este otro del mismo autor, publicado en 1950, en el N° 28 de nuestra Revista.

El "Chicago Natural History Museum" (antiguamente "Field Museum"), que dedica gran atención al estudio de las floras de Centro y Suramérica, es la institución que mayor cuidado ha puesto en la exhibición de modelos de plantas y en la representación de paisajes vegetales para el público, logrando todo en forma harto lujosa, original y moderna. En la serie de grandes cuadros murales de la sala Martin A. & Carrie Ryerson Hall, dedica a los aspectos fisionómicos más característicos de los diversos tipos de vegetación que se dan sobre la tierra, se ha sumado recientemente una nueva realización, que presenta, por cierto, un paisaje colombiano. Faltaba en dicha serie la típica vegetación andina de los altos páramos de Colombia en donde el frailejón constituye el elemento esencial de un paisaje de características únicas en el mundo. El nuevo cuadro mural, viene a llenar este vacío, y ha sido pintado con cuidado y arte extremado por el hábil artista del Museo, señor Arthur G. Rueckert, basándose en fotografías e indicaciones de mi experiencia personal.

Este artículo, destinado a un público general, es refundición, muy ampliada, del publicado en enero de este año en el "Bulletin" del Chicago Natural History Museum (N° 19; 1) como presentación del citado cuadro ("New mural shows plant life of Colombia's High Andes").

Los páramos consisten en las regiones más elevadas de la cordillera de los Andes, desde Venezuela al Ecuador por Colombia, donde predominan condiciones especiales de altas montañas; son regiones sometidas a bruscos cambios; son frías y húmedas, generalmente cubiertas de niebla o sujetas a constantes precipitaciones y a fuertes vientos; pero estos fenómenos alternan con días claros de intensa radiación; las noches son siempre muy frías y en las partes más elevadas (más arriba de 4.300 metros) con nevadas nocturnas muy frecuentes. El suelo está generalmente saturado de agua; en extensas zonas es pantanoso, formándose turberas; la tierra es negra, turbosa, con elevado grado de acidez; este suelo es muy profundo, excepto en las zonas más altas, donde la vegetación es ya escasa entre rocas y arenales; los límites altitudinales del páramo no son muy precisos, pues varían según la topografía, pero empiezan a 3.200 metros, extendiéndose hasta una línea de 4.500-4.700 metros que es el nivel del los neveros permanentes. Por hallarse en el trópico, el clima de estas altas montañas presenta un contraste muy superior al clima de los pisos subyacentes de la propia cordillera, que en los países extratropicales, los Alpes por ejemplo, pues los pisos bajos de los Andes, ya cerca del nivel del mar, disfrutan de temperaturas tórridas.

El cuadro que presentamos muestra un paisaje de uno de los páramos más hermosos y menos transitados de Colombia. Se trata de la vertiente occidental del extremo sur de la Sierra Nevada del Cocuy, también llamada

Nevado del Cocuy y Sierra Nevada de Chita. Esta sierra ocupa una extensión de unos 17 kilómetros de norte a sur sobre la Cordillera Oriental en territorio de Boyacá. Las crestas están formadas de cuarcita y cubiertas por glaciares y nevizas y se elevan en el punto más alto a 5.493 metros (alto de Ritacuva). El alto del Nevado visto en el cuadro, es el Pan de Azúcar, 5.196 metros, con un peñasco tabular al norte del mismo llamado Púlpito del Diablo; la lengua del glaciar está a una altura aproximada de 4.700 metros, el cerro rocoso situado a la izquierda representa Los Guasguines y el agudo a la derecha es el llamado Campanario. El valle representado es parte del llamado Las Lagunillas. La morrena que cruza hacia el norte debajo del glaciar forma el cerro llamado Silla Larga, a unos 4.500 metros y la lagunita en su base es la llamada Laguna Pintada. Este valle desagua en la hoya del río Magdalena, mientras que el lado opuesto (lado oriental), detrás de la crestería, con enormes precipicios, da a los Llanos del Orinoco.

En el paisaje representado la sola presencia de una rara forma vegetal le imprime carácter singularísimo y efecto espectacular: y esta planta es el "frailejón".

Los "frailejones" pertenecen a la familia de las Compuetas, a esta misma familia a que pertenecen plantas tan conocidas como el girasol, los crisantemos, las dalias y otros cientos de especies de forma y colores variados; pero dentro de la inmensa diversidad de porte y estructura que en esta gran familia se da, tal vez nada es tan llamativo por su rareza como la forma del *frailejón*. Técnicamente pertenece al género *Espeletia*, nombre dado por el sabio Mutis en honor del virrey de la Nueva Granada, José de Espeleta, y fue publicado por Humboldt y Bonpland en su famosa obra "Plantas Equinoxiales". Aparte de los caracteres que definen científicamente las *Espeletia*, que como en las demás plantas de la familia residen en la morfología de las flores y estructura de los capítulos florales, las *Espeletia* se caracterizan por presentar todas las hojas reunidas en la terminación del tallo formando una densa roseta; el tallo puede ser muy corto y entonces el rosetón foliar queda a ras de suelo; pero muchas veces este tallo es una vara sencilla, erguida y recta que lleva en su extremo la roseta foliar. A medida que el tallo va creciendo aparecen nuevas hojas y las hojas antiguas se secan pero sus largas vainas persistentes, densamente imbricadas, forman compacto y grueso estuche que cubre y protege el tallo; sólo en plantas ya muy viejas se cae espontáneamente esta funda de residuos foliares y esto ocurre por destrucción o descomposición lenta a partir de la base de cada planta. De ello resulta muy singular y exótica la figura de estas plantas, pues en un individuo bien desarrollado la parte inferior es la parte más delgada, que ofrece el tallo desnudo y leñoso; la parte media está cubierta por la funda formada por las vainas, regularmente cilíndrica y en la parte superior, debajo del ro-

setón de hojas normales, todavía una masa de hojas secas y retorcidas, antes de caer, le da un aspecto grueso y porrudo. El nutrido penacho terminal de hojas erguidas o patentes, remata con una nota de intensa vitalidad ese tallo enmascarado por la permanencia de hojarasca desechada. Las hojas del frailejón son elíptico-oblongas o lanceoladas, largas y más o menos estrechas, son gruesas y están cubiertas por densa capa de indumento lanudo o algodonoso, con frecuencia de color blanco, blanco ceniciento, grisáceo claro o blanco amarillento; este indumento y este color vienen a completar su más extraordinario aspecto. Algunas especies del género *Espeletia* (se han descrito más de setenta) tienen tallo corto y carente de crecimiento; estas plantas, así como los individuos jóvenes de las restantes, resaltan sobre el suelo sus grandes y blancas rosetas en forma inconfundible con cualquier otra planta. Cuando los frailejones florecen lo hacen en el extremo de numerosas ramillas axilares de las hojas medianas o casi externas de las rosetas; estas inflorescencias pueden ser mucho más largas que las hojas, pero muchas veces apenas exceden de las mismas; sus ramillas son densamente lanosas y los capítulos florales inclinados o reflejos están también protegidos por invólucros de semejante indumento que las hojas. En plena antesis puede observarse la semejanza en la disposición de las flores con un pequeño girasol. Las lígulas son generalmente amarillas, pero en algunas pocas especies son blancas. Las inflorescencias son a veces muy nutridas, pero en muchas especies presentan pocos capítulos y en algunas se reducen a uno solo. A pesar de la forma que he descrito que es la más generalizada y típica de los frailejones, algunos se apartan de lo dicho, pero ellos ya no son los que nos interesan como caracterizadores de un tipo de vegetación de la región de los páramos. Los frailejones más pequeños conocidos, son *Espeletia Weddellii* de los páramos de Venezuela y *Espeletia Caldasii*, de los de Colombia, con hojitas de una o dos pulgadas de longitud y generalmente con un solo capítulo oscilante en el extremo de tenue escapo; estas son verdaderas plantas herbáceas como todas las demás especies acaules de este género. Las especies caulescentes, al principio herbáceas, se lignifican luego, de tal modo que los tallos altos son leñosos, pero conservando una médula floja, y hacia abajo son huecos. Aunque los frailejones son simples, hay algunos con tallo ramificado y una de las especies que vive en regiones boscosas (*E. nerifolia*) es un verdadero y robusto árbol muy ramoso. La altura que alcanzan es muy variable, llegando hasta 12 metros, pero la más general es la que se representa en el cuadro, es decir, desde la altura de la rodilla o 2-3 veces la altura de una persona. Ciertas especies presentan hojas gruesamente coriáceas y más o menos verdoso grisáceas y en otras el indumento es más liso, pudiendo ser hasta completamente comprimido y planchado, sedoso y argentado brillante (p. ej. *E. phaneractis*, *E. argentea*, *E. pannosa*). Pero las especies que más generalmente cubren extensas zonas de páramos andinos de Colombia y Ecuador prescindiendo su peculiar fisonomía, son los frailejones por antonomasia, es decir, los de hoja lanuda y de porte blanco.

El nombre "frailejón" deriva del aspecto frailuno de estas plantas, que adquieren especialmente entre la niebla, ocasiones en que pueden ser fácilmente confundidos con un hombre. El nombre *frailejonal* es usado como denominación colectiva, significa grupo o formación de frailejones, es, por lo tanto, un término popular geobotánico muy preciso. Los frailejones tienen también cier-

tos usos. Aparte de una resina que segregan y que se ha explotado a veces con destino a industrias finas, las hojas del frailejón son un gran elemento en el páramo para tender la cama, la lana abundante de las hojas la entresacan algunos para hacer colchones o almohadas; también la usan los paramunos para taparse las orejas y las hojas para abrigarse metiéndolas entre la camisa y dentro del sombrero. Los tallos del frailejón también se emplean para fabricar ranchos o casitas en los páramos.

A causa de las grandes diferencias climáticas entre los páramos y los pisos bajos la adaptación a los páramos de plantas de zonas inferiores en altitud se efectúa con mayor dificultad que en los países templados en perjuicio de la riqueza de su flora; también la adaptación de plantas de origen nórdico encuentra un nuevo factor ecológico en estos páramos, que es el factor "tropical", un complejo caracterizado, en primer término, por la ausencia de importantes variaciones anuales y por la presencia de fuertísimos cambios diurnos. Las plantas paramunas están, pues, especialmente pertrechadas para resistir el frío y los fenómenos de sequedad que determina las horas de intensa transpiración y la disminución de la absorción causada por la baja temperatura y por la elevada acidez del suelo; por ello presentan adaptaciones xerofíticas. Los frútices se hacen pequeños o achaparrados, con hojas coriáceas, de bordes revueltos o escamosos, piniformes e imbricadas o cubiertas de pelos; las hierbas juntan sus hojas en la base formando rosetas, o se agrupan las plantas formando almohadillas, o densos haces, o compactos céspedes. Es por una adaptación a estas condiciones especiales de frío y viento de los páramos, que los frailejones cubren sus hojas e inflorescencias con abundante y grueso indumento lanoso y por lo que los tallos aún no completamente lignificados permanecen bajo su estuche de hojas marchitas. Algunas plantas alpinas se han hecho famosas por su peculiar forma y estructura xerofítica entre excursionistas y curiosos de todo el mundo; el admirado "Edelweiss" que con sus capítulos protegidos por una roseta de hojitas radiantes en el extremo de un erguido escapo, se cubre todo de espeso y blanco tomento, es un magnífico ejemplo de adaptación; pertenece a la misma familia de los frailejones (*Compositae*). Bien podríamos considerar al frailejón como un gigantesco representante del "Edelweiss" en los Andes, en estas cordilleras que se elevan sobre el trópico. El "Edelweiss" hermosea y caracteriza con su elegancia y blancura ciertos prados alpinos; las formaciones del frailejón prestan incomparable belleza y exótica magnificencia a los paisajes paramunos de la Gran Colombia.

Pero es importante señalar que la única homología que sobre la tierra se encuentra con los frailejones, es la que ofrecen las especies de *Senecio* de la sección *Seneciodendron* de las altas montañas del Africa ecuatorial oriental (Ruwenzori, Kilimandjaro, Kenya). Unas 20 especies de esta sección ofrecen semejante ecología que las *Espeletia*. Los *Seneciodendron* difieren algo de las *Espeletia*, por ser acandelabrados y por presentar inflorescencia terminal; tampoco ofrecen un desarrollo tan exagerado del indumento. Existe, pues, un interesante paralelismo en el origen de estas singulares formas biológicas causadas por análogas influencias ecológicas, en regiones comparables del antiguo y del nuevo mundo. Un marcado endemismo local es también característico de ambos grupos, si bien la diferencia en el sistema de propagación de la semilla se traduce en el número de

especies y en la distribución de ellas para cada género. Los *Senecio* tienen semillas provistas de vilanos y ello asegura una mayor difusión de cada especie dentro de un cierto límite. Las semillas de *Espeletia* carecen de vilano, por ello sus áreas son todavía más limitadas, siendo algunas de las especies sumamente localizadas.

Los frailejones van asociados a otras especies que son tan importantes como ellos mismos en la vegetación de los páramos; especies pertenecientes a muy diversas familias y a diferentes formas biológicas, pero contribuyen también a la formación de un típico paisaje.

Las especies más extendidas en todas las regiones paramunas con carácter social más elevado, son varias gramíneas que se presentan en forma de haces erguidos y densos de hojas arrolladas y rígidas; las más frecuentes de ellas son *Calamagrostis recta*, *C. effusa* y algunas *Festuca*; con frecuencia cubren extensas superficies formando los típicos pajonales (de paja), a los que ciertos autores denominan *estepas andinas*.

Otras plantas son matas (frútices), de poca elevación 0,5 a 2 metros o bien rastreras, con hojas coriáceas y pequeñas, a veces imbricadas semejando ciertas coníferas; en este grupo hay Melastomataceas (numerosas especies de *Miconia*, *Brachyotum*...); Rosáceas como *Spiraea argentea*, *Hesperomeles* (representantes de los *Crataegus*), *Rubus*...; Gutíferas del género *Hypericum* de hojas menudas y delgadas, que adquieren gran importancia por su difusión; Ericáceas, generalmente con flores vistosas (*Vaccinium*, *Pernettya*, *Gaylussacia*, *Plutarchia*, *Cavendishia*, algunas con frutos "uvas", *Pellegrinia*, *Gaultheria*, *Disterigna*...); Berberidáceas (pocas especies de *Berberis*); escasas Mirtáceas (*Myrteola "guayabito"*); Rubiáceas de hojas también imbricadas (*Arcytophyllum*); y asimismo singulares Escrofulariáceas (*Aragoa*), pero muy especialmente características son Compuestas de los géneros siguientes representados por abundantes especies: *Baccharis*, de hojas gruesas y oscuras, generalmente glandulosos ("sanalotodo"); *Diplostephium* diminutas matitas, arbustitos o pequeños arbolitos ("romero de páramo") de inflorescencias como los *Aster* y copas densas de tono claro; *Senecio*, matas informes o arbolitos, de flores amarillas y variada estructura foliar, y *Gynoxys*, que son senecios de hojas opuestas, generalmente arbolitos de colores cenicientos o blanquecinos. En los páramos bajos o parte inferior de los páramos, la vegetación arbustiva predomina, en densos matorrales formados principalmente por especies de los grupos acabados de mencionar. A ellas se agregan los árboles de los bosques que lindan con los páramos, a un nivel medio de 3.200 a 3.600 metros de altura, bosques formados a base de *Weinmannia* ("encenillos" de hojuelas pequeñas verdes y brillantes) de *Hesperomeles lanuginosa* ("noro") de hoja gruesamente coriácea y tomentosa; de *Escallonia* con hoja pequeña y oscura y típico ramaje aparasolado, y en ciertas regiones *Polylepis* ("colorado") rosácea de corteza fuertemente rojiza y exfoliable. A estas especies significativas y definidoras de los bosques de altitud se asocian otras, de las que son más importantes los propios *Gynoxys*, *Senecios*, *Diplostephium*, *Miconia*, *Brachyotum*, *Rapanea*, etc. de porte arbóreo. No es fácil fijar la línea límite del bosque, que es muy irregular y variable según los lugares y cordilleras y es afectado por los incendios. Aunque se da como límite máximo la altura de 3.600 metros, puede ascender a mayores alturas en ciertos lugares protegidos por la

topografía y ejemplares aislados o pequeños grupos de *Polylepis*, de *Weinmannia*, de *Hesperomeles* o *Escallonia*, los hemos visto remontar a mucha mayor altura. Por otra parte, los arbolitos antes citados de las formaciones de matorral de páramo, que se hallan dispersos o en grupos alternando con los componentes de pajonal y frailejones, pueden subir a grandes alturas, en las cañadas de los cerros. Así podemos encontrar ejemplares de *Gynoxys* y de *Diplostephium*, a 4.300 metros de altura. Probablemente las especies fruticasas que suben a mayor altitud, prácticamente hasta el límite de la vegetación, son las *Loriacria*, raras compuestas cupresiformes de hojas densamente imbricadas y de ramas aplanadas.

Numerosas plantas sufruticasas y herbáceas adornan con sus flores las partes abiertas de los páramos, entre el matorral, pajonal o frailejonal; son dignas de mencionar especialmente *Bomarea linifolia* con elegantes flores rojo y amarillo; varias especies de *Bartsia*, de tonos oscuros; *Gentiana*, *Halenia* (semejantes a las genianas pero con pétalos espolonados), diversos lupinos de hojas cenicientas y flores azuladas o rosadas; *Geranium*, que forman frecuentemente pequeñas almohadillas; *Cerastium floccosum*, *C. lanuginosum*, curiosas formas lanudas; un *Rumex* de robusta y larga inflorescencia (*R. tolimensis*) así como el espectacular *Lupinus alopecuroides*. Pequeñas plantitas como *Draba pachytyrsa*, *Lucillia pusilla* y *Lysipoma muscoides*, diminuta lobeliácea que forma céspedes. Numerosas compuestas como *Erigeron pellitum* y *E. hybridum*, típicas plantas arrosadas, o los *Senecio* con diversas estructuras y adaptaciones. Forman interesantes céspedes apretados o almohadillas densas, las *Werneria* sobre las que destacan capítulos de blancas lígulas; las *Azorella* (Umbelíferas) en pulvinetos redondeados, densos y duros; asimismo el raro *Plantago rigida* y las *Distichia tolimensis* (Juncáceas) cuyas ramas densamente comprimidas unas con otras forman compactas y duras almohadillas, a veces verdaderas alfombras flotantes sobre las cuales se puede caminar, sobre pantanos, a gran altitud (4.000-4.500 metros); las densas rosetas a veces almohadilladas de los *Paepalanthus* (Eriocauláceas) de hojas claras y capítulos blancos. Pteridofitas de curiosas formas xerofíticas en estos páramos son *Lycopodium* de ramas engrosadas y espesas hojas y las frondes estrechas y erguidas de las *Jamesonia* algunas provistas de abundante tomento. Se pueden citar también como características de los páramos ciertas especies de *Castilleja* (Escrofulariáceas), con hojas florales de color rojo; *Hypericum mexicanum*, glanduloso y de erguidas hojas; *Acaena cylindrostachya*, rosácea con hermosos rosetones de hojas pinadas y argentadas; *Malvastrum meridae*, una pequeña malva en forma de roseta; un *Ranunculus*, *R. peruvianus*, *Sisyrinchium*...

Diversas juncáceas y ciperáceas, así como gramíneas en pantanos y musgos diversos, entre ellos *Sphagnum*, son importantes en las comunidades vegetales de los páramos. Las rosáceas del género *Lachemilla* son numerosas y abundantes y forman asociaciones de extensos céspedes a veces casi exclusivos, las más importantes *L. orbiculata* y *L. aphanoides*. Otras especies, como *L. nivalis*, *L. gallioides*, presentan originales adaptaciones xerofíticas de hojas aplicadas e imbricadas. Otra forma típica paramuna son los prados cespitosos de una gramínea de hoja muy corta, rígida y punzante, *Aciachne pulvinata*, que suele aparecer en puntos intensamente azotados por los vientos.

Merecen especial mención las *Puya* y los "*Culcitium*". Las primeras son bromeliáceas que consisten en grandes rosetas, a veces gregarias, de robustas y rígidas hojas punzantes con dientes espinosos e inflorescencias terminales largas y macizas; algunas especies adquieren gran desarrollo convirtiéndose en elementos esenciales del paisaje. Los últimos, son compuestas herbáceas del género *Senecio* parecidas a los frailejones por el grueso tomento blanco que las cubre. La gente también los llama frailejones ("frailejón blanco"), aunque carecen de las típicas rosetas. Son los elementos de la flora que suben a mayores altitudes, en compañía de *Agrostis nigritella* y de *Poa orthophylla*.

No trato aquí de describir debidamente la vegetación de los páramos, sino de dar una idea, aunque fragmentaria, de lo que son ellos para poder comprender mejor el referido cuadro recién pintado de un frailejonal de Colombia.

En este cuadro el escenario principal, el fondo del valle, representa la vegetación típica del frailejonal a una altura de 4.000-4.200 metros, donde los frailejones se hallan en su óptimo medio. *Espeletia Lopezii* es la especie que imprime carácter y sello a todo el paisaje, prospera especialmente en la hondonada y en las depresiones de las faldas, y aparece en el cuadro en diversos estados de desarrollo. Ciertos arbustos salpican la formación, *Miconia salicifolia* y otras *Miconia*, *Diplostephium revolutum*, *Vaccinium floribundum*, *Eupatorium theaeifolium* y especialmente el *Senecio vaccinioides*, *Hypericum laricifolium*, *Arcytophyllum muticum* y *Spiraea argentea*. Asimismo algunos arbolitos de *Gynoxys* que son los que mayor altitud alcanzan y alguno esporádico de *Polylepis*

cocuyensis. En las partes más altas del fondo, sobre la cuchilla de Silla Larga donde los frailejones son escasos, los matojos son de las especies citadas y además los interesantes arbolitos de *Diplostephium Lehmannianum*, *Diplostephium colombianum* y *Valeriana arborea*; esta última es una forma verdaderamente excepcional en el género. Aparte de otras especies tan típicas, no aparentes, como el lanudo *Senecio cocuyanum* y el peludo *S. guicanensis* se esparcen por este escenario decenas de especies de los géneros característicos paramunos ya citados en términos generales. La masa herbácea que cubre el suelo está formada principalmente por gramíneas fasciculadas, *Calamagrostis effusa* subdominante, *Agrostis trichodes* y otras, *Carex pichinchensis*, masas almohadilladas de musgos, inclusive *Sphagnum*. Aparecen visibles entre las especies de pequeña talla un grupito del diminuto helecho *Jamesonia canescens*; unas flores de *Gentiana sedifolia*; rosetas florecidas de la curiosa melastomácea *Castratella piloselloides*; unos céspedes almohadillados de *Paepalanthus Karstenii*; otras almohadillas hidrófilas de *Werneria pygmaea* en lugares encharcados y aún en pleno pantano, y matitas de *Geranium cucullatum*; también están representadas las singulares formaciones de pulvinetum, alfombrado que sobre los pantanos forman las *Distichia*, sobre y entre cuyas compactas ramas trepan y penetran otras pocas plantitas, especialmente la *Werneria*. Por fin, en un extremo, al lado derecho, un pequeño grupo de *Espeletia colombiana* representa los frailejones de inflorescencia corimbosa y de tendencias menos higrófilas; esta especie, que es acaule, ocupa en este valle de preferencia las laderas inclinadas, repartiéndose con la otra el terreno según la topografía y las pequeñas variaciones locales.



Típico cuadro de la vida vegetal en los páramos andinos (Páramo Chantrecaza). Dice el doctor Chantrecaza de este cuadro:

El "Chicago Natural History Museum" (antiguamente "Field Museum"), que dedica gran atención al estudio de las floras de Centro y Suramérica, es la institución que mayor cuidado ha puesto en la exhibición de modelos de plantas y en la representación de paisajes vegetales para el público, logrando todo en forma bastante hermosa, original y moderna. En la serie de grandes cuadros murales de la sala Martin A. y Cora Ryerson Hall, dedicados a los aspectos fitogeográficos más característicos de los diversos tipos de vegetación que se dan sobre la tierra, se ha añadido recientemente una nueva realización, que presenta, por cierto, un paisaje colombiano. Faltaba en dicha serie la típica vegetación andina de los altos páramos de Colombia en donde el frailejón constituye el elemento esencial de un paisaje de características únicas en el mundo. El nuevo cuadro mural, viene a llenar este vacío, y ha sido pintado con cuidado y arte esmerado por el hábil artista del Museo, señor Arthur G. Kueckert, basándose en fotografías e indicaciones de mi experiencia personal.

CÓMO DESAPARECE EL ABORIGEN

JORGE BEJARANO

Profesor de la Universidad Nacional.
Presidente de la Cruz Roja Colombiana.

"Hasta los mismos románticos que se decían los más desinteresados, volviéronse aventureros de la rapacería y se encanallaron en presencia de tanta grandeza que supusieron llegaría a pertenecerles con sólo vencer y matar indios. El conglomerado de la Conquista, nobles y villanos, santos y pícaros, católicos y judíos, soldados y frailes, por distintos caminos... todo se volcó sobre esta tierra de botín, para desgracia del indígena, única víctima de ese drama excepcional que se llamó descubrimiento del Nuevo Mundo. Ya vencido, retrogradó, porque los frutos de su tierra dejaron de pertenecerle: sin libertad y justicia careció de pan, y sin ellas, él, hombre al fin, dejó de serlo cabalmente. Y ante ese golpe certero y recio, su cultura, humilde si se quiere, pero en ascensión y ya metida en formas de progreso equitativo y útil, se astilló como columna de quebracho. Sobre ese cadáver con vida se formó el juicio del Conquistador y se divulgó por el mundo triunfalmente. El indígena no pudo hablar y los siglos se deslizaron sobre su anonimato negándole hasta la dignidad del primer día, cuando ofreció su corazón y su pan al descubridor".

JULIO S. STORNI
"Bromatología indígena".

No es dudoso que todo el problema que abarca el panorama indígena, vaya siendo dilucidado por los estudiosos de este apasionante tema de nuestro continente. Es de presumir que apenas queden escasos puntos por estudiar referentes sea al origen preciso de nuestros aborígenes o a su cultura.

Pero subsisten dos hechos de marcada importancia que no han sido estudiados en forma que satisfagan, el uno, la curiosidad científica y el otro, sentimientos sociales y humanitarios.

El científico se refiere a aspectos de la alimentación actual del hombre indígena. El social, a la forma como amparamos y respetamos sus derechos. Las palabras de Storni, escritas ayer, 1942, y que sirven de epígrafe a este breve estudio, cobran todos los días actualidad, porque después de cuatro largos siglos del descubrimiento de América, suceso que no ignoran ni los niños de las escuelas, que todos recordamos con precisión de fechas y de personajes, se ignora, eso sí, que en el suelo de América existen tribus indígenas que padecen hambre y sed de justicia. Más de un siglo, hace, también, que sobre el mismo suelo se libró la batalla de la independencia. Los pueblos sojuzgados por naciones que los asimilaron a Colonias, adquirieron su propio gobierno y la responsabilidad de su propio destino. Pero si volvemos los ojos hacia las selvas y montañas de América, hallaremos millares de indígenas a quienes no ha beneficiado en forma y manifestación alguna, la independencia de las colonias. La abolición de la misma esclavitud, realizada en muchas de ellas cuando ya eran naciones y se había consolidado la república, tampoco ha logrado borrar totalmente muchos hechos a que se ven sometidas, en algunos países, las despobladas tribus indígenas. Fácil es probar cómo y qué límite, alcanza la jornada de su duro trabajo; cuál el salario y bajo qué forma o especie se paga; cómo se estimulan el cocaísmo y la chicha para embrutecer y prolongar la duración de la faena, dominando así toda su pobre economía. Cuando se le catequiza, no se le redime de aquellos vicios ni se le entrega el fruto de su participación en el trabajo del fundo. El sabe que muchas de esas obras abiertas en la selva, se han hecho con el sudor de su trabajo y a veces, con el de toda su familia. Sabe también, que en compensación, unas cuantas baratijas; unas modestas prendas de vestir o un catecismo, han de acrecentar el misérrimo patrimonio familiar.

Prueba fehaciente de este lamentable *Statu*, son las ca-

ravanas de indígenas que de tiempo en tiempo, desfilan por las calles y avenidas de las capitales de América, en busca de audiencias con presidentes y ministros para exponerles sus problemas. Después de muchos días de inútil espera en salas y pasillos, regresan a sus comarcas sin que una sola de sus quejas o peticiones, haya tenido acogida. Otras veces, deciden dejar ante los poderes centrales, un vocero, generalmente un buscapleitos, y asesorados por él suelen lanzarse camino de la violencia con las trágicas consecuencias que es de suponer. Así camina, todavía, por el suelo de América, el indígena, "gajo el más vigoroso, del árbol étnico americano que pretendiose desarraigar con la Conquista", como escribe Storni.

Este sentimiento de menosprecio por los primeros pobladores —sentimiento cada vez más incrustado en el hombre civilizado de América— tiene su raíz en la forma equivocada como se transmite al estudiante la historia de la Conquista, deformada por historiadores extranjeros o criollos que ponen especial empeño en ocultar la grandeza de culturas o civilizaciones que no tengan determinado sello religioso. Al escolar se le da una noción equivocada de los que fueron los distintos grupos humanos que poblaron el continente y a cuyos caciques sólo se representa inmolando vidas humanas o adorando al sol o a la luna. Es curioso ver con qué nimiedad de detalles informan la escuela o la universidad, acerca de las culturas aborígenes de otros pueblos que nada tienen que ver con nuestro hemisferio y a los que sí se consagran textos y profesores especiales. En las costumbres alimenticias; en la música, en las danzas, en los dialectos, en los petroglifos, en la alfarería, en la orfebrería, en los decorados de ponchos y de adornos; en el cultivo de plantas y animales; en la caracterología de estos pueblos vernáculos, se encierra toda una cultura que no se hace presente al estudiante y cuya ignorancia es la fuente de nuestra incuria y desprecio por el problema indígena. Menos sabemos nada acerca de su contribución magnífica a la terapéutica. El paludismo, la parasitosis intestinal, la disentería amibiana, las cardiopatías, etc., hallaron los orígenes de tratamientos usados todavía hoy, en la noción empírica o intuitiva de nuestros primitivos pobladores.

En el campo de la alimentación, dejaron ellos preciosas tradiciones, unas desaparecidas por las modas culinarias del hombre civilizado otras conservadas aún y re-

visadas ahora por laboratorios y dietistas. De conocidos que fueran en este vasto campo de la alimentación, los indígenas de hoy se ven en peores condiciones de las que vivieron en las primeras épocas de su existencia porque hoy no viven sobre tierras propias, sino en terrenos ajenos donde los cultivos no son para ellos. Así se explica quizás, cómo muchas tribus que se ha creído desaparecidas, reaparecen ante los ojos atónitos de casuales exploradores, a largas distancias de su sitio de origen. Por confesión de ellas mismas, se puede saber que han huído de sus primitivas comarcas para ponerse a salvo de los colonos "blancos". Esas grandes distancias y soledades a donde se retiran por aquel justificado temor, han determinado la extinción de muchos núcleos, pues forzosamente quedan privados de servicios médicos —si los había— y de mercados para cambiar o vender los exiguos productos de sus cultivos. Esa ausencia de protección del indígena, víctima indefensa del colono ambicioso que se adueña de las parcelas que él ha abierto en el corazón de la selva o a inmediaciones de los grandes ríos es, sin lugar a duda, uno de los factores que ha de traer con muchos otros la total desaparición de quienes son en verdad los auténticos dueños del suelo americano. Así pues, a los ciento cincuenta años de independencia y a los cuatro siglos del descubrimiento de América, los primitivos pobladores de sus tierras, no poseen un estatuto que demarque las zonas del espacio vital donde ellos puedan entregarse pacíficamente y seguros de no ser despojados, al cultivo de la tierra. Por eso se ha dicho al principio de este estudio, que los institutos y hombres dedicados al problema indigenista, deben fijar ahora toda su atención hacia el problema capital que contemplan las tribus aborígenes, cual es el de su efectiva defensa y protección.

Para consideración de este punto y otros más, sería de máxima conveniencia la convocatoria de un Congreso Panamericano que dé a los gobiernos normas precisas sobre la forma como pueda garantizarse, a las comunidades indígenas, el derecho a la tierra que cultivan, base de su subsistencia y de su bienestar y que a esos territorios llegue, también, el beneficio de la campaña que hoy se libra por la vivienda higiénica.

Así como en América no se da demasiado énfasis a la enseñanza de la historia y origen de las diferentes culturas indígenas, menos se le da a lo que bien podría llamarse la "cultura de la alimentación" y que en muchos de sus pueblos llegó hasta la cifra de una ciencia del suelo y de la producción, es decir hasta la formación de una conciencia agronómica, fundamento, en muchos de ellos, de la prosperidad social. Esa ignorancia de lo que Storni llama tan expresivamente, "Etnofitología", y que abarca al escolar como al universitario, contribuye al pobre concepto que se tiene del aborigen americano y a acentuar la creencia de que su primitivismo lo incapacitó, igualmente, para dejarnos nociones útiles en el campo de la alimentación y del cultivo de plantas que sirvieran para sustento del hombre.

Empero, son muchos los testimonios que demuestran lo contrario. Ellos van desde Cristóbal Colón, cuyas cartas a los Reyes Católicos hacen referencia al maíz, al ají y la batata; pasando por don Hernán Cortés, Jiménez de Quesada, el Inca Garcilaso de la Vega, cuyos "Comentarios Reales", aparecidos en 1617, crónica viviente de los incas, su historia y su cultura, hasta llegar a los historiadores y científicos contemporáneos, que siguen

revelándonos interesantes conocimientos de los indígenas en materia de agronomía y alimentación. De todos ellos es fácil deducir que la conquista y civilización, implicó para los aborígenes la supresión de muchos de sus hábitos alimenticios, de significativa importancia, lo que fue a no dudarlo, factor que contribuyó a su decadencia, determinando una alimentación deficiente en grado sumo. De ello da cuenta superabundantemente el escaso desarrollo ponderal de la generalidad de los individuos integrantes de muchas tribus de Colombia, al menos. Nadie podrá negar que la nación instintiva —llamada por algunos "precaución biológica"— fue la que seguramente, guió al hombre primitivo para asociar a su comida alimentos naturales y por ese mecanismo fue llegando al régimen mixto que es el único apropiado a sus necesidades vitales. Ya sabemos cómo los cereales señalan en la historia de la humanidad la aparición de grupos étnicos diversos, y muchos autores consideran que el trigo, la cebada, el centeno, el arroz y el maíz, dan la clave del aspecto misterioso que todavía, hasta hoy, ha tenido la repartición de las razas en la tierra. En Crimea y en el Cáucaso, surge el llamado *trigo espontáneo*; en los deltas pantanosos del Extremo Oriente, el *arroz acuático*; en Caldea, el *centeno* y la *cebada salvaje* y en la América tropical, el *maíz*. Este último y el algarrobo, iniciaron la nutrición del hombre del nuevo Continente. Así pues, la ciencia de la alimentación, revalúa hoy las costumbres primitivas cuando alimento y naturaleza formaban un todo que convivía con el hombre en el corazón de las selvas. No podrá negarse que al aborigen de la América, debemos la herencia del conocimiento de un alimento básico en la nutrición de los pueblos que surgieron en nuestro continente.

El problema indigenista —reducido sólo a los dos términos que se han expuesto— no puede resolverse desde las páginas de una revista o de cualquiera institución que no se ponga en contacto con los gobiernos y deje en manos de cada uno de ellos, un plan normativo sobre las medidas que deban implantarse para efectiva defensa del indígena. Hasta ahora la acción se reduce, en algunos países, a la obra que adelantan los misioneros, pero cuyo efecto está limitado por estrechez de presupuestos y por las mil dificultades con que tropiezan para cumplir su cometido.

La labor indigenista no puede, tampoco, reducirse al estudio de sus dialectos, de sus culturas, costumbres, etc. Tengo la impresión de que para algunas regiones de América, llamadas "civilizadas", poco es el esfuerzo aportado por su población para aprovechar en debida forma el legado que nos dejaron los aborígenes, preferentemente en lo relativo al agro. En síntesis, la obra indígena, llena de originalidad y fecundidad, espera todavía ser ampliada por nosotros ya que en la actualidad tenemos los elementos para aprovecharla.

Juntar todas nuestras voces para redimir al indio de la coca y de la chicha; para llevar hasta sus aldeas alimentos como la leche y el queso; para hacer una intensa campaña de medicina preventiva y de vivienda higiénica, debe ser el objetivo principal de los hombres que se ocupan del problema indigenista. Y lograr de todos los gobiernos de América el estatuto que delimite la propiedad y zonas de los indígenas para ponerlos al abrigo del abuso y del despojo, el objetivo principal de toda acción tendiente a detener la desaparición de los primitivos pobladores de nuestro Continente.



SESION SOLEMNE DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS PARA CONMEMORAR EL 153 ANIVERSARIO DE LA FUNDACION DEL OBSERVATORIO ASTRONOMICO NACIONAL

ACTA DE LA SESION

El día 20 de Agosto de 1958, se reunió la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, a las 6 y 30 p. m., en sesión solemne, en el salón de actos de la Biblioteca "Luis Angel Arango", para conmemorar los 153 años de la fundación del Observatorio Astronómico Nacional, y para hacer entrega de los diplomas concedidos por la Real Academia Española a los miembros de la Academia Colombiana de Ciencias.

A la sesión asistieron el embajador de España, Dr. Germán Baraibar y Usandizaga, el secretario del Ministerio de Educación Nacional Dr. Miguel Serrano Camargo, en representación del Ministro, y un selecto grupo de invitados.

Asistieron los siguientes académicos: R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J., presidente de la Academia; académico

Luis López de Mesa, vicepresidente; académico Luis María Murillo, director de la Revista; académico Daniel Mesa Bernal, bibliotecario; académico Antonio M. Barriga Villalba, académico Julio Carrizosa Valenzuela, académico Luis Duque Gómez, académico Carlo Federici, académico Hernando Franco Sánchez, académico Augusto Gast Galvis, académico Leopoldo Guerra Portocarrero, académico Ernesto Guhl, académico K. C. Mezey, académico Guillermo Muñoz Rivas, académico J. Hernando Ordóñez, académico Ernesto Osorno Mesa, académico Luis Patiño Camargo, académico Gustavo Perry Zubieta, académico José Ignacio Ruiz, académico Darío Roza M., académico Andrés Soriano Lleras, académico Calixto Torres Umaña, académico Lorenzo Uribe, S. J. y académico Alfredo D. Bateman, secretario de la Academia.

INFORME SOBRE LAS LABORES DE LA ACADEMIA

El secretario, académico Alfredo D. Bateman, dio lectura al informe sobre las labores de la Academia, en los siguientes términos:

Señor Presidente, señores Académicos:

Cumplo con el deber reglamentario de rendiros en el día de hoy, que conmemora la Academia el aniversario de la fundación del Observatorio Astronómico Nacional, mediante su sesión anual, un informe sobre las labores adelantadas por la Corporación durante los dos últimos años, o sea el período de agosto 20 de 1956 a la fecha, lapso en que ha estado presidida por el académico R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J.

Después de un receso de casi un año, la Academia se reunió

a principios de agosto de 1956, para elegir nuevo Consejo Directivo, el que quedó integrado con los siguientes Académicos:

Presidente: R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J.

Vicepresidente: Dr. Luis Patiño Camargo.

Secretario: Ing. Alfredo D. Bateman.

Tesorero: Ing. Vicente Pizano Restrepo.

Director de la Revista: Don Luis María Murillo.

El Ing. Belisario Ruiz Wilches, que había sido el presidente anterior, y que por motivo de su avanzada edad y precaria salud no había podido atender últimamente los menesteres de la Academia, fue nombrado como presidente honorario, para así destacar la gratitud de la Corporación por sus servicios y para honrar su meritoria carrera científica.

Presidieron el acto (de izquierda a derecha): Dr. Miguel Serrano Camargo, Secretario del Ministerio de Educación Nacional; Dr. Germán Baraibar y Usandizaga, Embajador de España; R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J., Presidente de la Academia; Profesor Luis López de Mesa, Vicepresidente; Ing. Alfredo D. Bateman, Secretario y Dr. Luis María Murillo, Director de la Revista.

La primera actividad de la Academia en este período, fue culminar la etapa de reforma de sus Estatutos, que habían sido aprobados por la Corporación, pero a los cuales les hacía falta la aprobación gubernamental. Presentados los documentos de rigor al Ministerio de Justicia, éste expidió la Resolución N° 3198 de diciembre 11 de 1956, aprobando las reformas estatutarias. (La Resolución fue publicada en el "Diario Oficial" N° 29285 de febrero 15 de 1957).

Una vez aprobadas y en firme las reformas estatutarias, que le dieron mayor eficacia al régimen interno de la Academia, ésta entró a estudiar las consiguientes reformas reglamentarias, las que quedaron definitivamente aprobadas en la sesión del 10 de septiembre de 1957. En esta forma quedó la Academia con instrumentos de trabajo, abriéndose una nueva era en su vida científica.

Desde el primer momento se resolvió regularizar las reuniones ordinarias, fijándose para ello el segundo martes de cada mes. Así durante el año de 1956 se celebraron tres sesiones, once en 1957 y ocho en el tiempo transcurrido del presente año.

Fiel a su tradición científica, la Academia dispuso que sus sesiones ordinarias se dedicaran no solo a tratar los asuntos rutinarios y administrativos, sino principalmente aquellos de orden científico, estableciéndose las conferencias regulares de orden interno de la Academia. Así hemos escuchado las enseñanzas de los siguientes académicos numerarios y correspondientes, y de algunos invitados especiales:

Académico Guillermo Muñoz Rivas, "El Problema del Nuche en Colombia".

Académico Antonio M. Barriga Villalba, "Orfebrería Chibcha".

Académico Darío Rozo M., "Radio-Estrellas y Radio-Astronomía".

Profesor Alfredo Balachowsky, "La lucha biológica contra los insectos dañinos en el mundo".

Profesor Jean Laurent, "Los últimos adelantos de la ciencia hidráulica".

Académico Jorge Ancízar Sordo, "Comentarios acerca del Symposium Interamericano de Atomos para la Paz".

Académico Daniel Mesa Bernal, "El Problema del Hambre y las Investigaciones Agrícolas en Colombia".

Académico Ernesto Osorno Mesa, "Animales Venenosos".

Académico Carlo Federici, "Capítulos Olvidados de Física".

Académico Augusto Gast Galvis, "Incidencia Mensual y Anual de la Fiebre Amarilla".

Académico Ernesto Guhl, "Fisiografía, Climatología y Vegetación en Colombia".

Académico Sven Zethelius, "Posibles efectos en Colombia de una guerra Ruso-Americana".

Académico J. Hernando Ordóñez, sobre diversos tópicos de medicina.

Académico R. P. Lorenzo Uribe, S. J., sobre el "Symposium del Chocó".

Académico R. P. Carlos Ortiz Restrepo, S. J., sobre las Universidades Americanas.

Académico Daniel Mesa Bernal, sobre "Germinación de las Semillas".

La Academia, desde su fundación, ha tenido como su mayor timbre de orgullo la publicación de su Revista, que ha merecido justos comentarios de la prensa nacional y extranjera y de las entidades y corporaciones científicas, de dentro y fuera del país.

Inicialmente la dirección de la Revista correspondía al mismo Presidente de la Academia, pero ésta, en su reforma estatutaria de que atrás se ha hecho mención, resolvió crear el cargo de Director de la Revista, habiendo sido elegido para tal posición el académico Luis María Murillo, quien con gran entusiasmo

y abnegación ha editado los números 38 y 39, con magnífico material científico (1).

Quizá parezca raro que sólo se hayan editado dos números de la Revista de la Academia, pero la dificultad de obtención de material y principalmente el alto costo de estas ediciones, hacen imposible, al menos por ahora, pensar en aumentar su número.

La Academia cuenta como recurso principal, casi pudiéramos decir único, con el aporte de la Nación para atender a la edición de la Revista, que es tan solo de \$ 20.000 anuales. Estamos esperanzados de que en el próximo presupuesto figure una partida mayor, que permita a la Academia atender, aunque en forma todavía no completa, a sus propias necesidades.

La Fundación Rockefeller, que en todo momento ha sabido apoyar las obras dedicadas a la cultura, hizo una donación de U.S. \$ 5.000.00 para cooperar a la edición de la Revista.

Con motivo del Año Geofísico Internacional y para rendir un homenaje a la memoria de Caldas, símbolo de la ciencia colombiana, y gracias a la iniciativa y gestiones de la Academia, el Gobierno Nacional dispuso la edición de una serie de tres sellos postales con la efigie del sabio mártir, mencionando que a él se debe el invento del hipsómetro. En esta ocasión nuestro Instituto, por conducto del académico Luis María Murillo, publicó un folleto con la reproducción de algunos artículos sobre Caldas, que se ha repartido profusamente, con especialidad en el exterior, a fin de hacer conocer nuestra máxima figura científica.

Cuenta la Academia actualmente con siete académicos honorarios, veintinueve numerarios y ochenta y cinco correspondientes, repartidos en las diversas secciones que componen la Corporación. De éstos han sido nombrados, en el lapso a que se refiere este informe, catorce numerarios y ocho correspondientes.

La Academia ha lamentado la desaparición del Ing. Ruiz Wilches, su antiguo Presidente. Con tal motivo, además de hacerse presente en sus funerales, celebró una sesión especial como homenaje a su memoria, en la cual hicieron recuerdo de sus méritos los académicos Darío Rozo y José Ignacio Ruiz.

Por disposición legal, la Academia tiene su sede en el Observatorio Astronómico Nacional. Este edificio, que afortunadamente ha sabido escapar a la piqueta demoledora de quienes creen que el progreso consiste en derruir las reliquias venerables, ha sido testigo de todo el desarrollo científico del país, y por eso nada tan acertado como que la Academia tenga allí su sede.

En todo momento ha reinado una perfecta armonía con la Sociedad Geográfica de Colombia, que allí mismo tiene su sede, y con la dirección del Observatorio Astronómico Nacional. Al actual director Ing. Jorge Arias de Greiff, así como al Decano de la Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional, Ing. Jaime Uribe Peralta, debemos agradecer sus manifestaciones de apoyo a la Academia.

Al hacerse la elección de la Junta Directiva para el nuevo período, se eligió por primera vez el Bibliotecario, cargo creado en la última reforma estatutaria, habiendo recaído tal nombramiento en el académico Daniel Mesa Bernal. Este funcionario tendrá una labor magnífica por desarrollar, cual es la determinación del patrimonio de la Academia, que está en confusión con el de la Sociedad Geográfica y el del propio Observatorio.

Tales han sido, señores, los puntos principales de las labores desarrolladas por la Academia.

ALFREDO D. BATEMAN
Secretario.

(1) Al morir el doctor Alvarez Lleras fue encargado de la redacción de la Revista el señor Murillo, quien la editó con tal carácter a partir del N° 28, y como director desde el 36.

OFRECIMIENTO DEL ACTO

El Académico R. P. Jesús Emilio Ramírez, S. J., Presidente de la Academia, pronunció las siguientes palabras:

Excelentísimos Señores Embajadores,
Señor Representante del Ministro de Educación Nacional,
Señores Académicos, Señoras, Señores:

Siguiendo una norma de sus estatutos, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, celebra hoy 20 de agosto, aniversario de la fundación del Observatorio Astronómico Nacional, su sesión pública y solemne. Esta reunión está destinada todos los años a dar posesión a los nuevos miembros de la Junta Directiva. El acto de hoy, sin embargo, adquiere un carácter más severo y solemne por cuanto está consagrado a estrechar los valores que unen las dos Academias de Ciencias: la Real Española y la Colombiana.

POSESION DE LA NUEVA JUNTA DIRECTIVA

El Secretario informó que la Academia, en su última sesión, eligió la siguiente Junta Directiva para el nuevo periodo reglamentario:

PRESIDENTE: R. P. JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.
VICEPRESIDENTE: Académico LUIS LOPEZ DE MESA
SECRETARIO: Académico ALFREDO D. BATEMAN
TESORERO: Académico VICENTE PIZANO RESTREPO

La Colombiana, constituida por decreto legislativo N° 1218 de 1936, es Correspondiente de la Real Academia Española. Así consta en sus estatutos y en su escudo. Así la ha mirado siempre la Academia de la Madre Patria. Como una prueba más de ello, el Señor Embajador de España, Excelentísimo Señor Germán Baraibar y Usandizaga, en representación de la Academia de Ultramar, hará entrega a los Académicos de aquende el mar, de los diplomas que la Real Academia de Ciencias de España, envía a sus colegas colombianos, como correspondientes a la misma.

Consecuentemente, nuestra Academia Colombiana de Ciencias, agradecida, se complace en dedicar este acto solemne a la muy noble e hidalga Real Academia Española de Ciencias, haciendo votos para que los nexos de la lengua, de la raza y de la fe, se estrechen aún más, acrecentando, como lo hacemos hoy, los vínculos de las ciencias,

DIRECTOR DE LA REVISTA: Académico LUIS MARIA MURILLO

BIBLIOTECARIO: Académico DANIEL MESA BERNAL

El Presidente prometió ante la Academia cumplir con los deberes de su cargo y tomó, en seguida, la promesa reglamentaria a los demás miembros de la Directiva, dándoles posesión de sus cargos.

ENTREGA DE DIPLOMAS Y DISCURSO DEL SEÑOR EMBAJADOR DE ESPAÑA

El excelentísimo señor Embajador de España, don Germán Baraibar y Usandizaga, a nombre y por delegación de la Real Academia Española de Ciencias, hizo entrega de los diplomas de individuos correspondientes, a los miembros de la Academia Colombiana de Ciencias. En seguida pronunció el siguiente discurso:

Excelencias, Reverencias, Señoras y Señores:

Múltiples y de índole diversa son las funciones que incumben a un diplomático en el ejercicio de su misión. Mi presencia aquí hoy, en que celebráis el doble aniversario de vuestra fundación y la del Observatorio Astronómico Nacional, a cuya conmemoración me adhiero con cordial afecto, es una de ellas, derivada del honroso encargo que me ha confiado la Real Academia Española de Ciencias Exactas, Físicas y Matemáticas, siempre deseosa de mantener con su hermana Colombiana y de consolidar intensamente, los vínculos originales, establecidos por la afortunada gestión fundacional de quien fue vuestro prestigioso representante en la Madre Patria, el Ministro Plenipotenciario Excmo. Señor Don José Joaquín Casas, quien inspirado por su devoción al recuerdo de la Expedición Botánica de Mutis—máximo exponente de lo que pudo lograr la cooperación científica en el pasado de nuestras dos naciones— auguraba para el futuro: asiduo intercambio de estudios, experiencia e ideas, indispensable para ensanchar y reforzar la base de nuestro patrimonio cultural.

La Real Academia de Ciencias, fundada el 25 de febrero de 1847, dirigida al principio por Don José Solano Marqués del Socorro, tiene la misma categoría y prerrogativas que la Española, la de la Historia y la de Bellas Artes de San Fernando, más antiguas que aquella, aunque igualmente celosas en compartir con sus similares de América el fruto de sus esfuerzos. A

esta tendencia de confraternidad académica obedece la iniciativa española de conferir a los 26 miembros de número de la Academia de Ciencias Colombiana los Diplomas que los acreditan como Académicos correspondientes de aquella, que me complace entregarles en este solemne acto.

La sola lectura de esta relación revela lo preclaro de los nombres que la integran. No he tenido la oportunidad de conocer personalmente a todos los señores académicos que en ella figuran, más sí a la mayoría de ellos, por sus trabajos e investigaciones. Admiro a vuestro ilustre Presidente por su merecido renombre internacional y su notable actuación al frente del Observatorio Seismográfico de los Andes, emulando el saber de sus hermanos de religión, los Reverendos Padres Rodés, Romañá y Dúo que al frente de los Observatorios del Ebro y de la Cartuja aportaron muy inteligentes y valiosas apreciaciones. Estimo muy especialmente la ciencia polifacética del muy versado Profesor Don Luis López de Mesa, que me evoca la figura de su colega español el Doctor Don Gregorio Marañón, tan requerido por todas las Academias; la muy autorizada del eminente Doctor Don Jorge Bejarano; los estudios antropológicos del Doctor Duque Gómez que localizó e identificó los restos del sabio Mutis; la excelente exposición que sobre la aportación Colombiana a la terapéutica de las enfermedades cardiovasculares hiciera en esta Academia el pasado año el Doctor Kalman C. Mezey; la insuperable labor realizada en la edición y ordenación de la Flora de Mutis por dos excelentes botánicos de amplia fama: los Doctores Enrique Pérez Arbeláez y Lorenzo Uribe y la asidua e inteligente acción coordinadora del Secretario General el culto ingeniero Alfredo D. Bateman. Todos sois merecedores a este homenaje que de muy buen grado os rinden vuestros compañeros de España que al honraros se enaltecen.

Sinceramente reconozco que no he mantenido contacto estrecho con la Real Academia Española de Ciencias, a la que muy de veras agradezco el gran honor que su elevado encargo me ha deparado. A ello no es ajeno el alejamiento físico de la patria que imponen las actividades de nuestra carrera, aunque éstas, esporádicamente como ocurre hoy, producen oportunidades intermitentes y gratas. De esta naturaleza fue la cooperación que pude prestar, a lo largo de aquella, a la Delegación Española en el Congreso Internacional de Meteorología reunido en Bergen (Noruega) en el año 1923; la que más tarde ofrecí a los eminentes geólogos García-Siñeriz y Conde de Peñaflores, que representaron brillantemente a España en el Congreso Internacional de Geología celebrado en Africa del Sur en el año 1929. Posteriormente, mi participación en el Congreso Internacional de Aviación Civil, en Chicago, a fines del año 1944, me dió ocasión de actuar a las órdenes inmediatas del sabio profesor y Académico Don Esteban Terradas, Catedrático de Física Matemática en la Universidad Central y de Electricidad y Magnetismo en la de Barcelona, Fundador del Instituto de Técnica Aeronáutica. De mis largas conversaciones con aquel benemérito hombre de ciencia, por desgracia hoy desaparecido, a cuya ejemplar memoria deseo rendir el homenaje de mi devoción y afecto, pude deducir que el edificio de la Calle de Valverde, donde tiene su domicilio en Madrid nuestra Academia de Ciencias, es lugar tranquilo, sereno, revestido de libros y revistas, alejado del mundanal ruido, donde se reúnen con frecuencia cultos y estudiosos investigadores, que comentan y contrastan sus labores, que luego las ofrecen generosamente a la Humanidad y donde se formaron las grandes figuras de Echegaray, Torres Quevedo y Ramón Cajal, que dejaron como seguidores a los Torroja, Siñeriz, Rey Pastor, Alvareda, Peña y ese gran químico e hidalgo castellano que se llama Don Obdulio Fernández.

En estos días raudos que vivimos, logra su máxima actualidad la investigación científica. Nunca ha resaltado, como ahora, el fervor mundial con que se siguen las proezas que convierten en realidad aquellos fantásticos sueños creados por la prodigiosa y genial imaginación de Julio Verne. La muy reciente hazaña del submarino atómico que atravesó la zona del Polo Norte; los intentos de alcanzar la luna; las maravillas de la electrónica y bioquímica; los progresos de la ciencia nuclear y los esfuerzos que se realizan estos días en Ginebra para ordenar y regular su uso, son circunstancias que asombran al lector ávido de seguir estos acontecimientos, a quien han familiarizado con cálculos de distancia, espacios siderales y otras informaciones técnicas, que siempre he considerado privativas, de la exclusiva competencia de los Señores Académicos de Ciencias.

Para terminar, deseo exponeros que en España existe gran afán por seguir de cerca el desarrollo de la energía nuclear; la falta de yacimientos de petróleo nos estimula a ello. Se prepararon eficientemente técnicos y obreros para utilizar el reactor Westinghouse con que nos obsequió el Gobierno de los Estados Unidos. Se ha creado un centro de Investigación a cuyo frente figura el Académico Otero-Navasqués, se discute la conexión con Euratom, y en estos días se desarrollan en Bilbao, con motivo de la Exposición "Átomos para la Paz" ciclos de conferencias bajo la dirección del Ingeniero Gutiérrez Cortines. Algunas casas editoriales han publicado trabajos originales y traducciones de cuanto se ha publicado sobre la materia en Europa y América.

La ciencia y la diplomacia deben redoblar en todas partes sus esfuerzos para encauzar los constantes progresos de aquella hacia fines pacíficos. Hay que orientar la vida hacia un mundo mejor, de acuerdo con la concepción cristiana. Tenemos que convertirnos todos en hombres de buena voluntad, premisa indispensable para que reine en este atribulado planeta el bien supremo de la Paz!

DISCURSO DEL ACADEMICO PROFESOR LUIS LOPEZ DE MESA

CIVILIZACION Y CULTURA

Señor Embajador,

Señor secretario del Ministerio de Educación,

Señores Académicos, Señoras y Señores:

Dicen algunos astrofísicos que el fenómeno Doppler observado en el espectro de las remotas galaxias pudiera interpretarse, no como acelerado alejamiento de su luz sino como fatiga de ésta, que la degrada hacia el rojo, y yo, al recordar con ocasión del presente aniversario el fervor de nuestros abuelos de entonces por los estudios científicos que muy respetuosamente denominaban "filosofía natural" para distinguirlos del ergotismo escolástico, y compararlos con la languidez con que ahora se les sigue, pienso también en una posible fatiga de las ideas, ya porque se apague un poco la "energía naciente" con que surgen, ya porque se incorporen en su obra, ya, en fin, porque la mente humana se aburra de lo habitual: Ello es que los nombres de Newton, Laplace, Lavoisier y Linneo, v. gr., o el de Humboldt, joven todavía, resonaban en su boca con tremulación de rito arcano.

De esta fatiga de las normas adolece nuestro espíritu. El saber, que es informe del entendimiento, sufre de una inflación de pormenores e indefinido análisis que ya compromete la verosimilitud de sus dogmas, cual ocurre en todo período alejandrino o barroco, y la sabiduría —norma de conducta y diadema del espíritu— se ha eclipsado en un "maelstrom" de

catástrofes. De ahí que últimamente se haya intensificado el análisis conceptual de civilización y cultura, acriminando aquella de materialismo y a ésta acusando de languidez normativa, o "conativa" al menos.

¿Existe a la verdad dicha diferencia ideológica? Desde luego, el distingo es útil en muchos órdenes —el didascálico sobre manera— pues permite instruir las gentes con encomio de la idealidad que se atribuye a la cultura y menosprecio del utilitarismo que se presupone en la civilización "materialista", y de seguro ya sería difícil no usar de esa distinción semántica en el actual comercio de las ideas.

Proyectemos sin embargo estos dos rumbos y sus nombres en la pantalla histórica de la humanidad, por ver si esencialmente discrepan o se contradicen.

Con la imaginación —y el supuesto es científico— podemos contemplar el "status" (situación y condición) de vida del hombre primigenio, en cualquiera de sus genealogías evidentes, y admitir que en cuanto fue "homo sapiens", en cuanto adquirió especie propia con dotes o virtud de psique y carácter inconfundible disfrutó de cuatro instrumentos naturales y dos de su propia mente, que le habilitaron para dominar su mundo, que le acrecieron su potencia ofensiva y defensivo en un múltiplo enorme: El fuego, el garrote, la sílice y la cuerda, con que agigantó su brazo: la palabra, amén, y la numeración, que lo

encauzaron hacia el espíritu. Cien palabras a lo sumo, cien adjetivos probablemente, como mío y tuyo, amigo o enemigo, comestible o dañoso, etc., debieron de constituir el núcleo primitivo de su lenguaje, y los veinte dedos dar origen a la numeración. Poca cosa sin duda, y con todo, en cierne ya cuanto luégo habría de constituir las bases de la civilización: el cercado y la casa, el arado y el remo; el hacha y el cuchillo, la piedra de moler y el dolmen; el lazo y el vestido, el ligamento y la red; la significación nominal y conceptual luégo; la enumeración y mensura adelante... Con ello, caza y pesca, domesticación y agricultura, agrupamiento urbano y trueque, elación religiosa y gobierno común.

Ya en esta etapa, miles de instrumentos y utensilios, el lenguaje hecho idioma con virtud de abstracción y el número genitor de cálculo y abreviantes operaciones, los dos términos surgen: de "colo": cultivar la tierra, *cultura*; de "cives": asociado o compañero, "civitas": ciudad, y de "civitas" *civilización*. Una y otra, pues, dimanar de aquellos seis primitivos instrumentos.

Y así vemos que lo instrumental es algo más que lo mecánicamente útil: su invención presupone un pensamiento intuitivo, un esquema mental de su ser, y en siendo, suscita otras intuiciones más y más remotas, más y más sutiles, en uno a modo de ese estallido en cadena que ocurre en la fisión y fusión del átomo. Tanto es ello así, que la filosofía y religión, v. gr., no superan mucho en concepto los recursos instrumentales de que dispone la sociedad en que existen. De ahí, en efecto, las hipótesis presocráticas de que todo se originara de alguno de los cuatro "elementos" visibles a su observación, tierra, agua, aire y fuego, como fueron sus dioses trasuntos estilizados de la naturaleza, en serie casi indefinible.

Sino que desarrollada la urbanización, adquiridos los metales, evolucionado el idioma, enriquecido el cálculo, la abstracción fue posible: un Leucipo unifica la naturaleza en su concepción del átomo y un Anaxágoras todos los dioscellos de las hipótesis religiosas en su revelación del nous.

Los cuatro instrumentos naturales primigenios engendraron la filosofía de los físicos ("peri physeos") jónica, y los dos instrumentos nominales, palabra y número, el idealismo postsocrático con religiones monoteístas. Por supuesto, sin pretermitir la prodigiosa catálisis del genio humano individual, que armoniza y enaltece, que descubre o entusiasma.

El Primer Beroso, mesopotámico, que mueve la inquietud de Jonia hacia la búsqueda de los orígenes; Heráclito, que inbuje la sutilidad de su duda en el numeroso espíritu ateniense, Hiparco, que ilustra el malabarista genio alejandrino con técnica inverosímil entonces; Agustín, que laza el cristianismo con lucubraciones griegas; Newton, que enrumba por las matemáticas la urdimbre verbal del medioevo; Einstein, que nos hunde en la metafísica del átomo... sin nombrar, que sería indetenible, los hacedores de religión, arte y política, hazañosos de luz en su vario orden.

La escasez de innovaciones en los instrumentos de naturaleza durante el largo milenio que va desde la segunda centuria precristiana hasta la décima séptima posterior, apuró compensatoria y supletoriamente la actuación de los instrumentos hominales —palabra sobre todo— y los condujo a disciplinas en que su imperio es invencible, como la dialéctica, la oratoria, la poesía, el derecho —digamos— de estambre especulativa o formal preferente. Ejemplo de este predominio es la teología, que desde el siglo segundo de nuestra era hasta el décimo sexto, inclusive, gobernó el mundo con tal dédalo de construcciones verbales que casi lo enloquece y destruye, en escuelas, concilios y campos de batalla.

En el siglo XVII surgen a vigencia civilizadora la lente y el cálculo infinitesimal, con el demiurgo matemático del cero, que había permanecido a hurtadillas desde su llegada a Europa en el equipo cultural de los árabes sicilianos. Lente y cero, instrumentos de civilización que habían de engendrar un nuevo mundo de cultura, otros abriendo a la infinitud: telescopios para las incógnitas siderales, microscopios para los seres invisibles, espectroscopios para las presencias confundidas de la luz y los componentes moleculares, reconditeces del número que ya se parecen a Dios, como un logaritmo. Y con tales instrumentos la virtud mental de un Galileo, un Leeuwenhoek, un Lavoisier, un Euler, un Laplace, o adelante, Dalton y Rutherford, Maxwell y Minkowski, Planck y Roentgen... entre miles ahora. Ciencias matemáticas, ciencias naturales, ciencias físico-químicas y técnica instrumental, en fin, que produjo la civilización "materialista" de nuestra época y el "progresismo" utilitario que algunos maldicen.

Materialismo sin duda, porque el instrumento que inventamos para acrecer nuestro poderío, en actuando, se emancipa de nosotros y nos sujeta a sus veleidades e imperiosa habitud, como el reloj, la prensa cotidiana, el teléfono, el cinematógrafo, el automóvil, la televisión y el tornadizo dinero. Pero así mismo pábulo luminoso de una especulación abstracta en Spinoza y Bruno, en Descartes y Hegel, en Nietzsche y Bergson. Que la misma religión medioeval convierte en la sabiduría social de los pontífices modernos y los dogmas agilita con actitud más dúctil.

Con rudos accidentes de tránsito, también, e ideológicas catástrofes: Bacon propone nueva inspección, Hume deduce abrumadoras consecuencias, Kant busca piadoso lenitivo, y todos, a la postre, sólo ensanchan el enigma.

Civilización instrumental en que la persona corre el riesgo de adjetivarse a su misma creación —la máquina— y perder la reciedumbre de sujeto eminentemente reactivo que la llevó a la conducta de la naturaleza y vislumbre, innegable ya, de dominación del destino. Porque bordeamos doble pendiente de frustración y de victoria: de una faz, el hecho de que el conocimiento —y es enorme hoy día— esfuerza el yo en proporciones divinales de potencia, y de otra faz, el peligro de una desgana de vivir, de un colapso de todas las ilusiones. Ese tremendo pro y contra de cuanto existe, ese maniqueísmo, por decirlo así, de las esencias, cual si la nada no fuese ausencia de ser sino ente negativo que coparticipa en la constitución de toda realidad y hacimiento de todo acto. Tal se nos revela en muchos triunfos que enorgullecen nuestra civilización, principiando por el tiempo, que habiéndonos multiplicado por miles a causa de la velocidad con que realizamos lo que antes exigía decenios y aun siglos, en vez de alargarse se ha encogido y ya nos parece más fugaz que nunca, casi, casi tramposamente efímero. Sin duda porque echamos más eventos en su decurso, pero también en sí, matemáticamente computado. Esto demanda nuevos planeamientos valorativos de la conciencia, por virtud de los cuales la sed de vivir muchos instantes se satisfaga con la intensidad de vivencia de uno solo. La conciencia de un saber, por ejemplo, que recorra la eternidad de un querer conocer y permanecer por ende. Que resuma la eternidad en un acto de conciencia.

Esto se patentiza mediante una somera hipótesis: si nos fuese dada una eternidad totalmente aparte del ambiente en que vivimos, un yo, pues, sin su circunstancia, sin el mundo que le corresponde, la dicha eternidad nos causaría el horror de un vacío, de una absoluta carencia de sustentación. Seríamos una nada consciente, inenarrablemente angustiada. Ello nos dice que nuestra entidad no se delimita por la epidermis del cuerpo ni la epidermis de la conciencia, sino que se hunde

en las entrañas de un proceso arcano, del que nuestro mundo es apenas vestigio hartamente ilusorio, y así, lo que constituye un instante en el devenir de esta apariencia, puede ser la permanencia de lo eterno, medido con otro patrón de valores: la plenitud de ser o de poder o de conocer, v. gr.

Muchos creen que nuestra civilización "materialista" eliminó la idealidad de religiones y filosofías, y hasta del amor y el arte, sin parar mientes en que la ciencia contemporánea es la más abstrusa metafísica que vieron los siglos ni hombre alguno logra concebir satisfactoriamente, y en que tampoco nunca fue el arte más inaccesible o más embelesado el corazón del hombre: Amor, drama, novela, poesía, vamos al decir, o música y pintura, otra cosa no son que romanticismo en busca de sujetos ideales sin corporeidad, elipsis del deseo.

Es que en la dialéctica de la historia se suceden los períodos de análisis y de síntesis, o de sístole y diástole, si se quiere otra similitud, y el en que estamos hoy ha llevado esa dicotomía a límites de una casi evanescencia: La unidad atómica que Leucipo y Demócrito propusieron en una hora de balances sintéticos, y el perspicuo Lucrecio Caro bellamente expuso, se trocó en un sistema semi-solar de partículas en la mente de Bohr y punto menos que en una galaxia de enigmas luégo: las diez y seis partículas que ahora nos describen, ya son más posiciones de la energía que entes cabales, períodos matemáticos de un proceso inconsútil; la unidad anaxagórica del nous, adelante Logos, trocose en un trasunto del pensamiento informe, de lo que "sigue" de toda frontera inexplorable. Es decir: instinto, inteligencia, subconsciencia, intuición, atención, reflexión, abstracción, imaginación, simbolización, razonamiento, juicio, voluntad, memoria... y una cohorte de procesos electrofisiológicos, progresivamente diferenciables en ondas y ritmos, día a día más sutiles.

Es pues una edad analítica. Ramificación indetenable. Alejandrino conceptual desbocado y fatigante. Ya los signos de mensura no dan abasto por arriba y por abajo de las normales de otro tiempo: hay que añadir "megas" y "micros" en toda dirección, desde un megaparsec hasta un micromicrón de milímetro. Cuando los romanos se contentaban con sólo la precisión de la hora, el físico contemporáneo registra procesos de una cuatrillonésima de segundo, apenas matemáticamente concebibles.

Tales sutilezas han hecho desvaneciente nuestro mundo, que pues no sabemos si es realmente ontológico o mera cinematografía de Maya. Berkeley ya no requeriría de apelar a la incertidumbre sensorial. Bastaríale un poco de cálculo. Díganlo si no nuestras perquisiciones acerca del tiempo: nadie duda, v. gr., que el ser y el discurrir —númeno y fenómeno— presuponen un presente, pero qué sea el presente desafía toda imaginación, ya que en el momento de concebirlo es pasado. En los procesos de la desintegración del radio surgen cuerpos definibles con duración de una sextillonésima de segundo, que dentro de ese lapso, hipotéticamente al menos, tienen principio y fin, pasado, entonces, y futuro. Esta inasibilidad del presente nos conduce a definirlo como una posición sin dimensiones.

Mas ello es que todo lo que existe tiene indeclinablemente alguna permanencia, y así, como en el cuanto de acción, es ineludible conceder que el tiempo es parte del ser, a más de signo suyo de duración, es decir un supuesto sin magnitud que engendra magnitudes. Porque en la constitución mínima imaginable (o real si logra probarse que así ocurre) hay que suponer un cuanto de duración entitativo, es decir, genitivo del ente.

Lo que no empece explorar otro problema que tales meditaciones suscitan, a saber; ¿Entre la nihilidad y el mínimo de ente concebible hay un surgimiento por salto, de la nada a

una cantidad discreta, un tamaño dado, con una virtud dada en un tiempo dado, o un comienzo indefinible que crece fluendo sin discontinuidad de acción? Ese número que limita con el cero es indeterminable, y esa cuantía infinitesimal, tan pequeña como se la suponga, equivale a la infinitud con relación al no ser. Sería pues, un "casi nada" que es un "casi-infinito". Y no se diga que ello es ociosidad de especulación "diletante", porque en los espacios intergalácticos existen cúmulos de hidrógeno que plantean el enigma de si hay o no un crecimiento cuantitativo del cosmos, es decir, una creación incesante de materia, y convendría saber si esos yones surgen definidos ya o tienen un proceso de previa originación actualmente inconcebible.

De todos modos, la unificación genial de la naturaleza que inició Leucipo con su hipótesis del átomo, y la del espíritu que determinó el nous de Anaxágoras, vuelven al telar del entendimiento y tablero de las discusiones escolares por causa del maravilloso aporte de los instrumentos, produciendo un entrecruzamiento inextricable de civilización material y cultura ideal que destruye la supuesta contradicción de sus destinos, y nos los revelan como meras faces —y fases, a veces— de un mismo proceso mental evolutivo. La religión, la moral, la filosofía y el derecho, temas culturales por excelencia, o la historia y el arte si se prefiere otro rumbo, padecen hoy día de aquella imprecisión ideológica esencial de la ciencia contemporánea, con grave deterioro de la conducta social del hombre. De ahí que una disertación de esta índole resulte eminentemente práctica y urgente, con urgencia de calamidad pública e urgencia personal de salvación. Si el hombre es la medida de todas las cosas, como dijo Protágoras, o esa medida es Dios, como Sócrates propuso, no tiene sentido común en tanto no sepamos qué es Dios y qué el hombre. Ni esto es factible mientras ignoremos la ontogenia de la realidad en que uno y otro actúan.

Pues bien, hacia tal meta o desiderato nos guía el saber técnico contemporáneo que aparentemente nos embrolla y confunde. Los telescopios gigantes, los microscopios sutilísimos, la cibernética y el cálculo, que multiplican por miles la capacidad mental del hombre, máquinas computadores, por ejemplo, de un lado —el lado de los instrumentos naturales— y del otro, el estudio de las funciones cerebrales que la fisiología y la patología adelantan, aunado con el análisis del pensamiento, que la oniología sensata permite seguir gradualmente mediante la espontánea simplificación de sus procesos —instrumentos hominales, pues— nos están conduciendo a otra de las grandes síntesis de la sabiduría, en que no ya naturaleza y espíritu aparte se uniformen, sino ambos, en una esfera superior.

Ya al ver, cual vimos, el punto sin duración equipararse a la eternidad en su posición de "presente", en cuanto éste de alguna manera abarca todo el pasado, como receptor suyo, y todo el porvenir, como tendencia suya, y al ver la realidad en su mínimo de ser naciente aproximarse al cero, presuimos con buena garantía de verosimilitud que el mundo estéreo-crónico, este mundo de espacio y tiempo que los sentidos espacio-temporales nos revelan, puede sólo ser un aspecto de alguna entidad ignota, matemática si se quiere fantasear un poco, o meramente ideal, como la "posibilidad absoluta" de que en otro ensayo traté antes. A este propósito es útil recordar que el número nos socorre con alguna iluminación analógica al revelarnos que no comienza en la unidad sino en el dos, pues que solo hay "uno" cuando hay "otro", y así la sustancia no puede ser sin la acción, el númeno sin el fenómeno, porque en existiendo, en "estando-fuera" de sí, es; de todo lo cual se deduce que el fenómeno es tan esencial como el númeno. Al "estar-fuera" de sí, el númeno engendrará tiempo y espacio, o sea la realidad física que conocemos, y este cosmos fenoménico resulta tan necesario al concepto de Dios, como lo es Dios para la na-

turalidad en las mentes religiosas o para la arquitectura del pensamiento en el filósofo que lo concibe como un logaritmo ideal de la infinitud.

Y algo aun sorprendente en el orden moral: Que el yo es el individuo y su tarea, indisolublemente, y así, en cuanto buena o grande ésta, en tanto bueno o grande aquél, y en cuanto nula, nulos ambos. Y puesto que la tarea es lo que relaciona con el resto de la realidad y se funde en ella para permanecer y proseguir activo, vemos en tal concepto del yo una base ética que partiendo del egoísmo natural —o apetito de ser— produce una conducta altruista eficiente de vinculación familiar, social e histórica.

DICHO lo cual, a modo de ejemplo de todo lo que puede escudriñarse en el mundo aladinesco y dantesco a la vez que nos cupo en suerte, miremos su proyección pragmática en el actual momento histórico colombiano.

Dos hechos mayores nos ofrece a consideración, entre los muchos que lo constituyen: Un retraso en sus recursos técnicos y una deficiencia de madurez en los culturales.

Constituye madurez la adecuación de la respuesta que damos a la vida a la demanda que nos hace: Dicha madurez se revela en la palabra exacta para el concepto preciso, en el color justo para el dibujo indefectible, en la nota acorde para el ritmo conveniente, en la hora oportuna para la tarea útil, en la exacta cantidad, calidad y continuidad del esfuerzo para el logro de la obra presupuesta. Y entre nosotros predominan la aproximación, la indecisión y el abandono final. Casi sabemos lo que queremos, casi hacemos lo que deseamos, casi somos lo que debiéramos ser. Todo en nosotros es impreciso, inconcluso, e inestable por ende. Imperio de la emotividad efímera. Genio a la alborada, languidez al medio día, colapso en la tarde, definitiva frustración: Inmadurez. Lo que no significa desahucio para el engendramiento de una labor cultural excelente, porque esa emotividad bien disciplinada es fecunda en iniciativas mentales y primer impulso volitivo, en efusión de afectos y gentileza de trato, y con un poco de pedagogía escolar y adiestramiento de labores puede adquirir victoriosa reciedumbre.

Justamente, son eximias las facultades de nuestra nación para las empresas que se nutren sobre todo de emotividad y de su primogénita la mariposeante fantasía: lírica, oratoria, periodismo, donaire vocabular, retruécano o alígera comprensión, efusivo trato, fácil promesa. Lo cual organizado con ligaduras de tenacidad y certidumbre de conocimientos nos haría invencibles.

Sin que valga alegación de que ello es arduo y cosa apenas propicia a los héroes: baste saber que una hora diaria de estudio durante diez años nos permite dominar con creces las materias más abstrusas y ser en ellas honrosa y fructuosamente peritos. Que así se forman los sabios, así triunfan los doctos, y ello es factible.

La actual civilización exige a los pueblos dominantes legión de técnicos que ganen para su holgura económica y preeminencia cultural el competido triunfo, por tal modo que la guerra efectiva, la magna guerra, no se combate hogaño con bombas de hidrógeno o trinitro-tolueno sino con ecuaciones matemáticas y procesos industriales. Y como otro recurso no hay para adquirir tales prendas de victoria que la indefectible preparación docente, sería discreto enviar a donde mejor se disfrute de ella unos quinientos estudiantes becados, y sustituirlos a medida de su satisfactoria culminación de estudios o de su incorregible ineficacia lectiva, que siempre ocurre, de manera de mantener ese número constante por tantos años cuantos lo justifique nuestro déficit. A ciento cincuenta dólares la beca, serían unos diez millones de pesos anuales, ciento en diez años. ¿Mucho acaso? Sí y no: Considérese que hoy producimos once mil millones de pesos con sistemas que pueden mejorarse hasta el doble en tal decenio de intensa aportación científica, y descuéntese lo que se quiera, el noventa por ciento, v. gr., y quedaría aún la generosa utilidad de un mil por ciento.

Sino que esos estudiantes no irían a la buena de Dios y capricho de sus flaquezas, como hoy acontece a menudo, pero seleccionados con patriótica pulcritud, y vigilados por los cónsules, como lo hizo el Japón desde la época agonal del célebre Mutso-Hito.

Legión de técnicos, y no haya temor de que la cultura ideal mengüe, pues ya vimos en el análisis inicial de esta disertación que lo técnico en manera alguna se contrapone a lo abstracto, si no que lo engendra en la especie y calidad de sus virtudes, que cultura y civilización son términos de uso práctico, útiles para señalar y remediar exageraciones posibles, más nunca esencias aparte.

La angustia del destino es el peaje que el arcano impuso al don maravilloso de la existencia, y la espiritualización de tal angustia constituye la respuesta del hombre, que se da en civilización o cultura y se mantiene en historia. Santidad, heroicidad, sabiduría son sus operarios, y el pueblo que no los tenga carecerá de entidad histórica y de espíritu.

* * *

Siendo las 8 y 15 p. m. se levantó la sesión.

El Presidente,
JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.

El Secretario,
ALFREDO D. BATEMAN

LA ACADEMIA DE CIENCIAS Y LA FUNDACION ROCKEFELLER

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, mira con honda simpatía, admiración y respeto, la obra humanística de extensión ecuménica de la FUNDACION ROCKEFELLER, especialmente la que con nuestro país se relaciona en los campos de la investigación agropecuaria, de la salud humana y de la cultura en general.

De igual manera agradece a tan noble INSTITUCION, su interés por nuestra REVISTA, gesto protocolizado en la destinación generosa y gentil de un auxilio para su publicación.

Trascríbase esta proposición a la FUNDACION ROCKEFELLER, en nota de estilo y por intermedio de sus ilustres representantes doctores J. George Harrar y Lewis M. Roberts.

(Proposición presentada y aprobada por aclamación por la Academia en la sesión del 13 de mayo de 1958).

HOMENAJE A LA MEMORIA DEL ILUSTRE CIENTIFICO FRANCES PAUL RIVET

RESOLUCION NUMERO 20 DE 1958

por la cual se lamenta la muerte del Profesor Paul Rivet, fundador del Instituto Etnológico Nacional.

LA ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

C O N S I D E R A N D O :

Que el día 21 de marzo del presente año falleció en París el Profesor Paul Rivet, renombrado americanista francés, autor de numerosos estudios sobre los orígenes americanos y acerca de las culturas nativas del Nuevo Mundo;

Que el Profesor Rivet fue el fundador del Instituto Etnológico Nacional, hoy Instituto Colombiano de Antropología, institución en la cual se dio comienzo a la formación de la moderna escuela antropológica colombiana, con resultados que significan un verdadero aporte a la ciencia nacional;

Que el Profesor Rivet fue Miembro correspondiente en el extranjero de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y de otras corporaciones culturales del país, y

Que en todo tiempo manifestó gran interés por el progreso científico de nuestra patria,

R E S U E L V E :

Manifiestar los sentimientos de pesar de la Academia por el fallecimiento de este insigne hombre de ciencia, con cuya muerte pierde Francia a uno de sus grandes valores en el campo de la cultura, y América al más entusiasta de los estudiosos de su remoto pasado.

Enviar copia de la presente Resolución a la Señora Mercedes v. de Rivet, esposa del extinto y a la Dirección del Museo del Hombre de París.

COMUNIQUESE Y PUBLIQUESE.

(Resolución presentada y aprobada por aclamación por la Academia, en su sesión del 8 de abril de 1958).

Con el renacimiento aparece la física también de nuevo y su estilo es completamente distinto del estilo de la física greco-romana. Esta era estática y antropomorfa como toda la cultura antigua, mientras la física moderna del occidente muestra rasgos dinámicos o fáusticos, como dice Oswald Spengler, siendo su característica matemática la "función" en general, que en lugar de las leyes estáticas de la física antigua, describe el desenvolvimiento de los procesos físicos en el tiempo.

Tycho de Brahe y Galileo Galilei fundan la física moderna sobre el experimento cualitativo y el mismo Galilei y Kepler tratan de abstraer leyes generales de estas mediciones, que llaman a su vez a Isaac Newton a buscar su interpretación teórica a base de postulados más sencillos. Estos postulados, usados generalmente sin pleno conocimiento de su importancia, son los siguientes:

- 1) La continuidad del desarrollo de un fenómeno.
- 2) La concatenación causal entre los fenómenos.
- 3) La completa objetividad de ellos por parte del observador.
- 4) La posibilidad de obtener en un momento dado por medición todos los datos que determinan el estado de un sistema físico.

Lo que se ha construído sobre esta base es lo que hoy día se llama la física clásica. Ella comprende la mecánica newtoniana de los cuerpos macroscópicos, la acústica, el calor, la óptica y el electromagnetismo y alcanzó hacia el final del siglo XIX un alto grado de perfección. Por esta razón contestó Philip von Jolly a un alumno que le consultó sobre el estudio de la física, que esta era una ciencia ya prácticamente terminada, cuyo estudio no ofrecía mayores atracciones. El alumno que preguntó era Max Planck.

Max Planck nació el día 13 de abril de 1858 en Kiel, ciudad situada en la provincia más septentrional de Alemania. De 1875 y 1878 estudió matemáticas y física experimental en las universidades de Munich y Berlín y se graduó en 1879 en Munich, obteniendo el título de doctor en filosofía. Aquí se quedó como profesor externo y supernumerario de física teórica durante los siguientes años de 1880 a 1885, sin tener mucha esperanza de obtener pronto un nombramiento como profesor titular, por carencia de cátedras de física teórica, que todavía no se consideraba como disciplina especial. Pero ya en la primavera de 1885 le nombraron profesor extraordinario para física teórica en la universidad de su ciudad natal, lo que le permitió fundar su hogar propio. Después de la muerte de Kirchhoff la universidad de Berlín le ofreció al principio de 1889 la recién establecida cátedra de física teórica en calidad de profesor extraordinario, recibiendo más tarde, en 1892 el nombramiento en propiedad que conservó hasta 1926. En el año de 1920 recibió el premio Nobel. Desde que se hizo cargo de su cátedra en Berlín, Max Planck perteneció siempre a la Sociedad Berlinesa de Física, que más tarde se transformó en la Sociedad Alemana de Física.

En el año de 1894 le eligieron miembro de la Academia Prusiana de Ciencias, encargándole de la secretaría de su clase matemática-física, puesto que tuvo de 1912 a 1938. De 1930 hasta 1937 fue presidente de la Sociedad "Emperador Guillermo" para el fomento de las ciencias que lleva ahora su nombre. Los últimos años de su vida los pasó en Gotinga donde murió el 4 de octubre de 1947, viéndose perseguido por el régimen nazi durante los años de la guerra.

La circunstancia de su llamamiento a la universidad de Berlín como sucesor de Kirchhoff indicaba que los círculos cientí-

ficos esperaban que Max-Planck siguiera los estudios que Kirchhoff había comenzado. Y en verdad sus primeras publicaciones tenían títulos sobre la teoría del calor, los principios de la termodinámica y la radiación térmica. Esta última era una de las partes más nuevas de la física de la segunda mitad del siglo XIX.

Scheele, Pictet y Prévost habían formado el concepto de la radiación térmica al final del siglo anterior, lo que dio más tarde lugar a que se identificara la radiación térmica como parte del espectro general de la radiación electromagnética.

G. R. Kirchhoff indicó a la ciencia el nuevo camino con su descubrimiento de la "radiación de una cavidad" incluída por cuerpos de la misma temperatura que depende únicamente de esta última y no del material de las paredes; esta radiación puede servir para calcular la radiación térmica de cualquier otro cuerpo, conociendo sus calidades de absorción. Así se redujo el problema de la radiación a la investigación de la radiación de una cavidad.

Algo más tarde, en 1884 descubrió L. E. Boltzmann, basándose en la teoría electromagnética de la luz y usando métodos termodinámicos, que la energía total de la radiación térmica de una cavidad es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. Esto dio un fundamento teórico a algunas mediciones experimentales anteriores de J. Stefans y significó una victoria para la teoría electromagnética de la luz, que todavía no había sido aceptada completamente.

Conociendo así la energía total de espectro de la radiación térmica, se levantó el problema de la distribución de la energía sobre ese espectro. En 1893 W. Wien encontró la "ley de corrimiento", que tiene hoy día su nombre y que permite el cálculo de la distribución de la energía para todas las temperaturas, si se la conoce para una sola.

Más tarde se pudo ver claramente que esta ley de corrimiento de Wien era el límite del desarrollo dentro de la física que llamamos hoy con cierta tristeza y nostalgia, la clásica.

El problema de calcular la intensidad como función de la frecuencia y de la temperatura, dio lugar a varias soluciones distintas, que tienen todas su derecho de existencia en ciertas partes del espectro donde describen satisfactoriamente los resultados experimentales desde un punto de vista teórico, sin dar una solución general para todo el espectro de la radiación térmica. Hay que mencionar aquí las leyes de Rayleigh y J. H. Jeans, según las cuales la intensidad de la radiación depende en forma proporcional de la temperatura y del cuadrado de la frecuencia. Pero esta ley no puede tener validez para frecuencias altas, limitándose su influencia a la parte del espectro de pequeñas frecuencias. W. Wien y el mismo Planck defendieron una ley según la cual la intensidad tenía que disminuir en forma exponencial con el crecimiento de la longitud de onda, la que se cumplió aparentemente bien en las regiones de altas frecuencias. Pero nuevas mediciones de O. Lummer y E. Pringsheim indicaron claramente discrepancias entre la teoría de Wien y la realidad, lo que llevó a Planck a encargarse nuevamente de este problema. En octubre de 1900 se publicaron algunas nuevas mediciones, esta vez de Kurlbaum y Rubens, que comprobaron la coincidencia entre la realidad y la ley de Rayleigh-Jeans para las frecuencias bajas, lo que llevó a Max Planck a la idea de buscar una fórmula de interpolación entre las leyes de Rayleigh-Jeans y W. Wien, esperando que esta ley obtenida así describiera mejor los hechos reales en su totalidad, ya que cada una de las componentes lo hizo bien en los límites inferior y superior del espectro térmico total respectivamente.

Este procedimiento dió una nueva fórmula que Max Planck expuso el 19 de octubre de 1900 en la Sociedad Alemana de Física y que hoy se llama la ley de Planck para la radiación térmica del cuerpo negro o de una cavidad; pero todavía faltaba un fundamento teórico de esta fórmula, encontrada por combinación de dos leyes empíricas. Para ese fin Planck se valió de la relación entre entropía y probabilidad que había sido descubierta por Boltzmann, calculando la probabilidad para un oscilador de la frecuencia ν , y fundándose en la hipótesis nueva y extremadamente audaz, que solamente la desesperada situación había insinuado, de que existieran cantidades discretas de energía. En verdad obtuvo sobre esta base una nueva ley de radiación térmica caracterizada por la circunstancia de que las distintas cantidades de energía se diferenciaban por una magnitud igual a h , donde h significa una nueva constante universal, el cuanto elemental de acción. Por este procedimiento, salió la fórmula de la radiación térmica obtenida teóricamente idéntica a la fórmula ganada por interpolación entre las leyes aproximadamente válidas de Rayleigh-Jeans y W. Wien.

El valor de h determinado experimentalmente es de $6,5 \cdot 10^{-27}$ erg.seg. El desarrollo teórico de la nueva fórmula de radiación la expuso Planck el 14 de diciembre de 1900 otra vez en la Sociedad Alemana de Física y en este día nació la teoría de los cuantos.

La hipótesis de Planck de que la energía está subdividida en cuantos de la magnitud $h\nu$ ya no es un perfeccionamiento de la física clásica sino una revolución científica. Los lustros que siguieron mostraron claramente su hondo significado y su necesidad científica, pues la idea y la concepción de los cuantos de energía permitió poco a poco un entendimiento de los fenómenos que se realizan en el interior de los átomos y cuya interpretación no había sido posible anteriormente.

Más tarde, aportaron otros investigadores nuevas demostraciones teóricas de la ley de radiación de Planck, como por ejemplo en 1910 P. Debye por medio del estudio de las oscilaciones electromagnéticas propias de una cavidad o en 1917 Alberto Einstein, quien se basó fundamentalmente en la postulación de una posible descripción de los procesos atómicos de absorción o emisión por medio del concepto de su probabilidad característica, rasgo básico para todo el desarrollo de la teoría de los cuantos posteriormente concebida.

Esta física cuántica se distingue de la física clásica por la aparición del cuanto elemental de acción h o constante de Planck y por la determinación de los posibles estados de un sistema por medio de números enteros, llamados números cuánticos. La teoría de los cuantos comienza con Planck en el primer año del siglo XX, pero tiene sus raíces experimentales en el siglo anterior. Estas raíces son el efecto fotoeléctrico, los espectros de líneas y de bandas de los gases, como también en cierto grado la relación funcional que existe entre el calor específico y la temperatura. La física pre-cuántica esperaba encontrar en un día la explicación de estos fenómenos que tenían que permanecer hasta este día en su gabinete de rarezas. Pero la física cuántica hizo posible su explicación en forma sencilla y elegante. Claro está que la teoría de Planck no encontró inmediatamente una acogida unánime y entusiasta. Sus ideas eran demasiado nuevas y significaban la ruptura con los fundamentos de la física newtoniana en lo que se refiere a la postulación de la continuidad del desenvolvimiento de los fenómenos físicos y, como también se vio más tarde, con los postulados de la idealización, identificación y objetividad de los procesos. El primero en aceptarla y exponerla fue Alberto Einstein quien en 1905 pudo explicar por medio de ella precisamente estos aspectos del efecto fotoeléctrico que no encontraron su aclaración por la teoría clásica.

En el efecto fotoeléctrico la luz incidente extrae electrones de los metales y la energía de estos electrones fotoeléctricos aumenta proporcionalmente con la frecuencia de la luz, mientras su intensidad determina solamente el número de los electrones puestos en libertad. La teoría ondulatoria de la luz no es capaz de explicar estas observaciones. Pero interpretando la luz

como una corriente de los cuantos de energía o "fotones" de la energía $h\nu$ y suponiendo que cada fotón ponga en libertad a un solo electrón en un acto elemental, Einstein obtuvo una fórmula que coincidió cualitativamente con las observaciones. Más tarde, en 1916 R. Millikan midió por medio del efecto fotoeléctrico, por primera vez, la constante de Planck en forma muy exacta. La idea de Planck se mostró muy productiva. Ya en 1907 interpretaban Einstein y más tarde en 1911 Debye cualitativamente por medio de ella la disminución del calor molar con la tercera potencia de la temperatura absoluta en las regiones cercanas al punto O de esta escala.

Los descubrimientos experimentales de los niveles discretos de energía en el interior de los átomos hechos por Frank y Hertz en 1913 confirmaron las predicciones de Planck sobre la subdivisión de la energía en cuantos. Electrones de gran velocidad comunican a los átomos en choques individuales energía que más tarde es emitida por los átomos en forma de luz con fotones de la energía $h\nu$, recibiendo así su demostración experimental los niveles energéticos que eran hasta entonces hipotéticos.

Niels Bohr, basándose en estos descubrimientos lanzó en el mismo año su modelo atómico que se distingue del modelo anterior de Rutherford por órbitas electrónicas determinadas por medio de condiciones cuánticas que permiten solamente unas cuantas órbitas entre todas las posibles. Más tarde, A. Sommerfeld consideró, fuera de las órbitas circulares, órbitas elípticas. Como la energía de los electrones en el interior de los átomos depende de su órbita, se obtuvo así una explicación teórica de los niveles discretos de energía. Una consecuencia directa de este modelo atómico de Bohr era el desarrollo teórico de una fórmula para las series espectrales que dió precisamente las frecuencias del espectro de Hidrógeno. La fórmula era conocida experimentalmente desde que en 1885 Jakob Balmer había encontrado empíricamente la ley que hoy lleva su nombre. Los efectos electro-ópticos de Stark y Zeeman recibieron también en 1916 su aclaración por medio del modelo atómico de Bohr-Sommerfeld.

Basándose en estos éxitos, los físicos contemporáneos siguieron adelante con la aclaración de los espectros de los elementos más pesados y de los espectros de banda de las moléculas poliatómicas, obteniendo poco a poco una idea sobre la estructura del interior del átomo. Los descubrimientos del spin, del electrón y del principio de exclusión de Pauli, hicieron entender el sistema periódico de los elementos dando para sus períodos explicaciones relacionadas con el juego de los números cuánticos.

A pesar de los éxitos del modelo atómico de Bohr, quedaron muchos problemas sin resolver. Esto se debe a la circunstancia de que se injertaron a la mecánica clásica newtoniana elementos cuánticos que le eran completamente ajenos. Habrá que buscar una nueva mecánica dentro de la cual las condiciones cuánticas no figuren como cuerpos extraños.

En el año de 1924 el príncipe Louis de Broglie postuló la existencia de las llamadas ondas materiales coordinando al movimiento de una partícula material una onda por medio de reflexiones relacionadas con la teoría de la relatividad. La longitud de esta onda se calcula del impulso de la partícula por medio de la constante h de Planck. E. Schrödinger propuso en 1926 una ecuación diferencial para una onda coordinada a una partícula que hizo sacar conclusiones sobre los niveles discretos de energía de esta partícula. Para el átomo de hidrógeno se obtuvo también así el mismo resultado que ya se había obtenido a base del modelo atómico de Bohr.

A pesar de esto, Born, Heisenberg y Jordan habían creado una mecánica cuántica completamente distinta que se basa en el cálculo matricial y que dio los mismos resultados que la ecuación de Schrödinger.

Ambas teorías presentan pues las mismas ideas en otra forma. Esta nueva teoría, la mecánica cuántica, abarca y explica formalmente todos los resultados experimentales de la espectroscopia. Pero su base, las ondas materiales, recibieron

también en años posteriores una comprobación experimental por medio de la difracción de electrones, de protones, y átomos de helio en cristales descubierta entre 1925 y 1932. También en la Física Nuclear, parte más reciente de la física, se han podido aclarar ciertos resultados experimentales por medio de la mecánica cuántica, pero todavía quedan muchos problemas sin resolver, de tal forma que todos los físicos esperan nuevamente un paso hacia adelante que se parecerá un día al que nos ha llevado de la física clásica o precuántica a la física cuántica que se inició con la ley y el cuanto de acción de Max Planck.

EL MILAGRO DE LAS LEYES DE LA NATURALEZA¹

MAX PLANCK

La ciencia de la física supone la existencia de un mundo real, independiente de nosotros, que no podemos conocer nunca en forma inmediata, sino solamente por las gafas de nuestras impresiones sensoriales y por medio de las mediciones obtenidas por ellas.

Si estudiamos lo anterior un poco más, veremos que nuestro modo de ver el mundo acepta una forma variada. El sujeto de las meditaciones, la persona que observa, va a ser desplazada del centro de las reflexiones y puesta en una posición muy modesta. Y en verdad: qué deplorablemente pequeños, qué impotentes tenemos que hallarnos, pensando que la tierra en la cual vivimos representa solamente un pequeño polvillo, casi nada, en el universo inmenso. Qué rara debe manifestárenos la circunstancia de que nosotros, criaturas diminutas, en un planeta diminuto cualquiera, somos capaces de conocer por medio de nuestro intelecto la existencia y las dimensiones de las partículas elementales que forman todo el gran universo; aún se nos escapa su esencia.

Pero el milagro abarca aún más. Un resultado indudable de la investigación física es el hecho de que estas partículas elementales del universo no existen en grupos aislados sin contacto mutuo, sino que están unidas entre sí por medio de un plan único, o en otras palabras que se revelan en todos los acontecimientos de la naturaleza algunas leyes universales que podemos conocer hasta cierto grado.

Quiero mencionar aquí por el momento un solo ejemplo: el principio de la conservación de la energía.

En la naturaleza existen varias clases de energía: energía cinética, energía de gravitación, de calor, de electricidad y de magnetismo. La suma de todas estas energías forma la cantidad total de energía que se encuentra en el mundo y esta cantidad total tiene un valor invariable que no se puede aumentar o disminuir por ningún proceso que se realice en la naturaleza. Todos los cambios energéticos que se presentan consisten en realidad solamente en una transformación mutua de energía. Si se pierde por ejemplo energía cinética por rozamiento, se obtiene una cantidad equivalente en forma de energía calorífica.

El principio de la energía extiende su dominio sobre todas las partes de la física, así mismo dentro de la física clásica como dentro de la física cuántica. Con frecuencia se ha tratado de poner en duda su validez para los fenómenos que se presentan en el interior de los átomos y de darle en ambos casos solamente un carácter estadístico, pero un control exacto ha demostrado en cada uno de los casos examinados hasta ahora con tal fin, que este desempeño es infructuoso y que no hay razón ninguna de negar al principio de la conservación de la energía, el rango de una ley completamente exacta.

Ahora oímos con frecuencia de lados positivistas la respuesta crítica de que la validez exacta de esta ley no es extraña, sino

A pesar de todos estos éxitos y de un desarrollo asombroso, estamos aún lejos de comprender totalmente las importancias filosóficas de las nuevas teorías físicas. En lugar de la acostumbrada continuidad aparecen por todos lados fenómenos discontinuos y leyes de carácter estadístico en lugar de leyes que permitían predecir los acontecimientos individuales. Muchos físicos creen poder hablar de indeterminismo y de una Física acasual, pero dejemos hablar a Max Planck quien abrió con sus descubrimientos la puerta de la Física moderna y veremos qué conclusiones saca de la física para la metafísica.

que se obtiene la solución del problema fácilmente por la circunstancia de que el hombre mismo es el que prescribe las leyes a la naturaleza, refiriéndose especialmente a la autoridad de Emmanuel Kant.

Pero me parece claro que las leyes de la naturaleza no han sido inventadas por el hombre, sino que su reconocimiento es un acto que le ha sido impuesto por algo fuera de él. De antemano podemos imaginarnos los valores de las constantes universales, también completamente distintos de sus valores verdaderos. Pero en lo que se refiere a la invocación de Kant, existe un gran error de interpretación, pues Kant no ha enseñado que el hombre prescribe las leyes a la naturaleza general y absolutamente, sino que el hombre aporta también algo propio en la formulación de ellas. Cómo sería en otra forma posible que Kant, según sus propias palabras, no se sintiera llevado a un respeto más profundo por ninguna otra impresión externa que por el aspecto del cielo nocturno cubierto de estrellas? Pues me parece que no se suele rendir el más emocionado homenaje a las prescripciones hechas por uno mismo. Al positivista, por cierto, falta esta veneración. Para él las estrellas no son nada más que complejas impresiones sensitivas. Todo lo demás es para él, en su fondo, un accesorio útil de vez en cuando, pero arbitrario en general.

Pero queremos dejar el positivismo a un lado y proseguir el curso de nuestras ideas. El principio de la energía no es pues la única ley general de física, sino una entre muchas. En todos los casos válidos a pesar de todo, no basta aún para pre-calcular el desarrollo de un fenómeno físico en todos sus pormenores, dejando abierta todavía una cantidad infinita de probabilidades.

Existe sin embargo otra ley mucho más amplia que tiene la particularidad de contestar unívocamente cualquier pregunta oportuna sobre el desarrollo de un fenómeno físico; y esta ley tiene, como el principio de la energía, validez exacta también en la física más reciente, por lo menos hasta donde lo podemos apreciar hoy día. Tenemos que considerar como el milagro más grande el hecho de que la formulación de esta ley, que más corresponde a la realidad, causa en cualquier despreocupado la impresión de que la naturaleza está dominada por una voluntad inteligente y racional.

Un ejemplo especial ilustrará esta circunstancia. Como es sabido, un rayo luminoso que incide en forma oblicua sobre la superficie de un cuerpo transparente, por ejemplo sobre una superficie de agua, sufre una refracción que le desvía de su dirección inicial. La causa para esta desviación es la circunstancia de que la luz se propaga en el agua con una velocidad inferior a la velocidad de propagación en el aire. Una desviación o refracción igual se produce también en la atmósfera a causa de la velocidad inferior de la luz en las capas bajas de ella. Por lo tanto tendrá la trayectoria descrita por cierto rayo de luz proveniente de una estrella luminosa una curvatura más o menos complicada debido a las distintas refracciones de las capas atmosféricas, si ella no está colocada por casualidad en el cenit del observador. Esta curvatura está ahora completamente determi-

¹ Traducción de Juan Herkrath.

nada por la siguiente sencilla ley: entre todas las trayectorias que se pueden trazar entre la estrella y el ojo del observador, la luz escoge siempre la que puede recorrer en el tiempo más corto, tomando aún en cuenta las distintas velocidades de propagación en las diferentes capas atmosféricas. Los fotones que forman los rayos luminosos, se comportan como seres inteligentes y escogen entre todas las trayectorias curvas que se les ofrecen, siempre precisamente aquella que les lleva lo más rápidamente posible a su destino. Esta ley permite una magnífica generalización. Según todo lo que sabemos sobre las leyes de los fenómenos que se desarrollan en ciertos sistemas físicos, podemos caracterizar el desenvolvimiento de un fenómeno en todos sus pormenores por medio de la ley de que entre todas las posibles transformaciones que pueden llevar el sistema físico considerado en un tiempo determinado de un estado definido a otro igualmente definido, la transformación realizada es aquella para la cual la integral de cierta magnitud tomada sobre este tiempo, lo que se llama la ecuación de Lagrange, acepta su valor mínimo. Conociendo el valor de la función de Lagrange se puede determinar pues completamente el desenvolvimiento del fenómeno real.

Claro está que el descubrimiento de esta ley que se llama "el principio de las acciones minimales" según el cual más tarde recibió también el "cuanto elemental de acción" su nombre, entusiasmó vivamente a Leibnitz su descubridor, como también poco después a Maupertius, su sucesor, pues ambos sabios creían haber encontrado en este principio una demostración evidente de la actuación de una inteligencia superior que domina la naturaleza en forma omnipotente.

En verdad por el principio de las acciones minimales se ha introducido en el concepto de la causalidad una idea nueva: a la "causa efficiens" que actúa desde el presente hacia lo futuro determinando así los estados futuros de un sistema por medio de los anteriores, se asocia la "causa finalis" que a su vez tiene lo futuro, cierto fin perseguido, como condición previa y que determina el desenvolvimiento de los acontecimientos desde el fin al cual tienen que llevar.

Mientras uno se limita al campo de la física, estas dos maneras de consideración son solamente dos formas matemáticas distintas y sería supérfluo preguntar cual de las dos se acerca más a la verdad. Si se quiere usar la una o la otra depende solamente de reflexiones prácticas. Una de las principales ventajas del principio de "las acciones minimales" es la circunstancia de que su formulación no necesita ningún sistema definido de referencia.

Pero para nosotros se trata ahora de algunas cuestiones más generales. Solamente queremos precisar que la investigación físico-teórica en su desarrollo histórico ha llevado sorprendentemente a una formulación de la causalidad física que tiene un carácter teleológico bien marcado, pero que no introduce nada sustancialmente nuevo o contradictorio en el carácter de las leyes de la naturaleza. Se trata solamente de un punto de vista distinto pero objetivamente fundado con los mismos derechos de existencia. Algo parecido a lo que ocurre en la física sucede aparentemente también en la biología, donde la controversia entre los dos puntos de vista ha adoptado una forma mucho más aguda.

En todo caso podemos decir, resumiendo, que según todo lo que enseñan las ciencias exactas en toda la naturaleza, dentro de la cual nosotros los seres humanos, jugamos en nuestro diminuto planeta un papel muy insignificante, deben regir leyes determinadas que son independientes de la existencia de una humanidad inteligente, pero que a pesar de eso, en el grado en el cual pueden ser percibidas por nuestros sentidos, permiten una formulación que corresponde a una actuación racional. Estas leyes representan entonces un orden lógico del universo al cual están sometidas naturaleza y humanidad, pero cuya esencia no podemos conocer nunca, recibiendo solamente una idea vaga de ella por medio de nuestras impresiones sensoriales específicas, que no podemos excluir nunca completamente. A pesar de eso, los éxitos alcanzados por la investigación científica nos dan derecho a esperar que nos acercamos continuamente al fin nunca alcanzable por medio de nuestro incesante trabajo y nos llenan de esperanza en el continuo adelanto de nuestra comprensión del intelecto omnipotente que rige los destinos de la naturaleza.

NUESTROS COLABORADORES

JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.

Sacerdote y científico colombiano que honra a la Academia Colombiana como su ilustre hermano en la Compañía de Jesús, R. P. Félix Restrepo, presidente de la Academia de la Lengua. La vida del Padre Ramírez ha sido por sus disciplinas, la de un consagrado estudiante. Sus estudios de humanidades, filosofía y ciencias, los inició en la Compañía de Jesús de Bogotá y los continuó en universidades de los Estados Unidos, en donde se especializó en geología, geofísica y matemáticas, cuyos conocimientos amplió aun más en Bruselas, Hamburgo, Postdam y Estrasburgo. Sus estudios de teología culminaron en Valkenburg, Holanda, en donde se ordenó de sacerdote (1934). Fue becado por la John Simon Guggenheim Memorial Foundation de Nueva York, para emprender investigaciones geofísicas (1947-1948), y en mayo de 1957 fue invitado por los Estados Unidos, para participar en una conferencia sobre el uso pacífico de la energía atómica.

Paralelamente o a continuación de sus estudios, ha desempeñado cargos como los de instructor y profesor de lenguas, de geología, de geofísica, de física y de matemáticas etc., en las mismas instituciones docentes de donde antes fuera discípulo.

Fue coofundador y luego director del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, y también director de la Estación Sísmológica del mismo instituto, cargos desde los cuales ha venido sirviendo al país.

Es presidente, por reelección, de nuestra Academia. Presidente de la Sociedad Colombiana de Física y presidente del Comité Nacional de Colombia para el Año Geofísico Internacional. Es, además, miembro destacado de importantes instituciones científicas del mundo, entre las cuales encontramos el de honorario de la Sociedad Geográfica de París.

La obra del Padre Ramírez es numerosa y se encuentra dispersa en conferencias, artículos de revistas y libros entre los cuales merece destacarse, por su carácter didáctico, el destinado a la "Prospección Geofísica", obra admirable, escrita en colaboración con el doctor Luis Guillermo Durán, profesor de la materia en la Universidad Nacional. Este libro, de ejemplares cualidades por los temas expuestos, por el sentido pedagógico, por su sencillez y donosura y la bella factura de sus ilustraciones, es una invitación al estudio, y se convierte en paradigma de lo que debieran ser nuestros instrumentos didácticos modernos.

CARLO FEDERICI CASA

Matemático y físico italiano. Obtuvo sus títulos en la Real Universidad de Génova: con una tesis original sobre la relatividad especial, para obtener su grado de Física Pura (1928), y con otra sobre congruencias binomias, para obtener el grado de Matemática pura (1931).

Fue Profesor Asistente, por concurso, en la Cátedra de Análisis Infinitesimal de su Alma Mater, en Génova, y desde 1948 es profesor de tiempo completo de nuestra Universidad Nacional, a donde ha llegado, por sus méritos, a obtener el cargo de Jefe del Departamento de Matemáticas y Estadística.

Es miembro de la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Física, Vicepresidente de la Sociedad Colombiana de Matemáticas y Miembro Correspondiente de nuestra Academia.

Son numerosos sus estudios originales relacionados con las ciencias físicas y matemáticas, que se han publicado en importantes revistas de Colombia e Italia.

DARIO ROZO

Véanse Nos. 36 y 37 de Revista Academia Colombiana Ciencias, Capítulo "Nuestros Colaboradores".

HENRI CORNELIS RAASVELDT

Véanse Nos. 36 y 37 de Revista Academia Colombiana Ciencias, Capítulo "Nuestros Colaboradores".

ANTONIO TOMIC

Colombiano por adopción. Natural de Glurns, ciudad del Tirol austríaco. Cartógrafo y poliglota. Llegó a Colombia en 1927. Su primera ocupación la halló en Medellín, en la Dirección Departamental de Caminos de Antioquia, en donde encontró un ambiente de franca simpatía como el que antes rodeara a su padre, doctor Stanislav Tomic, cuando era ingeniero de dicha dirección. Sin ser un universitario, el señor Tomic ha alcanzado, por su apasionado amor al estudio, una envidiable cultura.

Su trabajo se ha cumplido en distintas ramas oficiales de la estadística, la ingeniería, la geofísica etc., como dibujante cartógrafo, bibliotecario y como traductor de los siguientes idiomas: inglés, alemán, francés, serbo-croata, esperanto e idiomas afines. En todo sentido el señor Tomic es un ciudadano ejemplar.

HANS TROJER.

Meteorólogo y geofísico austríaco (Ph. D.) de la Universidad de Gratz, Austria (1939). Fue ayudante del Instituto de Meteorología y Geofísica de la misma Universidad y posteriormente su asistente científico. También fue, durante la guerra, meteorólogo de la Fuerza Aérea Alemana; geofísico del Servicio de Minería de la República Dominicana y, ahora, Jefe de la Sección de Meteorología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, en Chinchiná, de la Federación Nacional de Cafeteros. También ha sido profesor de meteorología y climatología de la Facultad de Agronomía de Caldas, del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica, y delegado a varias conferencias científicas.

Son numerosas sus publicaciones relacionadas con su profesión, que se han editado en Austria, Alemania, España y Colombia. Entre estas últimas destacamos las correspondientes a los boletines informativos del Centro Nacional de Investigaciones de Café, de Chinchiná, a saber: "El Tiempo Reinante en Colombia", "Distribución Horizontal de la Luminosidad en un Cafetal", "El Ambiente Climatológico y el Cultivo del Café en Colombia", "Distribución y Características de la Precipitación en un Cafetal Bajo Sombrio", "Nuevo Rumbo de la Climatología Tropical", etc.

JOSE CUATRECASAS

Véanse Nos. 36 y 37 de Revista Academia Colombiana Ciencias, Capítulo "Nuestros Colaboradores".

JORGE BEJARANO

Médico colombiano. De los numerosos títulos que con justicia enaltecen la personalidad del Profesor Bejarano, destacamos los siguientes: profesor de higiene y medicina preventiva de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional, primer Ministro de Higiene, presidente de la Academia Nacional de Medicina, presidente de la Cruz Roja Colombiana, director de Salubridad Nacional, presidente de la Sociedad Colombiana de Pediatría etc.; miembro de la Academia de Medicina de Nueva York, de la de Pediatría y Puericultura de Venezuela y de la de muchas otras instituciones extranjeras; delegado de Colombia a las siguientes reuniones: IX Conferencia Sanitaria Panamericana de Buenos Aires, V Congreso Científico Panamericano, Primera Conferencia Mundial de Salud reunida en Nueva York, XII Conferencia Sanitaria Panamericana de Caracas, IX Conferencia Panamericana de Bogotá etc.

El doctor Bejarano está condecorado con la Cruz de Boyacá, con la Orden del Cóndor de los Andes de Bolivia, la Legión de Honor de Francia y la Orden del Libertador de Venezuela.

Sin duda alguna la obra científica y social del doctor Bejarano, miembro distinguido de nuestra Academia, se destaca como la de uno de los mejores servidores de la República, por su empeñado servicio de toda su vida, para elevar la salud física y moral del hombre colombiano. Las obras realizadas por él desde los importantes cargos que ha desempeñado y por medio de sus numerosas publicaciones siempre destinadas a la sola finalidad del bienestar del pueblo, lo presentan como un heroico apóstol, sin muchos ejemplos en la historia del país.

JUAN HERKRATH

Físico y matemático alemán, licenciado por la Universidad de Bonn, Alemania (1950). Ha desempeñado cargos en el control de producción, desarrollo y perfeccionamiento de aparatos de laboratorio de la Casa LEYBOLD, de Colonia. Fue director de grupos prácticos de física en la Universidad de Bonn y es, ahora, profesor en la Universidad Nacional, en las cátedras de física general y nuclear, en las de mecánica técnica, álgebra, cálculo infinitesimal y vectorial. Es presidente del subcomité de Rayos Cósmicos y vicepresidente del subcomité de la Ionosfera, dentro del Comité Nacional para el Año Geofísico. Es secretario de la Sociedad Colombiana de Física y director del Instituto Cultural Colombo-Alemán.

UNA SIMPLE ACLARACION

Creo que merece una queja la revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que, a pesar de haber sido fundada para dar publicidad a la obra de Mutis y a sus documentos conservados en Madrid, ha dedicado un silencio hermético a los tomos publicados de la Flora de la Real Expedición Botánica.

ENRIQUE PEREZ ARBELAEZ
EL TIEMPO, Sept. 6 de 1958).

Jamás pensó la Academia editar en su Revista la grandiosa obra de la Expedición Botánica, ya que el carácter monumental de esos trabajos se sale de los límites dados a nuestro órgano de publicidad, el cual ha atravesado graves vicisitudes por la modesta asignación anual que el Gobierno le señaló desde 1936.

Este último número de nuestra Revista ha sido posible, porque sus pocos colaboradores trabajan "por amor al arte", y por la generosidad de la FUNDACION ROCKEFELLER, que de modo nobilísimo nos ayuda a sufragar los gastos editoriales.

El silencio hermético de la Revista en relación con los tomos publicados de la Flora de la Real Expedición Botánica, es

simplemente una crisis de colaboradores. Los botánicos miembros de la Academia, como el doctor Pérez Arbeláez, que podrían escribir un juicio científico sobre esas publicaciones, hace muchos meses que no concurren a nuestras sesiones ni nos remiten sus contribuciones. Así, pues, a este sabio sacerdote, botánico y escritor, como a los demás botánicos de la Academia, ofrecemos en blanco las páginas de la Revista, para que las llenen con su pensamiento, incondicionalmente.

Nuestra dirección, con un exacto sentido de su responsabilidad, lamenta no poder escribir juicios científicos sobre temas que, como los que atañen a los tomos de la Flora de la Real Expedición Botánica, no son de su especialidad. Y lo deplora sinceramente, pues bien hubiera querido exaltar la contribución apasionada como desinteresada que a esa trascendental obra han ofrecido científicos como nuestro querido colega y botánico R. P. Lorenzo Uribe Uribe, S. J., quien lleva en su sangre la inteligencia y la devoción por el estudio de la patria, de su ilustre progenitor don Joaquín Antonio Uribe, el gran naturalista antioqueño, cuyo centenario de su nacimiento acaba de conmemorarse.

EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y LA REVISTA

Bogotá, D. E. 16 de Sepbre. de 1958

Señor Doctor
LUIS MARIA MURILLO
Entomólogo de Sanidad Vegetal
Sección de Cultivos
Ministerio de Agricultura
E. S. D.

En respuesta a su atenta comunicación de Sepbre. 2, 1958, atentamente me permito informarle que no veo inconveniente en que usted continúe dirigiendo la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Por el contrario, creo que debe ser motivo de orgullo para este Ministerio el que un funcionario suyo sea el Director de una de las Revistas más serias de Colombia.

De Ud. muy atentamente,

ANTONIO J. POSADA F.
Director General

LA ACADEMIA HONRA LA MEMORIA DE DON JOAQUIN ANTONIO URIBE

Señor Alcalde, Sonsón, Antioquia:

Academia Colombiana de Ciencias complácese nombrar presbítero Enrique Pérez Arbeláez representante suyo conmemoración centenario JOAQUIN ANTONIO URIBE.

JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.
Presidente Academia Colombiana de Ciencias.

En representación de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el Padre Enrique Pérez Arbeláez pronunció en Sonsón, el 28 de septiembre próximo pasado, en homenaje del insigne naturalista antioqueño don JOAQUIN ANTONIO URIBE, el siguiente discurso:

Señor Gobernador del Departamento,
Señor Alcalde,
Miembros de los Cabildos,
Presidente de la Sociedad de Mejoras, R. P. Lorenzo Uribe.

La Academia Colombiana de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales, gestora elevada del pensamiento nacional, ha querido hacerse presente en estas festividades con que Sonsón celebra el primer centenario del nacimiento de Don Joaquín Antonio Uribe, y me ha confiado su honorosísima representación. Quiere la Academia, en nombre de la Ciencia colombiana, mostrarse agradecida con esta noble ciudad, que, no sólo produce hijos ilustres, sino que sabe exaltarlos y conservar esplendoroso su recuerdo, anhela que este complejo, bienestar de la patria y la ciencia, que abarca desde el amor y la comprensión por las cosas triviales de la Naturaleza hasta la entrega solitaria a los libros y que culmina en el penoso acrecentamiento de la bibliografía y en las fatigas del magisterio, reciba adhesión singular; desea, pide y busca que estos honores, con que un pueblo honra a sus maestros como a máximos creadores de la cultura nacional, se trasmitan al futuro para ejemplo de ejemplos.

Es también intención de los miembros de la Academia, mostrarse solidarios con uno de sus más ilustres colegas, el R. P. Lorenzo Uribe Uribe de la Compañía de Jesús, heredero de las virtudes, conceptos y móviles de su ilustre padre, continuador de sus estudios, prosecutor de sus ideales en las obligaciones que al hombre ligan con la juventud patria y al talento lo vinculan con la ciencia. Reciban el Padre Lorenzo su señora hermana Doña Myriam Uribe de Jaramillo y los familiares de Don Joaquín Antonio Uribe la felicitación que, por mi boca, les rinde la Academia.

No se erigen estatuas, o bustos, para hacer inmortales a los hombres, sino las obras de los hombres son las que dan vida transecula a las estatuas. En el siglo que sigue al nacimiento de un hombre pueden tener valor recordatorio su fisonomía y sus contornos trasladados al bronce o al carrara. Pero pasadas unas pocas generaciones, la estatua, aunque la respeten el terremoto y el motín, se convierte en muñeco o a lo más en un motivo artístico, si toda una vida de servicio al pueblo y un verdadero inérito perenne, no la cobijan debajo de sus alas.

Y esa es la prestancia del varón insigne cuya es esta figura, que su servicio no podrá ser opacado nunca. El hizo fecundo el suelo, noble el terruño, amable el paisaje, digno el trabajo de las manos encallecidas; alegró la niñez, estimuló la edad madura e hizo respetable y sabia la senectud; él prendió fuego del cielo para las vigiliadas estudiosas; ennobleció la pluma, aprestó, en la patria y fuera, las ciencias botánicas. Por eso dentro de otro y otro siglo, este bronce brillará más y tañirá mejor el aleya de la raza pródiga, difundida desde el cantábrico hacia todos los rincones de Antioquia y de Caldas, por sobre este oleaje de los Andes sonsoneses.

La bibliografía científica de Joaquín Antonio Uribe, si no fue ruidosa ni abstrusa, sí se dirigió a las mentes que era

preciso ilustrar y se asentó en ellas con la suavidad con que se posan las palomas. Porque llevaba en sí una intención y una eficacia supremas. La filosofía de las ciencias naturales se basa en este principio incontrovertible: el hombre es parte de la naturaleza y su misión terrena es comprenderla y convivir con ella. De ahí surge una moral que no por obligarnos a lo que todavía no es, regula menos nuestra acción presente: cada generación debe entregar a la subsiguiente un mundo tan lleno de potencialidades y de atracciones como aquel que, al nacer, recibió de su pasado.

Joaquín Antonio Uribe puede bien recibir nombre de "Pedagogo de la naturaleza". Y este otro de "protector de las generaciones futuras". Sembró ideas y afectos en las mentalidades de los niños, tierra virgen: vertió en lenguaje sencillo su sermón de la montaña; a los sabios habló con la precisión y la sabiduría de los grandes maestros.

Los "Cuadros de la Naturaleza" del Dr. Uribe, la preciosa serie de pequeñas monografías compiladas bajo el título "El niño Naturalista"; el "Curso Compendiado de Historia Natural"; la "Flora Sonsonesa"; sus apuntes para la "Flora de Antioquia" que con solicitud filial recogió y con sabiduría magistral entregó al público, en homenaje póstumo, el Padre Lorenzo, son una escala ascendente de humanismo, de saber y de servicio a la patria. En los peldaños inferiores se sientan los niños y los labriegos; arriba le escuchan las frentes nimbas por la sabiduría.

El lema escogido por su Autor para las pequeñas Monografías fue tomado de A. de Humboldt y dice así:

"El simple contacto del hombre con la Naturaleza —la influencia del aire libre— produce un efecto calmante, que mitiga el dolor y aquieta las más profundas y agitadoras pasiones del alma".

El Preámbulo de la Flora Sonsonesa está repujado de ideas magistrales:

"Este no es un libro para los botánicos y otros hombres de ciencia: lo es para los labradores, los obreros, la gente del campo; para los pequeños del mundo intelectual... Pudieran compararse estos estudios a un ramillete que formamos, a medida que recorremos un jardín... Me quedan, dice, en el alma, escrúpulos inalicables, sobre el provecho que puede producir a mis paisanos esta colección. Sin embargo, el agricultor encontrará algo útil en estas páginas, en que se honra la vida de las plantas que hacen el bien y aun dan su vida por pagar nuestras atenciones, cuidados y cariño. El médico puede hallar un acervo de específicos, que no están en sus libros, y que la Naturaleza ha fabricado en los laboratorios de la madre tierra, con las cuales curará muchos males cuando ya la farmacia esté agotada. El industrial, al hojear estas lecciones sencillas y claras, conocerá nuestras riquezas y sabrá aprovecharlas".

Y la voz del maestro sonsonés, sentado en su silla de vacueta, se va haciendo grave. Y sus palabras modestas y sabias, impregnadas de humanidad, de experiencia, de futurividencia y de patriotismo, se van concentrando como luces de propósitos fecundos en quienes lo escuchan. Lo mismo que en la quebrada de Aures:

*"Los helechos y juncos de la orilla
Temblorosos condensan el vapor;
Do en sus columpios trémulas vacilan
Las gotas de agua que abrillanta el sol".*

Y ya que citamos a Gregorio Gutiérrez González, no puedo menos de sentar un parangón entre la obra del poeta del maíz, de Aures y de Julia, y el botánico Joaquín Antonio Uribe. El primero exaltó la mística de las hachas, enaltecíó a los destructores del bosque, cantó el estrépito del árbol madrino derribando toda una selva y haciendo huír a sus inocentes moradores. Joaquín Antonio Uribe, en cambio, nos enseñó a amar la vida que pulula en el ciruelo y en el cañafistulo, en el chumbimbo, en el chusque y la granadilla. Tuvo una acción profética sobre el medio que le dio la vida.

Dentro de otro siglo, cuando todos nosotros, como en el verso portugués, durmamos "nos campos silentes, caaveiras desnudas, sem olhos mem dentes", un maestro de Sonsón, rodeado de muchachos que llevarán los mismos apellidos de hoy, alegres y vocingleros al igual, se acercará a este busto y emocionadamente les dirá: Hace dos siglos nació este noble varón que se llamó Don Joaquín Antonio Uribe; hace cien años se erigió este busto.

Mucho ha cambiado el mundo, otra es Colombia; la vida en Antioquia se ha familiarizado con inventos que entonces parecían quimeras; Sonsón se ha transformado. Pero este suelo todavía es fecundo y nos alimenta porque él lo defendió; este paisaje todavía es amable porque él nos lo interpretó; este pueblo, —gleba de la raza— todavía es prolífico y ambicioso de superaciones, porque en él puso su fe; esta niñez sigue alegre y estudiosa porque él la aleccionó, con su pensamiento, con su ejemplo y con su amor.

Y como fue, además, Don Joaquín Antonio Uribe un gran científico, que honró la investigación, que la acrecentó con libros de su pluma a base de observación y de estudio, Señores, cumplo con la misión honrosísima que me confiara la Academia Colombiana de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales, de imponer a este busto el collar de sus miembros de número: el cordón azul y gualda de los naturalistas, con la medalla en que campean los altos símbolos del saber sobre la Materia, así anorgánica como la viviente y la antropológica.

EL CENTENARIO DE UN MAESTRO

Como homenaje de la dirección de esta Revista a la memoria del inolvidable naturalista y maestro Don Joaquín Antonio Uribe, reproducimos los capítulos que, para honrarlo, escribieron dos científicos y escritores atildados: el Padre Enrique Pérez Arbeláez y el doctor Marceliano Posada.

DON JOAQUIN ANTONIO URIBE

por ENRIQUE PEREZ ARBELAEZ (1)

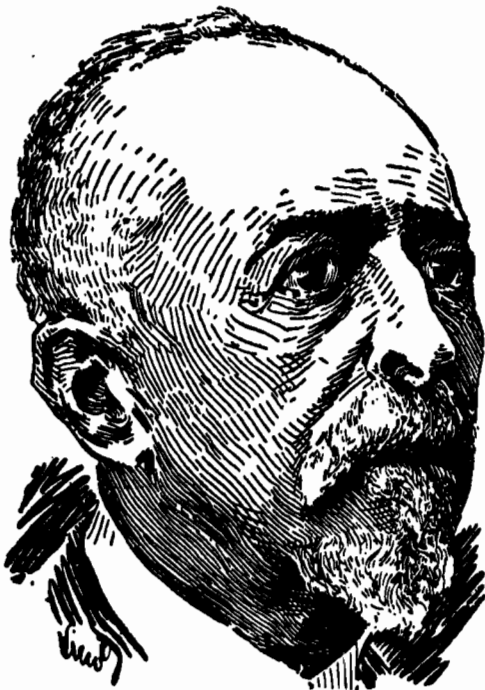
En el día de hoy, 28 de septiembre de 1958, la noble ciudad de Sonsón celebra el centenario del nacimiento de uno de sus hijos más preclaros: Don Joaquín Antonio Uribe. Su vida corrió sencilla e ingenua, como son cristalinas las aguas del río sonsonense Aures, cantado para la inmortalidad, por Gregorio Gutiérrez González: pero fue, en todo, un modelo cuya consideración e imitación sigue, después de un siglo, y seguirá, en el mañana incierto, haciendo bien y honor a la patria colombiana. Don Joaquín Antonio Uribe fue, en una época en que la ciencia parecía haberse apagado en Colombia, un sabio naturalista y botánico: en un momento histórico y en medio de una sociedad que gestaban todas las virtudes, todos los impulsos y todas las grandezas de la actual Antioquia, fue un maestro, vigilante, solícito y superado; fue prez de la nación, de su cuna y de su apellido.

Por eso la presente fecha jubilar es fausta para Sonsón, para Antioquia, para Colombia; para el magisterio, para las ciencias botánicas; para el periodismo, para la Academia Antioqueña de la Historia, que le hizo su miembro, para la naturaleza y para los creadores pacíficos de la cultura patria.

Sonsón, desde que la fundaron el 15 de diciembre de 1787, por orden del gran oidor Don Antonio Mon y Velarde, apodado "el Moisés de la Montaña", y con cuarenta y seis colonizadores y con cinco mujeres, en un día de Santo Domingo de Guzmán, y le dieron el nombre de San José de Espeleta de Sonsón, fue manantial generoso de la sangre y vivero fecundo de varones ilustres. Allí nacieron, entre otros, Don José Ma. Restrepo Maya,

Don Valeriano Marulanda, fundador de Pereira, Don Juan Pablo Restrepo, Don Emiliano Isaza, el Padre Jesús María Marulanda, el Doctor Marcelino Uribe Arango, y este Don Joaquín de los niños, de la naturaleza y de los libros.

Medio Antioquia y medio Caldas tienen sangre de Sonsón, de suerte que a la ciudad le cuadra bien su nombre, tomado de la palabra "sunsú", con que los indios llamaban a la cañabrava, planta tenaz, que nace a la orilla de las corrientes de agua y que cuando las avenidas arrancan parte de su cepa, se prende fácilmente, arraiga y prolifera en los limos distantes. Así mismo fue la familia de los Uribes, descendientes del guipuzcoano don Martín de Uribe, quien vino a la América, con dos hermanos suyos, en 1685; su apellido, signo de talento, es un verdadero juego pitotécnico en las familias antioqueñas.



El doctor Joaquín Antonio hizo sus estudios elementales en Sonsón y los normalistas en Medellín donde, en 1875, recibió su diploma de maestro de Escuela Superior. En Salamina, en el antiguo Departamento del Sur de Antioquia, hoy situada en el de Caldas, trabajó varios años como rector de un colegio; después pasó a Medellín donde también se dedicó a la enseñanza. Así fue como atesoró en su espíritu esa honda comprensión para las mentalidades juveniles; así, con el estímulo de las clases, como se aguzó para el estudio y la vulgarización científica y así como comprendió el valor educativo de la naturaleza. Porque Joaquín Antonio Uribe, merece, más que ninguno otro en Colombia, el título de "Pedagogo de la naturaleza y por la naturaleza". En eso, y dentro de nuestro medio, precario en paz, en información y en publicidad, merece parangonarse con el francés Henry Fabre y es el mejor por-

(1) Tomado de EL TIEMPO del 28 de septiembre de 1958.

taestandarte, entre nosotros, de la literatura, tan copiosa, tan amena y tan importante en otros países, de las historias naturales infantiles.

Quizás haya quienes no comprendan la alteza de esta misión y de este mensaje de Joaquín Antonio Uribe; pero en lo que él hizo se hundan las raíces del verdadero humanismo, elemento cultural, el más valioso, de los pueblos.

Hay quienes piensan que el humanismo se creó al rededor del Mediterráneo y que allí se encastilló; quienes hoy lo creen vallado y amurallado por el griego y el latín, lenguajes muertos. No. Humanismo es comprender el espíritu de los hombres, penetrar su obra y, a través de ella y por ella, inquietarse y amarlos. Maestros de humanismo fueron Homero, Virgilio, Cicerón, Fidiás, los genios del Renacimiento. Pero, si nos es lícito comparar con lo divino lo humano, del magisterio humanístico, podemos también decir: "En el principio era el verbo". Antes de los clásicos, existió la naturaleza, el hombre parte de ella y el cosmos sin pensamiento, dando al hombre pensamientos, sentimientos, inspiraciones y estímulos, para sus creaciones artísticas y técnicas. Joaquín Antonio Uribe fue maestro de humanismo, trasladando al alma de sus discípulos, de los que le oían y leían, ese fervor naturalístico que se recibe lo mismo en Ilión que en la Hélade, en Mantua que en Sonsón.

Los "Cuadros de la Naturaleza" del Dr. Uribe; la preciosa serie de pequeñas monografías compiladas bajo el título de "El niño Naturalista"; el "Curso compendiado de Historia Natural" y la "Flora Sonsonesa"; son verdaderas gemas y constelaciones de intereses, sintetizados en átomos de luz. El lema escogido por el Autor para esas pequeñas monografías son unas palabras de Humboldt que retratan a un maestro, de mano maestra: "El simple contacto del hombre con la Naturaleza —la influencia del aire libre— produce un efecto calmante, que mitiga el dolor y aquieta las más profundas y agitadoras pasiones del alma". Así hablaba el Señor del Cosmos y esa norma guió al señor de la naturaleza antioqueña. Así también desarrollaba en sus discípulos el patriotismo y la personalidad. Por el amor al paisaje, por la persuasión de que las grandes deducciones de los científicos están al alcance de todos los que las buscan con agradecimiento y constancia; por esa moral de sentirnos parte del medio físico; obligados a armonizar con él y entregar a las generaciones venideras un mundo tan lleno de potencialidades como el que nos transmitió el pasado que se dilata en los períodos geológicos y se hunde en las manos del Creador.

El mundo natural se capta con observación y meditación. La observación es el día; la guía y es la luz; la meditación es la no-

che y es la concentración. Coordinadas, según la frase bíblica, las horas y las actividades humanas, "cada día entrega al siguiente su santo y seña y cada noche prende las luminarias de otra noche con la llama de su antorcha pensadora".

Joaquín Antonio Uribe hablaba así: "Como medio pedagógico trascendental, la Naturaleza nos brinda innumerables temas útiles —vedados para el que no estudia— que debemos aprovechar y agradecer". El ve la misión de la naturaleza —puente hacia lo sobrenatural— en las parábolas evangélicas; toma de la abeja la lección de la laboriosidad; aprende de la adormidera el pudor; con el mundo visible y tangible frena la inquietud y la dispersión de los niños; dulcifica sus instintos destructores con el ejemplo de sociabilidad de las hormigas; encauza su frivolidad burlona y les inculca la seriedad de la vida con la consciencia de las maravillas que los rodean. Y termina así:

"Por último, ¿sábéis que otra utilidad pedagógica obtenemos del estudio de la Historia Natural? Seguramente esto producirá el sentimiento más noble: el amor a Dios. Sí; porque la sabiduría, la belleza, la bondad, reclaman amor de todo ser inteligente y libre y Dios es infinitamente sabio, hermoso y bueno".

Esta fue la filosofía, esta la mística, esta la pedagogía, esta la misión, esta la antena trasmisora de Don Joaquín Antonio Uribe. Era sencillo, pero era altivo. Rápido y tajante en defensa de su honra. Alguna vez, un émulo suyo le dijo: "Señor Uribe: no sé cómo lo llamaron a usted a esta posición sin conocerlo", y él, sin inmutarse, le respondió: "Señor Fulano, y yo no sé cómo lo llamarían a usted teniéndolo tan conocido".

Pero no restringió su pluma a los temas infantiles. También era investigador y como fruto de sus desvelos sobre los libros fundamentales, de sus observaciones en los campos antioqueños y de su trato íntimo con sus paisanos, dejó a la posteridad los manuscritos de una obra científica que, en su tiempo y su medio era una proeza: la "Flora de Antioquia". Esos apuntes preciosos recogidos con amor, pulidos con ternura, por su hijo Lorenzo Uribe Uribe, S. J., dedicados con afecto filial a Doña Carmen Uribe viuda de Uribe —paradigma de esposas y madres antioqueñas— dieron origen a una gran obra botánica, a una herencia del saber y de las virtudes; a una corona —florida y brillante— del sabio, del virtuoso, del maestro sonsoneño, Don Joaquín Antonio Uribe.

Hoy se cumple un siglo de su nacimiento, y Sonsón le erige un busto para que su ejemplo nos asista más insistentemente.

DON JOAQUIN ANTONIO URIBE

Por MARCELIANO POSADA (1)

Don Joaquín Antonio Uribe nació en Sonsón el 28 de septiembre de 1858 en el hogar muy respetable formado por don Lorenzo Uribe Botero y doña Ana Joaquina Villegas Uribe.

Hizo sus estudios primarios y secundarios en su pueblo natal y se graduó de maestro en la Escuela Normal de Medellín en su segunda promoción (1875), que a la sazón estaba dirigida por los ilustres pedagogos alemanes traídos al país por el gran gobernante Pedro Justo Berrío, señores Christian Siegert y Gustav Bothe.

Enseñó en varias poblaciones: Sonsón, Rionegro, Salamina, Caldas y Medellín, ya en escuelas públicas, ya en colegios de mayor significación. Por muchos años fue profesor de varias materias en el Liceo Antioqueño de la Universidad de Antio-

quia. Así mismo dictó Botánica en la Facultad de Medicina y otras asignaturas en la Escuela Normal de Señoritas.

Casado con doña Carmen Uribe, hubo en su hogar tres hijos: Lorenzo Uribe Uribe, S. J.; Doña Myriam, casada con don Bernardo Vicira Jaramillo, y don Antonio, ameno cronista ya fallecido.

El padre Lorenzo nació en Medellín el 20 de enero de 1900; cursó su bachillerato en la Universidad de Antioquia, en donde obtuvo su título en mayo de 1916. En noviembre ingresó a la Compañía de Jesús. En 1918 ya era profesor de griego, latín y literatura española en el colegio de los reverendos padres. En 1927 fue enviado a Europa, y en Friburgo perfeccionó sus estudios en ciencias naturales, en los cuales es digno sucesor de su señor padre don Joaquín. Hoy está reputado como uno de los más avisados y eruditos botánicos de Colombia y de América. Su fama es internacional y muy merecida. Autor de un mag-

(1) Tomado de EL ESPECTADOR (vespertino) del 27 de septiembre de 1958.

nífico texto, "Botánica", que ha tenido varias ediciones y se halla al alcance de todas las inteligencias por la claridad del lenguaje y la más perfecta síntesis científica en todas sus descripciones. El padre Lorenzo ha hecho una labor admirable en la búsqueda, ordenación y preparación de los maravillosos trabajos de Mutis y de la Expedición Botánica que ya van siendo publicados. El segundo tomo aparecido de la monumental obra —XXVII de la numeración general—, a él fue encomendado. Trata de las Pasifloráceas y de las Begoniáceas, familias que fueron tratadas en forma exhaustiva y perfecta. Es un taxonomista consumado. Fue director del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, del cual es, ahora, un prestigioso profesor e investigador y director de la Revista *Caldasia*, órgano del Instituto. Su nombre ha sido consagrado en la ciencia zoológica, que es también de su especialidad, con un neuróptero colombiano que él mismo estudió y que le dedicó el célebre entomólogo R. P. Longino Navas con el nombre de *Chrysopa Uribei*. Hacemos reseña del padre Lorenzo porque es la más notable obra de don Joaquín, ya que bien podemos afirmar que hace honor a sus apellidos y perpetúa el amor del progenitor excelentísimo a las ciencias naturales.

Don Joaquín Antonio Uribe escribió durante toda su vida sobre temas científicos y sobre cuestiones históricas. En el Repertorio Municipal y en "El Capiro" de Sonsón dejó la iniciación de sus "Cuadros de la Naturaleza", de sus preciosas monografías de animales y plantas. Así mismo "El Espectador" de don Fidel Cano en Medellín y "El Correo Liberal" de don Jesús Tobón Quintero, como igualmente revistas literarias y boletines de Academias, le tuvieron por asiduo y muy apreciado colaborador. Recogió sus lecciones en un pequeño volumen que llamó "Curso Compendiado de Historia Natural".

La primera serie de "Cuadros de la Naturaleza" apareció en 1912 en la Imprenta Editorial, de Medellín, con un admirable prólogo de don José María Mesa Jaramillo, notable historiador y profesor, contenía 26 cuadros; la segunda serie en 1916, con una carta-prólogo de don Justo Montoya Arbeláez, escritor magnífico y profesor disertado, contenía 32 cuadros; la tercera

serie salió en 1920, con prólogo de don Tomás Cadavid Restrepo, profesor eminente, destacado historiador y lingüista consumado, y contenía 37 cuadros; en 1930 apareció la edición completa —las tres series— (1.990 ejemplares en papel vergé, forro mármol, 10 numerados del 1 al 10, papel couché, forro Banja y 10 ejemplares numerados del 11 al 20 en papel Samarkanda, forro piel de cabra con firma autógrafa).

Otra obra del gran naturalista que debiera reeditarse es "Pequeñas Monografías de Minerales, Plantas y Animales". Vio la luz pública en 1917 en Medellín. Consta de 51 artículos, todos de gran valor científico.

El concejo municipal de Sonsón publicó en 1928, en la Imprenta Departamental de Medellín, 100 monografías familiares de vegetales selectos indígenas o cultivados en el municipio, bajo el título de "Flora Sonsonesa". Es quizá uno de los libros más bellos que se hayan escrito en Colombia, desde luego muy instructivo, hoy totalmente agotado. Valdría la pena de que se reeditara para el centenario que se conmemora. Tiene monografías eruditas y magníficamente escritas. El concejo de Sonsón podría contribuir nuevamente a la glorificación de su hijo dilecto ordenando la reedición de tan interesante obra.

El "Niño Naturalista", cuya segunda edición salió de las prensas de la Universidad de Antioquia, parece que va a ser nuevamente editado por el departamento de Antioquia. Para los niños, y como iniciación a las ciencias naturales, y en general para todo estudioso, es esta una preciosa colección de artículos amenos y científicos, sobre temas agradabilísimos.

Como obra póstuma editó el departamento de Antioquia su muy notable "Flora de Antioquia", que revisó su hijo el padre Lorenzo Uribe, S. J., con gran tino, discreción y conocimiento acertado de la cuestión. También se encuentra agotada esta obra.

Para servir de derrotero en una clase que alguna vez dictó, publicó un pequeño folleto sobre Geografía Comercial, muy interesante en su época y para los fines a que fue destinado.

Murió don Joaquín Antonio Uribe en la ciudad de Medellín el 3 de noviembre de 1935.

COMPOSICION ACTUAL DE LA ACADEMIA

DIRECTIVA

PRESIDENTE: ACADEMICO JESUS EMILIO RAMIREZ, S. J.
VICEPRESIDENTE: ACADEMICO LUIS LOPEZ DE MESA
SECRETARIO: ACADEMICO ALFREDO D. BATEMAN
TESORERO: ACADEMICO VICENTE PIZANO RESTREPO
DIRECTOR DE LA REVISTA: ACADEMICO LUIS MARIA MURILLO
BIBLIOTECARIO: ACADEMICO DANIEL MESA BERNAL

ACADEMICOS DE HONOR:

Casares Gil José, Real Academia Española de Ciencias.
Cuatrecasas José, Smithsonian Institution, Washington 25, D.C.
Chapin A. Edward, Harvard University.
Crevecoeur Adolphe, Sociedad Entomológica de Bélgica — Bruselas.
Killip P. Ellswort, National Museum, Washington, D.C.
Robledo Emilio, Universidad de Antioquia — Medellín.
Torroja José María, Real Academia Española de Ciencias.

ACADEMICOS DE NUMERO:

Acosta Villaveces Jorge, Ing. Calle 52 N° 14-52 (C. Matemáticas).
Ancizar Sordo Jorge, Químico. Carrera 12 N° 24-51 (C. Químicas).
Bateman D. Alfredo, Ing. Carrera 18 N° 55-29 (C. Matemáticas).
Bejarano Jorge, Médico. Ave. Caracas N° 46-47 (C. Biológicas).
Barriga Villalba Antonio M., Calle 11 N° 4-93 (C. Físico-Químicas).
Carrizosa Valenzuela Julio, Ing. Calle 72 N° 3-98 (C. Matemáticas).
Casas Manrique Manuel J., Calle 39 N° 15-52.
Dugand Armando, Apartado Aéreo N° 85, Barranquilla.
Esguerra Gómez Alfonso (C. Biológicas), Bogotá.
Gast Galvis Augusto, Instituto "Carlos Finlay", Bogotá.
Guerra Portocarrero Leopoldo, Ing. Diagonal 53 N° 17-58 (C. Matemáticas).
López de Mesa Luis, Médico. Carrera 13 N° 24-50 (C. Biológicas).
Lleras Codazzi Eduardo, Calle 65 N° 9-37 (C. Químicas).
Mezey Kalman C., Médico. Carrera 7ª N° 41-21.
Muñoz Rivas Guillermo, Médico. Calle 24 N° 13-15 (C. Biológicas).
Murillo Luis María, Apartado 2848, Bogotá (C. Biológicas).
Ortega Ricaurte Daniel, Calle 61 N° 14-38 (C. Matemáticas).
Ortiz Restrepo Carlos, S. J., Pontificia Univ. Javeriana (C. Físicas).
Osorno Mesa Ernesto, Médico. Carrera 18-A N° 53-51 (C. Biológicas).
Ordóñez J. Hernando, Médico. Carrera 13 N° 48-26 (C. Biológicas).
Patiño Camargo Luis, Médico. Calle 59 N° 4-56 (C. Biológicas).
Pérez Arbeláez Enrique (Presbítero). Calle 79-A N° 7-A-25 (C. Biológicas).
Pizano Restrepo Vicente, Ing. Carrera 13-A N° 38-89 (C. Matemáticas).
Ramírez Jesús Emilio, S. J., Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. Carrera 5ª N° 34-00 (C. Físicas).
Rozo M. Darío, Ing. Ave. Caracas N° 33-51 (C. Matemáticas).
Ruiz E. José Ignacio, Ing. Carrera 30 N° 46-92 (C. Matemáticas).
Soriano Lleras Andrés, Médico. Carrera 13 N° 82-28 (C. Biológicas).
Torres Umaña Calixto, Médico. Calle 16 N° 4-66 (C. Biológicas).
Uribe Lorenzo, S. J., Carrera 10 N° 65-48 (C. Biológicas).

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES:

Abate Th. Morcux, Observatorio de Bourges-Cher, Francia.
Acosta Solís M., Instituto Ecuatoriano de Ciencias, Quito-Ecuador.
Alston A. H. G., Botánico del British Museum de Londres.
Arce José, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.
Asquini Alberto, Centro de Estudios Americanos, Roma-Italia.
Balachowsky Alfredo, Instituto Pasteur, París-Francia.
Balme Juan, Apartado 1651, Méjico, D.F.
Beltrán Enrique, Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, D.F.
Bequaert Joseph C., Universidad de Harvard, Boston (U.S.A.).
Bockus H. L., Asociación Americana de Gastroenterología, Philadelphia.
Botero Restrepo Gilberto, Ingenio Río Paila, Valle.
Blanco Julio Enrique, Museo del Atlántico, Barranquilla.
Campos R. Francisco, Depto. de Agricultura, Guayaquil-Ecuador.
De Greiff Bravo Luis, Apartado 1692, Medellín-Colombia.
De Mello Leitao C.F., Academia Brasileira de Ciencias.
De Olivera Eusebio Paulo, Academia Brasileira de Ciencias.
Delfino Victor, Comisión Asesora de Asilos, Buenos Aires.

Descole Horacio R., Instituto "Miguel Lillo", Tucumán-Argentina.
Doello Martín, Museo Argentino "Bernardino Rivadavia", Buenos Aires.
Duarte Francisco J., Universidad de Caracas.
Duque Gómez Luis, Calle 69 N° 11-A-47, Bogotá.
Escande L., Boulevard Riquet, Toulouse-Francia.
Escobel Edmundo, Universidad Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
Federici Carlo, Ing. Carrera 10-A N° 67-46 (C. Matemáticas).
Fenaroli Luigi, Instituto de Sperimentazione e Maiscoltura, Bérgamo-Italia.
Fernández de Soto Morales Fernando, Calle de Alcalá 181, Madrid-España.
Franco Sánchez Hernando, Ing. Calle 42 N° 26-51, Bogotá (C. Matemáticas).
Gallo Joaquín, Observatorio Astronómico de Tacubaya-México.
Garaventa Agustín, Academia de Ciencias, Limache-Chile.
García Godofredo, Academia Nacional de Ciencias, Lima-Perú.
Garcés O. Carlos, Facultad de Astronomía, Medellín-Colombia.
Gigoux Enrique Ernesto, Museo Nacional de Chile.
Goodspeed Thomas, Jardín Botánico de la Universidad de California.
Gini Corrado, Centro de Estudios Americanos, Roma-Italia.
González Guzmán Ignacio, Universidad Nacional Autónoma, México.
Guhl Ernesto, Calle 67 N° 10-90, Bogotá.
Herkrath Juan, Calle 74 N° 2-20, Bogotá.
Hno. Daniel, Sociedad de Antropología, Antioquia.
Hno. Nicéforo María, Instituto de La Salle, Bogotá.
Hoffmann W. H., Instituto "Finlay", La Habana-Cuba.
Hubach Enrique, Popayán-Colombia.
Ivaldi Gaetano, Instituto Italiano de Química, Génova-Italia.
Jordán Joseph Eller, Pan American Medical Association, New York.
Kaudern Walter, Museo Etnográfico de Gotemburgo, Suecia.
Kozłowski Román, Laboratorio de Geología, Universidad de Varsovia.
Llooser Gualterio, Academia Chilena de Ciencias, Santiago.
Martínez Báez Manuel, Academia Nacional de Medicina, México.
Matzeu Giusto, Instituto "Alfredo Oriani", Milán-Italia.
Mehl David, Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson Stokolmo, 32-Suecia.
Mejía Franco Ramón, Federación Nacional de Cafeteros, Bogotá.
Mesa Bernal Daniel, Ministerio de Agricultura, Bogotá.
Meyer Teodoro, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
Morales Macedo Carlos, Museo de Historia Natural "Javier Prado", Lima-Perú.
Oppenheim Victor, Geólogo, 1206 Mercantile S. Building, Dallas 1, Texas.
Páez Pérez Carlos, Calle 72 N° 11-60, Bogotá.
Paula de Couto Carlos, Museo Nacional, Río de Janeiro.
Pérez de Barradas José, Museo Antropológico Nacional, Madrid.
Perry Zubieta Gustavo, Ing. Calle 60 N° 5-40, (401), Bogotá (C. Matemáticas).
Phelps William H., Apartado 2009, Caracas-Venezuela.
Porter Carlos E., Universidad de Chile.
Reid Dunn Emmett, Academia de Ciencias de Filadelfia.
Rochereau R. P. H. J., Museo de Ciencias Naturales, Pamplona.
Romaña R. P. Antonio, S. J., Observatorio del Ebro, Tortosa-España.
Rivas Goday Salvador, Jardín Botánico, Madrid-España.
Rohl Eduardo, Observatorio de Cajigal, Caracas-Venezuela.
Rojas Ulises, Jardín Botánico de Guatemala.
Roffo Angel H., Instituto de Medicina, Buenos Aires.
Royo y Gómez José, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
Sarmiento Soto Roberto, EE. UU.
Schultes Richard Evans, Harvard University, Oxford St. Cambridge 38 Mass.
Schwartz Laurent, Facultad de Ciencias de París.
Storny Julio S., Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
Strand Embrik, Instituto de Zoología de Riga (Letonia).
Severi Francesco, Centro Italiano de Estudios Americanos, Roma.
Silvestri Felipe, Real Universidad de Palermo, Italia.
Tchijevsky A. L., Director del Laboratorio de Ionificación de Moscú.
Tejera Enrique, Profesor de la Universidad de Caracas.
Triana Cortés Santiago, Médico. Calle 22 N° 6-16, (302), Bogotá. (C. Biológicas).
Ungania Emilio, Sociedad Italiana para el Progreso de la Ciencia, Roma.
Van Straelen, Museo Real de Historia Natural, Bruselas-Bélgica.
Vasiliev Ll., Instituto Pedagógico de Leningrado, Rusia.
Wassen Henry, Museo Etnográfico de Gotemburgo, Suecia.
Wetmore Alexander, Museo Nacional, Washington.
Wright Irving S., Universidad de Columbia (U.S.A.).
Zethelius Sven, Ing. Facultad de Ingeniería, Bogotá (C. Matemáticas).

ADMINISTRACION

SECRETARIA ADMINISTRATIVA: LUCIA VERGARA URIBE