

REVISTA DE LA

ACADEMIA COLOMBIANA

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XIV

DICIEMBRE 1976

NUMERO 55

PATRONO DE LA ACADEMIA:
SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:
ALFREDO D. BATEMAN

DIRECTOR DE LA REVISTA:
GUSTAVO PERRY ZUBIETA

SUMARIO:

	<i>Págs.</i>
Los Trabajos Científicos de Jorge Juan. Por <i>Jorge Arias de Greiff</i>	5
La Astronomía de Copérnico. Por <i>Eduardo Brieva B.</i>	9
El Infinito. Por <i>Alonso Takahashi</i>	13
Configuraciones Semipitagóricas. Por <i>Eduardo A. Caro</i>	19
Reseña Histórica del Desarrollo de las Ciencias Químicas en Colombia. Por <i>Luis Enrique Gaviria S.</i>	27
Evaluación del contenido de nitrógeno y de aminoácidos totales en algunas especies de Algas Marinas pertenecientes a la región del Magdalena, Colombia. Por <i>Lorenzo Panizzo D.</i>	31
Variaciones Proteicas Sanguíneas en dos Poblaciones de <i>Eleutherodactylus bogotensis</i> . Por <i>Jaime F. George W., Irma de Escamilla y Luis Cervantes</i> .	37
LDH en el Desarrollo de <i>Hyla labialis</i> . Por <i>Jaime F. George W. e Irma de Escamilla</i>	45
Investigación Geológica en Colombia. Por <i>Fabio Cediél</i>	49
Análisis modal de rocas ígneas por difracción de rayos X. Por <i>Guillermo Otálora Ramos</i>	55
El Hombre Colombiano y su Medio Ambiente. Por <i>Jaime Ayala Ramírez</i>	59
Notas para una Definición de Ecología. Por <i>Julio Carrizosa Umaña</i>	67
Hacia la Urbecología. Por <i>Mariano Ospina Hernández</i>	75

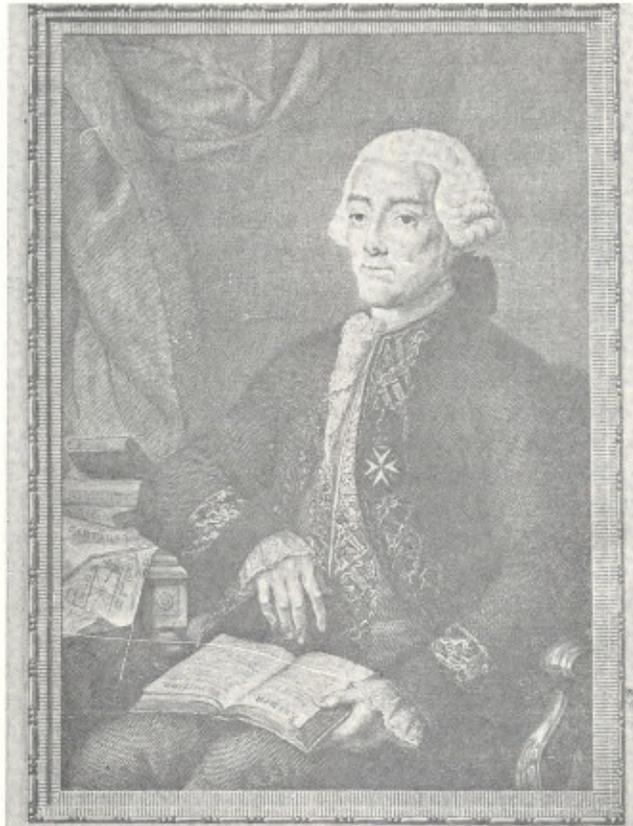
CRONICA DE LA ACADEMIA:

Discursos pronunciados durante el homenaje al académico <i>Julio Carrizosa Valenzuela</i>	83
El R. P. <i>Carlos Ortiz Restrepo</i> , S. J., por <i>Jorge Ancizar Sordo</i> , Numerario de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	89
Simposio de la Academia de Ciencias en la Orinoquia Colombiana sobre Problemas de la Región. (Reuniones en el Centro "Las Gaviotas"-Vichada). Por <i>Carlos Páez Pérez</i> , Numerario de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	93

(La responsabilidad de las ideas emitidas en la Revista corresponde a sus autores.

La colaboración es solicitada. No se devuelve la colaboración espontánea ni se mantiene correspondencia sobre ella).





D. JORGE JUAN.

*Ilustre Marino, profundo Matemático,
cuyas obras le dieron el renombre de Sabio Español
y serán eternos monumentos de su memoria.
Nació en Navarra en 1713, murió en Mad' en 1763.*

Don Jorge Juan y Santacilia.

LOS TRABAJOS CIENTIFICOS DE JORGE JUAN

Por: JORGE ARIAS DE GREIFF

El 9 de julio de 1735 fondearon en la bahía de Cartagena de Indias dos navíos, el Conquistador y el Incendio; traían, de paso hacia Portobelo, un nuevo Virrey para el Perú, y para Cartagena, dos jóvenes Guardias Marinas, don Antonio de Ulloa y Don Jorge Juan y Santacilia. Desembarcados ese mismo día, visitaron al Gobernador, y no habiendo llegado aún a ese puerto los que allí esperaban hallar para unírseles, decidieron esperar; y para pasar el tiempo, y no portando consigo instrumentos, pues no llegaron oportunamente a Cádiz antes de la salida el 26 de marzo los que habían sido encargados a Londres y París, emplearon un anillo astronómico y dos telescopios que estaban en casa del hijo de don Juan de Herrera, el antiguo ingeniero de la plaza y gobernador de uno de sus castillos, quien los había empleado durante el primer cuarto de siglo en aquel lugar y cuyas observaciones astronómicas habían aparecido en los periódicos académicos de París y Londres, analizadas por Cassini y por Halley; el anillo astronómico tenía aún una historia más antigua: lo había dejado en los albores de ese siglo el Padre Feuillée a su paso por Cartagena. Determinaron la latitud y la longitud, verificaron el plano de la ciudad y el de la bahía, que había trazado antes Herrera, y completaron lo que les pareció faltaba. El 16 de noviembre de ese año arribó a la bahía una balandra de guerra francesa de la que desembarcaron Godin, Bouguer y La Condamine, los académicos franceses a quienes en este punto debían unirse para acompañarlos en la medición de la distancia entre dos puntos separados un grado de latitud, en las vecindades del Ecuador. Los jóvenes Guardias Marinas habían sido designados por Felipe V para acompañar a los académicos en esta misión, que, con aquella en el extremo norte de Europa bajo la dirección de Maupertuis, debía dirimir la contienda sobre la forma de la Tierra, entablada entre las tesis newtonianas y las de sus detractores. Con los instrumentos desembarcados por los franceses se volvieron a hacer las determinaciones astronómicas,

pues las hechas con el anillo no daban garantía por la poca precisión inherente a tal aparato. Tan pronto como la balandra francesa hubo reaprovisionado, embarcaron todos con destino a Portobelo para pasar luego a Panamá y embarcar de nuevo hacia Guayaquil con destino a Quito. La conocida aventura científica de la medida del arco de meridiano en la vecindad del ecuador terrestre, y su importancia para la ciencia americana, ha sido suficientemente estudiada y divulgada.

Pero no se crea que los trabajos astronómicos y geodésicos transcurrieron para los oficiales españoles con la tranquilidad y continuidad que suele esperarse de tales tareas, pues la guerra con Inglaterra obligó a interrumpirlos, primero, a raíz del ataque sorpresivo del Vicealmirante Anson al puerto de Payta en 1741, en el mismo año del de Vernon a Cartagena, y luego por el llamado hecho por el virrey Villa García, aquel con quien habían cruzado el Atlántico, a los dos marinos para que tomasen el mando en El Callao de las fragatas Nuestra Señora de Belén y La Rosa, y se hicieron a la vela hacia el sur para impedir la aproximación de refuerzos navales para Anson y para hacer el curso, uniéndose más tarde con la fragata de Pedro de Mendinueta¹, y luego a la escuadra de Josef Pizarro². De estas tareas sólo se vieron libres en el mes de enero de 1744 y cuando regresaron a Quito, de los tres académicos únicamente Godin continuaba en las tareas científicas.

Retornaron a su patria, embarcados en fragatas francesas por la vía del Cabo de Hornos; Jorge Juan, luego de tocar Martinica y Francia, a su paso por París presentó ante la Academia Real de Ciencias una memoria sobre la aberración de la luz, la cual lo hizo miembro correspondiente; y Antonio Ulloa, en más accidentado viaje luego de caer prisionero de los ingleses, los que capturaron la fragata en que viajaba, pasó por Boston e

¹ Homónimo del que más tarde fue Virrey en Santafé.

² Este sí, pocos años después, fue Virrey del Nuevo Reino de Granada.

Inglaterra, de donde se le dejó viajar a España, no sin antes habersele hecho miembro de la Royal Society. Ya en Madrid, emprendieron los dos marinos la tarea de publicar sus trabajos: "Las Observaciones Astronómicas y Físicas" de 1747, a cargo de Juan, libro que sirvió a nuestro Caldas de pauta teórica y práctica en la astronomía y cuyas láminas, que muestran en detalle el Cuarto de Círculo, fueron la guía para el que construyó en Popayán y utilizó mientras no tuvo uno mejor; a este trabajo siguió la "Relación Histórica del Viaje a la América Meridional", en 1748, redactado por Ulloa, en el que además del relato mismo, se da una visión geográfica e histórica de las comarcas visitadas, así como de los usos y costumbres de sus pobladores. Otras dos obras vinieron a complementar a las anteriores: la "Disertación Histórica y Geográfica sobre el Meridiano de Demarcación", que data del año 1749 y "Noticias Secretas de América"; en la primera quisieron ampliar los puntos pertinentes de la "Relación Histórica" que los habían inquietado desde los días de su residencia en Quito, narrando con detalle la historia de la famosa línea demarcadora de las posesiones españolas y portuguesas, y la manera como los españoles descubrieron las tierras al oriente de Quito y el curso del río Amazonas, y cómo, en tiempos del gobernador del Pará, Albuquerque, fueron hábilmente tomando posesión de ellas los portugueses, obra que ilustraba a los negociadores en vísperas de las nuevas negociaciones en 1750 entre los dos reinos. La otra, publicada por los ingleses en 1826, consiste en los informes confidenciales que Juan y Ulloa enviaban al Rey Felipe V, dando cuenta de cuanto abuso e incorrección o deficiencia veían en América, de la verdadera fuerza de las plazas, como la de Cartagena, de las posibilidades de muchos productos locales, como el barniz de Pasto, y del eterno problema del comercio ilícito de mercancías, por no decir contrabando.

No pocas dificultades encontraron inicialmente para publicación de sus primeras obras, pues a la llegada hallaron nuevo Rey, Fernando VI, y nuevo ministro. Pero mediante los buenos oficios de su antiguo superior Josef Pizarro se hicieron a la buena voluntad de los personajes de esa corte.

No bien había terminado la presentación conjunta de sus trabajos con Ulloa, recibió Jorge Juan, del Rey el encargo de una misión reservada a Inglaterra, en días en que se desarrollaba en España un amplio programa de construcciones navales. Escogió como acompañantes a dos jóvenes Guardias Marinas; uno de ellos José Solano, futuro Marqués del Socorro y Cuarto Capitán General de la Armada, habría de venir pocos años más tarde, como uno de los comisionados de límites, al reconocimiento de lo que hoy son nuestras fronteras del Orinoco y el Río Negro. Al regreso de la comisión se le encargó la tarea de revisar las normas de la construcción de los navíos y el proyecto y dirección de los arsenales y astilleros,

labores que alternó con otras de mejoramiento de las minas, y diseño y ejecución de obras hidráulicas, de regadío y principalmente de mejoramiento de algunos puertos. Habiéndosele encomendado la dirección del principal centro docente de la Armada con el nombramiento que le hizo el Rey de Capitán de la Compañía de Guardias Marinas de Cadiz, en una época en que además debió elaborar los nuevos planos para navíos de todas clases, diseñar nuevos aparejos, construir modelos reducidos de los barcos para la enseñanza y la experimentación, y a lo que se agregan las experiencias relatadas atrás, se encontró Jorge Juan en el camino que le llevaría a escribir sus obras de carácter principalmente didáctico: el "Compendio de Navegación para uso de los Caballeros Guardias Marinas", Cádiz, 1757 y el "Examen Marítimo", que no terminó sino hasta pocos años antes de morir. De este fructífero período debe destacarse además, la fundación del Observatorio Astronómico de Cádiz, reputado en ese entonces como el mejor de España. Si cierta observación del eclipse de un satélite de Júpiter hecha por Mutis en la Casa de la Botánica en Santaré sirvió para determinar la longitud de la capital del Virreinato, fue porque el mismo evento fue registrado por Juan en el Observatorio de Cádiz.

Si bien, en esta época, había ya entrado la ciencia experimental a jugar un papel de importancia en muchos de los campos del saber, entre aquellos aún no beneficiados se encontraba el arte de la construcción naval, sin que, por otra parte, la ciencia de la maniobra de los navíos y de su fabricación hubiera sido olvidada por los grandes tratadistas teóricos como Euler con su "Scientia Navalis seu tractatus de le construendis de dirigendis" (1749), Bouguer con "Traité de Navire, sa construction & de ses mouvements" (1746), y Bernoulli, con "Essai d'une nouvelle theorie de la manoeuvre des Vaisseaux" (1714). Si estos ilustres sabios habían fallado era porque carecían en absoluto del conocimiento práctico en las artes maríneas; y si las tradiciones y costumbres no habían cedido su paso a los nuevos caminos de la ciencia en estas materias, era porque faltaba que en una persona se diera el teórico capaz de manejar la ciencia con la elegante fluidez de los sublimes géometras, y con una mente práctica resuelta a probar en la experimentación la veracidad de las hipótesis y el significado de los resultados, aunado a todo lo anterior la experiencia de toda una vida dedicada a la profesión del mar. Fue feliz circunstancia que en Don Jorge Juan se dieran tales calificaciones para el logro de lo que no era fácil; encaminar en tan enmarañada complejidad de fenómenos el discurso teórico, guiar a través de la elegante secuencia de teoremas y corolarios los a veces contradictorios hechos que presentaba la práctica, y cuando las contradicciones parecían no poder explicarse, recurrir decididamente al uso de modelos reducidos, como en cualquier moderno instituto naval, para desentra-

ñar el verdadero significado del fenómeno y la interpretación teórica. Careciendo de laboratorios, tal como los conocemos hoy, hizo colocar un velamen a una pequeña embarcación para estudiar la velocidad que diversos vientos la imprimían, aprovechando la favorable disposición de la bahía de Cádiz; y para analizar la acción misma del viento en las velas, no dudó en utilizar cometas, experimentos todos cuya fama atrajeron al puerto al Almirante inglés Howe. Pudo así desarrollar en esta obra una nueva teoría, la más completa en su época, de la resistencia presentada a los objetos en movimiento por el fluido en que están sumergidos.

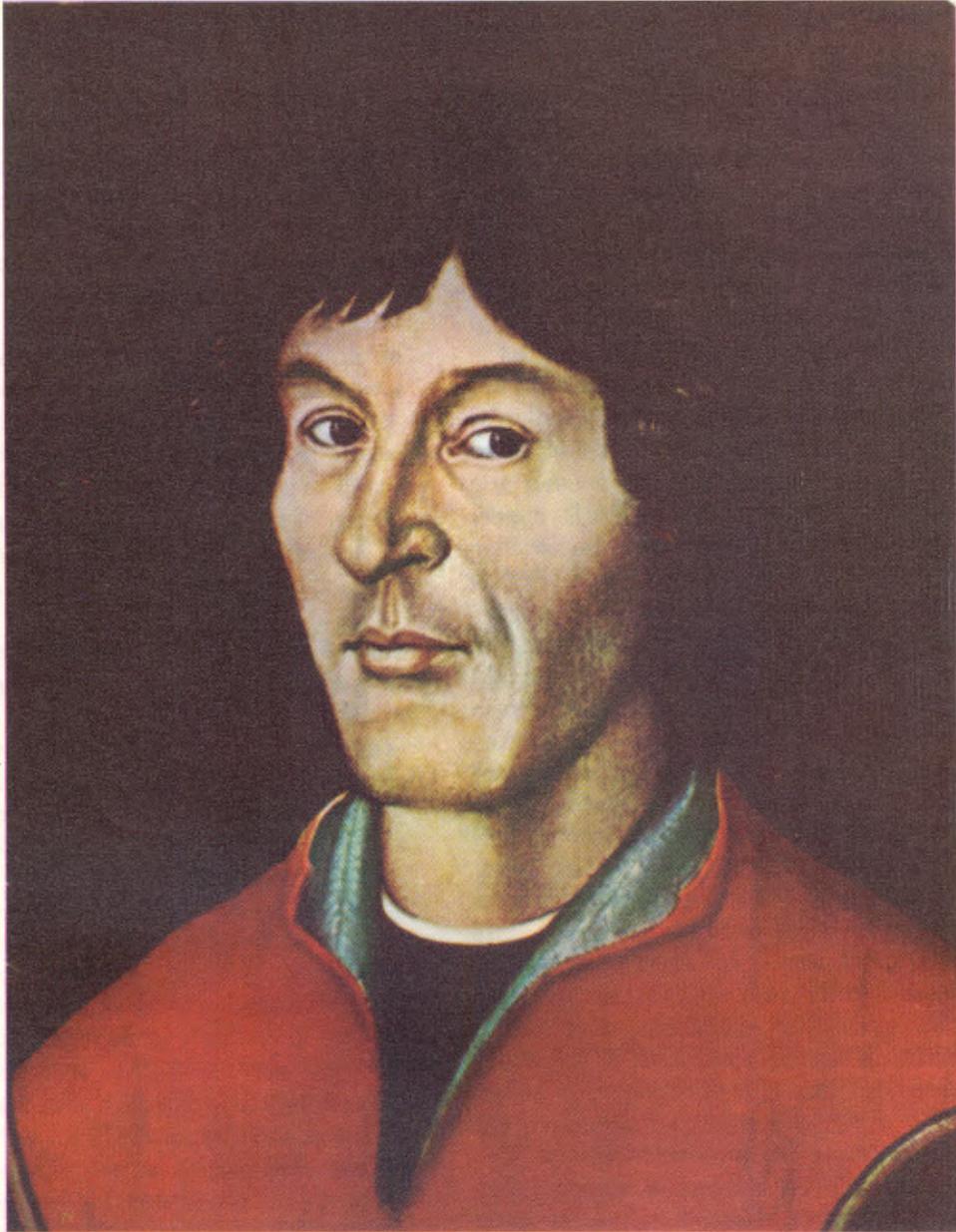
Pero no solamente la sabia exposición de las leyes de la mecánica y la física, que constituyen el primer tomo del "Examen Marítimo", se aplican con acierto en el segundo, a la construcción y maniobra de los navíos, como en un tratado para regocijo de doctas Academias, que así lo recibieron a su aparición con elogioso reconocimiento, y en un texto para la instrucción de los guardias marinas, o la consulta de los astilleros, sino que en los últimos capítulos de la obra, se explican los fenómenos y se exponen las conclusiones con especiales dotes didácticas, sin empleo de simbolismos matemáticos, para su comprensión por la gente de mar, marineros, artilleros, maestros y asentistas. Puede afirmarse que con esta obra nació la ingeniería naval.

En forma póstuma, luego de su muerte ocurrida el 21 de junio de 1773, aparecieron otras tres memorias: en la segunda edición de sus "Observaciones Astronómicas", editada en el año de su muerte, y como una réplica a las críticas a sus obras, "entre cuyas experiencias y demostraciones geométricas hay varias que respiran a favor del sistema conocido generalmente de Copernicano", se incluye una memoria con el diciente título de "Estado de la Astronomía en Europa, y juicio sobre los fundamentos en que se erigieron los sistemas del mundo para que sirva de guía al método en que debe recibirlos la nación sin riesgos de su opinión y de su religiosidad".

Las otras dos, tituladas "Reflexiones sobre la fábrica y uso del Cuarto de Círculo", y "Método de dirigir o levantar el Mapa o Plano General de España", vieron la luz en las memorias del Depósito Hidrográfico, publicadas por su primer director, José de Espinosa y Tello, en los primeros años del siglo XIX.

Una tertulia que estableció en su casa en Cádiz, y a la que asistían hombres de ciencia y profesores de la Academia de Guardias Marinas y que denominó "Asamblea Amistosa Literaria" puede considerarse como precursora, pues hasta unos estatutos para establecerla fueron allí redactados, de la Real Academia de Ciencias, de la que es la nuestra de Ciencias, Academia Correspondiente.

LA ASTRONOMÍA DE COPÉRNICO



Nicolás Copérnico
1473 - 1543

LA ASTRONOMIA DE COPERNICO

Por EDUARDO BRIEVA B.

Director del Observatorio Astronómico Nacional
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia.

Se ha dicho en múltiples ocasiones que la Revolución Copernicana constituye un hito en la historia del desarrollo intelectual de la humanidad. La transformación de la vieja cosmología trajo consigo un cambio en las relaciones entre el hombre y el universo. La hipótesis de Copérnico, formulada con el objeto de resolver un problema en el marco de la teoría planetaria, implicaba una reforma de los postulados fundamentales de la astronomía; tal revisión tuvo consecuencias insospechadas, que desbordaron los límites de la disciplina, y provocó en parte la mutación de la escala de valores del hombre occidental, mutación que se halla en el origen de la transición a la sociedad moderna.

Semejante transformación de las ideas es solo comparable a la producida por la teoría de la evolución de Darwin o la obra de Marx, en el siglo pasado. La relatividad de Einstein y el psicoanálisis freudiano han causado modificaciones similares en el pensamiento contemporáneo. Esta interacción entre ciencia y sociedad, ilustrada de manera ejemplar por la Revolución Copernicana, es de vital importancia para nosotros, hombres del siglo XX, miembros de una sociedad en la que los conceptos científicos juegan un papel preponderante. Pero la comprensión de los mecanismos de una relación de tal naturaleza implica el conocimiento de los senderos, a veces tortuosos, que conducen a una nueva teoría científica. En el caso de Copérnico estas vías se desconocen; razón por la cual no intentaremos, en estas líneas, más que un somero análisis de su obra con el fin de poner de presente la novedad y las limitaciones del sistema copernicano.

Desde tiempos remotos el hombre ha observado los astros. Las civilizaciones primitivas han construido cosmologías y poblado el cielo de seres mitológicos que presiden las actividades comunes. En una noche estrellada, la imaginación poética es solicitada con mayor intensidad que la curiosidad científica. Sin embargo, el astrónomo está interesado en encontrar la respuesta a preguntas como ésta: ¿a qué distancia se encuentra Júpiter y cómo

es su movimiento? La solución de este problema exige la observación sistemática y cuantitativa de los planetas durante largos períodos de tiempo. Pero, ¿cuáles son los hechos observados? Hagamos una breve síntesis de ellos tratando de ignorar el bagaje cultural de más de veinte siglos.

Las estrellas aparecen a simple vista como puntos luminosos que los antiguos agruparon en constelaciones, cuyas posiciones relativas permanecen invariables; una observación cuidadosa mostrará que poseen un movimiento común, como si estuviesen fijadas en la superficie de una esfera, con centro en el observador, que gira lentamente hacia el occidente y completa una vuelta en 24 horas.

El sol sale cada día por el oriente y se pone por el occidente; los puntos de salida y puesta se desplazan, de sur a norte y viceversa, con el transcurso del tiempo; hacia el 22 de junio, en nuestro calendario, están en su máxima posición norte, mientras alcanzan su máxima posición sur hacia el 22 de diciembre. Por otra parte, el Sol se mueve lentamente hacia el este con respecto a las estrellas y vuelve a ocupar un mismo lugar entre ellas a intervalos de un año¹; la variación de su posición en el horizonte oriental corresponde al ciclo de las estaciones. La Luna, cuyo aspecto cambia continuamente y de manera cíclica, describe una trayectoria vecina a la eclíptica y emplea, en promedio, 27,3 días para volver al mismo punto del cielo; el período de una revolución puede diferir del promedio hasta en 7 horas².

El comportamiento de los planetas es similar; todos poseen el movimiento diurno, hacia el oeste, y se desplazan hacia el oriente, en las cercanías de la eclíptica, con velocidad variable, sobre el fondo de las estrellas "fijas". Para completar una revolución Mercurio emplea, en promedio, 88 días, Venus 225 días, Marte 687 días, Júpiter 12 años

¹ La eclíptica puede definirse, en primera aproximación, como la trayectoria aparente descrita por el Sol sobre la esfera celeste.

² El movimiento de la Luna es quizá el problema más complejo de Mecánica Celeste.

y Saturno 29 años³. Además, sus trayectorias presentan una curiosa característica: periódicamente el sentido del movimiento se invierte y el planeta dibuja una especie de bucle en el cielo. Esta retrogradación, que corresponde a un incremento del brillo aparente, ocurre, para los planetas llamados superiores, en las vecindades de la oposición, instante en que el astro se halla a una distancia angular de 180 grados del Sol.

Existe otro factor que permite dividirlos en dos grupos: su posición con respecto al Sol. Mercurio no se aleja nunca más de 28 grados; durante un cierto tiempo se mueve hacia el oriente, alcanza su máxima elongación, retrograda luego y se coloca al occidente de aquel, para repetir de nuevo el ciclo. Lo mismo puede decirse de Venus, cuya máxima elongación es de 45 grados⁴. Los demás planetas se hallan a veces muy próximos al Sol, o en conjunción con éste, otras veces están en oposición, o pueden ocupar posiciones intermedias.

En resumen, los movimientos celestes son, en cierto modo, cíclicos. ¿Cómo explicar su complejidad e irregularidades? ¿Por qué los planetas poseen la retrogradación mencionada? La breve descripción cualitativa intentada no basta para dar respuestas adecuadas desde el punto de vista del astrónomo, quien debe enfrentarse para encontrarlas, al problema cuantitativo representado en las interminables tablas en donde observadores cuidadosos han consignado, desde tiempos remotos, las posiciones planetarias.

La mayoría de los pueblos de la antigüedad veneraban al Sol como dios de las estaciones y guardián del calendario, e interpretaron en diversas formas los fenómenos observados. Así, para los egipcios Ra, dios principal, poseía dos embarcaciones: una para su viaje por los aires, durante el día, la otra para su travesía nocturna sobre las aguas. Según Anaximandro de Mileto, "el Sol es como una rueda de carro cuya dimensión es 28 veces la de la Tierra. Es como una rueda hueca llena de fuego que deja pasar las llamas en un punto, por un respiradero, como tubo de fuelle"⁵. Los eclipses se producen por el cierre de la abertura situada sobre la rueda. Ya en el siglo IV a.c., muchos filósofos y astrónomos griegos consideraban la Tierra como una esfera inmóvil situada en el centro de otra, mucho mayor, dotada de un movimiento de rotación, a la cual se hallaban fijas las estrellas. El Sol y los Planetas se desplazaban en el espacio comprendido entre las dos; más allá de la exterior no había ni espacio ni materia.

En este universo, la esfera interior era la sede de las cosas mutables y los cuatro elementos proporcionaban el marco explicativo de los fenómenos. En el cielo, separado de la Tierra y lugar de los dioses, la perfección debía existir. El movimiento circular uniforme era el apropiado a los cuerpos celestes, inmutables y por lo tanto compuestos únicamente de un quinto elemento propio de su naturaleza: la quinta esencia. Tal esquema conceptual, que daba una explicación del movimiento diurno, tuvo no obstante ilustres adversarios, entre los cuales merece citarse Aristarco de Samos, para quien el Sol ocupaba el centro de una inmensa esfera celeste y con respecto al cual la Tierra describía una órbita circular. ¿Pero siendo ésta el lugar de cambio, destrucción y muerte, podía ser asimilada a un cuerpo celeste, inmutable por naturaleza? No es difícil hallar la razón del abandono de este modelo heliocéntrico.

El primero en abordar el problema de los planetas y ofrecer una teoría coherente fue Eudoxio, discípulo de Platón. En su sistema de esferas homocéntricas, cada planeta se sitúa en la interior de un grupo de dos o más cuya rotación simultánea alrededor de ejes distintos, reproduce el comportamiento del astro. Este modelo, integrado por Aristóteles a la cosmología más completa e influyente del mundo antiguo, no podía explicar las diferencias de brillo observadas.

Todo el legado de la astronomía griega está condensado en la obra de Claudio Tolomeo, cuya *Sintaxis*, más conocida con el nombre de *Almagesto*, presenta el sistema astronómico que se mantuvo vigente por más de catorce siglos. Los postulados de Tolomeo están basados en la física aristotélica; los cielos son esféricos y poseen movimiento circular uniforme; la Tierra es aproximadamente esférica y se halla, en reposo, en el centro de aquellos; su tamaño es pequeño comparado con el de la esfera de las fijas.

A partir de estas proposiciones, el gran astrónomo desarrolló procedimientos que permitían predecir la posición de los planetas. Los elementos básicos de su teoría son los siguientes: la *excéntrica*, circunferencia cuyo radio se mueve con velocidad angular uniforme con respecto al centro geométrico; la Tierra está colocada fuera de dicho centro. Tal dispositivo explica la velocidad variable de los planetas en su órbita. El *emíciclo*, circunferencia sobre la cual se mueve uniformemente el planeta, y cuyo centro se mueve a su vez sobre otra circunferencia de tamaño mayor, el *diferencial*; la escogencia adecuada de los radios y las velocidades angulares permite reproducir la retrogradación planetaria y explicar las diferencias de brillo. Un tercer elemento, el *ecuante*, hace posible representar el movimiento en aquellos casos en que las construcciones ya citadas no son suficientes; consiste en una circunferencia tal que el movimiento uniforme se efectúa alrededor de un punto excéntrico, que a su vez ocupa una posición

³Los antiguos sólo conocían estos planetas, además del Sol y la Luna que eran considerados como tales. Urano fue descubierto por Herschel en 1781, Neptuno por Leverrier y Galle, en 1846, y Plutón por Lowell y Tombaugh, en 1930.

⁴Durante siglos Venus fue designado con nombres diferentes, según aparecía como estrella vespertina o matutina.

⁵Kuhn, T. S., *La Révolution Copernicienne*, traducción de Avram Hayli. Fayard. Paris, 1973. P. 30.

simétrica a la de la Tierra, con respecto al centro geométrico ⁶.

Utilizando una combinación de excéntricas, epiciclos y ecuantas, Tolomeo describió separadamente el movimiento de cada planeta. Hoy sabemos que la posición de un astro tal se representa por una cierta función cuasiperiódica del tiempo que puede ser aproximada uniformemente por un desarrollo en serie de Fourier, el cual equivale al conjunto de dispositivos geométricos utilizados por Tolomeo en cada caso ⁷. Es importante anotar que el movimiento circular uniforme se lleva a cabo con respecto a un cierto punto que no está ocupado necesariamente por la Tierra.

Esta teoría, sin embargo, contenía algunas contradicciones notorias; el mecanismo correspondiente a la Luna, por ejemplo, implicaba una variación del diámetro angular incompatible con la observación. Por otra parte, las tablas planetarias, calculadas con base en el sistema de Tolomeo, iban perdiendo precisión con el correr del tiempo.

No es necesario repetir aquí las reflexiones acostumbradas sobre el clima especial del Renacimiento, ni mencionar los avatares de la astronomía planetaria en el Medioevo. Bástenos con citar los nombres de algunos predecesores de Copérnico, representantes de la renovación de la disciplina en el siglo XV: Georg Peurbach, Johannes Müller, quienes hicieron revivir la tradición astronómica helenística, cuyo apogeo se había dado en la obra del gran astrónomo alejandrino.

El *De Revolutionibus Orbium Coelestium* se inicia con una dedicatoria a Pablo III. Allí, Copérnico expone los motivos por los cuales ha emprendido sus investigaciones: el desacuerdo entre los matemáticos, dice, la multiplicidad de los sistemas astronómicos, esferas homocéntricas, epiciclos, y el fracaso de todos ellos en explicar correctamente los movimientos celestes, lo han llevado a pensar en que algo esencial ha sido ignorado. El empleo de excéntricas y ecuantas, afirma, constituye una violación del principio del movimiento circular uniforme. Así pues, es necesario buscar otra solución. Enumera en seguida aquellos filósofos antiguos que pensaron en el movimiento de la Tierra, para terminar, en el prólogo, con una cita de Plutarco: "Hasta ahora el movimiento de los

astros ha vencido la inteligencia de los matemáticos" ⁸.

Copernico cree en un orden natural, lógica y estéticamente perfecto, que se pone de manifiesto en su dinámica: a la figura geométrica perfecta, la esfera, le corresponde el movimiento circular uniforme. Los astros tienen tal forma, luego obedecen a la misma ley de movimiento; la Tierra no constituye un mundo aparte: siendo esférica se mueve circular y uniformemente. El Sol, en reposo, ocupa el centro del universo y no desempeña papel dinámico alguno.

La rotación de la Tierra explica el movimiento diurno; su traslación alrededor del Sol permite comprender de inmediato, una vez fijado el orden de los planetas, la retrogradación y fluctuaciones en el brillo de éstos. Así, las "segundas desigualdades" encuentran la misma causa. La ausencia de paralaje en las estrellas fijas se debe al gran tamaño de la esfera celeste, comparada con la órbita de la Tierra ⁹. Copérnico describe además, por primera vez, la precesión de los equinoccios en términos de un movimiento del eje de rotación terrestre, pero su construcción cinemática es errada ¹⁰.

La simplicidad de este sistema se oscurece al abordar el problema de las "primeras desigualdades", es decir, la variación de las velocidades orbitales de los planetas. Habiendo rechazado el ecuante como una violación del movimiento natural, nuestro sabio recurre a las excéntricas y los epiciclos ¹¹. En algunos casos sus construcciones son más sencillas que las de Tolomeo, pues no necesita explicar mediante los mismos dispositivos la retrogradación planetaria; en otros, su trabajo está demasiado cerca del de su ilustre predecesor. La Tierra, aunque despojada de su posición central, no pierde por ello todos sus privilegios: el centro de su órbita sigue siendo el punto de referencia de los movimientos planetarios. Kepler mostraría más tarde la magnitud del error así cometido ¹².

⁶ *Las Revoluciones de las Esferas Celestes*, libro I, Introducción y notas de Alejandro Koyré. Traducción de Jorge Fernández Chiti. Eudeba, Buenos Aires, 1965. P. 49.

⁹ La prueba de la gran distancia a que se halla Saturno de las estrellas fijas la encuentra Copérnico en el titular de éstas, fenómeno que establece, para él, la diferencia entre los cuerpos inmóviles y los que se hallan en movimiento.

¹⁰ En efecto, recordemos que las esferas celestes existen realmente para Copérnico; entonces el eje de rotación terrestre describiría un cono en un año y la posición del polo celeste con respecto a las estrellas se modificaría. En vista de que esto no se observa, se ve obligado a introducir un movimiento adicional del eje, para mantenerlo paralelo a sí mismo, con un período ligeramente menor que un año. Esta pequeña diferencia causa la precesión.

¹¹ Hoy día disminuimos la importancia de estos epiciclos y excéntricas, para destacar la hipótesis del movimiento de la Tierra. En tiempos de Copérnico, sin embargo, ocurrió lo contrario: tales mecanismos permitían la construcción de nuevas tablas planetarias, que podían utilizarse sin necesidad de aceptar los postulados.

¹² Dreyer, J. L. E., op. cit., pág. 344.

⁷ Para un estudio detallado de los sistemas de Eudoxio y Tolomeo, véase Dreyer, J. L. E., *A History of Astronomy from Thales to Kepler*. Ediciones Dover, 1953.

⁸ Cabe preguntarse sobre el desarrollo posterior de las ciencias físicas, si en lugar de orientar la investigación hacia las causas del movimiento de los cuerpos, búsqueda que habría de culminar con el descubrimiento del principio de inercia, los investigadores hubieran dedicado su atención a los aspectos algebraicos de una construcción geométrica como la de Tolomeo. Cualquier discrepancia con la observación pudiendo ser superada con la introducción de más y más epiciclos, o lo que es lo mismo, agregando términos en la serie de Fourier correspondiente, ¿no tendríamos hoy un universo de constantes, sin leyes físicas?

Las *Tabulae Prutenicae*, calculadas por Erasmus Reinhold con base en el modelo copernicano, seguían mostrando notorias discrepancias con la observación. Poco a poco se impuso la necesidad de renovar los instrumentos y técnicas observacionales, como primer paso hacia la construcción de una adecuada teoría planetaria. Esta tendencia habría de culminar en los trabajos de Tycho Brahe, que permitirían a Kepler sentar las bases de la

mecánica celeste, al descubrir las leyes que llevan su nombre.

Copérnico renovó la astronomía de su tiempo; no obstante, su cosmología está todavía prisionera de las antiguas concepciones. Al conmemorar el quinto centenario del nacimiento del sabio polonés, merece recordarse su nombre como un eslabón de la larga cadena de forjadores de la ciencia moderna.

EL INFINITO

POR ALONSO TAKAHASHI.

INTRODUCCION

Comenzamos haciendo algunas observaciones sobre la elección del tema de esta exposición. En primer lugar, la matemática tiende a ser universal aunque los problemas matemáticos de cada época sean bien determinados; quizás haya una matemática propia de cada cultura pero el matemático no encuentra temas propios de su medio ni problemas inherentes a su localidad. La Matemática Aplicada es algo distinto: es una aplicación de la matemática.

En segundo lugar está la comunicación: la matemática es en sí misma un lenguaje con una gramática más precisa que la de los idiomas naturales. Sus conceptos pueden tener interpretaciones concretas aproximadas o pueden necesitar de una franca intuición de lo abstracto; en todo caso la exposición no puede permitirse muchas paráfrasis sin arriesgar profundamente el significado, aunque es la opinión de matemáticos eminentes que una teoría matemática no debe considerarse completa mientras no sea tan clara que pueda ser explicada a la primera persona que uno encuentre. Habría que aclarar que es conveniente, si no indispensable, que dicha persona sea un matemático.

En todo caso, el tema debía ser de interés general y también ser significativo dentro de la misma matemática y además debía intentarse una presentación no especializada del mismo. Ahora bien, la *noción de infinito*, en su doble versión de lo desmesuradamente grande y de lo arbitrariamente pequeño, ha sido una de las grandes inquietudes de la mente. El ser humano, decía Pascal, "se aterrará sin duda al verse perdido en el cuerpo que la naturaleza le ha dado entre esos dos abismos del infinito y de la nada... Porque, en fin, ¿Qué es el hombre en el mundo? La nada con respecto al infinito, el todo con respecto a la nada, un medio entre nada y todo. Se encuentra infinitamente alejado de los dos extremos y su ser no está menos distante de la nada, de la cual fue sacado, como del infinito en donde está inmerso".

Y ya en la matemática, es el concepto de infinito el que con mayor insistencia ha permanecido al acecho con irrupciones periódicas cargadas de significado como en las paradojas de Zenón, en la doctrina de los infinitesimales, en los números transfinitos y la crisis de los fundamentos, en la moderna metamatemática y en las ambiciosas teorías actuales que figuradamente pueden describirse como galácticas.

Por último, y afortunadamente, para la presentación del tema se cuenta con ensayos magistrales de hombres como Bertrand Russell, David Hilbert y otros más. Es por esto por lo que, sin querer parangonar esta exposición con una de las más grandes obras de la civilización, debo descubrirla como una simple colcha de retazos.

Deseo insistir en que el tratamiento del tema no pretende ser técnico y, a decir verdad, es muy poco ortodoxo. Espero ser disculpado por quienes consideran que esto es incorrecto.

La noción de infinito.

La noción de infinito se presenta al espíritu ligada a experiencias comunes como el tiempo, el espacio y el proceso de contar objetos de una colección. El homo sapiens apareció sobre la tierra hace 30.000 años, tiempo muy corto si se compara con los 250 millones de años durante los que reinaron los trilobitos y los dinosaurios o con los 4.500 millones de años transcurridos desde la formación de la tierra. Sin embargo, no es habitual imaginar que el tiempo haya empezado en cierto momento o que vaya a terminar en un instante dado; cabría siempre pensar en un antes y un después. Pero tampoco es fácil aceptar un pasado infinito durante el cual, habiendo habido plazo suficiente, todo lo posible habría sucedido ya.

Esta suerte de consideraciones exige el establecimiento de ideas fundamentales a cuya luz se determinen las formas sensatas de plantear los problemas, cuidando siempre de no concluir más de lo estrictamente implicado.

Como en el caso del tiempo, es inadmisibles asignar un término al espacio, pero de ello se concluye su ilimitación y no su infinitud. Esta observación permitió corregir en forma genialmente drástica y sencilla la moderna teoría de la gravitación: habiéndose observado que las ecuaciones correspondientes fallaban en regiones arbitrariamente alejadas, vale decir, en el infinito, se curvó el espacio hasta cerrarlo completamente y así, no habiendo infinito, la teoría era correcta. Pero se necesitó valor para abandonar la geometría euclídea como descripción propia del espacio físico.

Similarmente se han elaborado teorías para eliminar la total infinitud del tiempo. Puede, por ejemplo, argüirse que en un estado inicial y final de equilibrio el tiempo tendería a detenerse o también que la evolución del mundo físico es eterna pero periódica, como la Biblioteca de Babel de Borges, donde el gran desorden repetido una y otra vez se constituye en Orden.

Y con respecto a tamaño y masa, a pesar de la impresionante inmensidad de la bóveda celeste, la cosmología moderna afirma que el universo está formado por 100 mil millones de galaxias, cada una de las cuales consta, en promedio, de unos 100 mil millones de estrellas; que el radio del universo, antes de iniciarse el actual proceso de expansión, era de 1.060 millones de años luz y que su masa es de $2,14 \times 10^{49}$ toneladas correspondiente a $1,29 \times 10^{79}$ protones.

También en la dirección de lo infinitamente pequeño la mente desprevenida estaría dispuesta a aceptar la divisibilidad indefinida de la materia en fragmentos arbitrariamente minúsculos. Pero de nuevo aparecen límites finitos en forma de partículas elementales y cuantos de energía.

En conclusión: el mundo físico no presenta o no necesita el infinito en ninguna de sus modalidades. Y debido a esta finitud, aunque las magnitudes sean inconcebibles, el hombre de ciencia actual ha perdido algo del pasmo ante el Universo: "confía en que dados suficiente ingenio, perseverancia, tiempo y dinero, puede entender todo lo que hay más allá de las estrellas" (W. Rindler).

Pero el infinito subsiste en la mente y exige una aclaración. Su naturaleza ha sido explicada como negación de lo finito y no como una idea verdadera. Decía Buffon que "una cosa infinita no es sino esa misma cosa finita a la cual le quitamos sus términos, sus límites; la idea de infinito no es sino una idea de privación y, en modo alguno, un objeto real... Un número infinito carece de realidad pues le hace falta un objeto, o mejor, una colección de objetos por representar, a fin de que su existencia sea posible".

El infinito en matemáticas.

El empleo del infinito en matemáticas se justificó inicialmente con base en la comodidad. Leibniz, por ejemplo, no creía en la existencia de magnitudes verdaderamente infinitas ni verdaderamente infinitesimales pero las consideraba como

"ficciones útiles para abreviar y hablar universalmente". Según Fréchet "...para cada grado de civilización existe un límite para los números que se pueden efectivamente contar. Toda concepción de un número superior a este límite es puramente teórica"... "Pero es más simple no ocuparse jamás de esta limitación e imaginar pura y simplemente la serie de los enteros como ilimitada. Y he aquí *el infinito introducido en las matemáticas*, no como la afirmación de que este infinito corresponde a una realidad científica, sino como una comodidad del lenguaje".

Pero no todos se resignan a un infinito irreal y es así como Dedekind, en un esfuerzo para exhibir una colección real infinita arguye que, si algo puede ser objeto de mi pensamiento, entonces también puede serlo la idea de que ese algo puede ser objeto de mi pensamiento, y así sucesivamente. De tal manera que las cosas que pueden ser objeto de mi pensamiento forman una colección infinita.

La realidad del infinito hace parte del problema general de la existencia de los objetos matemáticos y de la naturaleza de las matemáticas donde pueden distinguirse tres posiciones extremas, a saber:

1. Según el *Platonismo* hay un hipermundo en el cual los objetos matemáticos gozan de una existencia tan real como la del mundo en que vivimos. Allí se encuentran los conjuntos finitos e infinitos, las funciones, el campo de los números reales, los órdenes. El matemático, a semejanza del naturalista, observa este mundo y lo describe y sus "creaciones" son los resultados de este estudio.

2. Según el *Formalismo* la matemática es un juego con ciertos términos y reglas explícitas, las cuales deben aplicarse en la derivación de los teoremas. Los objetos matemáticos no tienen existencia real y sólo existen representaciones más o menos útiles. La *verdad* es la aplicación correcta de las reglas y la existencia es sinónimo de consistencia, es decir, ausencia de contradicción.

3. Según el *Intuicionismo* la matemática es una actividad propia del cerebro humano, el cual tiene intuiciones directas como la de los números naturales. La verdad es evidencia interna y la existencia es constructibilidad con base en procesos directamente intuibles.

Naturalmente estos son especímenes puros que no se dan en la realidad y todo matemático presenta trazas de todas estas tendencias.

Considerando la evolución del concepto de número se encuentra que en las primeras etapas la numeración se reduce a

uno, varios o

uno, dos, varios, muchos, etc.,

y aunque este "muchos" sea el germen del infinito, dichos sistemas no facilitan nombrar números grandes. Aún un sistema más evolucionado como el jónico, usado por los griegos y basado en el alfabeto y otros signos adicionales, aunque perfectamente adecuado para las necesidades de su civilización, no permitía simbolizar con facilidad

números arbitrariamente grandes como se manifiesta, por ejemplo, en la penosa argumentación de Arquímedes para mostrar que el número total de granos de arena, aunque muy grande, no es infinito.

Con la introducción del sistema posicional por parte de sumerios y chinos y en particular el decimal de acadios, babilonios, árabes e hindúes se tuvo el instrumento adecuado para simbolizar todos los números y aun magnitudes no intuibles. Una vez dado este paso, la simbolización decimal se extendió a los números racionales o fracciones y luego a los irracionales para encontrarse frontalmente con el infinito. En efecto, una fracción como $7/4$ tiene una expresión decimal finita, a saber, 1,75 y hay otros casos, como $20/7$ que produce la expresión, 2,857142 857142 857142... la cual, aunque infinita, puede visualizarse en su totalidad debido a su carácter periódico. Podría decirse que el desorden en que aparecen las cifras del período, al ser repetido una y otra vez, produce un orden que permite aprehender de una vez toda la expresión. El caso del número $\sqrt{2}$ es esencialmente diferente, pues la representación decimal 1,4142... no es periódica (si lo fuese, $\sqrt{2}$ sería racional) y es por lo tanto verdaderamente infinita; aceptarla significa aceptar que en alguna parte existe dicha expresión infinita aunque no sea conocida en su totalidad. El estudio de los números reales (rationales e irracionales) sucesiones, series y funciones numéricas, límites y continuidad, representación de funciones arbitrarias en términos de funciones trigonométricas (como lo exigía, por ejemplo, la teoría del calor de Fourier), derivadas e integrales, extremos de funciones y funcionales, constituyó el llamado Análisis Matemático que ha sido descrito como "una sola sinfonía del infinito". Esta maravillosa estructura teórica exigía en forma apremiante, una definición clara del conjunto de los números reales, entidad en la cual se basaban todas sus construcciones y exigía una formulación precisa del infinito asociada a funciones numéricas que representan magnitudes que devienen infinitas o infinitesimales.

Y además de esta modalidad del infinito, subsistía aún sin resolver el problema más antiguo de "contar" colecciones arbitrarias como la totalidad de los números enteros o el conjunto de puntos de discontinuidad de una función.

El paraíso de Cantor.

Esta intensa actividad matemática produjo una considerable tensión en medio de la cual estalló lo que Hilbert ha descrito como "la más maravillosa floración del espíritu matemático y, sin duda, una de las más altas aportaciones de la serena y pura actividad de la inteligencia", a saber, la Teoría de los Números Transfinitos, de George Cantor.

Antes de Cantor, si bien se aceptaba la existencia de colecciones infinitas, como 1, 2, 3, ..., se

creía que cualquier colección, finita o no, podía ser agotada extrayendo primero uno de sus elementos, luego otro y así sucesivamente. Aplicando un "método diagonal", Cantor descubrió que los números reales no pueden agotarse de esta manera. También mostró que hay tantos números enteros como fraccionarios a pesar de que entre dos fracciones cualesquiera hay infinitas más. Hechos similares habían sido observados antes: Galileo, por ejemplo, señaló que hay tantos cuadrados perfectos como números naturales, pues al asignar a cada número su cuadrado se agotan las dos colecciones; la misma peculiaridad puede presentarse en forma pintoresca refiriéndose a cierto personaje que, al redactar su autobiografía, emplea un año describiendo un día de su vida. A este ritmo, a medida que transcurre el tiempo estará más y más lejos de terminar su obra. Pero, si vive eternamente, todos los días de su vida quedarán descritos: el 10° día en el año 10°, el día 1000° en el año 1000°, etc. Sin embargo, estos hechos eran considerados simplemente como jugarretas del infinito. En manos de Cantor y con la sencillez propia de la genialidad, estas paradojas se transformaron en la misma definición de *equinumerosidad*: dos conjuntos o colecciones de objetos A y B son *equinumeros* (esto es: tienen el mismo número de elementos o *cardinal*) si entre ellos puede establecerse una correspondencia biunívoca (esto es, uno a uno) y que las agote a ambas. El cardinal de A será (estrictamente) *menor* que el de B si A es equinumeroso con una parte de B, pero B no es equinumeroso con ninguna parte de A. Es claro que estas nociones coinciden con las usuales cuando A y B son colecciones finitas.

En este sentido, el número de enteros es igual al de fraccionarios pero menor que el de reales.

De acuerdo con estas definiciones, si de una colección se extraen algunos elementos, e inclusive infinitos, la subcolección restante no tendrá necesariamente un número de elementos inferior al de la original. Así, si de la colección 1, 2, 3, ... se sacan los números impares, la subcolección restante es equinumerosa con la colección completa.

Cantor descubrió también que en lugar del simple *¿cuántos...?* puede, en ciertos casos, preguntarse *¿cuántos... y en qué orden?* Para colecciones finitas esta diferencia es secundaria pero en el caso infinito las respuestas imponen dos tipos diferentes de números transfinitos: los *cardinales* y los *ordinales*.

Para un conjunto cualquiera A el cardinal de A es la característica que distingue a todos los conjuntos que son equinumerosos con A. Si, además, entre los elementos de A se ha establecido un orden de tal manera que, como en el caso de los números naturales, cada subconjunto no vacío tiene un menor elemento, entonces el ordinal de A indica la característica común a todos los conjuntos equinumerosos con A y ordenados en forma completamente similar a él. Los primeros ordinales son los números naturales,

0, 1, 2, 3, ...

y después de todos ellos viene el primer ordinal infinito ω . Ni siquiera contando todos los objetos del mundo físico se llegaría a ω , pero en el mundo de Cantor, después de ω vienen

$\omega + 1, \omega + 2, \omega + 3, \dots$

y después de esta infinidad aparece $\omega + \omega$ u ω^2 . De esta manera se obtienen

$\omega^2, \dots, \omega^3$

y después de esta infinidad de infinitudes viene $\omega\omega$ u ω^2 . Aparece entonces una infinidad de infinitudes infinitudes, a saber,

$\omega^2, \dots, \omega^3, \dots, \dots$

después de las cuales viene $\omega\omega$. Y así se obtienen

$\omega\omega, \dots, \omega^{\omega}, \dots$

El ordinal que aparece después de estos se designa por ϵ_0 y con él se inicia de nuevo toda la historia:

$\epsilon_0 + 1, \epsilon_0 + 2, \dots$, etc, etc.

A pesar de su tecnicismo, esta situación evoca el inútil esfuerzo del mensajero imperial descrito por Kafka: "...todavía está abriéndose paso a través de las cámaras del palacio central; no terminará de atravesarlas nunca; y si termina, no habría adelantado mucho; todavía tendría que esforzarse para descender las escaleras; y si lo consiguiera, no habría adelantado mucho; tendría que cruzar los patios; y después de los patios, el segundo palacio circundante; y nuevamente las escaleras y los patios; y nuevamente un palacio; y así durante miles de años; y cuando finalmente atravesara la última puerta —pero esto nunca, nunca puede suceder— todavía le faltaría cruzar la capital, el centro del mundo".

La introducción de los poderosos métodos de Cantor para manejar infinitudes transformó la Matemática en una verdadera Ciencia del Infinito, plantándola de un salto en un nuevo paraíso. Pero allí precisamente acechaba la contingencia más destructiva para la ciencia deductiva: la contradicción interna.

Se encontró que los mismos principios usados por Cantor en su magnífica teoría conducían a contradicciones. Russell comenzó aplicando el método de definir un conjunto tomando como elemento los objetos que satisfacen una condición determinada para así introducir el conjunto de todos aquellos conjuntos que no son elementos de sí mismos. Este "conjunto" no puede ni pertenecer a sí mismo ni dejar de hacerlo. También aparecieron otras antinomias más técnicas como la obtenida por Burali-Forti aplicando al "conjunto" de todos los ordinales el teorema que afirma que para cualquier conjunto de ordinales hay un ordinal mayor que todos los del conjunto, o la de Richard en donde la contradicción resulta al aplicar un método diagonal como el introducido por Cantor.

Infinitesimales.

Mientras que los transfinitos de Cantor eran mirados con justa desconfianza debido a las antinomias, los infinitesimales habían sido progresivamente aceptados en el mundo matemático. Aunque algo misteriosos, la gente quizás estaba acostumbrada, desde la antigüedad, a que un círculo, por ejemplo, podría ser aproximado por un polígono regular de lados pequeñísimos cuya área difería infinitesimalmente de la del círculo. Finalmente, el éxito y la potencia de los métodos del Cálculo Infinitesimal disculpaban la falta de claridad en los cimientos. Sin embargo, los trabajos de Weierstrass mostraron que el Análisis podía aritmetizarse: que la estructura del campo numérico real no admite infinitesimales y, lo que es más importante, que los infinitesimales no eran necesarios para desarrollar el cálculo y la matemática superior. Aunque muy caros a la intuición, su presencia era inadmisiblemente inútil y fueron totalmente expulsados de la matemática.

La lucha contra la crisis.

La aparición de las antinomias ocasionó la llamada Crisis de los Fundamentos contra la cual se inició un programa similar al desarrollado por Hilbert en Geometría, que buscaba un sistema consistente de axiomas a partir del cual pudiesen derivarse todos los hechos de la teoría. Esta labor fue iniciada por Zermelo y continuada por von Neumann, Bernays y Gödel, dando lugar a la Teoría de Conjuntos (TC), la cual se refiere a ciertos objetos llamados *clases*. Una clase puede o no pertenecer a otra clase; en el primer caso se dice que la clase es un *conjunto* o *colección*; éstos constituyen por así decir, los *objetos elementales*. El sistema de axiomas es el siguiente:

1. *Axioma de extensión*: Una clase está determinada por sus miembros.
2. *Axioma de conjuntos binarios*: Con dos objetos elementales puede formarse un conjunto.
3. *Axioma de formación de clases*: ciertas propiedades determinan clases.
4. *Axioma de uniones*: Reuniendo los miembros de una colección de conjuntos se obtiene un nuevo conjunto.
5. *Axioma de Conjuntos de Partes (o potencia)*: Los subconjuntos de un conjunto constituyen un nuevo conjunto.
6. *Axioma de reemplazo*: Al sustituir cada elemento de una colección por un conjunto se obtiene de nuevo una colección.

Para que la teoría no sea vacía debe postularse la existencia de objetos, y para que sirva de fundamento a la matemática debe comprender conjuntos infinitos. Los objetos obtenidos progresivamente a partir del conjunto vacío ϕ agregando siempre a cada conjunto A un nuevo elemento, a saber, el mismo A, son todos diferentes. Entonces, la existencia de conjuntos y en particular de conjuntos infinitos se postula así:

7. *Axioma del Infinito*: Existe un conjunto M tal que ϕ pertenece a M y si x pertenece a M entonces el conjunto x^+ obtenido agregando a x el nuevo elemento x también pertenece a M .

El conjunto M contendrá entonces, entre otros, los siguientes elementos:

$\phi, \{\phi\}, \{\phi, \{\phi\}\}, \{\phi, \{\phi, \{\phi\}\}\}, \dots$

A los axiomas de la Teoría de Conjuntos (TC) es conveniente agregar otros dos principios:

El Axioma de Elección (E): Dada una colección no vacía de conjuntos no vacíos puede formarse un nuevo conjunto extrayendo un miembro de cada uno de los conjuntos de la colección.

Cuando la colección dada es finita no es necesario recurrir a este principio para formar ese nuevo conjunto. Aplicado a colecciones infinitas las implicaciones del Axioma de Elección son sorprendentes. Asumiéndolo puede demostrarse que cualquier conjunto puede ordenarse perfectamente de tal manera que en todo subconjunto no vacío haya un elemento mínimo. Y en un terreno más accesible a la intuición, puede probarse que una esfera como la tierra puede dividirse en un número finito de fragmentos tales que al ser reunidos de nuevo en otra disposición forman una nueva esfera del tamaño de una arveja.

Axioma de Restricción (R): Toda clase no vacía tiene un miembro disyunto con ella.

Este axioma excluye algunas situaciones intuitivamente patológicas y una de sus consecuencias, aunque un poco técnica, es también sorprendente: Todo conjunto puede obtenerse a partir del conjunto vacío haciendo uniones y tomando conjuntos de partes en número suficiente, posiblemente transfinito, de veces.

Con base en estos 8 o 9 postulados pueden fundamentarse y desarrollarse las teorías matemáticas usuales. Otras, como la moderna Teoría de Categorías, en su intento de estudiar grandes colectividades de estructuras matemáticas, debe contar con conjuntos infinitos supremamente grandes. Con el fin de adaptar la teoría a estos requerimientos se introducen los *universos* o conjuntos en el seno de los cuales pueden efectuarse las operaciones usuales entre conjuntos sin que nunca el resultado escape al universo y el Axioma del Infinito se sustituye por el.

Axioma Fuerte del Infinito: Todo conjunto es miembro de algún universo.

Si bien es cierto que estos principios han sido escogidos de tal manera que las antinomias conocidas no pueden presentarse, también es cierto que, no habiéndose demostrado la no contradicción de los axiomas, siempre es factible el descubrimiento de otras nuevas.

Metamatemática.

El estudio general de las teorías formales, de los problemas de consistencia y constructibilidad

iniciado por Hilbert y sus discípulos como una "teoría de la demostración", abarcó posteriormente gran parte de la lógica, recibiendo acertadamente el nombre de Metamatemática.

La mayor esperanza de la Metamatemática en sus comienzos, la demostración de la consistencia de la Matemática usual, fue dramáticamente frustrada por los resultados de Gödel en 1931.

Gödel demostró que en la matemática existen aserciones indecidibles, esto es, aserciones que no pueden probarse ni refutarse dentro de ella. Y también demostró que jamás será posible probar con los métodos aceptados, que la matemática no es contradictoria. Es con razón como von Neumann declara que después de Gödel la Lógica nunca podrá volver a ser la misma.

Este es básicamente el estado actual de los fundamentos aunque hay impresionantes resultados nuevos que parecen justificar la confianza puesta en la Teoría de Conjuntos. He aquí algunos de ellos:

1. GÖDEL 1938, COHEN 1963. El Axioma de Elección es independiente, es decir, su afirmación o su negación no acarrea contradicciones.
2. GENTZEN 1936. Admitiendo razonamientos por inducción transfinita, hasta el ordinal ϵ_0 , puede probarse que la aritmética es consistente.
3. SOLOWAY 1965. Admitiendo la existencia de ciertos cardinales infinitos grandes, llamados fuertemente inaccesibles, puede probarse la consistencia de la Teoría de Conjuntos.
4. COHEN 1963. La llamada hipótesis del continuo es independiente.

Nuevos infinitesimales.

Apoyándose en la teoría de conjuntos y, en particular y en forma explícita, en el Axioma de Elección puede ampliarse el campo de números reales de tal manera que aparezcan elementos infinitamente pequeños e infinitamente grandes adecuados para desarrollar el análisis según las líneas intuitivas seguidas por sus creadores. Estos nuevos elementos son los *números reales no convencionales*, la apariencia legítima con que los infinitesimales regresan al mundo matemático.

CONCLUSION

El infinito es indudablemente un concepto difícil de manejar y ha sido un ingrediente indispensable del pensar matemático. La Matemática no puede reducirse a los confiables métodos finitarios sin sufrir enormes mutilaciones.

Los técnicos emplean miembros mecánicos para manipular peligrosos elementos radiactivos. Los matemáticos han creado en la Metamatemática un arsenal de dispositivos de tipo finito para manejar el infinito.

Profetizar en este terreno es demasiado arriesgado.

CONFIGURACIONES SEMIPITAGORICAS

Estudio sobre algunas figuras geométricas cuyos lados se miden en números enteros.

Por EDUARDO A. CARO

RESUMEN

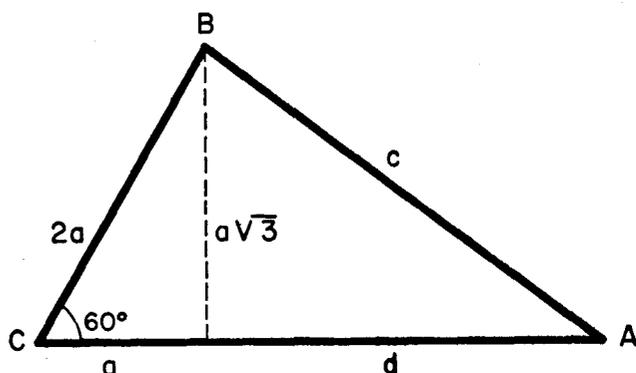
Con la lectura del siguiente trabajo su autor, el profesor Eduardo Caro Cayzedo, dio cumplimiento al requisito reglamentario para asumir su cargo de miembro correspondiente de la Academia. En él se estudian aquellos triángulos que tienen un ángulo de 60° y cuyos lados son todos números enteros (para los que se propone el nombre de semipitagóricos por analogía con los rectángulos similares) y se llega a la conclusión de que estos lados deben satisfacer la ecuación diofántica $3a^2 + b^2 = c^2$ de la que se hallan sus soluciones en forma paramétrica y esta solución se generaliza a la de las ecuaciones $Ax^2 + y^2 = z^2$ y $x^2 \pm Bxy + y^2 = z^2$. Luego se investigan aquellos paralelogramos en los que sus lados y sus diagonales se pueden expresar también en números enteros y se resuelve la ecuación diofántica asociada a tales figuras $x^2 + y^2 = 2(z^2 + w^2)$ y por último se tabulan algunas de las primeras soluciones de los triángulos y paralelogramos de las características anteriormente anotadas.

CONFIGURACIONES SEMIPITAGORICAS

Hace ya algunos años que, durante una de mis clases de Trigonometría, propuse a uno de mis estudiantes la solución de un triángulo de lados 5, 7 y 8, cifras escogidas sin otro propósito que el de no alargar innecesariamente los cálculos en el tablero; para sorpresa mía, ya que no de mis alumnos, uno de los ángulos de este triángulo resultó ser de 60° exactamente.

Al terminar la clase me pregunté si, a semejanza de los pitagóricos, no existiría también una familia de triángulos (que llamaré semipitagóricos) con un ángulo de 60° y cuyos lados fueran todos números enteros. Este trabajo es la respuesta a esa pregunta.

La primera idea fue la de subdividir el triángulo pedido en dos rectángulos, uno de ellos con el ángulo de 60° , cuyos ángulos fueran por lo



tanto a , $a\sqrt{3}$ y $2a$ y el otro con lados $a\sqrt{3}$, d y c que deberían cumplir la condición

$$(a\sqrt{3})^2 + d^2 = c^2$$

o sea

$$3a^2 + d^2 = c^2$$

El problema dependía pues en la solución de esta última ecuación diofántica para lo cual intenté una modificación de un método sugerido por B. L. van der Waerden (Science Awakening), como el utilizado por los matemáticos babilonios para hallar ternas de números pitagóricos que utilizaban para la construcción de sus tablas trigonométricas y que es como sigue:

Sea la ecuación:

$$3a^2 + d^2 = c^2$$

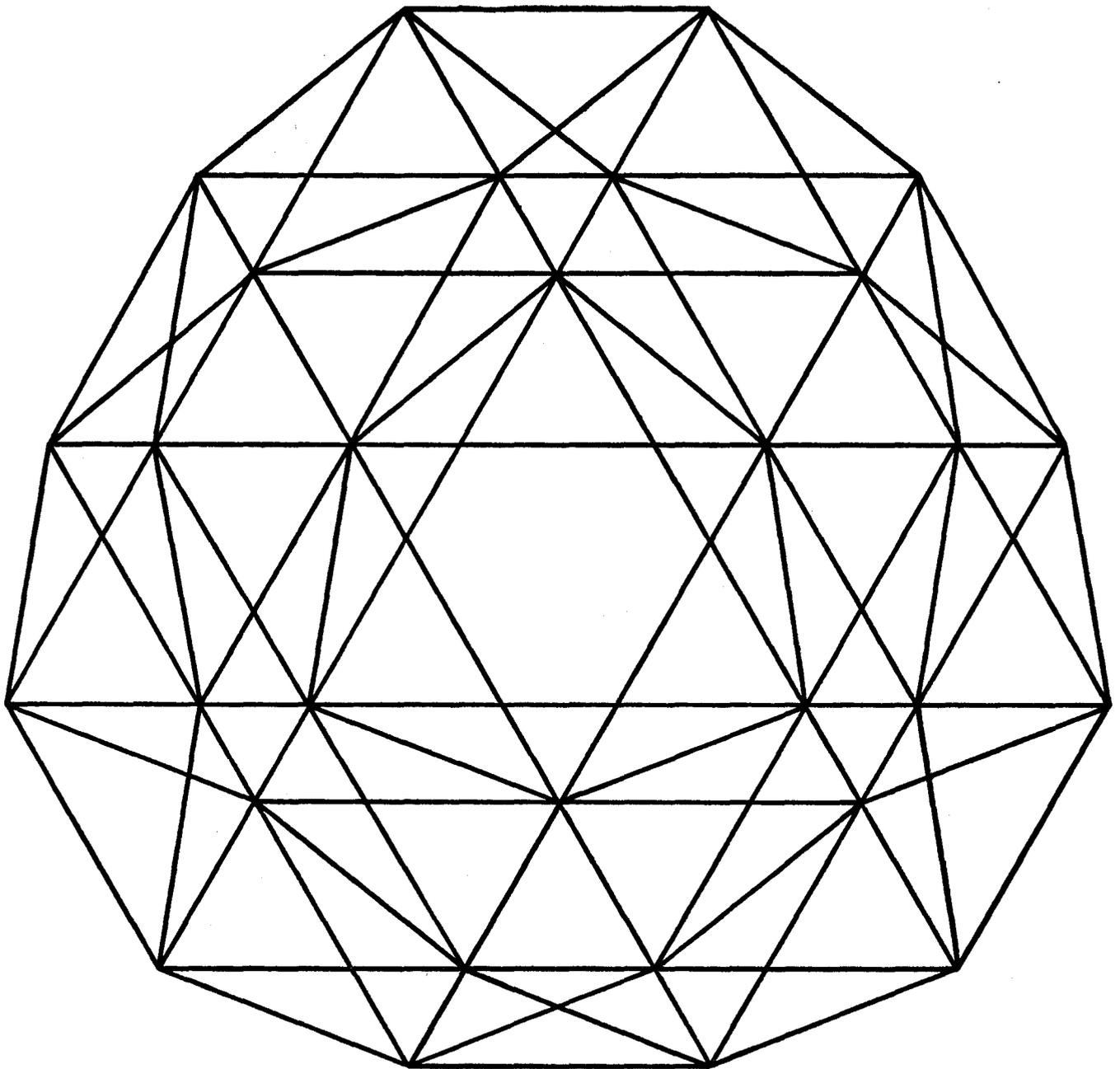
$$3a^2 = c^2 - d^2$$

$$3 = \left(\frac{c}{a}\right)^2 - \left(\frac{d}{a}\right)^2$$

$$3 = \left(\frac{c+d}{a}\right)\left(\frac{c-d}{a}\right)$$

Siendo a , d y c números enteros, los dos factores del segundo miembro de la última igualdad serán entonces números racionales y podremos por lo tanto sustituir

$$\frac{c+d}{a} = \frac{3m}{n} \quad \frac{c-d}{a} = \frac{n}{m}$$



Además si A , y por consiguiente r y s son impares, una de las cantidades m o n deberá ser par ya que, si ambas son impares las soluciones halladas contendrán el factor 2 y las soluciones primitivas procederán de las fórmulas:

$$x = mn \quad y = \left| \frac{rm^2 - sn^2}{2} \right| \quad z = \frac{rm^2 + sn^2}{2}$$

Por ejemplo, si se trata de resolver

$$6x^2 + y^2 = z^2$$

$$\text{con } k=1 \quad r=1 \quad s=6 \quad m=5 \quad n=3$$

$$\text{se tendrá } 6 \times 30^2 + 29^2 = 79^2$$

$$\text{con } k=1 \quad r=6 \quad s=1 \quad m=5 \quad n=3$$

$$\text{se tendrá } 6 \times 30^2 + 141^2 = 159^2$$

$$\text{con } k=1 \quad r=2 \quad s=3 \quad m=5 \quad n=3$$

$$\text{se tendrá } 6 \times 30^2 + 23^2 = 77^2$$

$$\text{y con } k=1 \quad r=3 \quad s=2 \quad m=5 \quad n=3$$

$$\text{obtenemos } 6 \times 30^2 + 57^2 = 93^2$$

esta última solución no es primitiva porque $r=3$ divide a $n=3$; eliminando factores tendremos $6 \times 10^2 + 19^2 = 31^2$; que procede de hacer $k=1$ $r=6$ $s=1$ $m=1$ $n=5$.

Una segunda idea para atacar el problema del triángulo semipitagórico de 60° sería tratarlo como un caso del teorema del coseno

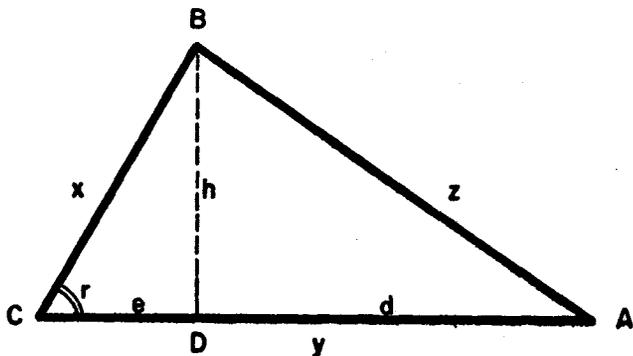
$$a^2 + b^2 - 2ba \cos 60^\circ = c^2$$

$$\text{o sea } a^2 + b^2 - ab = c^2 \text{ porque } \cos 60^\circ = 1/2.$$

No estudiaremos aquí la solución de este caso particular sino que la generalizaremos a aquel en

que $\cos r$ sea un número racional $\frac{p}{q}$ cualquiera,

es decir, a la de la ecuación $x^2 + y^2 - Bxy = z^2$ con la restricción de que B sea racional y menor, en valor absoluto que 2.



En estas condiciones el problema es equivalente a buscar los lados enteros, de un triángulo ABC

en el que $\cos r = \frac{B}{2} = \frac{p}{q}$;

Si hacemos $e = pf$ y $x = qf$

tendremos $h = \sqrt{x^2 - e^2} = f\sqrt{q^2 - p^2}$

y como $h^2 + d^2 = z^2$ (ΔBDA)

se deduce $(q^2 - p^2) f^2 + d^2 = z^2$

que es la ecuación que resolvimos atrás, con

$q^2 - p^2 = A$ $f = 'x'$ $d = 'y'$

por lo tanto, si $rs = q^2 - p^2$ tendremos:

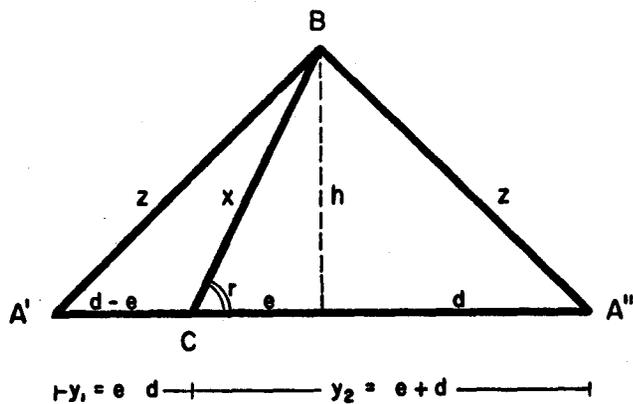
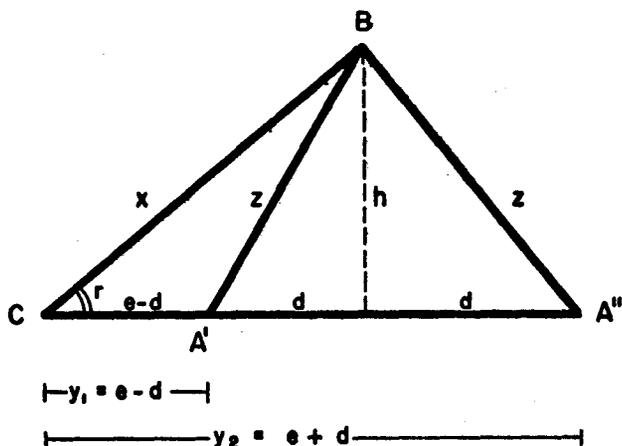
$f = 2kmn$

$d = k |rm^2 - sn^2|$

$z = k (rm^2 + sn^2)$ de donde:
 $x = qf = 2kqmn$
 $y = pf \pm d = k |2pmn \pm (rm^2 - sn^2)|$

en el valor de y se utiliza el doble signo \pm porque, según que d sea menor, mayor o igual a e se obtendrán dos soluciones para el caso:

$x^2 + y^2 - Bxy = z^2$ o una para este caso y la segunda para $x^2 + y^2 + Bxy = z^2$, o una sola para el primer caso.



Por ejemplo, sea $x^2 + y^2 - \frac{2}{3}xy = z^2$, en este

caso $\cos r = \frac{B}{2} = \frac{1}{3}$ de donde $p = 1$ $q = 3$

$q^2 - p^2 = 8$ y $8f^2 + d^2 = z^2$ $k = 1$ $f = 2mn$

$d = |8m^2 - n^2|$

$z = 8m^2 + n^2$

$x = 3 \cdot 2mn = 6mn$

$y = |2mn \pm (8m^2 - n^2)|$

que en el caso $m = 1$ $n = 2$ nos dan:

$x = 12$ $y = 4 \pm 4 = \begin{cases} 8 \\ 0 \end{cases}$ $z = 8 + 4 = 12$

solución no primitiva y única que reducida nos da:

$3^2 + 2^2 - \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3 = 3^2$

Si $m = 2$ $n = 1$

$x = 12$ $y = |4 \pm 31| = \begin{cases} 35 \\ 27 \end{cases}$ $z = 32 + 1 = 33$

de donde: $12^2 + 35^2 - \frac{2}{3} \cdot 12 \cdot 35 = 33^2$

y : $12^2 + 27^2 - \frac{2}{3} \cdot 12 \cdot 27 = 33^2$

una solución para cada uno de los dos casos

y si $m = 1$ $n = 3$

$x = 18$ $y = 6 \pm 1 = \begin{cases} 5 \\ 7 \end{cases}$ $z = 8 + 9 = 17$

de donde: $18^2 + 5^2 - \frac{2}{3} \cdot 18 \cdot 5 = 17^2$

y : $18^2 + 7^2 - \frac{2}{3} \cdot 18 \cdot 7 = 17^2$

dos soluciones para el primer caso.

Lo interesante de esta solución es que como en el caso de que se elimine la restricción de que

$|B| < 2$ y por lo tanto el raciocinio por comparación con un triángulo deje de ser válido, el procedimiento formal, puramente numérico, sigue sirviendo (con pequeñas variaciones) y continúa proporcionando soluciones como se puede ver en el ejemplo siguiente:

Sea la ecuación $x^2 + y^2 - 3xy = z^2$ (en este caso

so $\cos r = \frac{3}{2} - \frac{p}{q}$, trigonómicamente imposible)

haciendo

$$x = qf = 2f$$

$$e = pf = 3f \quad \text{obtenemos:}$$

$$h = \sqrt{q^2 - p^2} \quad f = \sqrt{-5f} \quad (\text{imaginario})$$

continuando:

$$h^2 + d^2 = z^2$$

$$-5f^2 + d^2 = z^2 \quad \text{y trasponiendo } 5f^2$$

$$5f^2 + z^2 = d^2$$

obteniendo la ecuación original pero con c y d intercambiados, entonces:

$$f = 2mn \quad (k = 1)$$

$$d = 5m^2 + n^2$$

$$z = 5m^2 - n^2$$

$$y = 3f \pm d = 6mn \pm (5m^2 + n^2)$$

$$x = 2f = 4mn.$$

Y como casos particulares:

$$m = 1 \quad n = 2$$

$$x = 8 \quad y = \begin{cases} 3 \\ 21 \end{cases} \quad z = 1$$

$$8^2 + 3^2 - 3 \cdot 8 \cdot 3 = 1^2$$

$$8^2 + 21^2 - 3 \cdot 8 \cdot 21 = 1^2$$

$$m = 2 \quad n = 1$$

$$x = 8 \quad y = \begin{cases} -9 \\ 33 \end{cases} \quad z = 19$$

$$8^2 + 9^2 + 3 \cdot 8 \cdot 9 = 19^2$$

$$8^2 + 33^2 - 3 \cdot 8 \cdot 33 = 19^2$$

$$m = 2 \quad n = 3$$

$$x = 24 \quad y = \begin{cases} 7 \\ 65 \end{cases} \quad z = 11$$

$$24^2 + 7^2 - 3 \cdot 24 \cdot 7 = 11^2$$

$$24^2 + 65^2 - 3 \cdot 24 \cdot 65 = 11^2$$

$$m = 3 \quad n = 2$$

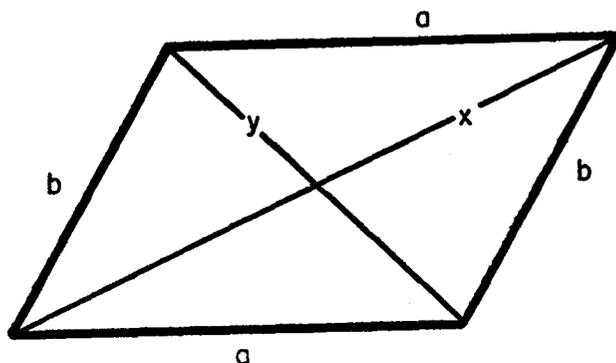
$$x = 24 \quad y = \begin{cases} -13 \\ 85 \end{cases} \quad z = 41$$

$$24^2 + 13^2 + 3 \cdot 24 \cdot 13 = 41^2$$

$$24^2 + 85^2 - 3 \cdot 24 \cdot 85 = 41^2$$

En donde, en algunos de los ejemplos, aparecieron soluciones de $x^2 + y^2 + Bxy = z^2$.

Un segundo problema, análogo al anterior es el de encontrar aquellos paralelogramos en los que, tanto los lados como las diagonales sean números enteros.



en este caso, si a y b son los lados y x las diagonales deberá cumplirse que

$$2(a^2 + b^2) = x^2 + y^2$$

Y además podemos suponer, sin pérdida de generalidad, que $a \geq b$ y $x \geq y$ y estas cantidades deberán cumplir, además, con las desigualdades del triángulo, que podemos resumir en

$$a + b > x \geq y > a - b$$

desigualdades que eliminan, inmediatamente la solución

$$2(a^2 + b^2) = (a + b)^2 + (a - b)^2$$

ya que en este caso $a + b = x$ $a - b = y$ en contradicción con las desigualdades anteriores; pero sugiriendo, al mismo tiempo que de existir valores de x, y diferentes de éstos deberemos tener

$$x^2 + y^2 = (a + b)^2 + (a - b)^2 = 2(a^2 + b^2)$$

es decir, que deberemos buscar dos parejas de números cuyos cuadrados tengan la misma suma, que es exactamente lo que ocurre en la conocida igualdad:

$$\begin{aligned} (m^2 + n^2)(p^2 + q^2) &= \\ &= (mp + nq)^2 + (mq - np)^2 = \\ &= (mq + np)^2 + (mp - nq)^2 \end{aligned}$$

por medio de la cual podemos encontrar cantidades a, b, c y d tales que:

$$2(a^2 + b^2) = (a + b)^2 + (a - b)^2$$

$$2(c^2 + d^2) = (c + d)^2 + (c - d)^2$$

en las que no se cumplen las condiciones necesarias para formar el paralelogramo semipitagórico buscado pero en las que, mediante un intercambio de los segundos miembros, obtenemos:

$$2(a^2 + b^2) = (c + d)^2 + (c - d)^2$$

$$2(c^2 + d^2) = (a + b)^2 + (a - b)^2$$

dos nuevas igualdades de las que una corresponderá siempre a uno de los paralelogramos que tratábamos de encontrar.

Por ejemplo: si $m = 4$ $n = 3$ $p = 2$ y $q = 1$ tendremos:

$$a = mp + nq = 4 \cdot 2 + 3 \cdot 1 = 11$$

$$b = |mq - np| = |4 \cdot 1 - 3 \cdot 2| = 2$$

$$c = mq + np = 4 \cdot 1 + 3 \cdot 2 = 10$$

$$d = |mp - nq| = 4 \cdot 2 - 3 \cdot 1 = 5$$

de donde:

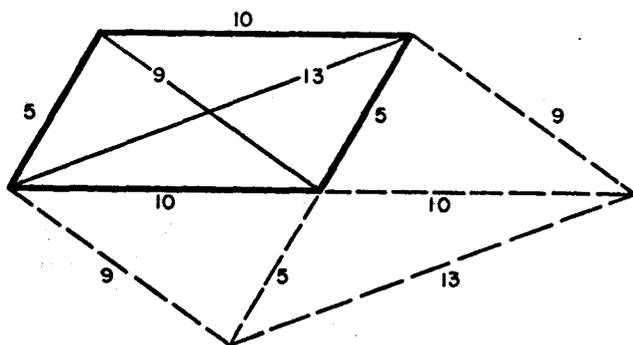
$$2(11^2 + 2^2) =$$

$$(10 + 5)^2 + (10 - 5)^2 \quad 11 + 2 < 15$$

$$2(10^2 + 5^2) =$$

$$(11 + 2)^2 + (11 - 2)^2 \quad 10 + 5 > 13$$

Y esta última igualdad nos da el paralelogramo $a = 10$ $b = 5$ $x = 13$ $y = 9$, que, a su vez, genera el $a' = 13$ $b' = 9$ $x' = 20$ $y' = 10$, como se ve en la figura:



Las fórmulas así obtenidas (y que se reproducen en el apéndice) son innecesariamente complicadas ya que dependen de cuatro parámetros; otras, más simples, con solo tres se obtienen como sigue:

de $2(a^2 + b^2) = 2(c^2 + d^2)$ se deduce

$$a^2 - c^2 = d^2 - b^2$$

$$(a + c)(a - c) = (d + b)(d - b)$$

y sustituyendo:

$$pq \times r = p \times qr = pqr$$

obtenemos:

$$a = \frac{1}{2}(pq + r) \quad b = \frac{1}{2}(p - qr)$$

$$c = \frac{1}{2}(pq - r) \quad d = \frac{1}{2}(p + qr)$$

de donde, eliminando el factor $\frac{1}{2}$, una de las dos

expresiones

$$(a + b)^2 + (a - b)^2 = 2(c^2 + d^2)$$

$$(c + d)^2 + (c - d)^2 = 2(a^2 + b^2)$$

corresponde a un paralelogramo semipitagórico.

Por ejemplo, con:

$$p = 1 \quad q = 2 \quad r = 7 \quad a = 9 \quad b = 13 \quad c = 5 \quad d = 15$$

$$\text{obtenemos } 10^2 + 20^2 = 2(9^2 + 13^2)$$

del que se deduce $2(5^2 + 10^2) = 9^2 + 13^2$

que fue el ejemplo anterior.

APENDICE

Resumen de los resultados obtenidos:

1º La ecuación $Ax^2 + y^2 = z^2$

$$\text{donde } A \neq u^2 \quad \text{y} \quad A = rs$$

admite las soluciones en enteros dadas por

$$x = 2kmn$$

$$y = k |rm^2 - sn^2|$$

$$z = k(rm^2 + sn^2)$$

éstas serán primitivas si $k = 1$ y r y n , s y m , m y n son primos entre sí y no todos impares. Si A es impar y m y n también lo son las soluciones halladas serán dobles de otras primitivas.

2º La ecuación $x^2 + y^2 \pm Bxy = z^2$

$$\text{a) donde } |B| < 2 \quad B = \frac{2p}{q} \quad rs = p^2 - q^2$$

tiene como soluciones:

$$x = 2kqmn$$

$$y = k [2pmn \pm (rm^2 - sn^2)]$$

$$z = k(rm^2 + sn^2)$$

$$\text{b) y si } |B| > 2 \quad B = \frac{2p}{q} \quad rs = p^2 - q^2$$

tiene como soluciones:

$$x = 2kqmn$$

$$y = k [2pmn \pm (rm^2 + sn^2)]$$

$$z = k(rm^2 - sn^2)$$

3º La ecuación $2(a^2 + b^2) = x^2 + y^2$

tiene como soluciones las correspondientes a uno de los dos casos:

$$2(a^2 + b^2) = (c + d)^2 + (c - d)^2 = x^2 + y^2$$

$$2(c^2 + d^2) = (a + b)^2 + (a - b)^2 = z^2 + w^2$$

en donde:

$$a = mp + nq$$

$$b = mq - np$$

$$c = mq + np$$

$$d = mp - nq$$

o, más simplemente:

$$a = pq + r$$

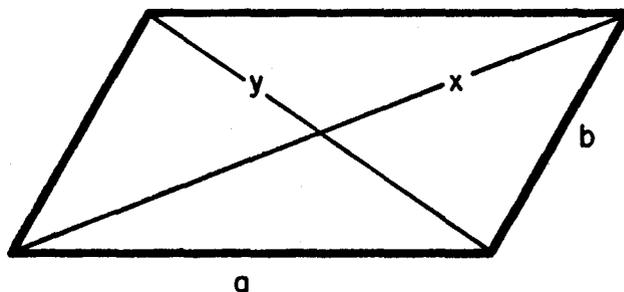
$$b = p - qr$$

$$c = pq - r$$

$$d = p + qr$$

11	85	91	96
19	80	91	99
55	57	97	(112)

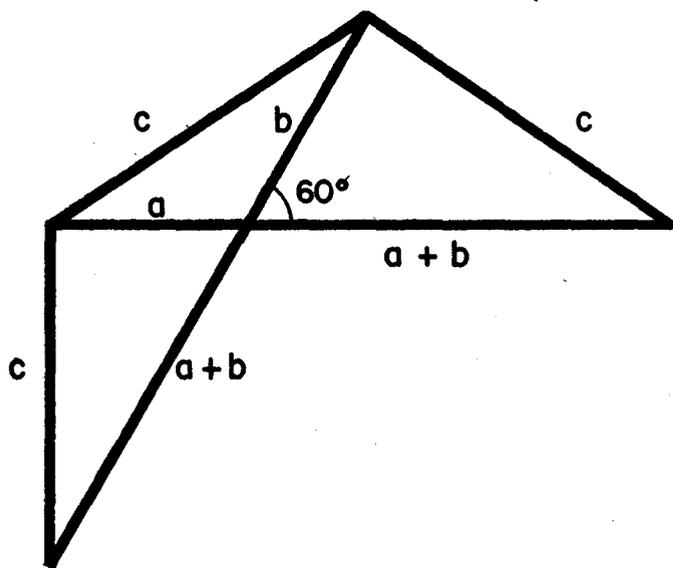
PARALELOGRAMOS SEMIPITAGORICOS



TRIANGULOS DE 60° Y 120°

$$a + b < 100$$

$$c < 100$$



a =	b =	c =	a + b =
3	5	7	8
7	8	13	15
5	16	19	21
11	24	31	35
7	33	37	40
13	35	43	48
16	39	49	55
9	56	61	65
32	45	67	77
17	63	73	80
40	51	79	91

b =	a =	y =	x =	2 (a ² + b ²) = x ² + y ² =
3	4	5	5	50 <input type="checkbox"/>
4	7	7	9	130
5	10	9	13	250
5	12	13	13	338 <input type="checkbox"/>
6	7	7	11	170
6	13	11	17	410
6	17	17	19	650
7	16	13	21	610
8	9	11	13	290
8	11	9	17	370
8	15	17	17	578 <input type="checkbox"/>
10	11	9	19	442
10	19	7	27	778
11	16	15	23	754
13	16	11	27	850
13	18	19	25	986
15	16	11	29	962

BIBLIOGRAFIA

- O. NEUGEBAUER: *The Exact Sciences in Antiquity*. 2ª ed. Harper Torchbooks.
- B. L. VAN DER WAERDEN: *Science Awakening*. Traducción del holandés. John Wiley & Sons, Inc.
- A. O. GELFOND: *The solution of Equations in Integers*. Traducción del ruso. W. H. Freeman & Co.
- ALBERT H. BEILER: *Recreations in the Theory of Numbers*. Dover.
- J. M. VINOGRADOV: *Elements of Number Theory*. Traducción del ruso. Dover.
- R. D. CARMICHAEL: *The Theory of Numbers & Diophantine Analysis*. Dover.
- H. GRIFFIN: *Elementary Theory of Numbers*. McGraw-Hill. Book Co.
- B. W. JONES: *Teoría de Números*. Universidad Nacional de Colombia.
- HALL & KNIGHT: *Higher Algebra*. Macmillan & Co. Ltd. En esta álgebra se encuentra una solución paramétrica de la ecuación $x^2 + y^2 - xy = z^2$
 $x = 2mn - n^2$ $y = m^2 - n^2$ $z = m^2 - mn + n^2$
diferente de la obtenida en este trabajo por un procedimiento también diferente.
- G. CHRYSTAL: *Algebra* (2 tomos). Chelsea Pub. Co.
- S. BARNARD & J. M. CHILD: *Higher Algebra*. Macmillan & Co. Ltd.
- H. MIDONICK: *The Treasury of Mathematics*. (2 tomos). Capítulo sobre Diofanto. Pelican Books.

RESEÑA HISTORICA DEL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS QUIMICAS EN COLOMBIA

Por: LUIS ENRIQUE GAVIRIA SALAZAR

Haciendo un gran puente que pasa por encima de todo el medioevo occidental y que parte desde el período clásico griego hasta las postrimerías del siglo XIV, el Renacimiento dio un gran impulso a la ciencia que durante siglos había acumulado datos, conocimientos y sistemas de investigación y fue cristalizando definitivamente en el siglo XIX.

A partir de éste, la Farmacia empieza a adquirir un sentido terapéutico puro y así, del grupo informe de conocimientos, se fueron destacando e individualizando las ciencias que, como las físicas, matemáticas, biológicas y químicas son las bases de la Farmacia moderna.

A partir de entonces, se hizo la separación de los medicamentos en dos grandes grupos: los llamados de origen mineral y los de origen orgánico. En tal forma la medicación comenzó a adquirir lineamientos precisos y determinados.

Al igual que la Piedra Filosofal caracterizó a la Alquimia, la búsqueda del principio activo caracterizó a la Química moderna. La aplicación de esta idea a las sustancias empleadas, acabó con el empirismo terapéutico y se inició el estudio científico y sistematizado de los medicamentos. Todo el siglo XIX dedicó su interés fundamentalmente en dichos trabajos que se pueden considerar como el establecimiento de la Química en su aplicación farmacológica.

Así, casi insensiblemente, se llega al momento en que la Farmacia logra, por medios artificiales, productos semejantes a los existentes en la naturaleza, iniciándose la era de la síntesis orgánica, la que se considera como la chispa que dio nacimiento y vida a la industria farmacéutica moderna.

Es justo considerar que esta revolución efectuada en el claustro tranquilo del laboratorio, tuvo, como todo lo fundamental, hondas repercusiones en la actividad social, pues del mismo modo que el poderío autocrático y el enciclopedismo desaparecieron con la Revolución Francesa, de igual forma la técnica moderna liquidó el confuso carácter sacerdotal, complejo y absorbente del médico an-

tiguo en dos personalidades separadas definitivamente, la del terapeuta y la del fabricante de medicamentos. Sin embargo, la Medicina sigue siendo una ciencia y un arte, en tanto que la Farmacia es una ciencia y una técnica.

Contemporánea es también la industrialización de la Farmacia, puesto que en las postrimerías del siglo pasado no se habían hecho más que débiles esfuerzos para la fabricación en serie de muy contados productos, en condiciones técnicas elementales. Los métodos actuales de asepsia, ejecución técnica, control de calidad y métodos de conservación, eran prácticamente desconocidos.

Así, pues, la gran transformación que el descubrimiento de la máquina de vapor produjo en el siglo XVIII, llegó al campo de la Medicina con dos siglos de retraso. Sin embargo, la investigación científica ha progresado en tal forma y con tal celeridad en los últimos años y los procedimientos mecánicos han sido aplicados con tal adecuación, que las industrias de transformación como son los laboratorios de producción farmacéutica, las industrias de alimentos, etc., se han colocado en nuestros días en las avanzadas del desarrollo de los pueblos.

Hasta finales del siglo pasado los datos que se tienen entre nosotros sobre actividades en el campo de la Química son muy limitados. Si nos remontamos a la época de la Colonia, con la llegada al país del sabio Mutis y la organización de la Expedición Botánica se iniciaron estudios de plantas de aplicación médica como la quina y el canelo y como dato de interés histórico, se proyectó la instalación de un laboratorio de química; con el fin de trabajar en dicho laboratorio, Enrique Umaña y José María Cabal viajaron a Europa a adquirir los conocimientos necesarios, pero los equipos adquiridos en París por Zea, no alcanzaron a llegar. Con el advenimiento de la República se comenzaron a crear aisladamente algunas cátedras de química. Así, cuando la reforma educativa propuesta por Santander vino Boussingault a dictar un curso de química en el Museo y Escuela de Minería. Más tarde para la cátedra de química del Colegio del

Rosario llegó a Bogotá el químico francés M. Levy, a quien sucedió Ezequiel Uricoechea. Con la creación de la Universidad Nacional le fueron encomendadas las cátedras de física y química a Liborio Zerda y la de plantas útiles y medicinales a Francisco Bayón. Más tarde llegó a Antioquia como catedrático el químico francés Brougnelly.

El conocimiento de la Farmacia en Colombia se inició en la cátedra regentada por el doctor Osorio en el año de 1865, en la Facultad de Medicina privada de Bogotá, quien trajo por primera vez las bases del *Codex Medicamentarius Gallicus* y dictaba un curso de información para los futuros médicos. Pasaron los años sin que se produjera un avance en el conocimiento de esta ciencia, hasta que en la década de los años 20 del presente siglo, el profesor Andrés Bermúdez estableció formalmente la cátedra de Farmacia y Materia Médica en la Facultad Nacional de Medicina e inició una tenaz campaña para la fundación de una Escuela de Farmacia, convencido de la necesidad inaplazable de organizar tales estudios, con una visión extraordinaria de las necesidades futuras del país en el aspecto tecnológico. Fue así como logró que el Congreso Nacional aprobara la Ley once de 1927, por la cual se creó dicha Escuela como dependencia de la Facultad de Medicina.

Hasta entonces, la única actividad farmacéutica estaba representada por la Botica, destinada al despacho de fórmulas magistrales y a la venta de especialidades farmacéuticas importadas principalmente de Francia y Alemania, entre las cuales se destacaban las ampollitas de Suero Vitae, las de Aceite Alcanforado, las de Suero de Hayen y Fisiológico, las de 606 y 914; los tubos de Aspirina Atophan, Bromural y Adalina; los paquetes de Gasa Hidrófila y Yodoformada; los Parches Porosos y los Sinapismos de Rigollot; las Emulsiones y los Jarabes.

Sólo desde el año de 1929, cuando se fundó la Escuela de Farmacia, quedaron sentadas las bases para el desarrollo de las ciencias químico-farmacéuticas, con un balance altamente favorable para el país, por el gran desarrollo que a lo largo de los últimos 40 años ha tenido la industria farmacéutica, la cual ocupa el cuarto lugar en nuestra economía.

En efecto, a raíz de las medidas gubernamentales sobre la importación de productos terminados, esta industria comenzó a crecer intensamente a partir de 1956, con una tasa anual del 24%, en tanto que la industria química por comparación, lo ha hecho en un 21% y la industria manufacturera en un 18%. Sin embargo, hay que anotar que como industria de transformación, todavía depende en alto grado del suministro externo de materias primas. Las de origen nacional son pocas; entre ellas se pueden mencionar el ácido acetilsalicílico, el salicilato de metilo, el hidróxido de aluminio, el talco, la lactosa y la sacarosa; el almidón, el alcohol, la soda cáustica y algunas esencias, entre las de mayor consumo. Se espera que como

consecuencia de convenios internacionales, tales como el Pacto Subregional Andino y la Alalc, en un futuro próximo se comience a intensificar en el país la elaboración de materias primas, principalmente en el campo de la síntesis orgánica.

En contraste con esta deficiencia de materias primas nacionales, al lado de la industria farmacéutica se han desarrollado otras, como consecuencia de la demanda cada vez mayor requerida por aquella. Es así como se han instalado en Colombia fábricas de envases de vidrio, cajas de cartón, tubos colapsibles, ampollitas, tapones de caucho y de baquelita, etiquetas, cinta pegante, algodón, gasa y otros artículos de envase, empaque y acondicionamiento, de tal manera que la mayoría de los materiales actualmente utilizados son de fabricación nacional.

Existen cerca de 200 establecimientos farmacéuticos que por razones de mercado se encuentran ubicados en un 90% en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, dando ocupación a más de diez mil personas, cifra que corresponde a un 35% del personal ocupado por la industria química del país.

En el año de 1935 el Congreso de la República, por medio de la Ley 44, dispuso elevar la Escuela de Farmacia a la categoría de Facultad Menor, denominándola Facultad de Farmacología y Farmacia y estableció que a partir de la vigencia de dicha Ley solamente esta Facultad o las que se establecieran oficialmente en el país, podrían expedir títulos de idoneidad para ejercer la profesión en el territorio nacional.

Por esta época fue nombrado Director de la Escuela el médico Alfredo Luque, profesor de la Facultad de Medicina. A él se debe la exaltación de la Escuela a Facultad y a él se debe también el primer ensayo de creación de cursos de postgrado en Farmacología, Farmacia Biológica y Química, cursos que fueron suprimidos en 1938, creándose en su lugar becas para que estudiantes de estos cursos fueran a ampliar sus conocimientos en distintas Universidades de Francia, adquiriendo el compromiso de impartir docencia en la Facultad a su regreso al país.

Por medio del acuerdo 11 de 1936 emanado del Consejo Directivo de la Universidad, se creó como una dependencia de la Escuela de Farmacia un Departamento de Química, destinado a dar enseñanza en estas disciplinas a los estudiantes de otras carreras: Medicina, Ingeniería, Veterinaria y Odontología. El Departamento comenzó a funcionar a principios de 1937, bajo la dirección del Profesor Antonio María Barriga Villalba y con la siguiente nómina de colaboradores: Alberto Combariza, Leo Lanau, Eduardo Lleras Codazzi, Jorge Ancízar Sordo, Luis Montoya, Fernando Schönnewolff, Luis A. Mantilla y Mario Ospina.

Por Acuerdo de febrero de 1938 se creó el cargo de Director Especial, posición que le fue confiada al Profesor Antonio García Banús, especialista en química orgánica y antiguo catedrático de la Uni-

versidad de Barcelona. Al finalizar el año de 1938 quedó el Departamento de Química como dependencia directa de la Universidad Nacional con un Consejo Especial formado por el Director, los Decanos de las Facultades de Medicina e Ingeniería y el Director de la Escuela de Farmacia.

Este Departamento sirvió de base para la creación de la carrera de Química, gracias al interés del Profesor García Banús y de sus inmediatos colaboradores (Acuerdo 147 de 1940).

En 1941 el Consejo Directivo de la Universidad dictó un Acuerdo, por el cual la antigua Escuela pasó a formar parte de las Facultades Mayores con el nombre de Facultad de Farmacia, nombre que conservó hasta el año de 1965 cuando se produjo la integración académica de la Facultad de Ciencias, quedando hasta la fecha formando parte de esta, como uno de sus Departamentos.

Retrocediendo hacia la época de la fundación de la Escuela de Farmacia, se estableció en Bogotá, dependiente del entonces Ministerio de Industrias, un laboratorio de análisis que, con el nombre de Laboratorio Químico Nacional, comenzó a funcionar bajo la dirección de Guillermo Kohn Olaya, tal vez el primer químico que llegó al país egresado de una universidad alemana. Pocos años después llegó otro químico colombiano Jorge Ancizar Sordo, egresado de la Universidad suiza de Friburgo, quien entró a colaborar en el incipiente Laboratorio Químico Nacional y trajo las técnicas que se utilizaban en Europa para el análisis de tierras. Estableció una sección en este campo, lo cual contribuyó al desarrollo de las ciencias agrícolas y a la tecnificación de los cultivos. En el haber de Ancizar, quien se vinculó a la Escuela de Farmacia, está la fundación de la primera cátedra de química analítica que existió en Colombia, donde hasta entonces no se impartía docencia en esta importantísima rama de la Química, y hoy es uno de los pilares para el control de calidad de nuestros productos industriales, cuyas normas son establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, del cual fue fundador y es su actual director el ingeniero Javier Henao.

Este Instituto, que funciona como entidad privada que se financia en buena parte con aportes de las industrias afiliadas, fija normas de calidad, las cuales pasan al Ministerio de Desarrollo y una vez aprobadas quedan como normas oficiales de obligatorio cumplimiento. Entre éstas se pueden citar como ejemplo las que corresponden a fertilizantes, enlatados, margarinas, manteca y diversos aceites comestibles, jugos y mermeladas de frutas, algunos licores y muchas más.

Pasando de poco modesto al nombrarme, tuve el honor de colaborar con Ancizar, tanto en el Laboratorio Químico Nacional como en la cátedra de química analítica y me tocó en suerte hacerme cargo de los controles de calidad que se efectuaron por primera vez en el país, en el campo de la industria azucarera.

Hacia el año de 1944 fui llamado por el Instituto de Fomento Industrial, de reciente creación,

para organizar un laboratorio de análisis en una fábrica de abonos que tenía el Instituto en el barrio de Puente Aranda, en Bogotá, con el fin de establecer el control de los productos que allí se fabricaban. Este fue el segundo ensayo de control de calidad de productos industriales.

El laboratorio funcionó por varios años y sirvió de base para el hoy muy importante Instituto de Investigaciones Tecnológicas, el cual está prestando un magnífico servicio en estas materias. El Instituto surgió como entidad autónoma en 1958, con el patrocinio del Banco de la República, la Caja Agraria y la Federación Nacional de Cafeteros; posteriormente se sumaron a estas entidades la Empresa Colombiana de Petróleos y el propio Instituto de Fomento Industrial.

Son sus objetivos esenciales: realizar investigaciones, estudios y trabajos de carácter tecnológico en todas las fases de la actividad agropecuaria e industrial; promover la aplicación de los resultados obtenidos en dichas investigaciones, con el fin de mejorar el proceso y la producción de las industrias existentes, así como el desarrollo de nuevas empresas y cooperar con los demás organismos de investigación. Para el cumplimiento de sus finalidades opera dentro de cuatro áreas de actividad técnica: Investigación, Tecnología, Consultoría Técnico-Económica y servicios de Laboratorio y Planta Piloto semi-industrial.

Otro avance en el campo de control fue la organización, en 1947, del Laboratorio de Control de Drogas, Alimentos y Cosméticos, en el Instituto Samper Martínez, dependencia del entonces Ministerio de Higiene. En realidad existía de tiempo atrás un laboratorio de química a cargo de un importante científico, Antonio María Barriga Villalba, quien ha dedicado su vida a la docencia y a la investigación, principalmente en el área de la Fitoquímica. En este laboratorio, además de los análisis propios del Instituto, se controlaban los productos farmacéuticos de patente, como requisito para su aprobación por parte del Ministerio. Se vio entonces la necesidad de establecer un laboratorio independiente destinado a estos fines, dado el crecimiento progresivo de la industria farmacéutica. Con Enrique Núñez Olarte, distinguido médico, químico-farmacéutico y farmacólogo, fundamos esta dependencia, la cual forma en la actualidad parte importante del Instituto Nacional de Programas Especiales de Salud.

Indirectamente, la antigua Escuela de Farmacia contribuyó al desarrollo de otra ciencia, la Botánica, pues, además de su cátedra en esta disciplina, regentada durante muchos años por el botánico suizo Clemens Hayoz, llegado al país hacia el año de 1925 con una misión de profesores contratados por el Gimnasio Moderno y vinculado desde su fundación a la Escuela de Farmacia, dos de sus egresados, Alvaro Fernández y José María Hidrobo, fueron enviados por la Universidad a los Estados Unidos a especializarse en esta ciencia. A su regreso quedaron incorporados al enton-

ces Instituto Botánico, hoy Instituto de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias, donde han desarrollado una importante labor investigativa y docente, principalmente en el campo de la Taxonomía. No sería justo omitir el nombre del fundador del Instituto, presbítero Enrique Pérez Arbelaez, iniciador del Herbario Nacional y del Jardín Botánico de Bogotá.

En el año de 1948 fue creada la carrera de Ingeniería Química, la cual funcionó junto con la de Química hasta el año de 1965, cuando fueron integradas a la Facultad de Ciencias como Departamentos. Un año después pasó a formar parte de la Facultad de Ingeniería, a la cual continúa perteneciendo.

En la actualidad existe la carrera de Farmacia en otras Universidades estatales: Antioquia, Cartagena y Barranquilla; la de Química en las de Antioquia y Cali; la de Ingeniería Química en la Pontificia Universidad Javeriana y en numerosas universidades oficiales y privadas.

El campo de acción de estas carreras es muy amplio: el químico-farmacéutico desarrolla sus actividades principalmente en los laboratorios farmacéuticos, en las áreas de producción y control de calidad; en las industrias de alimentos; en los laboratorios toxicológicos. El químico, en numerosas industrias: textiles, cementos, papel, ingenios azucareros, fábricas de licores, cervecerías y muchas otras. El ingeniero químico se ocupa de diseño, construcción, montaje y operación de plantas industriales; planeación, dirección técnica y administración en industrias, tales como la petroquímica, los plásticos, las fibras sintéticas, la industria cerámica, etc. Además de las actividades antes mencionadas prestan sus servicios técnicos al Estado y ejercen la docencia y la investigación en las universidades. En el importante campo de la investigación, que ya ha tomado fuerza en Colombia, entidades como Colciencias fomentan las investigaciones y prestan importante ayuda económica para realizarlas.

En la Universidad Nacional se ha procurado orientar la investigación en el vasto campo de la Fitoquímica y especialmente en el estudio de plantas medicinales; con tal fin se ha establecido en la Facultad de Ciencias un Laboratorio de Fitoquímica que, junto con la Sección de Farmacología del Departamento de Farmacia, desarrolla actualmente varios programas; entre ellos se destacan por su importancia uno sobre aceites esenciales y otro sobre alcaloides, patrocinados por Colciencias. Muchas tesis de grado versan sobre esta materia, pero, naturalmente, ésta es apenas una iniciación a la obtención de principios activos medicinales obtenidos de plantas colombianas, cuya riqueza potencial es enorme.

En lo que se refiere a investigaciones personales sobre plantas medicinales me permito mencionar un trabajo que se encuentra en ejecución y que trata del estudio del *Capsicum Frutescens*,

variedad *Logun*, a partir de un cultivo de la planta de la región de Viotá. El interés de este estudio estriba en el empleo popular del Cápsico en enfermedades vasculares. Hasta el momento se ha adelantado el estudio químico del fruto, en lo relacionado con su contenido en agua, grasa, substancias nitrogenadas, celulosa, minerales y aceite esencial. Se está tratando de establecer un método para la extracción y purificación de su principio activo, la Capsaicina, ya que las técnicas descritas en los textos consultados no han dado resultados completamente satisfactorios. Sin embargo, ya se han adelantado pruebas de tanteo farmacológicas, partiendo del extracto total del fruto y se ha podido comprobar su acción como vasodilatador e hipotensor, lo cual es una buena base para continuar esta investigación.

Hasta hace pocos años los egresados de las universidades que quisieran ampliar sus conocimientos tenían que hacerlo en el exterior. Actualmente se han puesto en marcha programas de postgrado en las Universidades colombianas para profesionales de diferentes carreras. Es así como en la del Valle se ofrece un programa en Farmacología; un programa semejante ofrece la Universidad Nacional. Su objetivo es preparar personal que se dedique a la investigación, desarrollo y control de drogas y medicamentos. Programas de postgrado en química analítica y en otras áreas de la química se están ofreciendo también y se aspira a ir cubriendo poco a poco otros campos de importancia, de acuerdo con las necesidades del país.

Antes de terminar esta exposición quiero hacer un breve comentario sobre una iniciativa del Gobierno Nacional, la cual está llegando a una feliz culminación y ha consistido en la actualización del Código Sanitario Nacional con el fin de fijar una serie de normas que en la actualidad se encuentran dispersas en un gran número de disposiciones muchas veces confusas y contradictorias.

Para cumplir con este objetivo, el Ministerio de Salud Pública encomendó esta labor al Instituto Colombiano de Normas Técnicas, el cual, a su vez, nos llamó a un grupo de profesionales de distintas disciplinas para que hiciéramos el estudio del correspondiente proyecto, el cual comprende diez títulos, dos de los cuales tocan directamente con el tema de esta charla como son el que trata de drogas y el que se refiere a alimentos.

El gran desarrollo de estas industrias y sus implicaciones en el campo de la salud, obliga a una cuidadosa elaboración, conservación y control de los productos; el grave problema de los estupefacientes y en general la Toxicomanía que en el mundo se ha desatado, especialmente entre la juventud y que golpea duramente al país, hace necesario el establecimiento de un riguroso control por parte del Estado, el cual necesita proveerse de herramientas eficaces para defender al individuo en su salud física y mental, herramientas que este código le va a suministrar una vez que se ponga en vigencia.

EVALUACION DEL CONTENIDO DE NITROGENO Y DE AMINOACIDOS TOTALES EN ALGUNAS ESPECIES DE ALGAS MARINAS PERTENECIENTES A LA REGION DEL MAGDALENA, COLOMBIA

Por: LORENZO PANIZZO DURÁN,
Químico, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional de Colombia.

INTRODUCCION

Del mundo marino, las algas constituyen una de las más ricas y pródigas fuentes de recursos naturales, siendo además la base de la producción de materia orgánica que hace parte de la cadena trófica en el mar.

Las algas en su mayoría son plantas acuáticas que se desarrollan en lagunas, lagos y estanques, así como en los mares y océanos. Las algas marinas, algunas de gran tamaño, son clasificadas por los taxónomos de acuerdo con diversas características entre las cuales se encuentra el color. Algunas son verde-azuladas, otras verdes, otras pardas o rojas, siendo estas dos últimas las de mayor valor comercial (CHAPMAN, 1970).

La literatura existente sobre las algas y sus diferentes aspectos es bastante extensa, encontrándose referencias especializadas sobre temas taxonómicos, ecológicos, bioquímicos, nutricionales y farmacológicos de las algas marinas como en *Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas* (TAYLOR, 1960); *Physiology and Biochemistry of Algae* (LEWIN, 1962); *Seaweeds and their uses* (CHAPMAN, 1970) y *Marine Algae* (LEVRING, 1970) *.

Estos vegetales marinos han tenido desde la antigüedad importancia industrial, nutricional y comercial. Se usan para dar consistencia a muchos alimentos elaborados, como sopas o helados; y tienen valor alimenticio por sí mismos. El agar, la alga y la carragenina son importantes productos obtenidos de las algas.

La mayoría contienen proteínas, minerales y vitaminas importantes para el organismo humano (CHAPMAN, 1970). Dentro de las diversas clases de compuestos que ocurren naturalmente en las

algas las proteínas presentan un gran interés debido a las necesidades que la humanidad presenta en este componente vital. La escasez de alimentos proteínicos en el mundo es cada vez más preocupante en razón de la superpoblación y del agotamiento de las tierras para la producción eficiente de proteínas.

Las proteínas en las algas como en otras plantas constan de muchas especies moleculares diferentes y son probablemente enzimas que poseen acciones biológicas específicas; son polipéptidos formados por aminoácidos y otras especies químicas (LEWIN, 1962). En los estudios de las proteínas de las algas no existen métodos generales satisfactorios para la separación de cada uno de los compuestos que las forman (LEWIN, 1962). La mayoría de los trabajos analíticos han sido realizados sobre mezclas complejas de proteínas provenientes de las células de las algas y designadas a menudo como "Proteína Cruda" o "Proteína Total". Los trabajos de FOWDEN y COULSON (1955) establecieron que el conjunto de aminoácidos libres en las algas está formado por compuestos similares a aquellos encontrados en las plantas terrestres.

La existencia de amplísimas costas en los Océanos Atlántico y Pacífico, las de San Andrés y de otros islotes (Aprox. 3.400 kms.), hace pensar en un futuro promisorio para la ciencia del mar en Colombia. Los estudios actuales de la flora de algas permiten establecer aproximadamente unas 200 especies de algas marinas en la sola región de Santa Marta (SCHNETTER, 1969).

En este estudio, el primero que se realiza sobre especies pertenecientes a la Costa Atlántica de Colombia, Región del Magdalena, se determina el contenido de nitrógeno en 14 especies de algas Rhodophyta, Phaeophyta y Chlorophyta y se evalúa el contenido en aminoácidos totales como

* (LEVRING & al., 1969).

una contribución a la iniciación de la posibilidad de incorporar los recursos marinos a la economía del país.

Este trabajo hace parte de un Programa General de Investigación Biológica, Química y Farmacológica de Algas Marinas Colombianas que auspicia el Fondo Francisco José de Caldas "COL-CIENCIAS" y que realiza la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.

MATERIALES Y METODOS

Las algas estudiadas, Chlorophytas, Phaeophytas y Rhodophytas corresponden a las especies más frecuentes y representativas de las regiones costeras de Ciénaga, Gaira y Ensenada Concha del Departamento del Magdalena. La clasificación fue realizada por el profesor doctor Schnetter, del Instituto de Botánica de la Universidad de Giessen, Alemania Federal. Las algas se recolectaron durante el mes de febrero de 1970 en zonas del eulitoral y sublitoral superior hasta una profundidad de 50 centímetros. Las muestras colectadas se secaron parcialmente por exposición al aire y sol, eliminando en cada caso las especies indeseables, arena, larvas y todo tipo de material extraño, introduciéndose en bolsas plásticas con su respectiva codificación para su envío al laboratorio.

Para el análisis de nitrógeno se empleó el método de Kjeldahl recomendado por el AOAC (1965). En la determinación de aminoácidos se empleó el método espectrofotométrico que tiene como base la coloración azul violácea producida al hacer reaccionar la ninhidrina con los aminoácidos totales provenientes del hidrolizado (MCCALDIN, 1960). Las hidrólisis se verificaron sobre muestras de 1.000 gramos de alga seca, empleando un tiempo óptimo de 72 horas y separando las huminas y otros compuestos por filtración (CHANNING, 1953).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla N° 1 se presentan las especies analizadas y su procedencia; los porcentajes de nitrógeno, proteínas ($N \times 6.25$) y aminoácidos se dan en base seca.

Para los aminoácidos totales los valores representan gramos de arginina por cien gramos de alga seca.

Las especies analizadas muestran valores de proteína cruda en proporciones importantes: el rango general varía entre 9.25 y 26.25% en base seca.

Las Chlorophyta presentan un margen de variación que va desde 9.25 a 26.25% de la proteína cruda, mientras que las Phaeophyta varían de 16.57 a 19.51% y finalmente el rango de las Rhodophyta es de 10.32 a 25.38%, lo cual indica que las especies correspondientes a las tres divisiones estudiadas presentan similares porcentajes de proteína cruda.

Respecto a los valores obtenidos para los aminoácidos totales los niveles son de 0.71 y 4.63%. En las Chlorophyta la variación es de 0.71 a 3.50%; las Phaeophyta entre 0.98 y 1.54% y las Rhodophyta de 0.79 a 4.63%.

En los trabajos publicados por CHANNING y YOUNG (1953) se reportan valores de aminoácidos totales desde 0.53 a 2.80% en base seca, el máximo corresponde a la especie Rhodymenia palmata.

CONCLUSIONES

Los valores correspondientes a los máximos en proteína cruda y en aminoácidos totales se hallaron para las siguientes especies:

	Proteína %	Aminoácido %
CHLOROPHYTA		
<i>Caulerpa mexicana</i>	26.25	3.50
PHAEOPHYTA		
<i>Dictyota jamaicensis</i>	19.51	1.54
RHODOPHYTA		
<i>Bryocladia thyrsgera</i>	25.38	4.63

Por comparación de los máximos en proteínas de las algas citadas con los extractados en la tabla N° 2 (algunas fuentes proteínicas presentes en los alimentos comunes consumidos en Colombia), se deduce que el contenido en proteínas de las tres algas es superior a las frutas y verduras a excepción del coliflor. Comparable a las leguminosas y mayor que los cereales.

TABLA NUMERO 1

Composición en nitrógeno, proteínas y aminoácidos totales en algunas especies de algas de la región costera del Departamento del Magdalena.

Los valores se dan como porcentaje del material seco.

ESPECIE	LOCALIDAD	% N	% Proteína (% N × 6.25)	% Aminoácidos totales
CHLOROPHYTA				
<i>Chaetomorpha media</i>	Punta Brava (Gaira)	1.48	9.25	0.71
<i>Ulva rigida</i>	Ensenada Concha	2.17	13.57	0.93
<i>Caulerpa sertu lariodes</i>	Punta Brava (Gaira)	4.06	25.38	2.43
<i>Caulerpa mexicana</i>	Punta de Cal (Gaira)	4.20	26.25	3.50
PHAEOPHYTA				
<i>Dictyopteris delicatula</i>	Punta de Cal (Gaira)	2.65	16.57	0.98
<i>Dictyota jamaicensis</i>	Punta de Cal (Gaira)	3.12	19.51	1.54
RHODOPHYTA				
<i>Bryothamnion seaforthii</i>	Ensenada Concha	2.76	17.26	1.06
<i>Gracilaria cylindrica</i>	Ensenada Concha	1.91	11.94	0.88
<i>Gracilaria mammillaris</i>	Punta Brava (Gaira)	1.65	10.32	0.79
<i>Agardhiella tenera</i>	Ensenada Concha	1.86	11.63	0.84
<i>Grateloupia filicina</i>	Ensenada Concha	3.86	24.13	2.04
<i>Laurencia papillosa</i>	Ensenada Concha	2.26	14.13	1.00
<i>Grateloupia cuneifolia</i>	Punta de Cal (Gaira)	1.78	11.13	1.04
<i>Bryocladia thyrsgera</i>	Ciénaga Grande	4.06	25.38	4.63

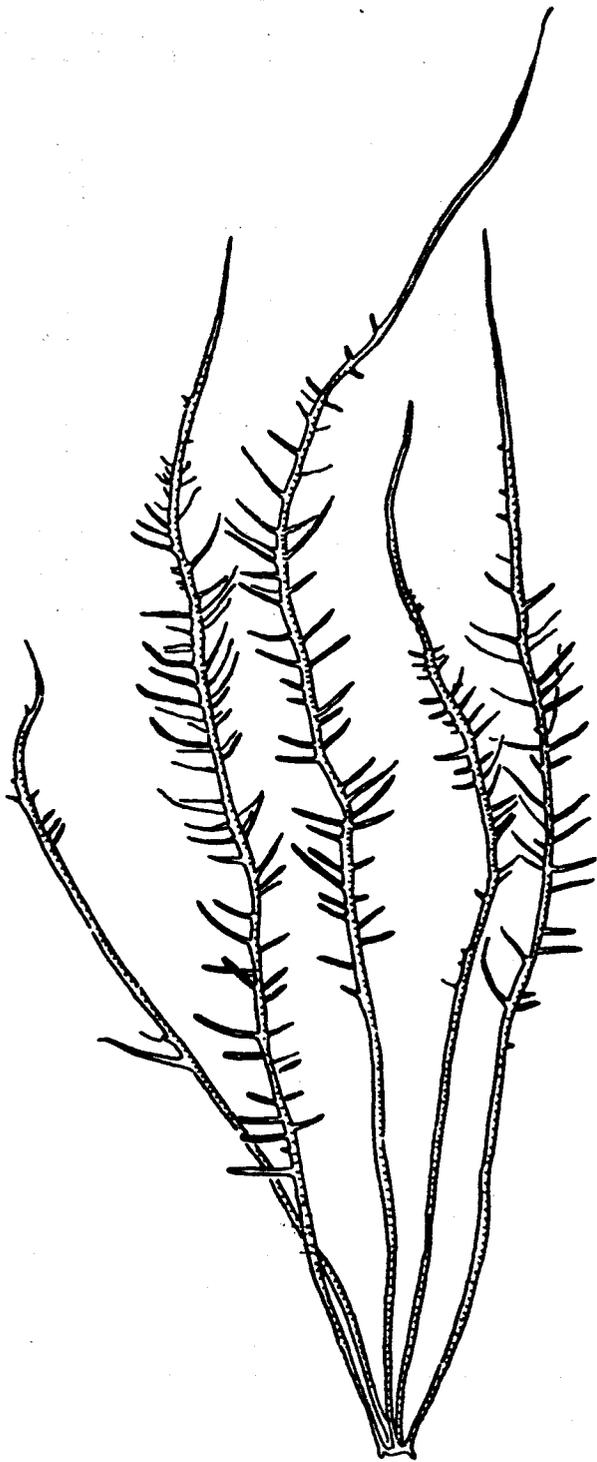
TABLA NUMERO 2

Algunas fuentes proteínicas comúnmente consumidas en Colombia.

Expresadas en gramos por 100 gramos de alimento seco.

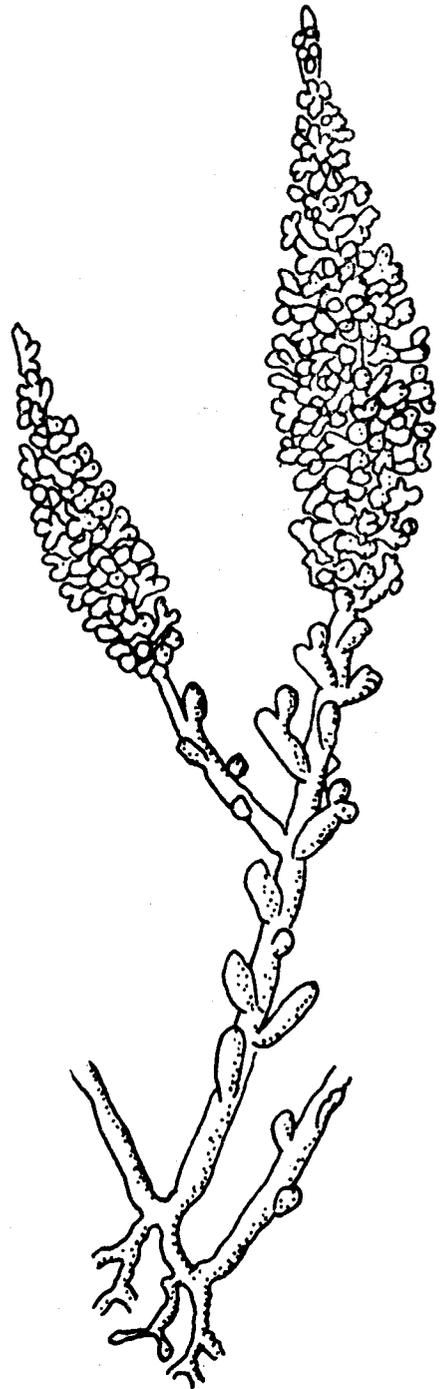
Alimento	% de proteína	Alimento	% de proteína
FRUTAS Y VERDURAS		CEREALES	
Coliflor	29.1	Avena	15.6
Lechuga	22.4	Maíz tierno	13.1
Tomate	15.9	Trigo	12.5
Aguacate	7.8	Cebada	11.9
Guayaba rosada	6.4	Maíz blanco	9.0
Zanahoria	6.3	Maíz amarillo	8.9
Banano común	4.7	Arroz	8.9
Mango	2.7		
Alimento	% de proteína	Alimento	% de proteína
LEGUMINOSAS		CARNES, LACTEOS Y OTROS	
Soya	37.5	Camarón	90.4
Maní	30.4	Carne de res magra	74.1
Lenteja	26.9	Pollo (carne)	64.2
Haba	26.7	Bagre	60.8
Alverja verde	24.7	Queso duro descremado	53.1
Frijol rojo	23.9	Leche de vaca	28.3
Garbanzo	22.5	Mantequilla	1.5
Habichuela	21.0	Huevo de gallina	1.5

Datos obtenidos de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos - (Instituto Nacional de Nutrición, 1953).



GRATELOUPIA FILICINA

(Prof. Dr. R. Schnetter).



LAURENCIA PAPILLOSA

(Prof. Dr. R. Schnetter).



GRATELOUPIA CUNEIFOLIA

(De Taylor, 1960)

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS.

1965 Official methods of analysis.

CHANNING, D. M. and G. T. YOUNG.

1953 Amino-acids and peptides. The nitrogenous constituents of some marine algae. *J. Chem. Soc.* 2481-2491.

CHAPMAN, V. J.

1969 Seaweeds and their uses. *Methuen & Co.* London. 304 p.

LEVRING, T., H. A. HOPPE, O. F. SCHMID.

LEVRING, A.

1970 Marine algae. *Cram, de Gruyter & Co.* Hamburg. VII y 401 p.

COULSON, C. B.

1955 Plant Proteins V. Proteins and amino-acids of marine algae. *J. Sci. Food Agric.* 6: 674-682.

LEWIN, R. A.

1962 *Physiology and biochemistry of algae.* Academic Press. New York. 929 p.

MCCALDIN, D. J.

1960 *The chemistry of ninhydrin.* Chem. Revs. 60,39

SCHNETTER, R.

1969 Beitrag zur Kenntnis der Algenflora an der kolumbianischen Küste der Karibischen see. *Mitt. Inst. Colombo-Alemán. Invest. Cient.* 3: 49-57.

TAYLOR, W. R.

1960 Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. Ann Arbor. The University of Michigan Press. Toronto. 870 p.

VARIACIONES PROTEICAS SANGUINEAS EN DOS POBLACIONES de *Eleutherodactylus bogotensis*

JAIME F. GEORGE *, IRMA DE ESCAMILLA,
LUIS CERVANTES
Pontificia Universidad Javeriana,
Facultad de Ciencias.

I. INTRODUCCION

Los hallazgos de la Biología molecular demuestran que la estructura proteica es el resultado de la traslación indirecta del mensaje genético, codificado en la molécula de DNA. La cadena de polipéptidos producida en esta forma se puede considerar como el fenotipo primario de un gene individual.

Las diferentes interacciones y combinaciones de estas cadenas polipeptídicas a tiempos e intervalos particulares producen los fenotipos secundarios y terciarios del organismo y resultan en sus atributos morfológicos y fisiológicos.

Por otra parte, entre más similar sea la constitución genética de los organismos, más íntimamente relacionados estarán entre sí. De esta observación básica se sigue que el grado de similitud entre las proteínas de los organismos es directamente proporcional a su grado de relación.

Un grupo de proteínas que se ha estudiado extensivamente es el perteneciente a las proteínas sanguíneas. En ellas se han demostrado variaciones durante el desarrollo de diferentes organismos. HAHN (1962) indica por ejemplo que las proteínas sanguíneas en renacuajos de anfibios y en individuos en proceso de metamorfosis son diferentes. Notó, trabajando con *Ambistoma tigrinum*, que cuando comenzaba la metamorfosis, aparecía una proteína semejante a la albúmina. GASSER (1964, 1967) reportó que la cantidad de fracciones presentes en el plasma de *Pleurodeles waltti* y *Salamandra salamandra* aumentaba du-

rante la metamorfosis. En Ranidae, FRIEDEN (1961) y BENNET y FRIEDEN (1962), observaron que los renacuajos jóvenes poseían una concentración de albúmina plasmática baja y que a medida que el renacuajo crecía, el contenido de albúmina en el plasma continuaba aumentando aún después de la metamorfosis (FRIEDEN, 1961).

Se presentan también diferencias sexuales. Se ha encontrado en ranas hembras una esterasa que no se presenta en el macho (AUGUSTINSON, 1959). De las once variedades de anfibios examinadas por CHEN (1967) se encontró que en *Bobina variegata* se presentaba un dimorfismo sexual, y más tarde HUCHON et al. (1968), siguiendo los estudios de CHEN, demostró que una B-lipoproteína estaba presente solo en las hembras.

Por otra parte son comunes las variaciones cuantitativas en proteínas sanguíneas de anfibios, debidas a cambios en las condiciones fisiológicas. Se relacionan por ejemplo con enfermedades (BU-COVAZ y KAPLAN, 1967), nutrición (BROWN, 1964) y períodos de apareamiento (CEI y BERTINI, 1961).

Variaciones en las proteínas sanguíneas se encuentran también al estudiar individuos de la misma especie, pertenecientes a una misma población. BROWN (1964), encontró que dos de las ocho proteínas plasmáticas encontradas en poblaciones de *Bufo americanus* y de *Bufo woodhousei* presentaban variación intraespecífica. En tres especies de ranas europeas: *R. esculenta*, *R. ridibunda* y *R. lessonae*, se demostró polimorfismo en las proteínas séricas (ENGELMAN, 1972), y en los sapos *Odontophrynus americanus* se detectaron cinco fenotipos de albúminas (BECAK et al., 1968). GUTTMAN y WILSON (1973) encontraron 11 alelos

* Este trabajo se llevó a cabo con la ayuda del Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas, COLCIENCIAS.

de albúminas en 29 fenotipos en una población de *Bufo americanus*.

Se han encontrado también variaciones en las proteínas plasmáticas en poblaciones de *Bufo valliceps* (FOX *et al.*, 1961), *Salamandra salamandra* (GASSE y GACHET, 1967), *Drosophila* (VIGUE y JOHNSON, 1973), murciélagos (VALDIVIESO y TAMSIT, 1974), en el hombre (WELCH y LIE-INJO, 1972) y en otros organismos.

Ejemplos de polimorfismo en hemoglobina se encuentran en *Siren intermedia* (GUTTMAN, 1965), *Bufo americanus* (GUTTMAN, 1969; DESSAUER *et al.*, 1962) y en el hombre (GOODMAN *et al.*, 1974). Por otra parte se ha encontrado que individuos de diferentes áreas geográficas, muestran mayor variación de proteínas plasmáticas que individuos de una población geográficamente limitada (MAYR, 1963). Los experimentos de DESSAUER y colaboradores (1962) con diferentes poblaciones de anfibios son muy significativos a este respecto.

Además la comparación de frecuencias de proteínas y por lo tanto de las frecuencias de genes en poblaciones adyacentes, pueden indicar la cantidad de entrecruzamientos que han ocurrido o están ocurriendo entre los individuos de esas poblaciones y al examinar diferentes poblaciones de anfibios se puede dilucidar la dirección del flujo genético y de las corrientes evolucionarias. Por ejemplo, ABRANOFF *et al.* (1964), averiguó la ruta tomada por el *Bufo americanus* en la colonización de las islas de la parte superior del Lago de Michigan examinando transferrinas y hemoglobinas por electroforesis en gel de almidón. GUTTMAN, en 1967, con los mismos métodos analizó las transferrinas y hemoglobinas de trece poblaciones del sapo africano *Bufo regularis*, encontrando que esta especie podría estar compuesta por dos formas que se encontraron e intercambiaron genes en Rhodesia y Kenya.

Los hallazgos que se acaban de describir movieron nuestro interés hacia el estudio de varias poblaciones de una rana muy poco investigada y que se encuentra en los páramos colombianos. Esta publicación presenta los datos obtenidos en dos poblaciones de *Eleutherodactylus bogotensis* localizadas en los páramos de Choachí y Guasca.

II. MATERIALES Y METODOS

De cada uno de los ejemplares recolectados en los páramos de Choachí y Guasca, se obtuvo sangre directamente del corazón utilizando tubos capilares heparinizados para prevenir la coagulación.

Las células y el plasma se separaron por centrifugación en una microcentrífuga a 5.000 rpm durante 4 minutos. El plasma se colectó en nuevos tubos capilares y se congeló hasta su utilización. Las células sanguíneas se lavaron por centrifugación tres veces con solución isotónica y se les agregó el doble de su volumen de agua destilada para lograr la hemólisis. Una vez obtenida, se centri-

fugó en una centrífuga clínica a 5.000 rpm. durante 20 minutos y se obtuvo el sobrenadante. En lo posible, estas manipulaciones se llevaron a cabo a 4° C.

Por el fácil manejo y la excelente resolución, en los presentes experimentos se empleó la técnica de electroforesis en gel de almidón descrita por SMITHIES y colaboradores en 1959 y modificada por NEWCOMER en 1966. El gel se preparó utilizando almidón (Electrostarch Co. Madison, W.) al 12% en solución stock 1:20 en agua deionizada. La solución stock está compuesta por tris 0.9 M, ácido bórico 0.5 M y EDTA 0.02 M, pH 8.6.

El gel preparado en un molde distribuido por la Casa Buchler (Los Angeles, California) se colocó en una nevera a 4° C para lograr su solidificación y un equilibrio en la temperatura.

Las muestras de plasma y hemoglobina se colocaron en las hendiduras del gel, utilizando plasma o hemoglobina humanos como control. La electroforesis se corrió por 16 horas a 215 voltios y 12.5 miliamperios a 4° C utilizando una fuente de poder heathkit modelo I p 17.

En la cámara correspondiente al polo negativo se colocó buffer stock 1:8 en agua deionizada y en la correspondiente al polo positivo la dilución fue 1:6.

Las proteínas se compararon calculando sus movilidades relativas. Estas se obtuvieron midiendo las distancias entre el origen y el centro de cada banda y dividiendo esta distancia por la movilidad del control humano, presente en cada gel.

Los geles se tiñeron con amido black (A. H. Thomas Co. Philadelphia) y el exceso de colorante se quitó con baños sucesivos de decolorante (ácido acético, metanol, agua destilada, 1:5:5).

Pequeñas diferencias en la migración relativa se han atribuido a sustituciones iónicas de aminoácidos (WANG, *et al.*, 1966; WEITKAMP *et al.*, 1969).

III. RESULTADOS

En los geles obtenidos se pudieron detectar diez bandas que fueron numeradas consecutivamente de 1 a 10 siendo la número 1 la de mayor migración.

La figura 1 muestra la fotografía de un electroferograma representativo de las proteínas plasmáticas (columnas 2 a 5 de izquierda a derecha) y de las hemoglobinas (columnas 6 - 9) correspondientes a *E. bogotensis* capturados en el páramo de Choachí. Los controles humanos de plasma (izquierda) y hemoglobina (derecha) son las columnas de los extremos.

La figura 2 presenta el electroferograma representativo de proteínas plasmáticas de individuos colectados en el páramo de Guasca. Las hemoglobinas se muestran en la figura 3. En el caso del plasma, el control humano aparece en la última columna de la derecha y para las hemoglobinas en la última columna de la izquierda. Se observa que las bandas correspondientes a las hemoglobinas

son bastante constantes. En las proteínas plasmáticas, por el contrario, se nota un marcado polimorfismo en ambas poblaciones. Este polimorfismo se nota más claramente a nivel de las bandas 1 y 2, en donde aparecen individuos homocigóticos para las bandas 1 y 2 y heterocigóticos con ambas bandas.

Las figuras 4 y 5 presentan los patrones electroforéticos de proteínas plasmáticas y hemoglobinas, respectivamente, de los anfibios colectados en Choachí. Las figuras 6 y 7 presentan los datos correspondientes a los individuos de Guasca. De nuevo se nota la consistencia de las bandas de hemoglobina, con valores bastante cercanos no sólo entre individuos de la misma población sino entre individuos de ambas poblaciones. Los patrones de plasma en cambio, son bastante variados notándose 38 en el caso de los individuos de Choachí y 32 para los de Guasca.

La tabla 1 presenta un resumen con el número y porcentaje de individuos que presentan las diferentes bandas. Es de notar que las bandas 1, 3, 5, 7 y 9 no presentan una diferencia significativa, en cambio ésta existe para las bandas 2.1 y 2, 4, 6, 8 y 10.

Con el fin de complementar los datos obtenidos por electroforesis se realizaron varias mediciones en los individuos colectados, cuyos promedios aparecen en la tabla 2. Se observa que el promedio de tamaño en todas las medidas consideradas es mayor para los especímenes colectados en Choachí que para los colectados en Guasca.

IV. DISCUSION

Los electroferogramas que se presentan demuestran claramente que con la presente técnica aparecen dos bandas de hemoglobina que no varían entre los integrantes de cada una de las poblaciones y que además son las mismas para las dos poblaciones estudiadas. Las dos bandas que aparecen tienen migraciones relativas de 1.30 y 0.35 respectivamente.

Las proteínas del plasma por el contrario, muestran bastantes variaciones entre los individuos estudiados tanto a nivel de las albúminas como de las globulinas como lo demuestran los patrones electroforéticos de las figuras 4 y 6 y de los electroferogramas de las figuras 1 y 2. A nivel de las albúminas (bandas 1 y 2) se notan con mayor claridad estas variaciones.

Algunos estudios sostienen que las albúminas (MANWELL y BAKER, 1970) lo mismo que las transferrinas (GUTTMAN, 1972), se heredan como alelos codominantes en loci autosómicos. Aunque en el caso de ranas no se han hecho cruces genéticos controlados que aseguren esta sugerencia, con la evidencia actual se podría asumir que al aparecer una sola banda (1 o 2) se trata de un homocigote y al formarse dos bandas se trataría de un heterocigote.

Las frecuencias calculadas (WALLACE, 1968), teniendo en cuenta lo descrito en el párrafo ante-

rior serían en el caso de la población del páramo de Choachí, 0.3071 para el gene responsable de la banda 1 y 0.6929 para el gene responsable de la banda 2. En la población estudiada en Guasca sería 0.3929 para el gene responsable de la banda 1 y 0.6071 para el relacionado con la banda 2. Es de anotar que la frecuencia genética para la banda 2 es mayor en Choachí que en Guasca, lo cual está de acuerdo con los datos que aparecen en la tabla 1 en donde se nota, para Choachí, un mayor número de individuos sólo con la banda 2 y un menor número de heterocigotes. El caso inverso es cierto para Guasca. Este hecho se podría relacionar en alguna forma con las condiciones ecológicas de los dos páramos o con una selección a favor de los heterocigotes en un caso y de homocigotes 2 en el otro.

Si se asume que en las poblaciones los cruces se hacen por casualidad, que no hay migración, selección, mutación ni error de muestreo, se puede calcular el número de individuos esperados y hacer un test de X^2 .

En el caso de Choachí, la aplicación de la Ley de Hardy Weinberg daría los siguientes resultados:

Genotipo	1	2	H	Total
Observados	13	40	17	70
Esperados (E)	6.6	33.6	29.8	70
Diferencia (d)	6.4	6.4	-12.8	
d^2	40.96	40.96		163.84
d^2/E	6.21	1.22		5.50

$$d^2/E = X^2 = 12.93 \quad (df. = 1, p = 0.005).$$

El valor relativamente alto de X^2 indica una diferencia amplia entre el número de individuos observados y esperados, tanto que no se podría explicar por simple chance. Es de anotar que el páramo de Choachí ocupa un área bastante amplia lo que podría permitir la conformación de varias subpoblaciones dentro del área geográfica que ocupa.

Existiría la posibilidad de migraciones entre estas subpoblaciones cuyo efecto podría ser la desviación de los datos esperados con la Ley de Hardy Weinberg. El comprobar esta hipótesis exigiría el estudio de varias de estas subpoblaciones con el fin de obtener una figura más completa de la distribución genotípica en todo el páramo.

El cálculo de exceso o deficiencia de heterocigotes utilizando la fórmula $D = \frac{Ho - He}{He}$ (SELANDER, 1970) en donde D es la deficiencia o exceso de heterocigotes, Ho es el número de heterocigotes observados y He es el número de heterocigotes esperados, da una cifra de 0.4295 para Choachí. La cifra indica que hay una deficiencia de heterocigotes. Esta deficiencia está de acuerdo con los datos presentados en la figura 7 en donde aparece un número relativamente bajo de individuos heterocigotes y un número relativamente alto de animales homocigotes 2. Podría existir la posibilidad de que el genotipo 2 tuviese mayores ven-

tajas adaptativas que el heterocigote para las condiciones de este páramo específico. Aunque en la mayoría de los casos, los heterocigotes están mejor adaptados, se han reportado casos de selección negativa contra heterocigotes (GUTTMAN y WILSON, 1973).

El examen con la Ley de Hardy Weinberg para la población de Guasca arroja los siguientes resultados:

Genotipos	1	2	H	Total
Observados	12	27	31	70
Esperados (E)	10.80	25.80	33.40	70
Diferencia (d)	1.2	1.2	— 2.40	
d^2	1.44	1.44	5.76	
d^2/E	0.1333	0.0558	0.1724	
$d^2/E = X^2 = 0.3615$ (df. 1, q. = 0.539).				

El valor bajo de X^2 indica que los números de individuos observados y esperados coinciden bastante bien. Por otra parte, el cálculo de deficiencia de heterocigotes da una cifra de — 0.0718 indicando que si existe esta deficiencia es muy leve en contraste con la deficiencia de Choachí, la cual es muy notoria. La tabla 1 presenta un número mayor de heterocigotes que de homocigotes para la banda 2, en contraste con Choachí. Esto parece indicar que en Guasca se favorece más a los individuos con un fenotipo heterocigótico. Casos similares se han informado previamente (GEORGE et al., 1974). Es de anotar, que el páramo de Guasca es geográficamente más pequeño que el de Choachí y aparentemente más homogéneo.

Este hecho podría estar en alguna forma relacionado con la mayor homogeneidad morfológica de la población.

El tamaño promedio de los integrantes de las poblaciones y las variaciones morfológicas de los mismos se trataron de medir con los datos que se presentan en la tabla 2.

Los promedios indican que los organismos colectados en Guasca son en general más pequeños que los colectados en Choachí. Esto de nuevo, podría estar relacionado con las condiciones ecológicas de los páramos, teniendo el de Guasca una temperatura inferior al de Choachí. Por otra parte, las cifras de varianza en la población indican una mayor heterogeneidad en la población de Choachí que en la de Guasca, lo cual se podría posiblemente relacionar con los datos obtenidos en los cálculos con la Ley de Hardy Weinberg.

Para aclarar los datos obtenidos en estas dos poblaciones, se está llevando a cabo en nuestro laboratorio un estudio de diferentes sitios del páramo de Choachí y de lugares intermedios entre los dos páramos, con el fin de lograr datos que permitan sacar resultados en cuanto a posibles movimientos de población.

V. RESUMEN

Utilizando la técnica de electroforesis vertical en gel de almidón, se estudiaron las proteínas plasmáticas y la hemoglobina de 70 especímenes colectados en cada uno de los páramos de Choachí y Guasca. Se presentan las variaciones inter o intrapoblacionales en proteínas plasmáticas y se sugieren algunas explicaciones para las mayores variaciones encontradas en Choachí. Los patrones electroforéticos de hemoglobinas no varían entre los diferentes individuos.

BIBLIOGRAFIA

- ABRANO, P. R. DARNELI and J. BÁLSAMO, 1964. Serological relations of toad populations of the Lake Michigan area. In: C. A. Leone (ed.). *Taxonomic Biochemistry and Serology*. Ronald Press.
- BENNETT, T. R. and E. FRIEDEN, 1962. Metamorphosis and biochemical adaptation in amphibia. In: M. Florin and H. S. Mason. *Comparative biochemistry*. Vol. IV Academic Press New York. Pp. 483-556.
- BECAK, W. A. R. SCHWANTES and M. L. B. SCHWANTES, 1968. Polymorphism of albumin like proteins in South american tetraploid frogs *Odontophrynus americanus* (salientia: ceratophryidae). *J. Exptl. Zool.* 168: 473.
- BUCOVAZ, E. and H. M. KAPLAN, 1957. Electrophoretic study of serum protein in frog red leg disease. *Am. J. Physiol.* 191: 428-430.
- BROWN, L. E., 1964. An electrophoretic study of variation in the blood proteins of the toads, *Bufo americanus* and *Bufo woodhousei*. *Systematic Zool.* 13: 92-95.
- CEI, J. M. and BERTINI, 1961. Serum proteins in allopatric and simpatric populations of *Leptodactylus ocellatus* and *L. chaquensis*. *Copeia* 1961: 336-340.
- CHEN, P. S., 1967. Separation of serum proteins in different amphibian species by polyacrylamide gel electrophoretic. *Experientia* 23: 1-8.
- DESSAUER, H. C., W. FOX y A. HARTWIG, 1962. Comparative study of transferrins starch electrophoresis and autoradiography. *Comp. Biochem. Physiol.* 5: 17-29.
- ENGELMAN, R., 1972. Disc electrophoresis of serum protein frogs. A contribution to the discussion about the hybrid character of *Rana esculenta*. *Act. Biol. Med.* 29: 431-435.
- FOX, W., H. C. DESSAUER and L. T. MAUMUS, 1961. Electrophoresis studies in blood proteins of two toads and their natural hybrid.
- FRIEDEN, E., 1961. Biochemical adaptation and anuran metamorphosis. *Am. Zoologist.* 1: 115-149.
- GASSER and P. CACHET, 1967. Étude des protéines sériques de type serumalbumine chez les sous-espèces *Salamandra salamandra bejarae* Wolterstorff *Salamandra salamandra almanzoris*. Muller et Hellminch, *C. R. Acad. Sci. Paris.* 265: 763-766.
- GOODMAN, M., G. W. MOORE y J. BARNABAS, 1974. The phylogeny of human globin genes investigated by the maximum parsimony method. *J. Molec. Evol.* 3: 1-48.
- GUTTMAN, S. I., 1965. An electrophoretic analysis of the blood proteins of the genus *Siren*. *Texas. J. Sci.* 17: 267-277.

- 1967. Transferrin and hemoglobin polymorphism, hybridization and introgression in two African *Bufo regularis* and *Bufo rangerai*. *Comp. Biochem. Physiol.* 23: 871-877.
- 1969. Blood protein variation in the *Bufo americanus* species group of toad. *Copeia* 2: 243-249.
- 1972. Blood proteins. Genetic variation in the genus *Bufo*. *Biochem. Genet.* 8: 329-338.
- GUTTMAN, S. I. y K. WILSON, 1973. Genetic variation in the genus *Bufo*. An extreme degree of transferrin and albumin polymorphism in a population of the american toad *Bufo americanus*. *Biochem. Genet.* 8: 329-338.
- HAHN, W. E., 1962. Serum proteins and erythrocyte changes during metamorphosis in paedogenic *Ambystoma tigrinum mavortium*. *Comp. Biochem. Physiol.* 17: 55-61.
- HUCHON, D. M., TH. CHALUMEAU-LE FOULGOC and L. GALLIEN, 1968. Mise en évidence, au niveau des protéines sériques de l'adulte chez *Bombina variegata* L. (Amphibien anoure) d'une protéine spécifique du sexe femelle. *C. R. Acad. Sci. Paris.* 266: 399-402.
- MANWELL, C. y C. M. A. BAKER, 1970. Molecular biology and the origin of species, Heterosis, protein polymorphism and animal breeding. University of Washington Press. Seattle.
- MAYR, E., 1963. Animal species and evolution. Belknap Press. Cambridge, Massachusetts.
- NEW COMER, R., 1966. Comunicación personal.
- SMITHIES, O., 1959. Zone electrophoretic in Starch gel and its application to studies of serum proteins. *Advances in Protein. Chem.* 14: 65-113.
- SELANDER, R. K., 1970. Behavior and genetic in natural population. *Am. Zoologist.* 10-53.
- VALDIVIESO, D. y R. R. TAMSIT, 1974. Electrophoretic patterns of serum proteins of neotropical bats (chiroptera). *Life Sciences Contribution Royal Ontario Museum* 98.
- VIGUE, C. L. y F. M. JOHNSON, 1973. Isozyme variability in species of genus *Drosophila* VI. Frequency property-environment relationship of allelic alcohol dehydrogenase in *D. melanogaster*. *Biochemical genetics.* 9: 213-227.
- WALLACE, B., 1968. Topics in population genetics. W. W. Norton & Co. Inc., New York.
- WANG, A., H. E. SUTLON y A. RING, 1966. A chemical differences between human transferrin B₂ and C. *Am. J. Human. Genet.* 18: 454.
- WEITKAMP, L. R., G. FRANGLIN, D. A. ROAKALA, F. POLESKY, F. W. SUNDERMAN, N. E. SIMPSON, H. E. BELL, J. SAAVE, R. LISKER y S. W. BOHLS, 1969. An electrophoretic comparison of human serum albumin variants: eight distinguishable types. *Hum. Hered.* 19: 159.
- WELCH, Q. B. y L. E. LIE INJO, 1972. Serum albumin variants in three malaysian Racial groups. *Human. Hered.* 22: 503-507.

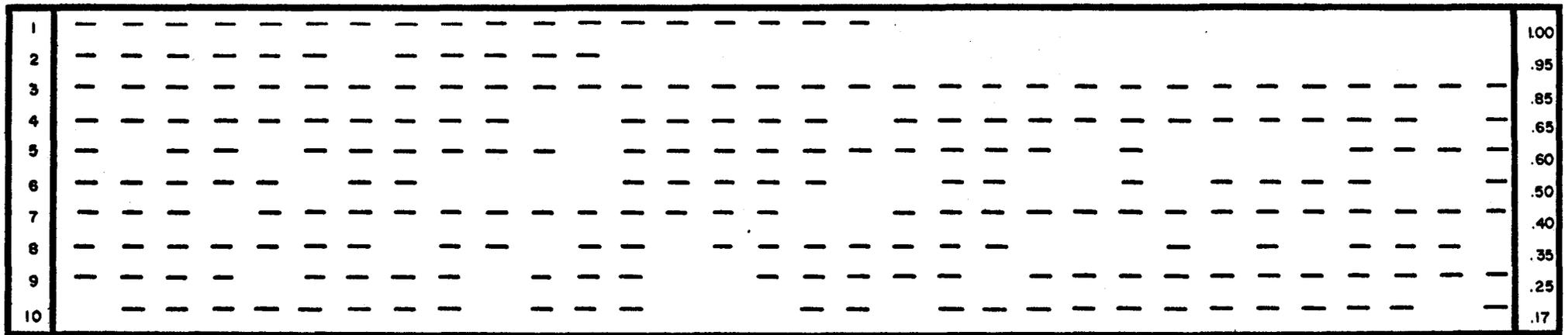


FIGURA 4. Patrones electroforéticos de proteínas plasmáticas de *E. bogotensis* recolectadas en el páramo de Choachi.

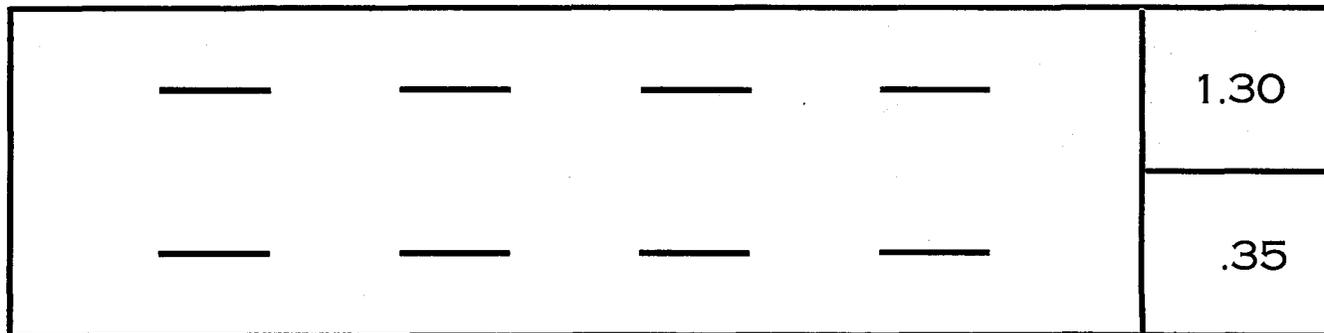


FIGURA 5. Patrones electroforéticos de hemoglobinas de *E. bogotensis* colectados en el páramo de Choachi.

BANDA NUMERO:		1	2	1 2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUMERO DE INDIVIDUOS CON LA BANDA PRESENTE.	CHOACHI	13	40	17	66	19	70	13	54	16	70	42
	GUASCA	12	27	31	70	43	66	41	51	43	70	65
PORCENTAJE DE INDIVIDUOS CON LA BANDA PRESENTE.	CHOACHI	19	57	24	94	27	100	81	77	23	100	60
	GUASCA	17	39	44	100	61	94	58	73	61	100	93

TABLA 1. Número y porcentaje de individuos con las bandas presentes.

	E. BOGOTENSIS — P. GUASCA		E. BOGOTENSIS — P. DE CHOACHI	
	PROMEDIO EN CMTS.	VALOR DE S	PROMEDIO EN CMTS.	VALOR DE S
LONGITUD DEL CUERPO	2.255	0.020	2.592	0.261
LONGITUD REGION PECTORAL	0.759	0.208	0.880	0.515
LONGITUD REGION SACRA	0.415	0.148	0.679	0.942
LONGITUD EXTREMIDADES ANTERIORES	1.574	0.039	1.984	0.085
LONGITUD EXTREMIDADES POSTERIORES	3.541	01.90	4.138	0.744

TABLA 2. Medidas promedio de diferentes regiones de los E. bogotensis colectados en los páramos de Choachí y Guasca.

LDH EN EL DESARROLLO DE *Hyla labialis*

JAIME F. GEORGE*, IRMA DE ESCAMILLA.

Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Ciencias.

INTRODUCCION

En la mayoría de los casos estudiados hay suficiente evidencia como para indicar que la deshidrogenasa láctica (LDH) es un tetrámero compuesto por subunidades (CAHN *et al.*, 1962) Estas subunidades serían A y B (APELLA y MARKETIT, 1961) o H y M según DIXON y WEBB (1964) estarían controladas por genes independientes (BOYER *et al.*, 1963; MAUCE *et al.*, 1963).

La asociación de estas dos subunidades en tetrámeros, daría como formas moleculares: A⁴ (LDH-5), A₃B (LDH-4), A₂B₂ (LDH-3), AB₃ (LDH-2) y B₄ (LDH-1).

Se sabe que una de estas diversas formas moleculares se encuentran en algunos tejidos más que en otros. En el corazón se encuentra más la forma B₄ (LDH-1) y en el músculo esquelético la forma A₄ (MARKETIT, 1965). Sin embargo, se han reportado casos como en las Salamandras *Taricha* en las que hay más LDH-1 en el músculo y más LDH-5 en el corazón (SPEAKER, 1965). Puesto que los experimentos se hicieron utilizando electroforesis, una posible explicación podría ser un cambio en las cargas relativas de las subunidades A y B (WRIGHT y MOYER, 1973).

Hay varios casos en los que se han reportado más de cinco formas moleculares de LDH. Es el caso de los testículos (ZINKAHM *et al.*, 1963) y de ciertos tejidos en algunos anfibios (WRIGHT y MOYER, 1966). En este último caso se han encontrado hasta 5 isozimas dentro del grupo de la LDH-1.

Se han reportado variaciones de los patrones isozimicos de la LDH en relación con varias en-

fermedades (LUBRANO *et al.*, 1971; BELFIORE *et al.*, 1973) con el ciclo reproductivo (HALL, 1973; PATTERSON y MASTERS, 1972) con el desarrollo (DAVIS *et al.*, 1973; ADAMS *et al.*, 1965) y se han realizado estudios que clarifican en forma de herencia (WRIGHT y MOYER, 1968; WARD y GUTTMAN, 1973) y su formación durante las etapas de regeneración de miembros en salamandras (CHAN y BALEK, 1973).

Hay varios experimentos que relacionan diferentes etapas de diferenciación en un organismo y su metabolismo con la aparición o aumento en la concentración de las diversas formas de LDH. CAHN y colaboradores (1962) mostraron que en los embriones de pollo, aparece primero la LDH-1, aún en músculos esqueléticos y a medida que se avanza en el desarrollo hay un cambio hacia una mayor producción de LDH-5. El caso es totalmente inverso en ratas en donde primero aparece la LDH-5 y luego la LDH-1 (FINE *et al.*, 1963). Estos hallazgos concentraron nuestra atención en el estudio de las formas de LDH que aparecen a través del desarrollo en los embriones de la rana *Hyla labialis*. Esta rana se encuentra ampliamente distribuida en el territorio colombiano.

MATERIALES Y METODOS

Los especímenes de *Hyla labialis* (DUNN, 1944) fueron colectados en San José Spring, a 6 kilómetros al norte de Bogotá. Los huevos se obtuvieron por ovulación inducida (RYAN y GRANT, 1950) que consiste esencialmente en macerar en solución salina isotónica (0.75%) pituitarias de *Bufo marinus* e inyectar esta solución por vía intraperitoneal tanto a machos como a hembras. Se utilizaron 2 pituitarias en 0.5 ml. de solución salina por

* El presente trabajo se llevó a cabo con la ayuda de FORGE (Foundation for Overseas Research Grants and Education).

espécimen. La ovulación se produce en aproximadamente veinticuatro horas.

Cada muestra estuvo conformada por cuarenta embriones en los siguientes estados de desarrollo: 3 (primer clivaje), 4 (segundo clivaje), 5 (tercer clivaje), 8 (blástula), 12 (grástula), 16 (neurula), 17 (botón de cola), 20 (5 milímetros) y 23 (11 milímetros) (POLLISTER y MOORE, 1937; GEORGE y ESCAMILLA, 1973). Los huevos sin fertilizar se obtuvieron directamente de la cavidad abdominal. Los huevos se liberaron mecánicamente de la capa de gelatina. Estas operaciones, en lo posible, se hicieron a 4° C para impedir que los cigotes continuaran su desarrollo. Los huevos quedaron congelados inmediatamente para su futura utilización.

Las muestras fueron homogenizadas a 0° C en 3.0 ml. de solución salina isotónica y el homogeneizado se centrifugó por veinte minutos a 20.000 rpm a 4° C. El sobrenadante se utilizó inmediatamente en la electroforesis. Para la separación de las isozimas se utilizó el método de electroforesis en gel de almidón descrito por SMITHIES (1955) y modificado por NEWCOMER (1966).

El buffer empleado fue el reportado por BOYER y colaboradores (1963). El buffer contiene EDTA 0.02 M, ácido bórico 0.5 M y tris 0.9 M con un pH 8.6 (obtenidos de Sigma Chemical Co. Missouri).

Para la preparación del gel se utilizó almidón (Electrostrach Co. Madison, Wis) al 12% en solución buffer 1:20 con agua deionizada. El molde (Buchler Instruments, Los Angeles, California) con el gel, se coloca a 4° C por un mínimo de dos horas.

Se colocan en las hendiduras del gel 0.05 ml. del sobrenadante del homogeneizado y se corre la electroforesis por 16 horas a 12,5 miliamperios, 215 voltios a 4° C.

Se empleó una fuente de poder Heathkit modelo Ip 17. En la cámara anódica se colocó buffer con una dilución 1:5 en agua destilada y en la catódica 1:7. Las tajadas se colorearon con una solución reveladora que contenía el sustrato lactato de Litio 0.1 M, 6 mg/ml de NAD y 1 mg/ml de Nitro BT (obtenidos de Sigma Chemical Co. Missouri) en tris HCL 0.25 M a pH 7.4 (ALLEN, 1961). La reacción se llevó a cabo en la oscuridad. Los geles se fijaron luego con una solución de ácido acético, metanol y agua 1:5:5. Como control se utilizó plasma humano.

RESULTADOS

En los huevos no fertilizados y en los clivajes primero, segundo y tercero, en blástula, gástrula, neurula y botón de cola, aparecen como únicas bandas las correspondientes a LDH-1 (B_4 o M_4) y a LDH-2 (figura 1). Vale la pena anotar que la banda correspondiente a la LDH-1 en el estado de neurula fue bastante difusa como se muestra en la figura 2. Habría la posibilidad de que esta banda estuviese formada por sub-bandas como en casos que se mencionan en la introducción. La extrac-

ción de la banda y la realización de una electroforesis con el contenido de la misma, podría dar la respuesta a este interrogante. Las bandas 1 y 2 continúan apareciendo en todos los estados estudiados.

En el estado 20 (5 milímetros) aparece ya la banda correspondiente a la LDH-5 (figura 3). Esta se mantiene en todos los estados posteriores estudiados.

La banda correspondiente a la LDH-4 aparece solo en el estado 21, correspondiente a 7 milímetros (figura 4) y la LDH-3 aparece sólo en el estado 23, 11 milímetros (figura 5).

En el estado 11 milímetros se nota además una pequeña banda de muy escasa migración que podría representar una sub-banda de la LDH-4 o sencillamente un artefacto. Esta última posibilidad no es del todo convincente puesto que la banda es consistente en todos los experimentos en este estado.

La figura 6 resume la presencia o ausencia de las diferentes bandas a través de los estados de desarrollo estudiados.

Las migraciones relativas se obtuvieron midiendo en milímetros la distancia de cada banda y dividiendo esta distancia por la distancia de la banda de mayor migración en un control de plasma humano. Los promedios de los datos obtenidos son: 0.708 para LDH-1, 0.561 para LDH-2, 0.342 para LDH-3, 0.0954 para LDH-4 y — 0.0178 para la LDH-5.

DISCUSION

Durante las primeras etapas del desarrollo en anfibios L ϕ EVTRUP (1959) ha indicado que la energía para los procesos vitales se deriva esencialmente de los carbohidratos. La presencia de glicólisis se puede inferir de la presencia de LDH en un tejido (RECHTERICH *et al.*, 1963). Este es el caso de la *Hyla labialis*.

Por otra parte se esperaría que el aumento en el consumo de oxígeno, a medida que avanza el desarrollo (BOELL, 1955) estuviese ligado con un cambio en el tipo de enzimas presentes en el organismo.

ADAMS y FINNEGAN (1965), trabajando con *Rana aurora* han reportado una disminución en la actividad específica de la LDH inmediatamente después de la neurulación. Aunque en este trabajo no se presentan datos cuantitativos, es muy sugestivo el hecho de que también en este estado se presenta algún cambio, indicado por una banda difusa al nivel de la LDH-1.

Esa banda difusa podría además indicar que hay sub-bandas en ella. Si este es el caso, habría más de 5 isozimas presentes y no sería fácil explicarlo con la hipótesis de tetrámeros de dos subunidades básicas propuestas por APELLA y MARKET en 1961.

ADAMS y FINNEGAN (1965) y CHAN y BALEK (1973) han reportado más de cinco bandas en salamandras. Informes similares se han dado en ranas (WRIGHT y MOYER, 1968) y en otros orga-

nismos. Para explicar la existencia de estas múltiples bandas se han lanzado varias hipótesis como son las de isómeros conformacionales (HOUSAIS, 1966) presencia de tres genes diferentes (KAPLAN, 1964) y enlaces covalentes de GSH y cisteína a la LDH por enlaces disulfuro (DUDMAN y ZERNER, 1973).

En *Hyla labialis* se observa la aparición de la LDH-5 solo hasta el estado de 5 milímetros, inmediatamente después del estado de botón de cola que es la etapa en la que comienzan los movimientos musculares. El funcionamiento muscular y la aparición de la LDH-5 se relacionan muy bien puesto que es ésta la que se encuentra en mayor concentración en los músculos. Por otra parte, estudios en *Rana aurora* (ADAMS y FINNEGAN, 1965), presentan un aumento en la actividad específica de LDH en esta etapa e investigaciones en *Rana pipiens* muestran que en este tiempo se acumulan ribosomas y hay un aumento en la síntesis de proteínas (BROWN y CASTON, 1962), y en la actividad de varias enzimas (WALLACE, 1961).

También en este estado de desarrollo aparecen las subunidades paternas de LDH en híbridos (WRIGHT y MOYER, 1966) indicando que es el tiempo en que se activan los genomas derivados del padre. WRIGHT y MOYER (1968) han demostrado, utilizando *Rana pipiens*, que en híbridos las enzimas maternas persisten hasta 20 días después de la fertilización y quince días después de que el embrión ha comenzado a sintetizar su propia LDH.

Los puntos expuestos anteriormente y el hecho de que en nuestros experimentos las formas de LDH 1 y 2 están presentes en forma activa en huevos no fertilizados tienden a indicar que ellas son sintetizadas mientras los huevos están en

el organismo materno. Estos dos tipos de LDH persisten durante todas las etapas del desarrollo estudiadas, en *Hyla labialis*, sugieren que son de vida larga o que los genes correspondientes y sus controles están activos durante estas etapas. Los experimentos mencionados en el párrafo anterior tienden a favorecer la primera posibilidad.

La isoforma 5 de la LDH se forma solamente algo después del estado de botón de cola, indicando que el gene correspondiente ha comenzado a actuar o está actuando con una mayor intensidad. Se observa que se forma primero la LDH-5 y luego la 4 y finalmente la 3. Esto podría estar relacionado con el hecho de que las sub-unidades tienen una mayor tendencia a asociarse entre sub-unidades iguales (DUDMAN y ZERNER, 1973).

RESUMEN

Utilizando la técnica de electroforesis vertical en almidón se han estudiado las primeras etapas de desarrollo de la rana *Hyla labialis* en cuanto se refiere a los cambios que se observan en las isoformas de LDH. Se muestra que la LDH-1 y la LDH-2 aparecen en todas las etapas fertilizadas como en todas las etapas de desarrollo estudiadas, que se extienden hasta el estado 23, correspondiente a embriones de 11 milímetros. La LDH-5 hace su aparición en el estado de 5 milímetros, la LDH-4 en el estado de 7 milímetros y la LDH-3 en el estado de 11 milímetros.

Los resultados tienden a confirmar experimentos previos hechos con híbridos en el sentido de que las enzimas sintetizadas por la madre permanecen activas en el embrión y que el embrión posiblemente comienza a sintetizar sus propias enzimas en el estado de botón de cola.

ISOZIMA	HUEVOS SIN FERTILIZAR.	1er. CLIVAJE	2do. CLIVAJE	3er. CLIVAJE	BLASTULA	GASTRULA	NEURULA	BOTON DE COLA	5 M.M.	7 M.M.	11 M.M.
LDH ₁	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LDH ₂	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LDH ₃											+
LDH ₄										+	+
LDH ₅									+	+	+

FIGURA 6. Comparación de la incidencia de las isoformas de LDH en los diferentes estados de desarrollo embriológico de *Hyla labialis*.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, E. y FINNEGAN, 1965. An Investigation of LDH Activity in Early Amphibian Development. *J. Expt. Zool.*, 158: 241-252.
- ALLEN, V. A., 1961. Multiple forms of LDH in tissues of the mouse: their specificity, cellular localization and response to altered physiological conditions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 94: 937-951.
- BELFIORE, F. LL. VECCHIO y E. NAPOLI, 1973. Serum enzymes in diabetes mellitus, *Clin. Chem.* 19: 447-452.
- BOYER, S. H., D. C. FAINTER y E. J. WATSON-WILLIAMS, 1963. Lactate dehydrogenase variant from human blood: evidencie for molecular subunits. *Science N. Y.* 141: 642-643.
- BOELL, E. J., 1955. Energy exchange and Enzyme development during embryogenesis: *In analysis of development* (Ed. B. H. Willier, P. A. Weiss, V. Hamburg). Pp. 520-555. W. B. Saunder y Co.
- BROWN, D. D. y J. D. CASTON, 1962. Biochemistry of Amphibian Development I Ribosome and protein synthesis in Early Development of *Rana pipiens*. *Devel. Biol.* 5: 412-434.
- CAHN, R. D., N. O. KAPLAN, L. LEVINE y E. ZWILLING. Nature and Development of lactic Dehydrogenases, 1962. *Science*, 136: 962-969.
- CHAN, T. H. C. y R. W. BALEK, 1973. Changes in Lactate dehydrogenases from forelimb and tail regenerates of two species of salamandra. *Comp. Biochem. Physiol.* 44A: 1093-1100.
- DAVIS, R. M. AL. BALITZ, W. T. HUBBERT y C. K. GRAHAM, 1973. Age-related change of LDH activity and isoenzyme patterns in the Bovine feters. *Neonate*, 22: 64-77.
- DIXON, M. y E. C. WEEB, 1964. Enzymes 2nd. Ed. Logmans-Green & Co. Ltd., Londres.
- DUDMAN, N. P. B. y B. ZERNER, 1973: LDH: Electrophoretic behaviour, electron microscopy and structure. *Biochim. Biophys. Acta* 310: 248-263.
- DUNN, E. R., 1944. Herpatology of the Bogotá area. *Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 6: 88-8.
- FINE, I. H., N. O. KAPLAN y D. KUFTINEC, 1963. Development Changes of mammalian Lactic Dehydrogenase. *Biochim.* 2: 116-121.
- GEORGE, J. F. e IRMA DE ESCAMILLA, 1973. *Revista La Salle*.
- HALL, K., 1973. Lactic dehydrogenase and other enzymes in the mouse uterus during the perimplantation period of pregnancy. *J. Reprod. Fert.* 34: 79-91.
- KAPLAN, N. O., 1964. Lactate Dehydrogenase Structure and Function. Brook haven. *Symp. Biol.* 17: 131-153.
- LØEVTRUP, S., 1959. Utilization of the energy sources during amphibian embryogenesis at row temperatures. *J. Exp. Zool.* 140: 383-394.
- LUBRANO, T., A. A. DIETZ y H. M. RUBINSTEIN, 1971. Extra lactate dehydrogenase isoenzyme band in serum of patiens with severe liver disease. *Clinical Chem.* 17: 882-885.
- MARKETIT, C. L., 1965. Developmental Genetics, *Harvey Lectures*, 59: 187-218.
- NANCE, W. E., A. CLAFIN y O. SMITHIES, 1963. Lactic dehydrogenase: Genetic control in men *Science. N. Y.* 142: 1075-1077.
- NEWCOMER, R., 1966. Comunicación personal.
- PATTERSON, C. y C. J. MASTERS, 1972. Lactate dehydrogenase isoenzymes and the reproductive cycle in the rat. *J. Reprod. Fert.* 30: 425-431.
- POLLISTER, A. W. y A. J. A. MOORE, 1937. Tables for the normal development of *Rana sylvatica*. *Anat. Rec.* 68: 486-496.
- RICHTERICH, R. P. SCHAFROTH y H. AEBI, 1963. A study of LDH isoenzyme pattern of human tissues by adsorption-evolution on shephadex DEAE. *Clin. Chim. Acta.* 8: 178-192.
- RYAN, F. J. y J. GRANT, 1940. The stimulus for maturation and ovulation of the frog's eggs. *Physiol. Zool.* 13: 383-389.
- SMITHIES, O., 1955. Zone electrophoretic in strach - gels group variation in serum protein of normal human adults. *Biochem, J.* 61: 629-641.
- SPEAKER, C. B., 1965. A comparisson of lactate dehydrogenase. Malate dehydrogenase and esterase in three species of aricha New stand their interspecific hybrids. *Am. Zool.* 5: 205.
- WALLACE, R. A., 1961. Enzymatic patterns in the development frog embryo. *Devel. Biol.* 3: 486-515.
- WRIGHT, D. A. y F. H. MOYER, 1966. Parental influences on lactate dehydrogenase in the Early developmental of hybrid frogs in the genus *Rana*. *J. Exptl. Zool.* 163: 215-230.
- 1968. Inheritance of frog lactate dehydrogenase patterns and the persistence of maternal isozymes during development. *J. Exp. Zool.* 167: 197-206.
- 1973. Inmunochemistry of frog lactate dehydrogenase (LDH), and the subunit homologies of Amphibian LDH isozymes. *Comp. Biochem. Physiol.* 44B: 1011-1016.
- ZINKHAM, W. H., A. BLANCO y L. KUPCHYK, 1963. Lactate dehydrogenase in testis. *Dissociation and recombination of subunits Science.* 142: 1303-1304.

INVESTIGACION GEOLOGICA EN COLOMBIA

Por FABIO CEDIEL¹

"Constituye una especie de premandamiento del ciudadano el saber en dónde está parado. Contra lo que vanamente se supone, muy pocos saben en dónde están parados". Enrique Caballero E. (1971) — Historia Económica de Colombia.

En Colombia la Investigación Geológica no ha pasado de ser un intento tímido y desconfiado de algunos gobiernos que con criterios mercantiles tratan de alcanzar aquello que los vecinos han hecho de sus recursos naturales no renovables: una fuente de riqueza.

En la historia de Colombia se pueden contar tres de estos ensayos de Investigación Geológica, que bien merecen una breve evaluación:

— El Servicio Geológico Nacional formado a través de la Misión Científica Alemana de los años 30, y que fue la primera investigación organizada cuyos estudios o frutos, algunos de ellos ampliados y modificados, todavía hoy son de consulta obligatoria.

— El Inventario Minero Nacional de los años 60, producto de la política americana de Alianza para el Progreso (programa de la Agencia para el Desarrollo Internacional, AID), y que para el país significó un notorio avance en la cartografía geológica.

— Y finalmente, lo que podría entenderse como consecuencia de los dos primeros, tenemos en los años 70 el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, con programas heredados del Inventario Minero y otros nuevos dirigidos por geólogos de las Naciones Unidas.

Estos tres eventos dibujan en la historia del país una curva que comparada con aquellas que indican el crecimiento de la población, los índices de crecimiento industrial, o, en general, aumento del producto interno bruto, seguramente representa una trayectoria en decadencia.

Si este juicio, expresado en la forma más breve y cruda posible, ha de entenderse correctamente,

es necesario citar algunos de los criterios usados en esta evaluación, tales como:

— Metodología científica existente en el mundo y usada en los años 30 y 70 en Colombia.

— Número de geólogos colombianos y extranjeros trabajando en Colombia, desde los años 20 hasta el presente.

— Número de hallazgos de yacimientos minerales hechos desde los años 30 hasta el presente, teniendo como referencia los ya conocidos y explotados en la época de la Colonia.

— Y algunas cifras imprescindibles en todo diagnóstico:

a) El sector de los minerales, distinto de los hidrocarburos, participó en la formación del producto interno bruto con el 0.9% como promedio en el período 1951-1960; con el 0.7% en la década pasada y con el 0.5% en 1971 (SILVA, G., 1974). El número de pozos exploratorios perforados entre 1961 y 1972 ha decrecido de 60 como cifra mayor en el año 1963, a 19 en 1972. Sin embargo, los datos disponibles en el Ministerio de Minas y Energía indican un nivel constante de reservas durante el mismo período;

b) Los presupuestos de 1974 para el Ministerio de Minas y Energía y el Departamento de Geología de la Universidad Nacional son respectivamente 0.3% del Presupuesto Nacional y el 1.0% del presupuesto de la misma Universidad.

Un hecho más, y no menos importante que los tres proyectos enumerados hasta ahora, que forma parte trascendental de la historia de la investigación geológica del país, es la actividad desarrollada por la industria petrolera en este campo. El descubrimiento de yacimientos comerciales en Colombia en los años 20, en el Valle Medio del

¹ Doctor Fabio Cediél, Departamento de Geología, Universidad Nacional. Geotec, Ltda. Bogotá.

Magdalena convirtió al país en un centro de investigación geológica sin precedentes en Latinoamérica. A partir de ese momento comenzó a acumularse en las oficinas de exploración de cada una de las compañías americanas activas en el país, un capital importante de información geológica básica, que hasta hoy no ha visto la luz pública sino en un pequeño porcentaje, y que el Estado colombiano desconoce y por consiguiente no puede evaluar. Esta situación de ignorancia, sui generis, si se le compara con cualquier otro país productor de petróleo, no ha sido corregida a pesar de poseer Colombia una empresa estatal de más de 23 años de existencia, la Empresa Colombiana de Petróleos.

La investigación geológica del país realizada a través de la exploración petrolera significa para la economía nacional, quizá el único beneficio tangible y aprovechable hoy, luego de más de 50 años de explotación de nuestros yacimientos, si se ponen en marcha los mecanismos legales y administrativos que permitan recuperar para el Presupuesto Nacional toda la información geológica dispersa y retenida por las empresas petroleras americanas, que ahora la están usando en la búsqueda de yacimientos minerales, entre otros uranio y carbón.

El recuento histórico hasta aquí esbozado, permite entonces conceptualizar, como ya se ha consignado en estas líneas, sobre lo que hasta hoy se ha hecho en investigación geológica en Colombia, a la vez que obtener algunas conclusiones a manera de balance.

1. Los estudios geológicos realizados en el país han sido orientados principalmente a obtener información básica, la más elemental acerca de las rocas, sus edades y ubicación geográfica.

2. Existen aún extensas áreas geográficas y de conocimientos básicos de la geología del país que continúan siendo ignoradas.

3. La información geológica sobre Colombia se halla dispersa en publicaciones nacionales y extranjeras y en numerosos informes inéditos o reservados en manos de la industria petrolera, principalmente.

4. Hasta la fecha no se ha intentado siquiera reunir toda la información existente, que es propiedad del Estado, para analizarla y evaluarla.

5. La intensificación esporádica que ha experimentado temporalmente la investigación geológica en el país, ha logrado identificar nuevos e interesantes prospectos, sin que hasta ahora se les haya estudiado en forma concluyente.

Entonces, si este es el resultado de setenta años de investigación geológica, es apenas justo y necesario revisar los criterios, la filosofía con que se ha tratado esta actividad científico-económica en Colombia, en busca de soluciones adecuadas y dentro de las metas de un Estado consciente de las responsabilidades que implica un conocimiento

cierto o la ignorancia de sus propios recursos naturales no renovables.

Si bien es cierto que a principios del siglo la investigación geológica en Colombia era solamente una curiosidad, o en el mejor de los casos, un pasatiempo intelectual tolerado por el erario público, hoy a fuerza de atraso y reveses económicos, golpeados por "Crisis Energética", así sea ésta importada o artificial, el país ha llegado a entender la importancia y quizás a añorar la situación económica de las décadas en que Colombia era conocida en los mercados internacionales por sus productos mineros. Sin embargo, se respira todavía dentro de un ambiente viciado de errores conceptuales en cuanto a la aplicación de una metodología y técnicas científicas, pensando aún en la época de los hallazgos fortuitos en tierra incógnita, cuando tenía más valor la suerte que el estudio y el uso de la razón. Quizás algunos de nuestros políticos y dirigentes empresariales han superado ya una etapa en la cual las decisiones se tomaban intuitivamente y exigen hoy en cambio criterios y argumentos sustentados por conocimientos geológicos concretos, que presentados dentro de un lenguaje interdisciplinario pueden ser debatidos y juzgados. Es entonces el progreso técnico-científico en general, la necesidad cada día más sentida de investigaciones multidisciplinarias para el eficiente aprovechamiento de los recursos energéticos o en general recursos no renovables, el acicate permanente que reclama con mayor rigor, investigaciones geológicas más extensas, más profundas. Ante esta exigencia las personas y entidades llamadas a desarrollar cualquier tipo de investigación geológica han respondido siempre con esfuerzos incoherentes, desorientados y por ende ajenos a la realidad política y económica del país. Más aún, ese afán personal de encontrar respuestas económicas, ha llevado al país a obsequiar ingenuamente, así quiero creerlo, valiosos conocimientos geológicos a intereses extranjeros.

Es evidente entonces, desde todo punto de vista, que no existe una concepción clara, una filosofía o política definida acerca de lo que es la investigación geológica y su significado en el desarrollo del país.

Identificando este inmenso vacío y experimentadas ya las graves consecuencias que significa la falta de una formulación clara del concepto mismo de investigación geológica en Colombia, pretendo esbozar en cortas líneas, desde sus definiciones más elementales, las ideas que pueden contribuir a encontrar esa filosofía y política, que permita fijar metas a nuestra labor científica, profesional, industrial, dentro de las responsabilidades que nos competen.

Para enmarcar racionalmente estas reflexiones puede aceptarse, en gracia a la brevedad, la diferenciación en ciencias experimentales (tales como física y química) y ciencias no-experimentales, como biología y geología, siendo esta última típicamente analítica. Esta división muestra clara-

mente que la metodología investigativa en uno y otro caso es bien diferente; que tratándose de ciencias experimentales, es imperiosa la utilización de complejos laboratorios y equipo técnico cuya modernización se realiza a un ritmo cada vez más acelerado, mientras que para ciencias, que por su esencia misma no pueden ser experimentales, como es la geología, el equipo técnico necesario para investigar es muy reducido en número y costo.

La renovación y modernización de los implementos técnicos, el aparataje de laboratorio, que requiera la investigación geológica, proviene del desarrollo científico de las ciencias experimentales, de la química y de la física. Pero la cantidad de equipo nuevo que diariamente se crea alrededor de estas ciencias es aprovechable solamente en un porcentaje mínimo en estudios geológicos.

Un balance general de la dotación y calidad, grado de actualización, de los laboratorios que atienden hoy a la investigación geológica en Colombia, muestra que hay un desequilibrio ponderable entre esa maquinaria y los hombres que la operan o que se sirven de ella. En otras palabras, que, generalizando, actualmente para la forma de investigación posible y que requiere el país, los laboratorios son suficientes, pero no están siendo utilizados en la capacidad para que están programados. Esta situación no es sorprendente, las exigencias presupuestales de las entidades llamadas a investigar, particularmente las estatales, y que alegan como prerrequisito para llevar a cabo cualquier estudio, han sido parcialmente concedidas en la mayoría de las veces en forma de equipo. Este procedimiento ha sido la norma en los últimos años, con un agravante más, los presupuestos invertidos están alimentados por "préstamos" extranjeros, que implican además compras de forzosa aceptación. Pero para no salirnos del tema que nos ocupa, basta, por ahora, hacer énfasis en esta situación de desequilibrio laboratorio-geólogos.

Definido entonces el carácter técnico-científico de la geología y su estado actual en Colombia, revisemos brevemente la noción de investigación.

Punto de partida para este análisis puede ser los resultados obtenidos por un grupo de estudio de COLCIENCIAS a través de una encuesta sobre "Problemas de formación y utilización de recursos humanos para los sectores minero y energéticos" (1974): "Colombia, dice, no está todavía en condiciones de emprender una tarea medianamente eficiente en el campo de la investigación de base. Según ellos (los encuestados), estamos en una fase en la cual lo más que podemos hacer es asimilar los logros de la ciencia realizados en el exterior. Por otra parte y en contraposición al argumento anterior, algunos señalan la necesidad de preparar recursos humanos al más alto nivel con el fin de que el país pueda trascender la etapa actual de importación de tecnología, por la investigación interna tanto de base como aplicada".

Un examen cuidadoso de esta conclusión, que sin duda es representativa de los conceptos en boga hoy sobre la investigación geológica en Colombia, obliga a formularnos algunas preguntas:

— ¿Qué se entiende por investigación de base (o pura) e investigación aplicada?

Hoy en la época de las investigaciones geológicas extraterrestres puede afirmarse sin temor a equivocarse, que esta terminología y su significado han perdido toda validez.

Hoy tenemos que hablar de investigación a corto y a largo plazo. Esta nueva concepción en investigación geológica tiene un doble significado: 1. El resultado de toda investigación tiene aplicación mediata o inmediata, y 2. El resultado de toda investigación geológica tiene un valor económico. La demostración de esta afirmación está a cargo de la historia de la misma ciencia y en Colombia con ejemplos irrefutables; más aún, cada uno de los geólogos que en una u otra forma han estado o están directamente vinculados a estudios geológicos en el país, puede presentar casos reales que certifican cómo estudios realizados hace unas pocas décadas sin ánimo ni esperanza de ser aprovechados económicamente hoy constituyen pilares de conocimiento básico en programas de prospección minera o de hidrocarburos. Como ratificación de este nuevo concepto de investigación geológica, basta citar la hoy ya difundida y aceptada definición de la diferencia entre países desarrollados y países en desarrollo, que estriba solamente en el plazo de tiempo que se considere apropiado para que una investigación dé frutos.

— ¿Está Colombia en capacidad de emprender eficientemente programas de investigación geológica?

La respuesta es un categórico sí. ¿Acaso no es éste un país en desarrollo? ¿Acaso no vemos a diario cómo el Estado y la empresa privada invierten en pro de su desarrollo? ¿Acaso no se ha hecho ya una inversión cuantiosa en la formación de más de 250 geólogos hasta la fecha egresados de nuestras Universidades, más de un 20% de ellos con estudios de postgrado en el exterior y no pocos con diez y más años de experiencia en la geología del país? En otras palabras, debemos entender que todo estudio geológico, por su esencia, es una inversión a corto o a largo plazo, modalidad que, es cierto, merece un tratamiento especial y por consiguiente reclama una participación importante del Estado. Entonces ¿por qué el Estado o la banca o los grandes grupos financieros no invierten en la investigación geológica? Falta comprensión del problema en los estamentos a alto nivel, tales como Consejo de Política Económica, Planeación Nacional, Juntas Directivas, etc., donde es notoria la ausencia de expertos en economía geológica. Pero, más grave aún, el país carece de estos expertos, bien sea economistas geólogos, planificadores geólogos o geólogos expertos en administración de empresas, habilitados para participar con capacidad decisoria en el manejo de los inte-

reses del Estado y la grande industria. Si en este campo económico-administrativo es palpable una gran deficiencia, no así ocurre a nivel técnico; la opinión de evaluadores calificados indica que el geólogo colombiano está suficientemente capacitado para desempeñarse eficientemente en programas de investigación.

— Entonces, de estas líneas, puede ganarse la impresión de que el país está en capacidad económica de invertir y dispone del equipo humano y material para abordar su propia investigación geológica.

El que no lo haga, obedece, a más de las razones ya insinuadas, a dos causas importantes: 1. La opinión difundida en algunos círculos, que es más "barato" importar tecnología, hacer uso de la "transferencia de tecnología", tal como nos la ofrecen los países industrializados, y 2. A la deficiencia del sistema universitario, que como producto de la "transferencia tecnológica" nunca ha tenido la responsabilidad de buscar en su propio medio y con sus propias fuerzas los conocimientos que, además de justificar su existencia, han de ser el resultado que una sociedad y un Estado concientes le han debido exigir, ya desde su creación misma.

En cuanto al primer punto, recordemos lo limitado que es el papel que desempeña el aspecto puramente técnico dentro de la geología y el significado de la "transferencia" de esa poca tecnología. Mi experiencia personal me obliga a compartir la opinión de expertos en educación superior que califican este procedimiento como una compra costosa, impuesta, y de la cual se benefician casi exclusivamente los vendedores. Más aún, esta forma de comercio internacional puede juzgarse mejor a través de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Comercio y el Desarrollo (UNCTAD) que informa recientemente cómo dentro de 5 años los países en desarrollo deberán pagar por este concepto a los llamados países desarrollados la suma de nueve mil millones de dólares. Pero no es lo importante de la cuantía solamente lo que llama la atención, sino las condiciones y consecuencias que este juego conlleva, es decir la supe-ditación científica-económica del comprador al vendedor, garantizada a perpetuidad, para usar un término minero bien conocido en Colombia. Tratando de poner freno a esta situación, a todas luces injusta, la misma Conferencia se halla empeñada en la redacción de un Código de Conducta sobre Transferencias de Tecnología.

Pero y ¿qué pensar de la eficacia de un Código de Conducta "Comercial"? Parte de la respuesta puede estar contenida en el informe anual del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 1972) que dice: "Los pagos al extranjero por concepto de tecnología son elevados precisamente en el momento cuando se les ponen objeciones, tanto políticas como económicas. Además, si la demanda en el extranjero por las exportaciones latinoamericanas no aumenta con más rapidez, es posible que

dentro de poco la región no pueda disponer de divisas para pagar por la tecnología que necesite importar".

Sería una tarea por sí, discutir lo que en el programa de la AID significó para Colombia el INVENTARIO MINERO NACIONAL; por ahora olvidándonos del precio pagado, recordemos que años antes de que aquí se hiciera una evaluación económica de sus resultados o se permitiera su consulta, en Estados Unidos ya esa información circulaba libremente hasta en las Universidades, tal como se puede certificar con las fechas de las publicaciones. Y más aún, ¿qué metodologías o técnicas nuevas fueron usadas, o cuál fue el beneficio para el personal colombiano en aspectos de preparación científica? Que valga éste como ejemplo de "transferencia tecnológica".

Entonces, si no solamente el producto sino su calidad y las consecuencias derivadas del "transplante tecnológico" es a todas luces inconveniente y extremadamente oneroso, es cuando menos necio o deshonesto insistir como país en desarrollo en esta forma de "cooperación" para estudios geológicos.

En cuanto al segundo punto, basta recordar que la universidad colombiana no es más que el cauce por donde transitan conocimientos de consumo inmediato, pero en ningún momento, fuente generadora de la que puede alimentarse la próxima generación. Si la investigación geológica no existe en la universidad colombiana, se debe fundamentalmente a que se ignora su importancia, a que no se tiene un concepto claro de su esencia misma y su significado en la formación del futuro geólogo. *Mientras la investigación geológica no sea entendida como una gestión, como un proceso a través del cual el geólogo debe, con la mayor eficacia posible, ejercitar su capacidad de análisis, de creatividad y sus iniciativas y responsabilidades, no podemos esperar poseer realmente los conocimientos necesarios para poder participar activamente en la toma de decisiones. ¿Hasta cuándo vamos a esperar que sean precisamente los geólogos quienes, conociendo y teniendo intereses en su país, decidan cuáles son los temas, los proyectos a investigar y sean ellos mismos los ejecutores responsables de los resultados y del uso que a esos resultados se les dé? Este tema raya en el campo de la dignidad profesional y la responsabilidad para con la comunidad, puntos en los que no deseo profundizar.*

— No cabe duda que muchas investigaciones geológicas deben hacerse en países del tercer mundo para entender problemas universales de repercusiones trascendentales en las finanzas de compañías multinacionales. Cuando tales estudios son propuestos en Colombia, aún a través de universidades, como ocurre a menudo, la respuesta afirmativa no se hace esperar, como gesto bondadoso de alguien que permite la entrada de extraños a su casa sin entender lo que buscan. Es para este tipo

de investigaciones que se usa entonces el mote de investigación pura, o estudios académicos, etc.

La gestión investigativa en geología es, finalmente, un ejercicio práctico, que tiene como motor la necesidad cada vez más apremiante de emplear eficientemente los propios recursos no renovables en provecho de la comunidad, una *investigación científico-económica que conlleva responsabilidades no delegables y que requiere el concurso personal*, la organización privada y estatal para cumplir cabalmente sus fines a corto y largo plazo. Dicho en forma aún más general con las palabras de un premio Nobel de Química, "La investigación científica no es un ejercicio académico sino una fuerza económica y política" (KREBS, 1967).

Así, pues, si acusamos a la Universidad en primer lugar, como responsable de deficiencias prominentes en la formación científica, no podemos exonerar de culpa al Estado y a la industria que por falta de comprensión del problema no han creado los incentivos que para su propio beneficio exige esta actividad.

Por último y consecuente con el concepto de investigación aquí planteado, que va más allá de la simple compilación de datos y descripción de hechos, quiero insistir muy enfáticamente en la urgente necesidad de desarrollar una estrategia de investigación geológica para Colombia. Este llamado, apremiante, va dirigido no solamente a los Cuerpos Ejecutivo y Legislativo del Estado, sino a todos y cada uno de los geólogos, ingenieros de minas, de petróleos, economistas, etc., para que no solamente como personas sino como grupos actualicemos nuestros conceptos y modernicemos nuestros criterios acerca de la investigación geológica y procedamos de acuerdo con la trascendencia económica y política que para Colombia significa

ignorar o conocer sus recursos naturales no renovables.

El mecanismo a través del cual dicha estrategia comenzaría a rendir frutos a corto plazo sería el siguiente:

1. Creación de una Facultad de Recursos Naturales no-Renovables en la Universidad Nacional de Bogotá, incluyendo en ella al actual Departamento de Geología y financiada no solamente por el presupuesto de la misma Universidad, sino con recursos provenientes de la industria petrolera e industria minera.
2. Reunir en el Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras todos los recursos financieros del Estado hoy dispersos en pequeños grupos de exploración de ECOMINAS, IFI, COLMINAS y MINMINAS, para convertirlo en un verdadero centro de investigaciones geológico-mineras.
3. Poner en marcha la fuerza legislativa existente, o crear las medidas legales necesarias para que ECOPETROL sea la depositaria de toda la información geológica obtenida mediante la exploración petrolera en el país.
4. Creación de un Consejo Multidisciplinario de Investigación Geológica, encargado de fijar prioridades y vigilar la reserva propia de los planes de investigación geológica en el país.

Este mecanismo, como otro u otros, puede ponerse en marcha mediante actos administrativos o legislativos, pero no la gestión investigativa, que depende de nuestra actitud mental frente a ella. Es hacia ese cambio de actitud que las ideas aquí esbozadas quieren presentar una reiterada invitación.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, BID, 1972. Progreso económico y social en América Latina. Informe anual, 1972. Washington.

FONDO COLOMBIANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y PROYECTOS ESPECIALES, "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS, 1974. Problemas de formación y

utilización de recursos humanos para los sectores minero y energético. Bogotá.

KERNS, H. A., 1967. The formation of a Scientist. Nature 215 (5109), 1441-1445.

SILVA, G., 1974. Memorias del Ministro de Minas y Energía. Imprenta Nacional. Bogotá.

ANALISIS MODAL DE ROCAS IGNEAS POR DIFRACCION DE RAYOS X

Por GUILLERMO OTÁLORA RAMOS

El experimento que voy a describir tiene por objeto la medida de la abundancia relativa de los minerales que componen las rocas ígneas por medio de difracción de rayos X. Esencialmente, el método consiste en determinar la cantidad relativa de pares minerales por la proporción entre las alturas de los picos propios de cada uno de ellos.

Para la generalidad de rocas plutónicas de grano medio, el método es de una precisión equivalente a los procedimientos ópticos clásicos, tal como el análisis de Rosiwal; pero es mucho más rápido una vez precisadas las curvas que relacionan la altura de picos con la concentración relativa de los minerales. Es una técnica muy superior a las existentes para determinar la matriz (parte finamente cristalina o vidriosa) de rocas volcánicas o milonitas y para el análisis modal de rocas afáníticas, criptocristalinas o microcriptocristalinas; además, tiene algunas ventajas en cuanto a rocas de grano grueso. El porcentaje de vidrio en rocas volcánicas puede fijarse aproximadamente, pero cada investigador tendrá que construir sus propias curvas de calibración, porque la medición no es de una simple proporción y más bien depende de la instrumentación usada.

En el caso de rocas de mineralogía sencilla, los porcentajes entre minerales pueden convertirse en la composición química de la misma con precisión razonable, tal como se hizo con la roca de San Pablo, un peridoto milonitizado, y con un nódulo de olivino.

INTRODUCCION

Los experimentos aquí descritos de análisis por difracción de rayos X de mezclas conocidas de minerales, se hicieron en el Departamento de Ciencias Geológicas y Geofísicas de la Universidad de Princeton.

Estos se fundamentan en el cambio de la proporción entre las alturas de picos escogidos de parejas minerales. Los resultados indican que se puede estimar la abundancia de ellos en rocas ígneas con un nivel de precisión muy útil para petrólogos que deben efectuar gran número de análisis de rutina, p. e., en el estudio de un plutón.

Aunque hay varios factores que limitan el análisis cuantitativo exacto de rocas por difracción de rayos X (1), el método descrito es relativamente independiente de ellos.

Otros investigadores han llevado a cabo estudios para estimar la proporción entre dos compuestos químicos por difracción de rayos X, pero buscando un alto grado de precisión que realmente no se necesita, ni es posible lograr cuando se trata de rocas con muchos componentes. En estos estudios se han utilizado las áreas de picos y no su altura; el efecto de pequeños picos superpuestos se descuenta por cálculo; además, los materiales empleados son generalmente compuestos puros de composición invariable. En rocas, los minerales son de composición variable, p.e., los anfiboles como grupo difieren ampliamente en composición; por otra parte, hay minerales que cristalizan por zonas de composición variable desde el centro hacia el borde del cristal.

En sistemas multi-componentes, tales como las rocas ígneas, no es factible suprimir picos por cálculo. No obstante, si uno está dispuesto a sacrificar algo de precisión, se puede hacer caso omiso de las complejidades inherentes al método y sin embargo, producir resultados petrológicamente útiles. Estos resultados son susceptibles de mejoramiento si se usan minerales químicamente analizados y semejantes a los que se investigan para la construcción de curvas de calibración.

Para lograr alta precisión, es necesario el cuidadoso control de la granulometría de los cristales pulverizados (2); por lo tanto, el procedimiento de molienda debe ser meticuloso.

No se dispone de métodos asequibles en petrología para determinar la abundancia mineral en rocas de material muy fino, como es la matriz de la generalidad de rocas volcánicas o milonitas.

En Princeton se realizó satisfactoriamente un análisis de la Piedra de San Pablo (milonita peridoto) (situada entre Brasil y Africa). En el caso de rocas ígneas de grano medio (entre 1 y 5 mm.) se logra conseguir una precisión algo mejor que con el análisis de Rosiwal, o con el contaje de punto, usando cinco secciones delgadas estándar; pero la técnica por difracción de rayos X es casi tan exacta, mucho más rápida y menos laboriosa.

Era deseable determinar el porcentaje de vidrio en rocas volcánicas y esto se hizo con éxito. Sin embargo, esta determinación no es una comparación de proporcionalidad. Es así como cualquier investigador que quisiera efectuar tales determinaciones, debe elaborar curvas de calibración pro-

pias, de acuerdo con la instrumentación a su disposición.

El método que se va a describir se desarrolló para el difractor de rayos X que debía llevarse en la misión Surveyor del programa lunar. Podría ser una herramienta muy útil para otras misiones solares, pero aquí deseo hacer hincapié sobre su utilidad para solucionar una variedad de problemas petrológicos terrestres.

LA TEORIA DEL ANALISIS CUANTITATIVO POR DIFRACCION DE RAYOS X

La determinación de las cantidades relativas de fases minerales en rocas por difracción de rayos X, está basada en la relación entre la intensidad de picos y las propiedades de absorción de los minerales (3).

La intensidad de difracción de un mineral es función de su concentración en una mezcla. La correlación de la intensidad del pico con la concentración depende de la precisión con que su reproducción puede controlarse con técnicas instrumentales y de preparación de muestras. Uno de los factores involucrados, es la distribución del tamaño de las partículas cristalinas en las mezclas pulverizadas, pues su grosor influye sobre la intensidad de los picos.

La intensidad o altura del pico de un mineral en una mezcla molida varía con la concentración del mineral y la proporción entre los coeficientes de absorción másica del mineral y de la mezcla (4).

$$I_1 = \frac{K_1 x_1}{\rho_1 [x_1 (u_1^* - u_M^*) + u_M^*]} \quad (1),$$

donde I_1 es la intensidad del pico del componente 1, que es el mineral que se analiza; ρ_1 es la densidad del componente 1; x_1 es su fracción por peso; u_1^* su coeficiente de absorción másica; u_M^* es el coeficiente de absorción másica de la matriz; K_1 es una constante que depende de la naturaleza del componente 1 y la geometría del aparato. La fórmula muestra que en una mezcla de dos minerales con similares coeficientes de absorción másica $u_1^* = u_M^*$, la altura de los picos cambiaría linealmente con la concentración. Pero cuando $u_1^* \neq u_M^*$ la curva intensidad-concentración ya no es lineal.

Es posible hacer un análisis directo de pares minerales con curvas de calibración empíricas, preparadas con mezclas sintéticas de dos componentes. Las curvas de calibración que se presentan son de minerales con diferentes coeficientes de absorción másica, con la posible excepción de los polimorfos de sílice.

El examen de las curvas empíricas de intensidad-concentración para polimorfos de sílice revela serias anomalías. Todos los polimorfos tienen el mismo coeficiente de absorción másica para la radiación $K\alpha$ del Cu y, de acuerdo con la ecuación (1), los puntos experimentales deben caer sobre la línea recta predicha. Mezclas de cuarzo y cristobalita muestran relaciones lineales; pero las de cristobalita-tridimita y cuarzo-tridimita se apartan de la linealidad. Este efecto no se limita a polimorfos, también puede observarse en el gráfico de calibración para mezclas de cuarzo y albita. Los coeficientes de absorción másica para los dos minerales es de 35 y 33 respectivamente, a pesar de lo cual la curva de intensidad-concentración no es lineal. Los anteriores efectos quedan sin explicación.

El análisis cuantitativo directo de rocas pulverizadas con referencia a curvas de intensidad-concentración de pares minerales, es estrictamente válido solamente para rocas compuestas de dos minerales; en este caso cualquiera de ellos puede considerarse la matriz del otro. Comoquiera que la mayoría de las rocas consisten de varios minerales, el componente por analizar estará en una matriz cuyas características de absorción difieren en mayor o menor grado de la matriz usada para construir la curva de calibración.

Alentadores resultados obtenidos al analizar mezclas sintéticas ternarias y cuaternarias con las curvas para parejas minerales, condujo a probar el método, analizando dos rocas de composición química conocida: la piedra de San Pablo y un nódulo de olivino, de Ludlow, California. La verificación es indirecta porque envuelve el cálculo de la composición química de las dos rocas usando los resultados del análisis modal por rayos X, y luego comparando los resultados del análisis químico por vía húmeda.

OTROS METODOS ENSAYADOS PARA ANALISIS CUANTITATIVO DE MEZCLAS POR RAYOS X

KLUG y ALEXANDER y BRISTOL emplean un sistema de análisis indirecto en el cual se agrega un mineral de control con la mezcla, para contrarrestar los efectos de absorción.

D. B. TATLOCK correlaciona el contenido de hierro con la absorción en mezclas de cristales y anota el efecto de fluorescencia sobre la intensidad del fondo. Pudo construir curvas de intensidad-concentración que, combinadas con curvas de intensidad de fondo, compensan la absorción y fluorescencia.

La precisión de estos dos métodos es función de la reproducibilidad de la altura de picos, que depende principalmente de una técnica muy cuidadosa de molienda que granule las muestras a aquellas dimensiones que produzcan la máxima intensidad de difracción; al moler inadecuadamente ocurren serios errores. El mismo aparato de rayos X debe calibrarse exactamente antes de usarlo con las muestras tipo.

El análisis modal que trata las fases minerales de las rocas como una serie de pares minerales, es menos afectado por deficiencias en la molienda y no requiere ni calibración de la máquina ni graduaciones instrumentales fijas, porque la curva de calibración utiliza la relación entre las intensidades del par mineral.

Para un análisis de rutina, se hace previamente un recorrido de reconocimiento para determinar los minerales presentes.

Una vez identificados los minerales de la roca se buscan los gráficos de calibración apropiados y se mide la intensidad de los picos seleccionados. La proporción de Fo:Fa en olivino y Ab:An en plagioclasas puede determinarse aproximadamente con los datos de rayos X (5).

La muestra pulverizada debe montarse en seis platinas de microscopio; cada platina se mide dos veces, la segunda girándola 180° en su propio plano.

Un montaje rotatorio puede incorporarse al difractómetro para mejorar la estadística de picos. La muestra pulverizada, por otra parte, debe ser una representación verdadera de la roca de donde proviene. Esto es difícil lograr en rocas cuya composición mineralógica varía espacialmente. En rocas de grano grueso, deben pulverizarse muestras cada vez más grandes si se desea obtener muestras representativas.

GRAFICOS DE CALIBRACION

Para la construcción de los gráficos se pesan diferentes proporciones de dos minerales con una precisión de un décimo de miligramo para una muestra de doscientos miligramos. Cada punto en el gráfico representa el resultado promedio de la medición en 6 o más plaquetas de la pareja mineral.

La ordenada es $\frac{hA}{hA + hB} \times 100$ donde hA = al-

tura pico escogido de mineral A y hB = altura pico escogido mineral B. La abscisa es el porcentaje por peso del mineral A. La altura del pico escogido se mide a partir de la recta que pasa a través del fondo medio, en la vecindad del pico. El difractómetro puede calibrarse en la forma deseada, para facilitar la medida de las alturas, ya que en esta técnica solo se necesita saber la relación entre ellas.

Para obtener gráficas útiles, el límite mínimo detectable de un mineral debe ser lo más bajo posible. El LMD es una proporción de altura entre pico y fondo que establece la presencia del mineral en el gráfico de difracción. Los más bajos valores del LMD se obtienen utilizando el pico más fuerte del mineral. Sin embargo, puede haber interferencia por los picos de minerales asociados de la roca. En este caso, habrá forzosamente que utilizar picos de menor altura, pero no susceptibles a la superposición. Para un fondo dado, la detección de estos picos requiere una mayor concentración del mineral.

Debido a que la intensidad es función de la gradación de los cristales en la muestra molida, es importante usar una técnica de molienda que asegure la reproducibilidad de la intensidad en muestras replicadas.

WESKIRCHNER (1960) (6) señala que en cuarzo hay orientación preferencial de acuerdo con el tamaño de los cristales. Sin duda, efectos similares ocurren en la mayoría de los minerales. Para disminuir este efecto se llegó, después de considerable experimentación, a un procedimiento de molienda que da resultados satisfactorios y reproducibles.

MEZCLAS DE CRISTALES Y VIDRIOS

El vidrio es un componente común de rocas volcánicas. Ocurre escasamente o puede estar ausente en rocas básicas, pero en lavas ácidas es un constituyente importante y aún dominante. Algunas rocas traquíticas o riolíticas, tales como "pitchstone" y obsidiana son casi completamente vidrio. El vidrio tiende a desvitrificarse con el tiempo, por lo que es raro en rocas paleozoicas, en comparación con las terciarias.

En los difractogramas, el trazo de vidrio consiste en un pico ancho y asimétrico que se ubica aproximadamente entre 10° y 40°* con su máximo entre 21° a 31°, de acuerdo con la composición química del vidrio. Los vidrios de composición riolítica, andesítica y basáltica pueden distinguirse porque el eje del pico aumenta en valor 2θ al disminuir el contenido de SiO₂ (7).

Las rocas vidriosas son una mezcla de vidrio y cristales y su difractograma consiste en el trazo de los cristales superpuesto al del vidrio. Los agudos picos de los cristalinos se elevan por encima del ancho pico del vidrio. A medida que la cantidad de este último disminuye en las mezclas, el continuo se va aplanando mientras que los picos de los cristalinos crecen proporcionalmente; la mínima cantidad detectable es 10%. La altura del continuo es probablemente una función de la abundancia de sílice, por lo tanto es bajo en basaltos y alto en riolitas.

MEDIDA DEL CONTENIDO DE VIDRIO

Un ensayo que se hizo para determinar el contenido de vidrio en una mezcla con cristales, fue medir el área del continuo, pero la prueba se abandonó porque el pico del vidrio se distorsiona por la superposición de los picos de los cristalinos. Otra posibilidad es ajustar líneas rectas a los dos declives del continuo, para medir la altura de la intersección sobre el fondo; comoquiera que la determinación de la recta que mejor se acomoda al declive es una operación subjetiva, se producen errores en la estimación de vidrio hasta de un 15%. Un examen más amplio del continuo demues-

* El ángulo se mide entre el haz incidente y el difractado (2θ).

tra un rápido ascenso entre 16° y 22°, sector que no es afectado por picos de minerales comunes en rocas vidriosas. El trazo en este corto sector se define en forma satisfactoria con una línea recta; el ángulo de declive puede determinarse entonces, adecuadamente; el ángulo es proporcional al contenido de vidrio. Se probaron varias combinaciones instrumentales con el objeto de producir el máximo cambio de inclinación por incremento de vidrio, y se usó un analizador de altura de pulso (PHA), para reducir la radiación K_{α} del Fe que pudiera hacer borroso el trazo del declive con ruido de fondo.

Para vidrios basálticos y andesíticos, es necesario usar una alta intensidad de corriente logrando de esta manera un aumento suficiente de la pendiente para efectuar medidas significativas del ángulo.

MEDICION DE DECLIVES

El ascenso más fuerte del declive en el continuo de vidrio basáltico y andesítico ocurre entre 18° y 22°; en vidrios riolíticos, entre 16° y 20°.

A pesar del esfuerzo para aumentar la altura de los picos de vidrios basálticos y andesíticos, ellos permanecen sustancialmente bajos, en relación con vidrios riolíticos. Los ángulos, por lo tanto, son más pequeños y los errores de medición tienen un efecto mayor en la estimación del vidrio.

Debido a la inestabilidad del fondo, los errores en la medición del ángulo ocurren con más frecuencia cuando el porcentaje de vidrio en una roca es menor que el 40% del peso total. La calibración del instrumento no se puede alterar porque define condiciones óptimas para determinar el ángulo; la inestabilidad del fondo produce a menudo dos posibles ángulos, siendo de vital importancia la determinación de cuál de los dos es el correcto.

Para determinar cuál es el verdadero ángulo, la roca se corre de 8° a 48° y el trazado se compara

con similares de mezclas conocidas. El ángulo de inclinación que corresponde al trazado más parecido indica cuál de ellos es el correcto. La experiencia demuestra que los dos valores son de tan diferente magnitud que no es fácil equivocarse en el justo valor.

LA CONSTRUCCION DE GRAFICAS PARA VIDRIO

El contenido de vidrio en mezclas sintéticas compuestas de vidrio y cristales se aumentó del 10 al 90% en incrementos arbitrarios. La proporción de los cristalinos fue variada de mezcla en mezcla para simular lo que ocurre en rocas. La proporción vidrio-cristales se controló cuidadosamente. Los minerales usados en la fase cristalina son los típicos de basaltos, andesitas y riolitas.

REPRODUCIBILIDAD EN DETERMINACIONES DE VIDRIO

Para verificar la precisión de las mediciones del vidrio en rocas, se corrieron trazas con mezclas sintéticas para simular las rocas volcánicas comunes.

DISCUSION SOBRE AGREGADOS MULTI-MINERALES

Es claro que la medición de la proporcionalidad entre alturas de parejas dará la proporción entre los dos minerales. Al introducirse un tercero, éste se convierte en la matriz de los otros dos. En este caso, el coeficiente de absorción másica (CAM) del tercero puede afectar la proporción aparente entre la pareja mineral de interés. Se observó que cuando los valores CAM oscilan entre 30 a 60, el efecto es despreciable en comparación con otros errores de análisis. Si hay minerales ricos en hierro, tales como fayalita o magnetita en la mezcla, (CAM es aproximadamente 200) es necesario hacer correcciones.

REFERENCIAS

1. KLUG, H. P. and ALEXANDER, L., 1954. X-ray diffraction procedures: New York, John Wiley & Sons., Chap. 5.
POLLACK, S. S. and RUBLE, W. D., 1964. X-ray identification of ordered and disordered ortho-enstatite: *Am. Mineralogist.* v. 49, p. 983-992.
TATLOCK, D. B., 1966. Rapid model analysis of some felsic rocks from calibrated X-ray diffraction patterns: *U. S. Geol. Survey Bull.* 1209, p. 10-19.
2. KLUG, H. P. and ALEXANDER, L., 1954. X-ray diffraction procedures: New York, John Wiley & Sons., p. 410-416.
3. KLUG, H. P. and ALEXANDER, L., 1954.
NUFFIELD, E. W., 1966. X-ray Siffraction Methods: New York. John Wiley & Sons., p. 137-147.
4. KLUG, H. P. and ALEXANDER, L., 1954. (p. 410-416).
5. HOTZ, P. E. and JACKSON, E. D., 1963. X-ray determinative curve for olivines of composition Fo 80-95 from stratiform and alpine type peridotites: *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 450-E, p. E 101-E 102.
SMITH, J. V., 1956. The powder patterns and lattice parameters of plagioclase feldspars, I. The sodarich plagioclases: *Mineralog. Mag.*, v. 31, p. 47-68.
6. WEISKIRCHNER, WALTER, 1960. Untersuchungen zur quantitativen Bestimmung der Phasesn mit Hilfe von Rontgerstrahlen: *Soc. Mineralog. Italiana Rend.*, v. 16, p. 363-378.
7. NASH, D. B., 1963. New Technique for quantitative SiO₂ determinations of silicate minerals by X-ray diffraction analysis of glass: Calif. Inst. Technology, Jet-Propulsion Lab., *Techn. Rept.* 32-515.

EL HOMBRE COLOMBIANO Y SU MEDIO AMBIENTE

Por JAIME AYALA RAMÍREZ

Conferencia presentada ante la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales en el acto de posesión del autor como Miembro de Número.

I. INTRODUCCION

Gran responsabilidad y alto honor me corresponde por la exaltación de que he sido objeto dentro de nuestra Academia, por la doble condición de lo que ella es en sí, con su trayectoria, su tradición y su composición, así como por la distinguida y recia personalidad de los ilustres académicos desaparecidos a quienes me corresponde suceder. Los acepto —la responsabilidad y el honor— sabiendo que han tenido un exceso de generosidad al apreciar mis méritos personales, como un reto para servir a la Academia y, por su intermedio, para tratar de servir al país y a su ciencia.

No podría entrar al desarrollo del tema propuesto, sin antes mencionar en breves frases la trayectoria científica de quien ocupara la silla N° 32, Académico Ingeniero Gabriel Sanín Villa, quien a su vez reemplazó al Académico Profesor Jorge Bejarano.

El Académico Sanín Villa, nacido en Antioquia, fue formado en la tradicional Escuela Nacional de Minas de Medellín, en las disciplinas de la Ingeniería Civil y la Ingeniería de Minas. Su interesante vida presenta diversas facetas, acordes con su personalidad: la académica, la profesional, la política y la humanística. Por varios años estuvo vinculado a la actividad docente en su Alma Mater, labor que culminó con la preparación de una obra

sobre las ruedas Pelton, la cual, en su tiempo, tuvo gran mérito por su presentación técnica y práctica. Su ejercicio profesional lo llevó a vincularse a importantes obras de la ingeniería colombiana: la Central Hidroeléctrica de Guadalupe, en Antioquia, el cable aéreo de Gamarra a Ocaña y numerosos proyectos de instalación de plantas eléctricas, acueductos y alcantarillados. En cuanto a su actividad política y humanística, transcribo la afortunada síntesis presentada recientemente por nuestro actual Presidente Académico, Alfredo D. Bateman, en discurso de exaltación de la memoria de algunos Académicos desaparecidos: "Vinculó su nombre al empeño creador de dos entidades culturales de su provincia: La Sociedad Antioqueña de Estudios de Ingeniería, infortunadamente de efímera vida y la benemérita Sociedad Antioqueña de Ingenieros. Gracias al espíritu cívico de que siempre dio pruebas, sus correligionarios antioqueños lo invistieron, por dos veces consecutivas, con su representación ante el Congreso de la República, donde se hizo conocer por el don de consejo y la laboriosidad. Al retirarse a la vida privada, su insaciable curiosidad intelectual le llevó a los terrenos lingüístico y geográfico, de cuyo cultivo extrajo una obra titulada "Diccionario de Sinónimos" y varios artículos que le dieron

acceso a la Sociedad Geográfica de Colombia y le llevaron luego a ocupar la Presidencia de ésta durante dos períodos consecutivos y a recibir, en retribución a su interés por las tareas de la entidad, el cargo de miembro honorario de la misma". (1).

Cumplida esta obligatoria mención, pasamos a ocuparnos de algunos aspectos relacionados con el hombre colombiano y su medio ambiente.

Tuve dificultad para llegar a la selección final del tema que hoy nos ocupa, y a mi propia aceptación, por su complejidad y porque en un momento dado se pensara que lo hacía llevado por "la moda científica" si es que así puede calificarse un poco irreverentemente el notorio interés que por él se aprecia a través de distintos medios de expresión. Sin embargo, finalmente lo decidí, por cuanto he tenido alguna vinculación con el tema por más de 20 años, así sea en el microambiente de los lugares de trabajo de nuestro hombre colombiano; porque es un tema de reconocida actualidad tanto nacional como internacionalmente; porque no siempre se ve tratado con objetividad y con criterio científico, sino más bien con emotividad, con visión parcial y en no pocas ocasiones con prejuicio; y porque he visto el interés de la Academia por impulsar un movimiento en la actualización de conceptos y en la toma de conciencia nacional, dentro de un adecuado marco universal, como hoy corresponde.

Y gran dificultad he tenido para llegar a este tratamiento del tema, por su amplitud y por la necesidad de tener que adentrarme en campos fuera de mis dominios. Trataré de mantenerme dentro de los temas de mi formación de base, de aquellos en que he vivido alguna experiencia, o de los que han sido motivo de mi seria preocupación.

II. ALGUNAS DEFINICIONES Y PRECISIONES

Hay términos que hoy escuchamos y empleamos con gran frecuencia, tales como ciencias ambientales, ecología, contaminación, preservación; y los asociamos, no siempre, con la debida precisión. Así, por ejemplo, a veces se piensa que ecología y ciencias ambientales son sinónimos; yo prefiero aceptar la distinción, en el sentido de que la ecología es más amplia, al considerar no solamente el medio ambiente, sino también los organismos existentes dentro de ese medio ambiente y las relaciones entre ellos y el medio que los rodea. Cuando se menciona medio ambiente, generalmente se asocia con la contaminación, teniendo en cuenta solamente el sentido negativo, siendo que es mucho más amplio en su concepción.

Entonces, en cierta forma, podríamos decir más precisamente, que hoy nos vamos a ocupar de algunos aspectos de ecología humana, aun cuando yo preferiría mantener el título original, a pesar de que en ninguna forma se pretende desarrollarlo con la amplitud que él sugiere.

Hechas estas consideraciones, conviene mencionar el alcance que pretendo darle a esta intervención. En primer término, desde el punto de vista histórico, me referiré fundamentalmente a los últimos 20-25 años, o dicho más precisamente, de la década de los años 50 en adelante. En segundo término, no obstante que el título es amplio en su contenido, dará algún énfasis al aspecto del medio ambiente de trabajo; aun cuando considerando otros aspectos del medio ambiente humano colombiano, referidos a los movimientos mundiales en el tema. Se tratará de analizar algunos problemas, en otros casos apenas plantearlos, con la mención de lo que se está haciendo para su estudio o solución.

III. DESARROLLO DE LA PREOCUPACION POR EL MEDIO AMBIENTE

La selección del período antes mencionado, de la década de los años 50 en adelante, obedece a un doble motivo: a que en esa fecha se inicia mi asociación con los temas de la higiene industrial y la seguridad industrial o sea con un aspecto del medio ambiente de nuestro hombre colombiano; y a que en dicho período se han presentado transformaciones esenciales para la vida del país: se ha duplicado su población; se ha incrementado notablemente la migración del campo a las ciudades con el consiguiente crecimiento acelerado de las mismas; se inició una etapa importante de la agricultura intensiva en cultivos comerciales tales como el arroz y el algodón; se entró en un desarrollo industrial con una amplia diversificación en la producción; se han iniciado los movimientos de integración regional y subregional en América Latina; se comienza una etapa de tratamiento mundial de temas como el de la biósfera, el medio ambiente, la atmósfera, el mar; en fin, es una época de gran interés y amplios desarrollos en algunas actividades que modifican y transforman notablemente el medio ambiente y su tratamiento.

Hacia el comienzo del período referido, ya existía la preocupación por aspectos de la salud pública en general, tales como la nutrición, con programas adelantados por el Instituto Nacional de Nutrición, en combinación con las autoridades departamentales y municipales de salud pública; la educación sanitaria; el combate de enfermedades tropicales, como la campaña antimalárica, con fumigaciones masivas en el territorio nacional; los programas de construcción, ampliación y modernización de acueductos y alcantarillados; campañas de vacunación.

Fue precisamente en esta época cuando se reconoció que se adelantaban campañas para sanear y mejorar el medio ambiente general, externo, el medio ambiente de vida, pero con una falla trascendental, en el aspecto del medio ambiente de trabajo del hombre colombiano. Existían disposiciones legales que contemplaban los riesgos profesionales u ocupacionales y algunas oficinas gubernamentales dependientes del Ministerio de Tra-

bajo, encargadas de su aplicación; pero no existían entidades que se ocuparan de su estudio sistemático, moderno, de la valoración de los riesgos y su control y prevención. Ante esta situación, en 1951 se suscribió un convenio de cooperación entre los Ministerios de Salud y Trabajo con el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública para iniciar la operación de un Servicio de Higiene Industrial, habiéndome correspondido el privilegio de ser el primer colombiano en asociarse a él, y de prestarle mis servicios por varios años. Dicho servicio está hoy incorporado al Instituto Nacional de Programas de Salud, INPES, como la Sección de Salud Ocupacional, y ha realizado valiosos estudios del medio ambiente de trabajo en diversas industrias.

Hacia 1954 inició labores una entidad de carácter privado, sin fines de lucro, el Consejo Colombiano de Seguridad Industrial, inicialmente denominado Comité Nacional de Prevención de Accidentes, el cual ha venido adelantando una callada y eficiente labor en la prevención de accidentes de trabajo, en forma ininterrumpida. También tuve el privilegio de vincularme a él como uno de sus miembros fundadores.

Años más tarde entra en escena el Instituto Colombiano de Seguros Sociales, ICSS, al asumir los riesgos profesionales y se ve obligado a adelantar actividades valorativas, de control y de consejo en el campo de la salud ocupacional.

Conviene recalcar que con la iniciación de estos movimientos, se comienza a tratar sobre el medio ambiente de trabajo, incluyendo, entre otros, el tema de la contaminación atmosférica, que lo afecta en determinadas industrias y ocupaciones. Así mismo, desde el punto de vista de control y prevención, se inició la aplicación de sistemas de ventilación local, extrayendo los contaminantes del lugar de trabajo y vertiéndolos a la atmósfera exterior.

Con el desarrollo de la industria y de las ciudades, las descargas a la atmósfera se han incrementado, tanto de instalaciones fijas como de los vehículos y, así, hoy tenemos ya que preocuparnos por la contaminación atmosférica en algunas ciudades, como Bogotá y Medellín, a pesar de que hasta hace poco tiempo pensáramos que éstos eran problemas de los países industrializados.

Las descargas de desechos y residuos a las aguas, también se han incrementado notablemente. La preocupación inicial era, primordialmente, por captar y purificar las aguas para mejorar la provisión y calidad del suministro. Con el incremento de la población, el crecimiento de las ciudades, y el desarrollo de la actividad agrícola e industrial, la capacidad de dilución y autopurificación de los ríos se ha visto disminuida, con el consiguiente deterioro de algunos de ellos. Son ya dramáticos los casos de los ríos Bogotá y Medellín y, en menor grado, el río Cauca en las inmediaciones de Cali. A este respecto, vale la pena llamar la

atención sobre un aspecto que consideramos de importancia: la necesidad de enfocar integralmente el estudio de cualquiera de los problemas del medio ambiente, con el objeto de valorar adecuadamente la verdadera magnitud de los riesgos. Hace unos meses fuimos testigos de un debate periodístico, alrededor de la proyectada instalación de una planta de detergentes, frente a los problemas de contaminación de las aguas. Si este problema se analiza cualitativa y cuantitativamente, objetiva más que temperamentalmente, mucho me temo que en este momento y, desde hace varios años, es más importante la contaminación de nuestras aguas por las descargas de desechos de origen humano, acompañados de otros productos de naturaleza orgánica, que causan problemas de salud pública muy serios, como las enfermedades gastrointestinales, al tener que servirse de aguas cada vez más contaminadas. Sin embargo, a este respecto no hemos visto debates periodísticos con calor, con entusiasmo y con emotividad.

La introducción de los pesticidas en la agricultura, a pesar de que ha producido un incremento en la productividad de algunos cultivos, también ha contribuido al deterioro del medio ambiente general y en el caso del medio ambiente de trabajo agrícola ha cobrado su tributo en salud y vidas. Para mencionar solamente un cultivo, el algodón, podemos decir que sin la contribución de los insecticidas, no se habría podido dar el salto, en 20 años, de ser importador casi total de la fibra, a ser autosuficiente, e inclusive a que este producto ocupara en determinados años el primer lugar dentro de las denominadas exportaciones menores. Pero también debe reconocerse que son numerosos los casos de intoxicación que han ocurrido a causa de los insecticidas, tanto clorados como fosforados, especialmente los últimos, por la propiedad que tienen de ser absorbidos a través de la piel de las personas. Sus residuos son lavados por las aguas lluvias y llevados a las corrientes de agua para ser finalmente descargados en el mar, o permanecen en los productos, con el riesgo posterior cuando éstos se emplean como alimentos.

Los peligros de modificación del medio ambiente marino también se incrementan. Merecen especial mención la contaminación por residuos de petróleo, por insecticidas y por metales pesados, como el mercurio.

Nuestros propios mares no están exentos de dichos peligros y ya se inicia el estudio de algunas medidas preventivas por parte de la Dirección Marítima y Portuaria de la Armada Nacional.

El crecimiento de las ciudades modifica sensiblemente el medio ambiente humano. Mencionamos antes el problema de la contaminación atmosférica y de las aguas. Además, debe adicionarse el ruido, la congestión y el medio ambiente psíquico y social.

Las consideraciones anteriores nos hacen ver algunos aspectos importantes de la modificación del medio ambiente colombiano, especialmente en

cuanto a la contaminación, así como el nacimiento de la preocupación por estos temas, por parte de entidades gubernamentales y privadas, tales como las ya mencionadas, además de otras, como las Universidades de los Andes y Nacional, la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C. V. C., las Empresas Públicas de Medellín, la Armada Nacional, el INPES y las de reciente creación, COLCIENCIAS, la Sociedad Colombiana de Ecología y el Grupo Oikos.

Desde luego, es indispensable, una verdadera acción nacional, con la consiguiente coordinación, con el fin de que no se continúe con actuaciones aisladas y pueda llegarse a un enlace adecuado con los programas mundiales que ya se inician. Quizás el recientemente creado "Consejo Nacional de Población y Medio Ambiente", ejerza esta función. (2).

Auncuando son ya conocidas, conviene citar las principales reuniones internacionales acaecidas recientemente y los programas derivados de ellas, en materias que hacen relación al medio ambiente, como reconocimiento al hecho de que éste ya no puede tratarse en ámbitos estrechos y no puede reconocer fronteras, puesto que "Una es la vida y uno es el mundo", al decir de Indira Ghandi en la Conferencia de Estocolmo.

1. La Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre las Bases Científicas de la Utilización Racional y la Conservación de los Recursos de la Biósfera, celebrada en París en septiembre de 1968, como consecuencia de la cual ha nacido el programa "El Hombre y la Biósfera". (3)
2. "El Hombre y la Biósfera" (en inglés, programa MAB, Man and the Biosphere), programa intergubernamental e interdisciplinario, a largo plazo, auspiciado por la UNESCO. Dicho programa funciona bajo un Consejo Internacional de Coordinación, constituido por 25 miembros, elegidos en la Conferencia General de la UNESCO, y con la acción de Comités Nacionales, ya constituidos en más de 50 países. En Colombia el Comité Nacional respectivo funciona bajo la coordinación de COLCIENCIAS. En el mes de abril de 1973, el Consejo Internacional de Coordinación celebró su segunda reunión. Hasta esta fecha, se habían publicado los siguientes informes, sobre proyectos específicos, procedentes de grupos especiales de trabajo (4):
 - a) Reunión de Expertos sobre el papel del análisis de sistemas y los modelos en el programa de "El Hombre y la Biósfera";
 - b) Proyecto 1: Efectos Ecológicos de la creciente actividad humana en ecosistemas forestales tropicales y subtropicales;
 - c) Proyecto 3: Impacto de las actividades humanas y de las prácticas en el uso de la tierra sobre las zonas de pastoreo;

- d) Proyecto 5: Efectos Ecológicos de las Actividades Humanas sobre el valor y los recursos de lagos, pantanos, ríos, deltas, estuarios y zonas costeras;
 - e) Proyecto 6: Impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas de montaña;
 - f) Proyecto 12: Interacción entre las transformaciones ambientales y los cambios genéticos y ambientales;
 - g) Proyecto 13: Percepción de la calidad del medio ambiente;
 - h) Reunión de Expertos sobre actividades educativas bajo el Programa "El Hombre y la Biósfera".
3. La Conferencia especializada sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo de América Latina, CACTAL, convocada por la OEA y reunida en Brasilia del 12 al 19 de mayo de 1972. Dentro del temario, hubo un tratamiento especial sobre las "demandas del desarrollo económico y social al sistema científico y tecnológico, en temas tales como la alimentación, la educación, la vivienda, la salud, el acondicionamiento ambiental, la urbanización". (5).

Colombia se hizo presente con una delegación presidida por el Secretario Económico de la Presidencia de la República, y con un Documento Nacional que condensa la posición colombiana en todos los puntos del temario. (6).

4. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo en el mes de junio de 1972, no como un hecho aislado, sino como parte de un proceso que se inicia en el Consejo Económico y Social y culmina en la Asamblea General, la cual aprueba la Conferencia, sus objetivos, la sede y la fecha. Así mismo designa una Comisión Preparatoria que adelanta sus labores con el apoyo de la Secretaría General. Los aportes a la Conferencia por parte de los gobiernos del Sistema de las Naciones Unidas, de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y de expertos individuales son muy amplios. Igualmente, fueron de gran trascendencia algunas reuniones previas, como la del "Grupo de Expertos sobre el Desarrollo y el Medio", en Founex, Suiza, del 4 al 12 de junio de 1971, así como la serie de seminarios regionales en que se debatió el informe de la reunión anterior, correspondiendo a nuestra región a la CEPAL la coordinación respectiva, en reunión celebrada del 6 al 11 de septiembre de 1971 en Ciudad de México.

La Conferencia de Estocolmo aprueba una "Declaración sobre el Medio Humano", con un contenido de 26 principios, la cual se debe considerar como la plataforma de lanzamiento del programa mundial. Así mismo se da una

serie de "Recomendaciones para la Acción" en los aspectos de:

- Ordenación de los asentamientos humanos.
- Ordenación de los recursos naturales.
- Contaminación de los mares.
- Aspectos educacionales, informativos, sociales y culturales.
- El desarrollo y el medio.

Y se adoptan resoluciones en los aspectos institucionales y financieros.

Como consecuencia, se creó una nueva agencia, la UNEP (United Nations Environment Programme) y el instrumento económico respectivo: "El Fondo para el Medio Humano". (7). Colombia se hizo presente en esta reunión y presentó el punto de vista nacional por intermedio del Jefe de la Delegación, Embajador Luis Villar Borda.

5. En asuntos del Mar, también se adelantan labores internacionales de gran trascendencia, a través de la "Conferencia sobre el Derecho del Mar", que se celebra actualmente en Ginebra, con una serie de reuniones preparatorias, como la de la Comisión de los Fondos Marinos, en Nueva York hace pocos meses, y la de países del Caribe, en Santo Domingo, el año de 1972. De todas ellas trasciende un nuevo derecho del mar, con jurisdicción nacional dentro de los mares territorial y patrimonial y con extraterritorialidad en el resto, para convertirse en patrimonio común de la humanidad. También Colombia ha tenido una cuidadosa participación en los diversos eventos, con la presentación de una posición nacional consistente.

La sola mención de estos grandes programas internacionales, nos hace ver cómo es indispensable un ordenamiento de la acción a nivel nacional, pero necesariamente coordinada con la actividad internacional en temas relacionados con el medio ambiente.

IV. REFERENCIA A ALGUNOS PROBLEMAS COLOMBIANOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Nuestro hombre colombiano, a pesar de las preocupaciones antes anotadas, aún se encuentra expuesto a una serie de condiciones desfavorables en su medio ambiente, en situación similar a otros países del así llamado "Tercer Mundo". La situación está muy bien condensada en la proclama de la "Declaración sobre el Medio Humano" de la Conferencia de Estocolmo (7):

"En los países en desarrollo, la mayoría de los problemas ambientales están motivados por el subdesarrollo. Millones de personas siguen viviendo muy por debajo de los niveles mínimos necesarios para una existencia humana decorosa, privadas de alimentación y vestido, de vivienda y educación, de sanidad e higiene adecuados. Por ello, los países en desarrollo deben dirigir sus esfuerzos hacia el desarrollo, teniendo presente sus prioridades y la necesidad de salvaguardar y mejorar el medio".

En materia de alimentación y nutrición, la situación es dramática, como puede deducirse de la cita que hago, tomada del documento titulado "Bases para un Programa Nacional de Investigación en Tecnología de Alimentos y Nutrición", preparado por un Comité Asesor de COLCIENCIAS.

"Estudios efectuados por diversos organismos nacionales y extranjeros han identificado como los principales problemas nutricionales del país, la desnutrición protéico-calórica infantil, la subnutrición del adulto y las anemias ferroprivas. Se señalan como las causas más protuberantes de la desnutrición en el país el bajo ingreso de la población y la baja disponibilidad de alimentos. En un estudio realizado en 1972 por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, se encontró que dentro de la población urbana, cerca del 40% de las familias no dispone de ingreso total suficiente para adquirir la dieta de costo mínimo, aquella que garantiza la satisfacción de sus necesidades nutricionales mínimas. Por otra parte, la Hoja de Balance de Alimentos de la Dirección de Nutrición del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, señala que la producción de alimentos es a su vez insuficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de la población". (8).

En cuanto a vivienda, se pueden mencionar algunas cifras para Bogotá, que representa cerca del 50% del mercado de la construcción, en el país. Según estudios adelantados por el Departamento Nacional de Planeación, "en términos de mercado la demanda de vivienda es atendida por los siguientes submercados:

Submercado de invasión. Barrios ubicados generalmente en la periferia de la ciudad, en los cuales el terreno no es de propiedad de los usuarios. Corresponde en la solución habitacional al *tugurio* en nuestro medio, *favela* en el Brasil, *barriada* en el Perú, *cayampa* en Chile, *rancho* en Venezuela y *villa miseria* en Argentina.

Submercado pirata. Barrios ubicados en zonas de la ciudad no dotados de servicios, en los cuales el terreno sí es de propiedad de los usuarios pero ha sido parcelado sin cumplir con las normas urbanísticas correspondientes.

Submercado del Gobierno. Barrios construidos por instituciones oficiales (Instituto de Crédito Territorial y Caja de Vivienda Popular), con soluciones de vivienda en serie.

Submercado comercial. Barrios construidos directamente (o con financiación) por el Banco Central Hipotecario y por firmas privadas. Soluciones de vivienda en serie.

La magnitud de cada uno de estos submercados es representativa en la clarificación del problema de la vivienda. Comparativamente el más importante es el *pirata* con un 45.3%. El *comercial* representa un 42.9%. El del *Gobierno* un 10.7% y el de *invasión* un 1.1%. Este dato está dado en relación a todo el Sector de la vivienda. Tomando solamente el sector popular se conserva el mismo orden de importancia, pero aumenta el porcentaje

del pirata hasta un 70% en detrimento del comercial". (9).

De otra parte, el déficit habitacional va llegando a cifras alarmantes. A pesar de las críticas que se hacen sobre las bases de cálculo y sobre los términos cuantitativos y no cualitativos, vale la pena citar algunas cifras al respecto. Hoy se habla de un déficit del orden de 600.000 viviendas. De un estudio realizado por el Centro de Planificación y Urbanismo de la Universidad de los Andes, tomo la siguiente cita: "Según los datos y las proyecciones del Instituto de Crédito Territorial, la principal entidad estatal de carácter nacional encargada de este problema, en el año 2.000 Colombia tendría un déficit de 4.000.000 de viviendas, lo que requiere como solución la construcción de 113.000 viviendas.

El mismo Instituto de Crédito Territorial en 30 años de existencia ha construido 150.000 viviendas.

Es decir, el problema es insoluble, dentro de este planteamiento, ya que lo que el Instituto de Crédito Territorial ha realizado durante treinta años debería construirlo anualmente". (10).

En educación, las cifras reveladoras de la situación son muy conocidas. Sin embargo, vale la pena recordar algunas menciones extractadas de diversos documentos del Ministerio de Educación Nacional:

"A pesar de los esfuerzos realizados en materia de alfabetización, el problema persiste, ya que las cifras relativas han disminuido, mas no así el número absoluto de analfabetos".

"Institucionalmente se observan en el sistema educativo, escuelas de dos, tres, cuatro o cinco años de escolaridad. En las zonas rurales el 91.1% de las escuelas son incompletas y en las zonas urbanas el 28.1%".

"El ausentismo escolar en el país es del 30%, distribuido en la zona urbana en un 22% y en la zona rural en un 40%".

"La retención escolar a medida que se avanza en el proceso educativo, también presenta descensos dramáticos. Para citar solamente cifras del nivel primario (11):

	Retención %
Curso I	100.0
Curso II	65.5
Curso III	46.3
Curso IV	34.2
Curso V	28.1

En materia de salud, me referiré solamente a la salud ocupacional, permitiéndome citar algunas conclusiones de un trabajo preparado por el autor en el año de 1968:

"En cuanto a enfermedades profesionales, infortunadamente las estadísticas son aún muy incompletas. Sin embargo, la encuesta de la Sección de Salud Ocupacional, bastante representativa de la industria manufacturera, nos revela hechos preocupantes. No hay referencias amplias de in-

cidencia de las enfermedades profesionales; pero sí son altos los índices de exposición a compuestos químicos inorgánicos (22.5%), a compuestos químicos orgánicos (22.3%) y a agentes físicos (24%).

De especial motivo de preocupación es la alta exposición humana a ambientes contaminados con sílice libre, si se tiene en cuenta que hasta la fecha no se ha encontrado curación para la silicosis, la enfermedad que se desarrolla por la inhalación de dicho polvo, y que va avanzando hasta la incapacidad total del individuo. La población minera, es sin duda alguna, la más expuesta al desarrollo de las neumoconiosis, afecciones respiratorias causadas por la inhalación de polvos. Los estudios realizados por la S.S.O., indican que cerca del 20% de los trabajadores de 51 empresas revelan signos y síntomas de la enfermedad (entre enfermos y sospechosos).

En materia de accidentes de trabajo al tomar las cifras reportadas por el Consejo Colombiano de Seguridad Industrial, para el año de 1966, de 6.331 accidentes para una población trabajadora de 65.898 personas y referirlas a una población económicamente activa ocupada solamente en industria manufacturera, extractiva, servicios públicos y transportes, con un total de unas 950.000 personas, daría unos 91.100 accidentes, con un total de días perdidos del orden de 2.500.000 por año. Liquidados a razón de \$ 33.20 que fue el salario promedio en 1966, daría una pérdida de 83 millones de pesos anuales, solamente por concepto de días perdidos.

Una proporción muy moderada para computar los gastos médicos, las indemnizaciones y los costos indirectos de los accidentes, en relación con los pagos de salarios perdidos es de 1 a 10. En estas condiciones, las pérdidas anuales, solamente por accidentes de trabajo, en las actividades económicas antes mencionadas, se elevan a los 830 millones de pesos.

Faltaría por computar las pérdidas por enfermedades comunes y enfermedades profesionales, e incluir las actividades de agricultura, comercio y servicios generales, sobre las cuales no hay mayor información estadística". (12).

Como las anteriores, podríamos presentar otra serie de citas de estudios e investigaciones nacionales que muestran la situación del medio ambiente de nuestro hombre colombiano. Sin embargo, creo que ellas bastan, a manera de ejemplo, para demostrarnos que allí tienen nuestros hombres de ciencia, un campo inconmensurable de acción para lograr las deseadas metas de consolidar un bienestar humano, dentro de un desarrollo armonizado con una adecuada calidad del medio ambiente, para las generaciones actuales y futuras.

Celebro que nuestra Academia esté abriendo presentaciones y debates que permitan dilucidar tan apasionante tema para todas las disciplinas en ella representadas.

REFERENCIAS

1. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales. *Actas*, Bogotá, 1972.
2. Colombia, Leyes, Decretos, etc. *Decreto número 1040 de junio 4 de 1973, por el cual se crea el Consejo Nacional de Población y Medio Ambiente*. Bogotá, Presidencia de la República, 1973.
3. Reunión de la Conferencia General de la UNESCO, 16, París, 1970. *Documento 16/c/78*. París, 1970.
4. International Co-ordinating Council of the Programme Man and the Biosphere, París, 1973. *Final report of the second session*. París, 1973.
5. Conferencia Interamericana Especializada sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo, 1, Brasilia, 1972. *Informe Final*. Washington, Organización de los Estados Americanos, 1972.
6. Conferencia Interamericana Especializada sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo, Brasilia, 1972. *Documento Nacional de Colombia para CACTAL*. Bogotá, Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas, 1972, 149 p. (Informes y Referencias, 5).
7. Centro de Información Económica y Social de la Oficina de las Naciones Unidas en Ginebra. *Medio humano, declaraciones, plan de acción, recomendaciones y resoluciones*. Estocolmo, 1972.
8. Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales. *Bases para un programa nacional de investigación en Tecnología de Alimentos y Nutrición*. Bogotá, 1972. (Informes y Referencias, 12).
9. VERNEZ, GEORGE. "Estudio del Sector Popular, por George Vernez y Jaime Valenzuela". *Boletín Eternit*. Bogotá, 9, 1972.
10. Congreso Nacional de Arquitectos, 12, Bogotá, 1971. *La vivienda factor del desarrollo urbano; ponencia presentada por el Centro de Planificación y Urbanismo de la Universidad de los Andes*. Bogotá, 1971.
11. Colombia. Ministerio de Educación. *Exposición de motivos al proyecto de ley, por la cual se dicta el Estatuto General de la Educación*. Bogotá, 1971.
12. AYALA RAMÍREZ, JAIME. *Consecuencias de los riesgos laborales para la Salud y la Economía; conferencia dictada en el Curso de Higiene Industrial*, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1968. v. 1.

NOTAS PARA UNA DEFINICION DE ECOLOGIA

Por JULIO CARRIZOSA UMAÑA

I. LOS CREADORES

Tal vez fue el filósofo-científico de Nueva Inglaterra, Henry David Thoreau, el gran profeta del hippismo, quien mencionó por primera vez la palabra, en enero de 1858, pero ésta no fue completamente definida hasta 1970, cuando el biólogo alemán Ernst Haeckel escribió "Por ecología entendemos los conocimientos relativos a la economía de la naturaleza, la investigación de las relaciones totales de los animales con su ambiente orgánico e inorgánico...".

Desde entonces las definiciones se han multiplicado: el ecólogo inglés CHARLES ELTON la define como "la historia natural científica relacionada con la economía y la sociología de los animales; el americano CLEMENTS la consideraba como la "ciencia de la comunidad" y TAYLOR en 1936 la definió como "la ciencia de todas las relaciones de todos los organismos con todos sus ambientes"; posteriormente ONUM la llama "el estudio de la estructura y la función de la naturaleza" y las definiciones, como casi todas en la biología moderna, se fueron haciendo cada vez más multidisciplinarias y sin límites, como lo reconoció finalmente el ecólogo inglés A. MACFAYDEN en las siguientes líneas:

"La ecología se ocupa de las interrelaciones de los organismos vivos, plantas o animales y sus ambientes; éstos son estudiados con el fin de descubrir los principios que los gobiernan y el ecólogo asume y tiene fe en que estos principios existen. Su campo de observación es nada menos que la totalidad de las condiciones de vida de las plantas y animales bajo observación, su posición sistemática, sus reacciones entre sí y hacia el ambiente y la naturaleza física y química de sus alrededores inertes... debe admitirse entonces que el ecólogo es algo parecido a un viajero libertino que pica aquí y allá en el patrimonio legítimo de los zoólogos-botánicos, taxónomos, fisiólogos, comportamentalistas, climatólogos, geólogos, edafólogos, físicos, químicos y aun de los sociólogos y economistas. El mayor problema del ecólogo es, pues poner límites a sus propias divagaciones".

Hasta aquí los textos y creo que con ellos he demostrado bien la necesidad de una definición que aunque más larga establezca más concretamente de qué hablamos. Trataré en este sencillo trabajo de hacerlo en forma simple pero sistemática, hablando de los usos, campos de acción y derivaciones de la ecología y como ciencia y como actitud, ya que es claro que ante cada ciencia esgrimida por el científico, existe siempre una actitud de la comunidad y del ciudadano.

Volvamos a la palabra que identifica nuestra ciencia: *Ecología*.

Sus raíces griegas son ya suficientemente conocidas: *Oikos*, casa y *Logos* tratado. La ciencia de la casa, de la vivienda, del nicho. Nos dicen que los griegos, sobre todo Teofrasto, escribieron tratados ecológicos sin darse cuenta y debe ser cierto porque, como trataré de demostrarlo más adelante, la ecología es la verdadera ciencia casera, la ciencia de todos. Tratemos de explorar la historia de la ecología en nuestra propia patria. ¿Quiénes fueron los primeros ecólogos colombianos?

¿Quiénes los primeros que entendieron que más importante que los objetos, eran las relaciones entre ellos?

Leamos este párrafo escrito en 1810 en Santa Fe de Bogotá:

"Los seres organizados están esparcidos sobre la superficie de nuestro globo con inteligencia y con designio. Los que miran las cosas por la superficie, aquellos poco atentos a las obras de la naturaleza creen que las plantas y los animales ocupan el lugar que les dio la casualidad. Pero los que observan, los que saben reunir los hechos más distantes, los que comparan la Asia con la América y el Hemisferio Boreal con el Antártico hallan relaciones, analogías luminosas, un plan sobrio y bien seguido en la distribución de los seres organizados. La física, la geometría, el cálculo, la astronomía, lo demuestran, lo confirman y la geografía de las plantas reunida a la zoografía se elevan sobre estos fundamentos y dan soluciones

a estos problemas demasiado sublimes para el comun...".

Es éste, naturalmente, un párrafo escrito por Caldas, el gran observador. Si unimos la anterior a sus discusiones de 1808 sobre el influjo del clima sobre los seres organizados y al célebre párrafo sobre el efecto de los distintos alimentos sobre la inteligencia humana tendremos toda una base teórica que, sin exagerar mucho, podría considerarse como el fundamento de la ecología moderna. Sin embargo, Caldas, como nos recordaba hace poco el senador Mariano Ospina, no es recordado ya fuera de esta Academia y de algunos textos de historia, aquellos que todavía no se editan en Puerto Rico.

Pero nuestra aproximación a la historia de la ecología o de la actitud ecológica en Colombia no finaliza con las lucubraciones de Caldas. Existen varios siglos más por explorar. Sobre todo aquellos anteriores a Colón. Husmeando aquí y allá en los pocos textos históricos descriptivos, se encuentran datos de enorme importancia, que conforman incógnitas llenas de sugerencias. ¿Por qué algunas comunidades muiscas no se atrevían a quemar, ni siquiera a desyerbar, sino sembraban el maíz al boleó entre los matorrales? ¿Tuvo este sistema alguna relación con los enormes y casi increíbles rendimientos de tres y cuatro cosechas anuales que relatan los cronistas? ¿Habían acaso entendido ellos mejor que nosotros las relaciones entre el sinnúmero de plantas que denominamos matorral, los microorganismos favorables al cultivo del maíz, los insectos, las aves y el propio grano? ¿Por qué toda sementera estaba siempre rodeada de arboledas de varias especies de frutales? ¿Era este al mismo tiempo un control ecológico de las plagas y el suplemento alimenticio que hoy falta a nuestros campesinos? Y, trasladándonos al norte del país, ¿hasta dónde llegaron los taironas en la tecnología de agricultura de vertiente? Los restos de terrazas en los alrededores de Pueblito nos hablan de sistemas agrarios mucho más refinados que lo que hemos sido capaces de confirmar en los últimos cuatrocientos cincuenta años. Cómo es que en los alrededores de Ayapel los españoles encontraron un emporio de frutas y granos y hoy ni siquiera nos atrevemos a pensar en un desarrollo agrícola de la zona? Los sistemas secundarios de canales en el Bajo Magdalena y Cauca ya han asombrado a los científicos extranjeros y parece, según lo estudian en estos momentos algunos antropólogos colombianos, que la realidad era mucho más sorprendente y que se trataba nada menos que de la estructura de una acuicultura refinadísima que producía una dieta proteínica que todavía no hemos logrado igualar.

Todo esto unido a otros hechos poco estudiados como la horticultura indígena en la llamada selva virgen amazónica, la taxonomía popular que asombró a Humboldt, a Mutis y a Caldas, el respeto a la vida animal y la actitud reverente de la mayoría de las tribus indígenas hacia la naturaleza nos hacen reflexionar si Caldas en realidad no

estaba haciendo más que regresar en el tiempo al nivel de conocimiento que existía en América al desembocar los españoles, si con sus frases lo que quería era tratar de hacer desaparecer tres siglos de ignorancia, desdén y desnutrición del medio ambiente americano y nos atrevemos a musitar tímidamente; tal vez, y a pesar de todo, los verdaderos antecesores de la ecología moderna hay que buscarlos no solo entre los cartógrafos, zoólogos y botánicos de la expedición del Virrey, sino entre los indígenas que a Colón le parecieron los seres más dóciles, amables y leales del Universo y que dieron origen con mucha razón y derecho a toda la filosofía naturalista que desde Rousseau ha transportado a través de los últimos ciento y pico de años el mito del buen salvaje que vive en armonía con la naturaleza y que por lo que nos enseñan hoy los científicos no es mito sino corresponde a una realidad que la humanidad actual se esfuerza por recrear.

Como he dicho antes, lo que Caldas intentaba era volver atrás y beber en las fuentes ecológicas indígenas tal vez porque se daba perfecta cuenta de que durante trescientos años la conquista y la colonia española habían introducido al país una actitud diferente y, en general, completamente opuesta. Los guerreros y funcionarios españoles poca o ninguna importancia le dieron al análisis de la realidad de la tierra que habían descubierto, hasta finales del siglo XVII. Su actitud estaba definida por objetivos diferentes. La corona los enviaba con el encargo de ganar almas para el cielo y oro para sus monarcas y poco les podía interesar el resto del medio ambiente de la Nueva Granada, mucho menos las interrelaciones entre este ambiente y los organismos que la habitaban. Pudiéramos decir, apelando a las raíces griegas para formar una nueva palabra, que era una actitud exológica, orientada hacia el conocimiento de lo externo, de la realidad fuera de la realidad americana, y una actitud exológica llevada hasta el extremo de que la teología fue durante muchos años la única materia enseñada en los colegios y universidades del país.

Esta actitud exológica que, en cierto modo, caracterizó también toda la edad media europea, comenzó a cambiar cuando, con varios años de retardo, las élites criollas empezaron a entrever que, para sobrevivir, era necesario no solo reproducir, con ayuda de los indígenas, las técnicas agropecuarias que por tercera mano les llegaban de Europa sino que era imprescindible conocer la realidad del medio del que estaban subsistiendo. Fácilmente podemos comparar la actitud particularmente ecológica de los indígenas precolombinos con la predominantemente exológica de la Colonia. Si consideramos que durante esos trescientos años el único cambio en el ecosistema americano fue la simple introducción de algunos mamíferos y gramíneas europeos sin que se adelantara un solo paso en la domesticación o adaptación de las miles de especies autóctonas, mientras los indígenas pre-

colombinos en un lapso semejante domesticaron para la humanidad, además de otros muchos, fuentes de nutrición tan importantes como el maíz y la papa que años más tarde habrían de salvar del hambre a naciones enteras de Europa y de Asia.

II. ACTITUD ECOLOGICA Y ACTITUD EXOLOGICA

Es necesario investigar más detalladamente cuáles fueron los factores que empujaron al Virreinato a cambiar su actitud y a reflexionar endógenamente sobre su realidad pero yo tiendo a creer que la actitud ecológica fue conformandose conforme presiones económicas y políticas obligaron que los criollos se identificaran como una clase diferente que poco a poco fue haciéndose relativamente más poderosa gracias, en parte, a las dificultades políticas de la corona europea. La respuesta del Virrey de los intelectuales se movió entonces en dos direcciones, cuyo análisis nos ayudará en la tarea de definir la ecología. Una, la planteada inicialmente por Mutis, la actitud científica ortodoxa europea, de amplia tradición aristotélica, de dar una gran prioridad a la investigación de sustancias. ("En el mundo hay sustancias, las relaciones son accidentes").

La identificación y el recuento minucioso de las especies; la botánica y la zoología taxonómicas y la otra, la iniciada tal vez un poco confusa y tímidamente por Caldas, a quien indudablemente impresionó la facilidad con que los indígenas identificaban los diferentes géneros y especies vegetales sin contar con un sistema taxonómico y que consistía en dar más importancia al estado de las interrelaciones entre los organismos y el ambiente, despreciando un poco la caracterización taxonómica; el poner por delante las relaciones antes que las sustancias. Caldas era nada menos que un precursor de la aplicación de la lógica dialéctica en el Nuevo Mundo y sus discípulos comenzaron a entrever una nueva ciencia y un nuevo método orientado hacia el análisis del cambio y no de la esencia, hacia el estudio de lo que puede ser enfrentado al estudio de lo que es (en el mundo hay relaciones, las sustancias son accidentes), pudiéramos decir que Caldas planteaba una actitud ecológica dinámica, el estudio estructural de un sistema cambiante, el tratado de la cosa que cambia, frente o por lo menos paralelamente, a una actitud ecológica estática aristotélica, el estudio de un sistema inalterado e inalterable, el tratado de la cosa tal como es y tal como debe ser. Siguiendo esta sencilla metodología, podemos analizar en el cuadro adjunto el proceso histórico relacionado con la actitud de la comunidad hacia el conocimiento, la respuesta de la Academia y en cada caso la respuesta del sistema político o sea cómo reaccionan los intelectuales, científicos, técnicos y profesionales ante la predominancia en la comunidad de una visión del conocer y cómo se reajustan las líneas políticas ante la posición con-

junta de la Academia y el pueblo. Así la respuesta de la Academia ante la actitud exológica estática de la comunidad colonial fue la teología y la correspondiente línea política fue el Virreinato.

En la misma forma, el Desarrollismo es la respuesta política ante la predominancia de los ingenieros y corresponde a una actitud general exológica dinámica y ecológica estática. Tenemos entonces que la ecología es además de una ciencia, un instrumento metodológico que nos ayuda a explicar los movimientos que han conformado nuestra nacionalidad.

Podría detenerme acá, pero me preocupa que la impresión dejada produzca equívocos acerca de lo que es la ecología como ciencia, ya que principalmente he hablado de ella como actitud de la comunidad. Exploremos un poco la última etapa histórica que he propuesto, la predominancia de una actitud ecológica activa frente a una exológica relativamente pasiva, la reacción de los científicos hacia la ecología y la etiología y la de los técnicos creando la ingeniería ambiental y, finalmente, la respuesta política condensada en los conceptos de Ecodesarrollo y Calidad de la Vida.

III. LA EDAD DE LA ECOLOGIA DINAMICA

Cómo conservar esta nueva actitud de la comunidad, qué recursos y qué métodos necesitan los científicos y los técnicos para responder al interés creciente y qué instituciones y acciones son necesarias para conformar las nuevas políticas, serán las preguntas que deben ser contestadas con proyectos concretos de educación, investigación y fomento que conformen un Programa Nacional de Ecología. Veamos primero lo referente a educación y estudiemos cuáles serían los objetivos informativos, afectivos y psicomotores, así como las probables estructuras educativas que sería necesario agregar al sistema actual en el cuadro número 2.

El cuadro de educación está fundamentado en el trabajo de los doctores Rivera y Valero publicado en la revista Colombia Geográfica y en las conclusiones de la Reunión Técnica de Programación sobre Investigaciones Ecológicas a modificar todos los niveles de educación regular y los de educación de adultos mediante la creación de nuevos recursos y carreras y la introducción de los criterios ecológicos en la mayoría de las materias correspondientes a las áreas de ciencias naturales y ciencias sociales.

La segunda gran estrategia del programa sería la conformación de un plan de investigaciones sobre ecosistemas colombianos, que sería llevado a cabo por las universidades, los institutos oficiales y los centros de investigación del sector privado. El gran objetivo de este plan de investigaciones sería el aumentar nuestro conocimiento acerca de los ecosistemas colombianos y sobre sus posibilidades de regeneración y conservación. El esquema del plan está dado en el cuadro número 3, para cuya conformación se ha tenido en cuenta el Pro-

grama del Hombre y la Biósfera, internacional en la República Federal Alemana y las discusiones que durante los últimos meses se han llevado a cabo en Bogotá durante las reuniones del Comité del Programa Nacional de Ecología, de la Sociedad Colombiana de Ecología, de la Junta Directiva de la Fundación OIKOS, del Comité Colombiano del Programa IICA TROPICOS, del Comité de Desarrollo de Nuevos Territorios en el año 2.000 y en las distintas reuniones que COLCIENCIAS ha convocado para estudiar este problema.

La realización de un plan semejante de investigaciones supone la utilización de gran cantidad de recursos internos y externos, públicos y privados para llevar a cabo todas las etapas teóricas y prácticas incluyendo la recolección de datos básicos sobre cada ecosistema, evaluación de la producción de los miembros importantes de las comunidades biológicas, los intercambios y ciclos de los elementos químicos y las correlaciones entre las diferentes variables, para llegar a conclusiones, prácticas.

IV. PRODUCCION A LARGO PLAZO Y DESARROLLO HUMANO INTEGRAL

El último punto correspondería a las estrategias de fomento que lleva implícita una política de eco-desarrollo, o sea, una política en donde, antes de definir los proyectos de desarrollo, se tenga en cuenta las limitaciones, ventajas e interrelaciones ofrecidas por cada ecosistema, haciendo hincapié, como dice Ignace Sachs, en "la diversidad de situaciones y, por lo tanto, de vías de desarrollo, en las posibilidades de complementación entre las actividades proyectadas, para evitar el desperdicio de recursos y para minimizar los desechos, y en la necesidad de confiar más en las propias fuerzas y en los proyectos locales".

Para definir estas estrategias me gustaría introducir un nuevo concepto, el de la *producción a largo plazo*. Concepto íntimamente ligado con la ecología y el eco-desarrollo. El objetivo de la Producción a Largo Plazo es aumentar la eficiencia de los ecosistemas, o sea, evitar disturbios y obstáculos que perturben la producción de biomasa.

Aquí, como en cualquier otro sistema de producción, podemos distinguir recursos humanos, recursos de capital y recursos tecnológicos. Los recursos humanos varían desde los celadores de los bosques hasta los investigadores, pasando por los vigilantes, los guardabosques, los inspectores de recursos, los observadores de la vida animal, los guías, los maestros, los técnicos en inventarios de recursos, los ingenieros sanitarios, los forestales y los ambientales, los biólogos, zoólogos y botánicos, los genetistas y los ecólogos. Los recursos de capital que se utilizan en este sistema de producción nos rodean por doquier y están plasmados en géneros, especies y subespecies animales y vegetales, su valor cambia según que sus códigos genéticos sean más eficientes; solamente un pequeñísimo número de ellos han sido aprovechados y domesticados por

el hombre y es necesario mantenerlos en cajas de caudales y bancos de ahorro denominados Parques Nacionales y reservas biológicas. Los sistemas de Educación que hemos esquematizado en esta conferencia están destinados a preparar los recursos humanos antes nombrados; el plan de investigaciones tendrá por objeto proporcionar el incentivo completo de los recursos de capital y definir la tecnología adecuada para mantenerlo y reproducirlo y los esquemas de fomento, completar los incentivos para promoverlo, ya que será necesario transferir recursos de las labores de destrucción y explotación, mal llamados sistemas de producción a corto plazo, al conjunto de labores que hoy día se consideran superficiales o burocráticos y que constituyen el sistema de producción a largo plazo. Sólo así podría llegarse al eco-desarrollo. Cómo financiar el sistema de producción a largo plazo, debe ser objeto de una decisión política. Parte de los costos deben indudablemente ser financiados con reducciones de los márgenes de ganancia de los productores a corto plazo, ya que ellos son, al mismo tiempo, los responsables de la necesidad de la creación del sistema a largo plazo y los posibles beneficiarios de éste; otra parte deben ser pagados por los consumidores de productos elaborados, con base en materias primas producidas en los ecosistemas en cuestión, y el resto deben ser financiados por la nación entera. Cómo dividir estos costos y cómo repartirlos por medio de subsidios, impuestos, participaciones y tasas es cuestión de otro trabajo, pero no quiero terminar sin tratar de agregar a todos estos conceptos de actitud ecológica, ecología, eco-desarrollo y eco-producción una variable y un concepto más, la especie humana y el criterio de calidad de la vida. Se debe recordar que la especie más importante es el hombre, dicen los desarrollistas que no han entendido lo que significa el movimiento ecológico y creen que tienen que verse todavía con los antiguos conservacionistas. Indudablemente nada estaríamos haciendo si no fuera para el hombre y es aquí en donde entra el concepto de calidad de la vida para completar un cuadro que teóricamente puede conducir al desarrollo humano integral.

V. ECODesarrollo Y CALIDAD DE LA VIDA

El término *Calidad de la Vida*, surgido de la Conferencia de Estocolmo, tiene relación estrecha y es consistente con el criterio de eco-desarrollo. Se refiere a todos aquellos valores culturales que tradicionalmente se han considerado como no cuantificables y que están relacionados con variables de índole estética, afectiva, sensual, científica, histórica, recreacional, etc.

El eco-desarrollo es condición necesaria pero no suficiente para mejorar la calidad de la existencia y aumentar el placer de vivir. Es solamente la condición cuantitativa y conviene profundizar un poco sobre las características de los valores que conforman las condiciones cualitativas adicionales que

permiten llegar al verdadero bienestar. Estas condiciones indudablemente surgen de las características fundamentales del ser humano y, concretamente, del sistema sensorial, que es nuestro mejor instrumento para medir calidades. Con los ojos medimos la calidad de las formas y colores, con los oídos, la de los sonidos, con el gusto, la de los alimentos, con el tacto, la de las caricias y con el olfato, la de los olores. Son los valores sensoriales. Formas, colores, caricias, sabores, olores y sonidos, indudablemente, son las variables más importantes cuando se trata de evaluar el placer de vivir, pero no son las únicas; es necesario agregar todas las que tienen que ver con el proceso de conocer, porque indudablemente la calidad de la vida también depende de la posibilidad de aprender la verdad,

de acercarse a la realidad. Tenemos entonces los valores con que mide la vida el científico, el historiador, el periodista y el teólogo. Los valores cognoscitivos que, unidos a los sensoriales, sólo requieren de la ética, de la justicia sobre todo, para completar el conjunto completo de valores que determina la Calidad de la Vida.

Decimos, entonces, que si al ecodesarrollo agregamos la Calidad de la Vida, tenemos un criterio completo e integrado para determinar políticas, estrategias y tácticas que conduzcan al verdadero y único objetivo, que es el bienestar de la comunidad. En otros términos, el desarrollo cuantitativo real, más el desarrollo cualitativo nos proporciona el desarrollo integral humano, que es lo que debemos buscar.

CUADRO NUMERO 1
ECOLOGIA Y EXOLOGIA

Etapas de Cambio	ACTITUD DE LA COMUNIDAD HACIA EL CONOCIMIENTO	RESPUESTA "ACADEMICA"	RESPUESTA POLITICA
Pre Colombia	{ Ecológica Dinámica } { Exológica Estática }		
1492	{ Exológica Estática }	Teología	Virreinato
1783	{ Ecológica Estática } { Exológica Estática }	Taxonomía Astronomía	Independencia Patria Boba
1900	{ Ecológica Estática } { Exológica Dinámica }	Ingenierías Derecho	Desarrollismo
1975	{ Ecológica Dinámica } { Exológica Estática }	Biología Química Etología Ecología Ingeniería Ambiental	Ecodesarrollo

CUADRO NUMERO 2
EDUCACION ECOLOGICA

Nivel	Estructura Educativa Adicional	OBJETIVOS		
		Cognoscitivos (Informar)	Afectivos (Inculcar)	Psicomotores (Adiestrar)
Primaria	A 1er. año Ecología Elemental.	Existencia cadenas alimentación.	Respeto a la naturaleza.	Siembra de semillas, cría de animales.
	B 5º año Manejo de Recursos Naturales.	Uso y Existencia de Recursos.	Eliminación de desperdicios.	Identificación de recursos principales.
	C Nociones adicionales en el área de Ciencias Sociales.			
Secundaria	4º año Ecología y Manejo ambiental.	Noción de Ecosistema, productibilidad biológica y dinámica poblacional.	Etica Ambiental.	Identificación y manejo de cadenas ecológicas.

Nivel	Estructura Educativa Adicional	OBJETIVOS		
		Cognoscitivos (:informar)	Afectivos (Inculcar)	Psicomotores (Adiestrar)
Universitaria				
	1er. año en todas las carreras.	Principios de conservación y regeneración de Ecosistemas.	Principios de Ecodesarrollo, valores que afectan la calidad de la vida.	
A	Manejo del Medio Ambiente.			
B	Nueva carrera de Ingeniería Ambiental.	Consecuencias de la acción del hombre.	Eficiencia Ecológica.	Técnicas de construcción y producción econólicas.
C	Cursos de postgrado en Ecología y Etología.	Características Ecosistemas Colombianos.		
Adultos				
	Conferencias gremiales Cursos campesinos Cursillos generales.	Los anteriores.	Los anteriores.	Los anteriores.

CUADRO NUMERO 3
PLAN DE INVESTIGACION ECOLOGICA

PROYECTO	SITIO PROBABLE DE INVESTIGACION Y EXPERIMENTACION	PUNTOS IMPORTANTES PARA INVESTIGAR
1. Conocimiento de los efectos ecológicos de la actividad humana sobre:		
1.1. Bosque tropical	Leticia. Araracuara. Buenaventura. Caquetá.	Procesos de formación. Ciclos y utilización económica. Germinación, siembra y mantenimiento de plantaciones.
1.2. Sabanas	Carimagua. Gaviotas. San Benito. Caquetá.	Procesos de formación. Estabilidad del sistema. Regeneración para aumento de productividad, influencia sistemas de riego.
1.3. Ríos, estuarios, ciénagas y zonas costeras	Ciénaga Grande. Bajo Magdalena. Bajo Cauca. Costa Pacífica.	Piscicultura. Acuncultura. Nichos ictiológicos. Tecnología de riego. Tecnología pesquera.
1.4. Sistema montañoso	Piedras Blancas. Tota. Berlín. Lebrija. Alto Caquetá.	Regeneración bosque natural. Influencia en la conservación de suelos y en la distribución de aguas.
2. Conservación de las Regiones Naturales y evaluación del material genético que contienen:	Tayrona. Macarena. Puracé. Nevados. Orquídeas. Katíos. Guachados.	Inventario de especies.
3. Evaluación ecológica de la lucha contra las plagas y la aplicación de fertilizantes:	Granjas ICA. Piedras Blancas. Tota.	Estudios de fertilización natural. Lucha biológica contra plagas forestales. Análisis de Eutraficación.
4. Efectos de las grandes obras de ingeniería:	Territorios Nacionales. Batá. Barrancabermeja. Nare.	Tratamiento de taludes: Efectos sociales: Contaminación de los ríos. Mantenimiento de las cuencas.

PROYECTO	SITIO PROBABLE DE INVESTIGACION Y EXPERIMENTACION	PUNTOS IMPORTANTES PARA INVESTIGAR
5. Ensayos para la utilización económica de especies silvestres y adaptación de cadenas biológicas para producir elementos escasos:	Granjas ICA. Estaciones Ecológicas.	Métodos etológicos. Usos probables de especies de alta productividad.
6. Utilización integral de los productos renovables del bosque natural tropical:	Leticia. Araracuara. Caquetá.	Utilización de frutas, flores, almendras, hojas como forraje, resinas, aceites, celulosa, liquina, colorantes, fibras, gomas, proteínas, harinas, almidones y bases medicinales.
7. Diseño de métodos agropecuarios adecuados para conservar y regularizar aguas y suelos en los Andes:	Lebrija. Tota. Caquetá.	Especies adecuadas para reforestación, construcción de terrazas y otras obras. Escogencia de cultivos y métodos de cría.
8. Utilización de la energía y creación de nuevas formas:	Guajira. Villa de Leiva. Puracé. Costa Norte.	Posibilidades de generación de energía solar y geotérmica. Análisis de eficiencia energética.
9. Interacción entre los cambios mesolíticos y los genéticos:		
10. Técnicas de reciclaje de desperdicios:		
11. Diseño de sistemas de producción y transporte para un ecodesarrollo:		
12. Análisis del efecto de productos sobre la estabilidad de los ecosistemas:		
13. Investigaciones ecohistóricas:		

HACIA LA URBECOLOGIA

Por MARIANO OSPINA HERNÁNDEZ

I. INTRODUCCION

Los nuevos conceptos del urbanismo implican una mayor comprensión de las interrelaciones entre los aspectos físicos, económicos y sociales de las estructuras urbanas. No es que esas interrelaciones se hubieran desconocido por completo en el pasado reciente (que sí en siglos más remotos) sino que, por su misma complejidad, apenas ahora se empiezan a comprender con alguna claridad¹.

El nuevo enfoque debe orientarse con el rigor científico que requiere el campo de la ecología ya que, en último análisis, la ciudad representa el más importante tipo de hábitat del ser humano en el planeta Tierra. No desconocemos que el hombre se adapta a una amplia gama de condiciones ambientales que varían desde los "iglús" de hielo de los esquimales, hasta las chozas de troncos y hojas de palma de nuestros indígenas. Ese amplio y variado territorio que pueden ocupar (y ocupan) las poblaciones humanas en el globo se conoce como el "ecumene" o hábitat global del hombre.

Naturalmente, el estudio de los ecosistemas humanos, si bien puede y debe orientarse por los principios de la investigación ecológica, no puede desconocer la presencia de unos factores específicos del hombre que superan el mero mecanismo bio-químico y que se conocen por los términos de factores culturales, morales o espirituales.

No entraremos aquí al detalle del significado profundo de tales conceptos humanistas y espiritualistas (que para nosotros son válidos) sino que nos limitaremos a aceptar la tesis expuesta por N. E. Long² quien, en resumen, explica la diferencia entre los ecosistemas prístinos (que serán materia de la PRIMECOLOGIA) y aquellos que están claramente influenciados por el hombre,

diciendo que en los primeros operan sólo las fuerzas primarias de la naturaleza (evolución más mutaciones aleatorias), mientras que en los segundos juega un papel preponderante la capacidad mental del ser humano para dirigir o acelerar las fuerzas de la evolución genética y crear nuevas mutaciones bajo cierto grado de control racional.

En otras palabras, a medida que el hombre avanza en su desarrollo mental y moral adquiere nuevas capacidades de acción sobre el medio ambiente y en lugar de resignarse (como las otras especies) a seguir pasivamente la ruta lenta de la evolución "natural" se propone intervenir en la dirección y velocidad de sus procesos.

Establecida en esta forma la diferencia fundamental entre los ecosistemas "naturales" y los "artificiales" (o dominados por el hombre) encuentro conveniente mantener para estos últimos la subdivisión entre lo rural y lo urbano por razón de las obvias diferencias cuantitativas y cualitativas entre esos dos tipos de sistemas o de subsistemas.

Aunque puede llegar a ser difícil el señalamiento de una exacta y rigurosa línea divisoria entre tales subsistemas y aunque creo en la conveniencia de aprender a manejarlos en forma conjunta y coordinada³, creo también que por mucho tiempo se mantendrán diferencias de tipo práctico entre lo urbano y lo rural, especialmente en razón de las "densidades" en que se presentan los seres humanos y sus equipos y estructuras por unidad de territorio, y en razón de las diferencias de tecnologías y de niveles de energía que se aplican en ambas circunstancias.

Dejando aquí de lado el campo de la que llamaremos *rurecología* en manos de los especialistas del sector rural para su ulterior análisis, entro más de lleno en el terreno de la *urbecología* o de los ecosistemas urbanos.

¹ PERLOFF, Harvey: "A framework for dealing with the Urban Environment", en *The Quality of the Urban Environment*. Resources for the Future Inc., 1968 (3 ed., Ptg. 1971).

² "The local community as an Ecology of Games". *Am. Journal of Sociology*, Nov. 1958.

³ Ejemplo: planeación urbano-regional.

II. LA URBECOLOGIA

El concepto mismo de "hábitat urbano" tiene ciertos aspectos de universalidad que han llevado a Doxiades a proponer el término "ecumenópolis" (literalmente: ecumene urbano) para la suma global de los asentamientos urbanos pero, por otra parte, es un hecho también reconocible que muchos de esos asentamientos tienen ciertas características propias, las cuales, aunque parezcan amenazadas por una tendencia creciente de homogenización, merecen ser estudiadas y conservadas como elementos de individualización y autenticidad cultural.

De ahí que, aun dentro del concepto generalizado de una "ecología urbana" (URBECOLOGIA) se pueden y deben estudiar los "nichos" o ecosistemas urbanos concretos y relativamente independientes como sería, por ejemplo, el caso del conjunto urbano del Valle de Aburrá, en Antioquia, que me interesa especialmente.

Un esquema de las interrelaciones básicas entre el medio ambiente natural y la población de un núcleo urbano, lo presentamos a continuación siguiendo los lineamientos generales que traza Sorre⁴. Los primeros factores que deben analizarse (para tratar de obtener de ellos los aspectos "óptimos" y neutralizar hasta donde sea posible los negativos) son los de tipo climático.

Con base en las características biológicas del ser humano se han llegado a formular, por ejemplo, "niveles óptimos" de temperatura ambiental que se usan para la regulación correspondiente en los recintos de vivienda, trabajo, estudio, etc. Se sostiene que la temperatura media normal del organismo humano es de 37° C y que existen dos límites de temperatura ambiental "cómoda" que son 16° C y 26° C.

Por debajo de la primera, el organismo se ve forzado a generar actividades internas para contrarrestar el "frío", las cuales se denominan como actividades de *termogénesis*. Cuando la temperatura ambiental pasa de 26° C el cuerpo genera otro tipo de respuestas internas, para tratar de neutralizar el exceso de calor, que se conocen como *termólisis*.

Desde este punto de vista puede concluirse, entonces, que el Valle de Aburrá presenta condiciones óptimas de temperatura ambiental.

Queda, sin embargo, la duda sobre la conveniencia para el organismo de permanecer constantemente dentro de esos límites de temperatura o sea la duda sobre si es necesario o conveniente para la salud un cambio periódico como el que se observa en las zonas templadas del globo. Si esto llegare a comprobarse por parte de los especialistas correspondientes, se concluirá que el Valle de Aburrá está también en condiciones favorables en vista de que a pocas horas de viaje se pueden

encontrar climas "fríos" o climas "cálidos" y corresponderá a los expertos en salud preparar los "planes de temporada" más aconsejables para la población.

En este lugar debe mencionarse la interesante correlación que existe entre clima y alimentación, una de las claves básicas para la buena salud. Existen estudios numerosos sobre la cantidad y calidad de los alimentos que constituyen una "dieta óptima" en nuestro medio⁵ y los encargados de los planes de salud deberán formular las "dietas óptimas" para el Valle de Aburrá teniendo en cuenta sus condiciones climáticas. Por el momento me limito a señalar que también en esta materia puede presentarse la necesidad de estimular cambios estacionales de dieta (paralelos a las vacaciones estacionales de clima) pues ello parece conveniente para la salud. En los países de la zona templada se observa, entre los cambios de alimentación que acompañan a los cambios de estación, que un adulto requiere entre 3.600 a 3.800 calorías de insumo diario durante el invierno, pero sólo de 1.800 a 2.000 durante el verano⁶.

Otro aspecto de interés en las relaciones ecológicas es el de las corrientes de aire cuyos efectos sobre la salud han sido estudiados con cierto detalle en países más avanzados como sucede, por ejemplo, en relación con ciertos vientos estacionales de Europa tales como los llamados *vent d'autant*, *fohen*, *mistral*, *siroco*, etc.⁷

Las correlaciones correspondientes no se conocen para el Valle de Aburrá pero puede señalarse la presencia por temporadas de altas incidencias en afecciones de tipo pulmonar y asmático que pueden estar relacionadas con ciertas corrientes del aire⁸.

Dentro de las condiciones climáticas regionales hay que distinguir, naturalmente, los fenómenos muy localizados que forman los llamados "microclimas". Por esto Sorre ha dicho que el clima urbano es en realidad un "conjunto de microclimas", los cuales dependen, en buena parte, de la arquitectura urbana y de los grados de actividad y contaminación industrial de cada zona de la ciudad. De ahí resulta, en general, que la atmósfera urbana tiene abundancia de ácido fórmico y formaldehídos que la hacen reductora mientras que la atmósfera del campo es "enérgicamente oxidante".

Así mismo, las corrientes de aire canalizadas por calles y plazas, "agitan humos y partículas de polvo hasta una altura que, en París, es de 300

⁴ Un ejemplo se encuentra en el *Primer Plan Regional de Desarrollo para el Oriente Antioqueño*. Incoplán - Coadesarrollo, 1963.

⁵ Entre los pioneros en estos estudios se encuentra a Alvaro OSORIO DE ALMEIDA, *Journal de Physiol. et Pathol. Générales*. París, t. XVIII, t. XXII.

⁷ MOURIQUAND & JOSSELAND, *Syndromes Pathologiques et Inadaptés Urbains*, París, 1935.

⁸ En América Latina ver: GIUFFRÀ, *Contribución a la climatología médica del Uruguay*. Montevideo, 1936.

⁴ Maximilien SORRÉ: *Fundamentos Biológicos de la Geografía Humana*. Ed. Juventud, Barcelona, 1955.

metros; este es el espesor (allí) de la atmósfera propiamente urbana”.

Otros fenómenos que tienden a alterar las condiciones naturales de la atmósfera urbana son los relativos a las radiaciones y vibraciones de todo tipo. Esto produce problemas cada vez más intensos como los de la inversión térmica por causa de las masas de contaminación que se estabilizan en ciertas capas atmosféricas, y como los problemas sico-somáticos causados por los altos niveles de ruido que perjudican la estabilidad mental de muchas personas especialmente cuando se perturba la posibilidad de pleno reposo durante el sueño.

Aquellos fenómenos deteriorantes de la calidad atmosférica han sido estudiados especialmente en las grandes ciudades de Europa y se llega a la conclusión de que sus efectos nocivos “colocan al organismo en estado de menor resistencia ante los agentes patógenos”. Más aún, hay quienes sostienen que la buena calidad del aire y la correspondiente claridad luminosa tienen un influjo importante en la formación de la cultura misma de los pueblos. Un ejemplo digno de señalarse es la tesis de Bowra sobre el alto nivel de civilización y cultura alcanzado por los griegos de la época clásica.

Según Bowra, la claridad del paisaje de Grecia formó en su pueblo el sentido preciso de los contornos y de los volúmenes (en contraste con el efecto de las luces suaves y difusas de los paisajes nórdicos) y esto, a su vez, fue causa del alto nivel alcanzado por los escultores y arquitectos de la Grecia antigua, y añade aún más ese autor: “No creo extravagante suponer que esa claridad del paisaje griego tuvo parte en la formación mental de ese pueblo. Así como los cielos nublados del norte de Europa han nutrido las amorfas concepciones de la Mitología Escandinava o la Metafísica Alemana, así el claro paisaje de Grecia ayudó a dar diafanidad sorprendente a la filosofía griega”⁹. De todo esto se desprende la necesidad de establecer plenos controles sobre los fenómenos de contaminación atmosférica en nuestro Valle de Aburrá.

También merecen estudiarse las posibles perturbaciones resultantes de la vida en altos niveles de elevación aunque la altura media en el Aburrá no parece causar ningún trastorno serio¹⁰.

Otro aspecto fundamental de las relaciones ecológicas en el Valle de Aburrá es, desde luego, el de su ciclo de aguas o sea el que incluye todos los factores de precipitación, corrientes superficiales, aguas subterráneas y humedad ambiental.

La intensidad y distribución de las lluvias parecen allí altamente favorables para el ambiente humano ya que no son excesivas ni se presentan épocas de severa sequía. La humedad resultante parece también adecuada. La distribución de las

corrientes superficiales puede decirse que era óptima en las condiciones prístinas o “naturales” de la región y que las deficiencias que en ella pueden observarse son causadas principalmente por los usos irracionales que de tales corrientes está haciendo la actual población humana.

Estos daños pueden agruparse en dos tipos principales, a saber: daños funcionales y daños estéticos. Entre los primeros están los fenómenos de erosión, destrucción de bosques protectores, aceleración de corrientes con los resultantes impactos de socavaciones y derrumbes en los cauces y vertientes, la contaminación con residuos orgánicos e industriales y los consiguientes impactos de enfermedad y muerte para seres humanos y para especies acuáticas.

Los daños de tipo estético son correlativos con los daños anteriores pero su impacto es de tipo sico-social pues se priva a la población de unas oportunidades de esparcimiento deportivo o contemplativo que podría obtener si esas corrientes de agua se hubieran manejado en forma racional para conservar sus valores paisajísticos, faunísticos y de recreación.

Podría, en algunos casos, recuperarse buena parte de esas condiciones óptimas (tanto estructurales como estéticas), pero ello requerirá unos esfuerzos costosos que, en nuestro concepto, se justifican ampliamente y que incluyen pasos como los siguientes:

- a) Separación total de los sistemas de alcantariado y de aguas lluvias para dejar a éstas correr por sus cauces naturales en cuanto sea posible;
- b) Reconstrucción de las condiciones hidráulicas naturales tanto por medio de reforestaciones masivas en las zonas adecuadas, como por obras de regulación y control de flujos donde sean aconsejables, especialmente pequeños embalses para desacelerar los procesos de erosión y derrumbes, y para facilitar actividades recreativas;
- c) Reconstrucción paisajística de los cauces que aún no se han deformado totalmente (canalizados o cubiertos) a fin de hacerlos nuevamente aptos para fines recreativos;
- d) Control total sobre los factores de contaminación biológica o industrial que hoy tienen deteriorada la calidad de las aguas y destruida gran parte de las especies acuáticas correspondientes.

En este punto parece oportuno anotar las dos formas de correlación con el ambiente, que nos interesan desde el punto de vista de la Urbecología: Relaciones del hombre con los factores ambientales inertes y relaciones con el “ambiente vivo”.

Hasta aquí se viene tratando especialmente del primer tipo de relación (aunque falta aún el análisis más complejo de la interrelación con las es-

⁹ Sir Cecil M. BOWRA: *The Greek Experience*. Mentor Books, N. Y., 1959 (p. 24).

¹⁰ Los primeros estudios sobre estas perturbaciones fueron hechos por el jesuita español P. ACOSTA, en 1590.

estructuras inertes construidas por el hombre, que se verá más adelante) y paso a tratar los puntos fundamentales de las relaciones con el "ambiente vivo".

Aunque hasta hace poco tiempo se pensaba que el hombre no podría subsistir en un "medio inerte" hoy ese concepto debe modificarse en vista de las experiencias (aunque limitadas) de los astronautas en los laboratorios espaciales y en los módulos lunares. Esto indica ya la probabilidad de diseñar y construir *ciudades* en condiciones de completo control humano o "artificial", pero fuera de esos casos extremos deberá seguirse prestando atención especial a las asociaciones vegetales y animales que acompañan al hombre en sus ciudades y, desde luego, que lo acompañarán indefinidamente en el Valle de Aburrá.

Las asociaciones vegetales correspondientes se estudian sobre el mapa que muestra la forma como se supone estaban distribuidas antes de que el ser humano las destruyera o modificara. Aun así, es útil y urgente el estudio de esas asociaciones para determinar las especies vegetales más aptas y útiles para convivir con el hombre en el medio urbano.

En cuanto a las demás asociaciones que acompañan al hombre en el Valle, debe hacerse referencia, al menos, a otros dos tipos: los animales benéficos, por una parte, y las plagas o complejos patógenos, por la otra. Respecto a los primeros se pueden señalar las condiciones favorables del Valle de Aburrá para establos ganaderos de alta producción (Caldas, Girardota, Barbosa), para gallineros, conejeras y similares, que se prestan para el desarrollo de un cinturón periférico de granjas intensivas.

Respecto a las plagas y complejos patógenos es necesario reconocer que ellas existen hoy aunque en proporciones poco conocidas (ratas, cucarachas, mosquitos y otros transmisores de enfermedades), pero la misma configuración del Valle, con un número limitado de accesos por tierra, permitiría la erradicación total, o al menos, el control efectivo de todas esas plagas.

III. NUEVAS FORMAS URBANAS

A pesar de la indudable importancia de las interrelaciones ecológicas atrás señaladas, resulta que los factores de mayor incidencia sobre el "ambiente" de las ciudades son precisamente los mismos fenómenos causados por el hombre y esto hace referencia a sus prácticas sociales, económicas y culturales. El impacto de esas prácticas (y de los valores que las respaldan) sobre las formas urbanas ha sido reconocido de tiempo atrás. Es así como se observan los tipos de construcción urbana que corresponden a la ciudad-fortaleza (como Cartagena), a la ciudad-mercado (Barranquilla), a la ciudad turística (El Rodadero), a la ciudad cultural (Popayán), etc. Bien decía Sorré que las estructuras de la ciudad no se explican meramen-

te con ecuaciones energéticas ya que en toda obra humana "hay una parte de ensueño y de ilusión" ¹¹.

De tiempo atrás hemos venido sosteniendo la necesidad de un marco nacional de política urbana que señale las bases de un equilibrio dinámico "entre las áreas urbanas, rurales y de conservación ecológica y entre las diversas regiones del país para evitar o disminuir las diferencias de oportunidad que se observan hoy entre esos núcleos y regiones de la nación" ¹². Pero esta razonable aspiración requerirá todavía algunos años más de estudio para poder ser entendida y aplicada por nuestras entidades legislativas y ejecutivas. Entre tanto se tratará de hacer planteamientos urbano-regionales que mantengan relaciones lógicas con esas aspiraciones de un equilibrio ecológico nacional.

En el caso de una urbe moderna como la que se aspira a ver formar en el Valle de Aburrá se espera que reúna características que armonicen con los conceptos ecológicos, sociales y económicos que se han venido planteando por grupos de especialistas en esas materias y luego de confrontarlos con las opiniones básicas de la población ya asentada en el Valle.

Entre los principios o conceptos que se han postulado por dichos grupos de especialistas destacamos los siguientes:

ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS:

- a) Igualdad de oportunidades para la búsqueda de un desarrollo integral de la persona, o sea igualdad de oportunidades en educación, salud, empleo y participación política. Estas condiciones, a su vez, se traducirían en una distribución más equilibrada de los ingresos familiares, lo cual permitiría diseños de vivienda y conjuntos urbanísticos más armónicos y satisfactorios en todo sentido;
- b) Racionalización de las migraciones hacia las ciudades, es decir, que esas migraciones no se sigan produciendo en forma desordenada y sin el debido respaldo de capacidad de empleo, de educación, de vivienda y demás servicios urbanos, como se han venido presentando en los países subdesarrollados. Esto implica, naturalmente, una política nacional y regional de equilibrio en las oportunidades de vida para el sector rural y para las ciudades intermedias;
- c) Equilibrio racional entre la acción política y la acción económica de suerte que no se impongan criterios parcializados a base de fuerza o habilidad sin respaldo ético y científico;
- d) Estructuras sociales que se armonicen y cooperen dentro de los principios de subsidiaridad ¹³

¹¹ *Op. cit.*, p. 333.

¹² Proyecto de ley número 12 de 1970, sobre Reforma Integral Urbana, artículo 2º

¹³ La entidad superior no supedita la tarea de las inferiores.

y de una verdadera solidaridad cristiana basada en el respeto y el afecto mutuos. Esto se traduce concretamente en la existencia de grupos sociales armonizados dentro de una jerarquización racional que va desde la unidad familiar hacia la "unidad vecinal", la comunidad urbana, la unidad regional y el conjunto nacional;

- e) Creciente movilidad social que resulta de las oportunidades de acceso a las posiciones de dirección y responsabilidad en todos los campos, incluyendo lo político, lo social, lo económico, lo cultural, etc. Esta movilidad social implica también una alta movilidad física por razón de las necesidades de empleo, recreación, turismo, etcétera.

ASPECTOS FISICOS:

- a) Reducción de los contrastes que hoy se observan entre las zonas de alta y baja calidad de vivienda, por mejoramiento de las segundas;
- b) Racionalización del uso de la tierra (y en especial de las densidades) con miras a lograr un sistema urbano eficiente y al mismo tiempo satisfactorio desde puntos de vista ambientales y estéticos;
- c) Diseño de núcleos de vivienda que produzcan una verdadera "integración social" de sus habitantes y eliminen las zonificaciones discriminatorias por raza, empleo, etc.;
- d) Estructuración "integral" del sistema de transporte y comunicaciones junto con las funciones socio-económicas y culturales de la ciudad por contraste con las prácticas superadas (en los nuevos conceptos del urbanismo) de diseñar modelos del transporte sin una simultánea estructuración del modelo socio-económico urbano-regional;
- e) Reconsideración de los efectos ecológicos del manejo irracional de los residuos urbanos sobre aguas, aire y suelos;
- f) Rediseño de las "áreas verdes" dentro de un marco regional que armonice las zonas de recreación intensiva con las áreas rurales y las áreas de conservación ecológica y recreación contemplativa.

Creemos que un proceso de construcción urbana que podría cumplir los requisitos o metas atrás señalados, debería incluir los siguientes pasos:

- 1º Determinación de zonas que no deben destinarse a ningún "uso urbano" ya sea por causa de las pendientes del terreno, de sus condiciones geológicas o estructurales (derrumbables, inestables...) o de las otras necesidades de uso que se consideren prioritarias para evitar desequilibrios ecológicos que causen perjuicios generales (zonas de reforestación, de protección de cauces, de protección ecológica...).
- 2º Localización de los sitios más adecuados para vivienda, es decir, que reúnan las mejores con-

diciones (combinadas) de micro-clima, topografía, posibilidad de servicios públicos...

- 3º Localización de zonas óptimas para las estructuras del empleo urbano, o sea las de tipo industrial y las de tipo terciario (servicios). En este caso puede observarse que las demandas de localización industrial son más exigentes en materia de accesos para transporte y dotación de servicios o insumos esenciales (agua, energía, combustibles...) y que posiblemente ocuparán áreas por ventaja competitiva ante posibles usos para vivienda o institucionales. En cambio, los usos para servicios terciarios son menos exigentes en materia de acceso y pueden intercalarse dentro de otros usos generales. (Vivienda, industria, instituciones...).
- 4º Reajuste de las zonas de vivienda teniendo en cuenta las áreas anteriores, su accesibilidad (hogar - empleo) y las necesidades de áreas complementarias para la vivienda, como núcleos educativos, comerciales y recreativos.
- 5º Normas para los conjuntos residenciales que permitan superar las actuales deficiencias funcionales y estéticas de la vivienda¹⁴, y establecer verdaderas "unidades vecinales" en el sentido de estimular los contactos sociales positivos para el manejo de asuntos de interés comunitario a nivel vecinal. Aceptamos la tesis de que el tamaño óptimo para tales unidades está entre 3.000 y 10.000 habitantes. Estos conjuntos son, a su vez, susceptibles de coordinación entre sí para lograr unidades supravicinales y mantener el interés cívico-social en el buen funcionamiento de las mismas y en especial de instituciones específicas tales como las escuelas secundarias y vocacionales, los "mercados de sector", los servicios correspondientes de vigilancia, bomberos, etc.
- 6º Revisión de sistemas y materiales de construcción para asimilarlos a la creciente movilidad física, social y "tecnológica". En síntesis, las estructuras deberán ajustarse a ciertos periodos de "vida útil".
- 7º Revisión o ajuste de las necesidades recreativas "globales", o mejor dicho, regionales, para tener en cuenta las demandas de recreación semanal y estacional que generalmente implican salir del "perímetro urbano" propiamente dicho.
- 8º Revisión y ajuste del sistema vial que tenga en cuenta los volúmenes y horarios de tráfico necesarios para mantener en funcionamiento adecuado todos los componentes de la estructura urbana. En este cálculo se buscará una optimización de medios o sea una combinación óptima de sistemas como los peatonales, de vehículos privados livianos, de transporte ma-

¹⁴ Ver normas básicas pertinentes de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.).

sivo (commuting), de tráfico pesado intra-regional, etc.

No creemos en ninguna de las tesis extremas sobre el uso de vehículos particulares. Por una parte no parece deseable ni factible, en Colombia, el llegar a niveles como los de USA, en esa materia (ciudades con 1 a 2 personas por vehículo) pero tampoco creemos adecuado un nivel tan bajo de vehículos por habitantes como el que hay actualmente en el Valle de Aburrá.

9º Revisión y ajuste de las condiciones de tenencia de tierras para superar las deficiencias que pueden ser causadas por dicha situación.

Un intento de aplicación de este procedimiento (naturalmente esquemático) a la ciudad del futuro, se basaría en los siguientes cálculos prospectivos:

a) Sucesión ecológica;

b) Demografía y unidades familiares;

c) Unidades vecinales y otros grupos sociales;

d) Producto bruto regional;

e) Aplicaciones del producto regional;

f) Empleo;

g) Volumen de servicios básicos;

h) Volúmenes de transporte y comunicaciones;

i) Vivienda y otras supraestructuras;

j) Ciclos de contaminantes;

k) Ecuaciones energéticas.

En esta forma, preliminar y resumida, dejo esbozados los principios conceptuales y un esquema de metodología para esta nueva disciplina que combina las especialidades del urbanista y del ecólogo y que me he permitido bautizar con el nombre de **URBECOLOGIA**.

HOMENAJE AL ACADEMICO NUMERARIO INGENIERO JULIO CARRIZOSA VALENZUELA

El día 24 de mayo de 1974 falleció en esta ciudad el ingeniero Julio Carrizosa Valenzuela, miembro de número de nuestra Academia y ciudadano eminente que ocupó muy altas posiciones en la educación colombiana como Ministro del ramo en el Gobierno Olaya Herrera, Rector de la Universidad Nacional, Decano de su Facultad de Ingeniería y de las Universidades Javeriana y de Santo Tomás y Rector del Gimnasio Moderno. El Ingeniero Carrizosa fue, además, profesor de varias asignaturas del ramo de las estructuras civiles, en el cual dejó escritos textos de

enseñanza y trabajos investigativos, varios de los cuales vieron la luz en esta Revista.

La Academia rindió al consocio desaparecido un sentido homenaje, en sesión especial celebrada el 12 de junio del mismo año de 1974, durante la cual se hicieron oír los representantes de las distintas entidades científicas y académicas a las cuales estuvo vinculado el nombre del Ingeniero Carrizosa. En seguida se insertan algunos de dichos discursos:

PALABRAS DEL INGENIERO ALFREDO D. BATEMAN:

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la cual fue individuo fundador y la Sociedad Colombiana de Ingenieros, de la cual fue Presidente, en colaboración con la Universidad Nacional, de la cual fue Rector y Profesor; de la Pontificia Universidad Javeriana, de la cual fue profesor y miembro de su Consejo de Regentes; de la Universidad de Santo Tomás, de cuya Facultad de Ingeniería fue decano y profesor; y de la Sociedad Colombiana de Matemáticas, de la cual fue fundador y Presidente, han querido organizar este acto, solemne dentro de su severidad, para exaltar la memoria de uno de los varones más distinguidos con que la ciencia, la ingeniería y la universidad colombiana se han enorgullecido: JULIO CARRIZOSA VALENZUELA.

Como vocero de las dos entidades primeramente enumeradas, quiero referirme a él como hombre de ciencia y como ingeniero.

Cuando el gobierno del doctor Alfonso López, en el año de 1936, dispuso constituir y organizar la Academia Colombiana de Ciencias, como Correspondiente de la Real del mismo nombre, hizo esmerada selección de quince científicos ilustres que representarían, en grupos de a cinco, las tres grandes secciones en que desde entonces se divide la corporación.

La Sección de Ciencias Exactas fue constituida por Julio Carrizosa Valenzuela, en socio de Jorge Acosta Villaveces, Víctor E. Caro, Darío Rozo M. y Rafael Torres Mariño.

¡Feliz escogencia esta! Carrizosa Valenzuela, don Julio como siempre lo llamamos cariñosamen-

te, desde sus días de estudiante tuvo especial predilección por las matemáticas, puras y aplicadas. Cursaba aún los últimos años de su carrera de ingeniero cuando ya ocupaba la cátedra de mecánica y desde entonces, sin interrupción hasta el final de sus días, se dedicó con amor y entusiasmo, a transmitir sus conocimientos en cátedra siempre actualizada, a generaciones de ingenieros que concurren a las aulas a oír de sus labios sabias enseñanzas.

Esta preocupación por las matemáticas se hizo notoria en forma pública por vez primera, cuando en 1924, en la revista "Santafé y Bogotá", de grata memoria por su sabor santafereño, que dirigieron Daniel Samper Ortega y Víctor E. Caro, apareció su estudio sobre "Las Ciencias Exactas en Colombia", tal vez el primer ensayo que en forma global trataba de la Historia de estas ciencias entre nosotros.

Esa misma revista publicó otros ensayos como "La experiencia de Fizeau y la explicación de Garavito".

Dejo de referirme a otros trabajos suyos, que serán tratados con mejor autoridad por oradores que me siguen.

Quiero sí destacar sus escritos de "Crítica al estudio de una posible forma de equilibrio del globo terrestre, del profesor Belisario Ruiz Wilches" y "Las Tablas de la Luna y el sabio colombiano Julio Garavito A.", aparecidos ambos en la Revista de la Academia de Ciencias; el "Informe sobre un nuevo método para determinación de coordenadas geográficas"; y el discurso que sobre

“La influencia del ingeniero en el progreso de la Nación” pronunció en el seno de esta Sociedad, como Rector de la entonces Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional, con motivo de la adjudicación del premio Ponce de León, distinción que él también mereció como el mejor alumno que fue de su promoción.

No quiero referirme a todo su ciclo profesional como ingeniero, pues es de todos conocido, y del cual hay constancia en las páginas de “*Anales de Ingeniería*” donde aparecen lucidos informes suyos, tales como “La elección de tubería para el acueducto de Buenaventura”, “Distribución de aguas para la ciudad de Popayán”, “Informe sobre estudios y proyectos presentados a la licitación para la construcción de la planta de filtración de aguas del acueducto de Girardot”, todos los cuales prueban su vasta ilustración y capacidad.

Quiero tan solo hacer mención de tres posiciones que ocupó y en las cuales se destacó.

Fue la primera la Secretaría de Obras Públicas de Bogotá, formando parte del gabinete del Alcalde Luis Augusto Cuervo, administración ésta que por defender los intereses de la ciudad fue motivo de destitución fulminante, en medio de protesta unánime de la ciudadanía, que originó las célebres jornadas del 8 de junio, página gloriosa en la historia de la capital de Colombia. Vuelta la calma, el nuevo Alcalde lo llamó nuevamente a ocupar la Secretaría de Obras Públicas, donde desarrolló importante labor y dio comienzo a un desarrollo técnico y armonioso de esta urbe.

A raíz del 9 de abril, el Gobierno Nacional se preocupó por la reconstrucción de Bogotá, aprovechando el empréstito que se otorgó a Colombia con tal fin, y para ello creó en el Ministerio de Obras Públicas la oficina de reconstrucción, tarea bastante ponderosa. Con singular acierto llamó al doctor Carrizosa para que la dirigiera y él, con gran patriotismo, abandonó sus otros quehaceres para dedicarse con empeño, amor y entusiasmo, a esta labor en beneficio de su ciudad solariega.

Alterando el orden cronológico, quiero referirme en tercer lugar a su actuación como Ministro de Educación Nacional, haciendo resaltar la vasta e interesante labor que desde allí realizó en beneficio del gremio. No es mi ánimo, ni estoy en capacidad de hacerlo, de comentar su fecunda tarea al frente de esta cartera ministerial, a la cual fue llamado por el doctor Enrique Olaya Herrera, dentro del sistema que se llamó de la Concentración Nacional, remoto antecedente del Frente Nacional.

Tuvo el valor civil de poner término a una pseudo escuela de ingeniería, que al lado de una escuela politécnica venía dando ya grados que se querían equiparar a los de la Universidad Nacional, buscando al mismo tiempo soluciones para que los alumnos que cursaban allí sus estudios no sufrieran perjuicio alguno. Esto le valió críticas serias de sus mismos copartidarios, pero la explicación que dio en su Memoria al Congreso, fue tan clara

y tan llena de razones de orden legal y de conveniencia, que una vez conocidas, trocaron las críticas en aplausos.

Restauró el edificio del Observatorio Astronómico, que yacía en olvido desde hacia más de 12 años, cuando a la muerte de Garavito el Gobierno de entonces lo negó a los ingenieros colombianos, con la peregrina idea de que la ciencia era incompatible con el estado laico y ajena a los colombianos. Esta restauración permitió la reanudación de sus labores, al frente de las cuales llamó a Jorge Alvarez Lleras, y puso los cimientos para que esta Academia, desde su fundación, tuviera allí, su sede oficial.

En ese entonces la Sociedad Colombiana de Ingenieros ocupaba dos piezas en la planta baja del Capitolio Nacional, de donde era necesario cambiarse porque así lo exigía el ensanche de las dependencias de la Cámara. Con el beneplácito del entonces Secretario Perpetuo de la Academia Colombiana de la Lengua, la Sociedad se trasladó al edificio, entonces desocupado, situado en la calle 19 con la carrera 7ª. Esta destinación, corroborada más tarde por la Ley 100 de 1937 y una sentencia de la Corte Suprema de Justicia, llevaron al Gobierno a destinar a la Sociedad una sede digna de ella, y así fue como llegamos a este edificio en que en estos momentos nos reunimos.

Preocupado por el porvenir de la profesión, cuyas necesidades conocía a través de sus posiciones en la Universidad y desde la cátedra, presentó al Congreso un proyecto de acto legislativo, reformativo de la Constitución, que permitiera la reglamentación de la profesión. Este acto legislativo, el número 1 de 1932, hizo viable que se expidiera más tarde la Ley 94 de 1937.

Pocas veces en una labor ministerial se ha trabajado tanto y tan bien en beneficio de la ingeniería colombiana.

Toda esta labor hizo que la Sociedad lo exaltara a su Presidencia y más tarde le otorgara el título de socio honorario y la condecoración “Francisco José de Caldas” y colocara su efigie, aún en vida, en la galería de ingenieros ilustres. Pocos años ha, cuando se creó por ley la Orden al Mérito Julio Garavito A., fue de los primeros a quienes el Gobierno la concedió.

Tal fue, en síntesis, su actuación como científico y como ingeniero. Su recuerdo perdurará en los *Anales* de nuestras corporaciones y de nuestras Universidades, ya que a su ciencia y su saber, unió un exquisito don de gentes y una impecable caballerosidad. Desconoció el egoísmo, se regocijaba con el triunfo de sus amigos y nunca sintió envidia por nadie. Su vida fue la de un profesional discreto y distinguido, cabal en todo momento, pero ante todo fue un profesor. La enseñanza fue su actividad preferida y gozaba pensando que sus ideas iban a perdurar a través de los actos de sus alumnos. Por ello puedo afirmar de nuevo que “fue amigo de sus discípulos y maestro de sus amigos”.

La Universidad Nacional de Colombia me ha otorgado el privilegio de llevar su voz en este solemne acto que se realiza para rendir homenaje al Ingeniero Julio Carrizosa Valenzuela, cuya reciente desaparición llenó de pesar a todos los que tuvimos la suerte de conocerlo, tratarlo y haber admirado su extraordinaria personalidad.

Hoy evocamos su nombre, y simultáneamente con el recuerdo de tan querido Maestro viene a nuestra mente la imagen de la Universidad; de la Universidad en su sentido noble, auténtico, la Universidad formadora de personas.

Cuando ocurre esta conjunción, cuando un nombre nos sugiere algo importante, estamos reconociendo el aporte fundamental, el impacto admirable de la inteligencia y de la acción de esa persona en el campo específico que ilumina.

Como representante de los ex alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional ante su Consejo Directivo, tomo, además, la voz de los discípulos del Ingeniero Carrizosa Valenzuela para expresar nuestro sentimiento de admiración, gratitud y respeto por quien fue paradigma de profesor.

Un buen profesor debe estar en capacidad de transmitir sus conocimientos en forma clara y completa, debe inducir a sus alumnos al estudio,

a la búsqueda científica. Pero hay un requisito complementario, sin el cual las condiciones anotadas no son suficientes, para que el profesor cumpla a cabalidad con sus funciones y es el ejemplo que debe dar a sus alumnos a través de todos los actos de su vida. La imagen que éstos se forman de la persona que les enseña una ciencia, un arte o una técnica tiene un inmenso poder modelador. La adquisición de conocimientos y de una conciencia cívica constituyen la conveniente estructuración de los ciudadanos. No es suficiente enseñar, es necesario formar.

Julio Carrizosa Valenzuela reunió todas esas cualidades, lo cual explica el afecto que todos sus discípulos tuvimos por él y que hoy se traduce en recuerdo impercedero.

La Universidad Nacional de Colombia y, en particular, su Facultad de Ingeniería tienen deuda de gratitud por quien fue su ilustre guía, tanto en el campo administrativo como en el académico, teórico y experimental: Rector de la Universidad, Rector de la otrora Facultad de Matemáticas e Ingeniería, autor de dos libros de Resistencia de Materiales, en los cuales condensó sus enseñanzas en esta ciencia y fundador del laboratorio de ensayo de materiales.

Bien se procede al exaltar su nombre.

PALABRAS DEL INGENIERO OTTO DE GREIFF:

En esta distribución de honores para exaltar en breves palabras la memoria de Julio Carrizosa Valenzuela me ha cabido a mí el de representar a la Sociedad Colombiana de Matemáticas. Y ello por el hecho de haber estado ambos presentes en el acto de la creación de tal entidad, él como maestro y mentor insuperable en la dura disciplina, y quien hoy lo recuerda a ustedes, como simple soldado del momento. La Sociedad de Matemáticas nació por la urgencia de encauzar esta ciencia de ciencias hacia el doble propósito de dirigirla por el natural camino de ella en el mundo de hoy, cual es el de un enriquecimiento arrollador en sus ramificaciones, que hacen de la matemática (en singular, como hoy acertadamente gusta decirse) un campo vastísimo que pocos abarcan en su integridad; y por otra parte, el de ponerla al servicio, tal vez modesto pero indispensable, de los menesteres prácticos que de ella han de valer. Y para tal doble fin Julio Carrizosa estaba desde antaño predestinado; pues él fue maestro ejemplar de varias generaciones de futuros ingenieros; su Tratado de Resistencia de Materiales fue buena prueba de cómo él aliaba a los requerimientos prácticos su exigente base matemática. Pero quien pensara entonces que Carrizosa Valenzuela era sólo uno de tantos que se apoyaba en la ciencia (o arte, que así suele designarse hoy) de la matemática como simple auxiliar de un propósito técnico, ignoraba acaso que él era un profundo

investigador de los secretos lógicos de esta disciplina, y de sus entresijos, arcanos para tantas gentes. Baste recordar que a menudo solía citar, como aplicándosela a sí mismo, aquella respuesta que Henri Poincaré dio a uno de sus alumnos, al preguntarle éste para qué servían las funciones elípticas; "Muy bellas son las funciones elípticas —le respondió—, a pesar de que tienen algunas aplicaciones prácticas".

Pero el haberse hallado Julio Carrizosa Valenzuela como protagonista en la creación de la Sociedad Colombiana de Matemáticas es apenas un episodio más en una vida riquísima de contribuciones a la ciencia en general y a la cultura en todo el campo educativo, muy especialmente en el universitario. Habremos de recordar que en días ya muy lejanos hizo parte, como Ministro de Educación, del brillante equipo juvenil que asesoró al Presidente Olaya Herrera en su Gobierno renovador. Quien ahora habla a ustedes se ha visto forzado a recurrir al no siempre grato expediente de la primera persona del singular. Y es porque me veo necesariamente impelido a rememorar una amistad sobremana de deferente y gentil como fue la de Julio Carrizosa Valenzuela hacia mí, ya que para mi buena fortuna hubo de acompañarlo durante no escasos lapsos como sumiso servidor de ese amo, todo gallardía y señorío. Habiendo llegado de mis menesteres profesionales rurales a la Secretaría General de la Universidad Nacional, y el

día está lejano, el doctor Carrizosa, o mejor don Julio, como solía decirsele afectuosamente, hacía parte del primer Consejo Superior de la naciente nueva Universidad. Mi anterior fugaz acercamiento a él se tornó prontamente en desigual amistosa contienda entre el inexperto funcionario que se iniciaba y el diestro servidor que sabía ver y sopesar todos los aspectos de nuestra burocracia con cierto amable desdén escéptico unido a una abnegada voluntad de servicio. Muchas observaciones tuyas me vienen a la memoria, pero bastará recordar un par de ellas. En alguna sesión en que se debatía con obra de argumentos y sutilezas encontrados algún punto universitario de no muy conspicua trascendencia, anotó con su habitual bonhomía disolvente: “—No sé qué nos pasa, al enfrascarnos así en un debate insoluble. En cambio, en la Universidad Javeriana, se reúne el cura, y todo se resuelve de una vez y sin problemas”. En otra oportunidad hube de invocarle cierta antigua disposición ministerial que impedía dar evasión fácil a cualquier problemilla. Y observó: “—¿Pero a qué Ministro de Educación se le ocurriría dictar tan absurda disposición? El caso fue que al volver él mismo la hoja sonrió al leer: ‘Firmado, Julio Carrizosa Valenzuela, Ministro’”.

Al redactar estas líneas pensé que en el momento de leerlas ya Alejandro Sandino habría hecho el justo elogio de Carrizosa Valenzuela como Rector de la vieja Facultad de Ingeniería y como Director del Laboratorio de Resistencia de Materiales, que él creó. Pero acaso me dejó a mí

la grata tarea de recordar cómo en diversas ocasiones ocupó la Rectoría de la Universidad Nacional con sobra de méritos para desempeñarse lujosamente en una tarea que nunca ha sido halagüeña. A un amplio criterio universitario, unió siempre una extraña habilidad para sortear todas las situaciones, sin dejar nunca de rendir tributo a la ética y a la estética.

Al cumplir el grato encargo de recordar a Julio Carrizosa Valenzuela como fundador de la Sociedad Colombiana de Matemáticas, no es posible prescindir de evocar las caras sombras de otros que también pasaron, y que fueron a la vez sus discípulos y sus colaboradores: Leopoldo Guerra Portocarrero y Luis Ignacio Soriano Lleras. Y en cuanto a mí, y por ello doy rendidas excusas, mal podría olvidar cómo Carrizosa Valenzuela puso siempre por encima de las mezquinas triquiñuelas políticas el alto interés de la ciencia y del saber. Ya en sus últimos días hube de acercarme de nuevo a su amistad, en la Universidad de Santo Tomás, donde al recibir de él nuevos favores y nuevas atenciones, le recordé cómo sólo a él debía yo el haber podido pervivir en la Universidad Nacional, como profesor, y para largo rato, pues aún continúo porfiadamente ligado a ella. Pero él ni entonces ni nunca quiso acordarse de ello. Su espíritu, aun antes de dejarnos, trasmigró a sus hijos, que hoy prolongan sus virtudes. Y su memoria será siempre venerada por sus discípulos y por quienes tuvimos el privilegio de acercarnos a tan excelso ejemplar de la especie humana.

PALABRAS DEL PADRE GABRIEL MALDONADO, S. J.:

Con gran complacencia mía me encuentro entre vosotros para contribuir, en nombre de la Pontificia Universidad Javeriana, al justísimo homenaje que ilustres Centros de la Cultura, del saber y del progreso, rinden hoy a la memoria del ingeniero Julio Carrizosa Valenzuela. Vinculado a las Facultades de Ingeniería Civil, Industrial y Arquitectura de la Universidad Javeriana por largos años, el doctor Carrizosa, señera figura del hombre de ciencia y educador sabio y ponderado, apareció en todo momento como varón de consejo, transmisor seguro del saber, persona que ocultaba sus egregias dotes, dentro de una modesta a la par que majestuosa toga de cultivadora sencillez.

Me imagino verlo aún por los alrededores de las Facultades de Ingeniería y Arquitectura, con su reposada serenidad o escucharlo en las sesiones del Consejo donde mezclaba los precisos conceptos científicos o académicos, con chispeantes y sabrosas observaciones que ponían de manifiesto su fecunda imaginación y su sentido bogotano del humor. Admirable su conocimiento de las personas, su ecuanimidad para juzgar de los hombres y de los hechos, que hacían patentes sus cualidades de educador, fogueado en campos variados y difíciles, a lo largo de su vinculación a la educación tanto

privada como pública, su lealtad a las instituciones que se honraban con su ayuda, y su inquebrantable fe cristiana, que bien le hacía comprender que la ciencia descende de aquel Ser a quien la Sagrada Escritura llama “Dios Señor de la Ciencia”. La Universidad Javeriana, concedora de sus méritos, lo llamó a ocupar cargos de responsabilidad como Decano de la Facultad de Ingeniería Civil, en la cual fue Profesor Titular de la cátedra de Resistencia de Materiales, Miembro del Consejo de la misma Facultad y Miembro igualmente, por elección del Consejo Directivo de la Universidad, del Consejo de Regentes de la Javeriana, a quien corresponde según sus Estatutos, “asegurar la autonomía, estabilidad y orientación de la Universidad”. (Estatutos Universidad Javeriana, pág. 12).

Justo reconocimiento a tan amplios méritos, fue la condecoración de la Orden Javeriana que la Universidad tuvo el placer de colocar sobre su noble pecho.

Un profesional como el ingeniero Carrizosa era la persona más cualificada para ayudar a la Universidad Javeriana en la obtención de los objetivos que buscan estos institutos de educación superior, la formación integral del hombre sobre los principios de la moral profesional cristiana, formación

académica sólida, dentro de un sentido de caridad y de justicia social, resuelto pero ordenado, mirando con sabia mentalidad a la persona con sus derechos y deberes y además al bien de la sociedad. Hombre de ciencia, se dedicó a ella con amor, con desvelo, con ansia generosa de comunicarla a las jóvenes generaciones, que por su parte admiraban la frescura de su inteligencia y la diafanidad de sus conocimientos, puestos al día con los adelantos más modernos; la razonable exigencia en sus clases; la consagración, en una palabra, a la docencia que bien comprendió él, es un apostolado.

Cuántas veces en nuestros frecuentes coloquios me manifestó el doctor Carrizosa sus ideas claras, fundamentales y precisas encaminadas al desarrollo de la Facultad; su preocupación por la solución ordenada de los problemas universitarios; su deseo, apoyado en su vasta experiencia, de que nuestras Facultades y la Universidad en general se siguieran esforzando por crear en sus estudiantes la conciencia de que si deseaban servir a la sociedad, como profesionales capacitados y no desperdiciar sus talentos, ni defraudar a sus familias, ni constituirse en rémoras de un país que debe lanzarse con valor hacia vastos horizontes de cultura, debían convencerse de que esos ideales se forjaban en la estudiosidad y el orden. Y el doctor Carrizosa no era esquivo al diálogo y al progreso en sus varios aspectos, sino que exigía que el estudiante se compenetrara con los problemas del país y se mezclara con las empresas a las cuales se ha de vincular más tarde, con toda la ardencia de su generosa juventud. El Sumo Pontífice Pablo VI, en 1968 explicaba el concepto de ciencia como "el uso sistemático y perfeccionado de la inteligencia. Si vosotros, decía el Papa a la Academia Pontificia de las Ciencias, sois en cierto sentido más plenamente hombres que los demás, es en efecto y en primer lugar porque vosotros habéis desarrollado a un alto grado las posibilidades de aquello que es más noble y más semejante a Dios en el hombre: el pensamiento, la capacidad de llegar a

hacerse todas las cosas, ese privilegio único e incomparable de la inteligencia humana, ese poder que posee el ser pensante de conquistar la realidad, de asimilársela, de hacer de ella una verdad que se convierta en su bien particular, quedando en potencia, por su carácter universal, de llegar a ser el bien de todos".

"La inserción del sabio en la tradición científica, es una segunda premisa", añade el Papa. "El sabio recoge, asimila, profundiza y perfecciona todo lo que es de valor en la inmensa herencia del estudio, de reflexión, de aquellos que le han precedido y él utiliza ese patrimonio del saber humano adquirido hasta él, como una base para partir, para lanzarse ardorosamente hacia nuevas conquistas en beneficio de su generación y de aquellas que la seguirán". He ahí las "dos premisas sobre las cuales se yergue como sobre un pedestal el grado supremo de la excelencia humana a la cual se eleva el hombre en el ejercicio de la profesión de investigador". (Pablo VI, Discurso a la Academia Pontificia de Ciencias. Abril 27 de 1968). He ahí, añadimos nosotros, la realización del Profesor Carrizosa.

Los días y las noches han seguido pasando sobre su tumba erigida en monumento al esfuerzo, al sacrificio y a la ciencia. Si en su interior reinan las frías tinieblas, en su exterior se ha elevado un faro protector porque en don Julio se cumplen bellamente las palabras de la Escritura: "Quienes educan a muchos para la justicia, brillarán como estrellas en perpetuas eternidades".

Señoras y señores:

La Academia Colombiana de Ciencias tiene su sede en el Observatorio Astronómico de la capital, desde donde nuestros sabios contemplaron el esquivo chisporrotear de las estrellas. Hoy sus socios, y con ellos la Patria entera, podrán admirar un nuevo astro en las alturas: es la luz de la mente y de la virtud del Profesor Carrizosa, que cruza el espacio, cual cometa vertiginoso, dejando un rastro de luz que no se acaba.

EL PADRE CARLOS ORTIZ-RESTREPO, S. J.

Por JORGE ANCÍZAR SORDO, Ph. D.,
Miembro de Número de la Academia
Colombiana de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales.

El 2 de enero de 1975 se extinguió la preciosa existencia del padre Carlos Ortiz-Restrepo, S. J., un virtuoso sacerdote, un distinguido científico y un gran colombiano.

Nació el 30 de mayo de 1893, en el cristiano hogar formado por don Manuel José Ortiz Durán y doña Julia Restrepo Tirado. Fueron sus abuelos paternos don Miguel María Ortiz Durán y doña Bárbara Durán, y maternos el ilustre científico y hombre de Estado don Vicente Restrepo y doña Dolores Tirado. Su padre ocupó cargos importantes, entre otros el de Presidente de la Cámara de Representantes en 1898.

En su tierna infancia estuvo en Francia con sus padres. De ahí que hablara y escribiera el francés correctamente.

De regreso de París ingresó al Colegio de San Bartolomé y desde entonces mostraba grande afición por las ciencias. En su casa de la calle de la Carrera (hoy carrera séptima entre calles séptima y octava) tenía un pequeño laboratorio y un taller de carpintería, lo que le dio más tarde una grande habilidad manual y una especial facilidad para hacer experimentos con medios sencillos y de fácil alcance.

Pronto se despertó en él la vocación religiosa y el 12 de noviembre de 1909 fue admitido en el Noviciado que en Chapinero tenía la Compañía de Jesús, donde tuvo por maestros al padre Pablo Ladrón de Guevara y al padre Jesús María Fernández, que tanta influencia tendría más tarde en su formación científica.

En 1915 sus superiores lo enviaron al Colegio Máximo de San Francisco Javier, en Oña, Provincia de Burgos (España), donde hizo sus estudios de Filosofía.

De allí volvió a Colombia para hacer el Magisterio en el Colegio de San Bartolomé, donde enseñó matemáticas, física y química y publicó, para uso de sus discípulos, unos "Apuntes de Trigonometría". También enseñó cosmología, física e historia natural en el Noviciado de Chapinero.

Terminado el período de magisterio, marchó de nuevo al Colegio Máximo de San Francisco Javier, en Oña, para cursar los dos primeros años de Teología. En seguida pasó al Seminario que la Provincia de Alemania Inferior de la Compañía de Jesús tenía en Valkenburg, Provincia de Limburg (Holanda), en el bello valle del Geul, denominado la Suiza holandesa. Terminó la teología en Valkenburg y fue ordenado el 27 de agosto de 1925.

Por iniciativa del entonces Provincial de Colombia, padre Jesús María Fernández, cuya visión era extraordinaria, un grupo de jóvenes fue escogido para adquirir disciplinas científicas en diferentes ramos, después de terminar su formación teológica. A este selecto grupo pertenecieron Carlos Ortiz Restrepo, Juan María Restrepo Jaramillo, Arturo Montoya, Enrique Pérez Arbeláez y más tarde Jesús Emilio Ramírez y Lorenzo Uribe.

De acuerdo con este plan, el padre Ortiz fue destinado a la Universidad de Munich, en Baviera (Alemania) para especializarse en matemáticas y física. Allí fue discípulo del profesor Leo Graetz, autor de célebres tratados sobre Electricidad, y del profesor Arnold Sommerfeld, uno de los precursores de la física nuclear, autor del famoso libro "Atombau und Spektrallinien".

Durante su permanencia en Munich el padre Ortiz perfeccionó sus conocimientos del alemán, adquiridos en Valkenburg.

Después de la Universidad de Munich pasó a la de Friburgo (Suiza) y se matriculó en la Facultad de Ciencias al comenzar el semestre de verano de 1927. Allí fue donde tuvo el privilegio de conocerlo el 30 de abril de ese año, cuando yo cursaba estudios de química, resultando de ese encuentro una amistad que duró hasta el fin de sus días.

Seguimos juntos los cursos de física del Profesor Göckel, pionero de las investigaciones sobre rayos cósmicos, según lo reconoció el Profesor Robert Andreas Millikan, Premio Nóbel de Física

en 1923, en su famoso libro "Cosmic Rays", The Macmillan Company, New York y Cambridge University Press, 1939. En la visita que hice al Profesor Millikan el 3 de agosto de 1940, cuando era Presidente de California Institute of Technology, me expresó su admiración por quien fuera uno de nuestros maestros. También seguimos los cursos avanzados de física que dictaba el Profesor Paul Joye, discípulo del conocido físico Profesor Otto Lummer, de las Universidades de Berlín y Breslau.

Otro de nuestros maestros, y mío en particular, porque bajo su dirección hice mi tesis doctoral, era el Profesor Augustin Bistrzycki, venido a Friburgo de la Universidad Tecnológica de Berlín-Charlottenburg, donde había sido discípulo y luego asistente de los famosos químicos alemanes Profesores August Wilhelm von Hofmann y Carl Liebermann.

Y la mineralogía y sus prácticas de laboratorio estaban a cargo del Profesor Leonhard Weber, que lo era a la vez en la Escuela Politécnica Federal de Zurich, y quien, después de ser discípulo del Profesor Max von Laue, Premio Nóbel de Física en 1914, se había constituido en colaborador del célebre Profesor Paul Niggli en la edición de su Tratado de Mineralogía. Con el Profesor Weber solíamos hacer excursiones de investigación mineralógica a los Alpes suizos y en particular al paraíso de los coleccionistas de minerales raros, el Binnenthal. Allí se veía al padre Ortiz, provisto de su pica de geólogo y su martillo de mineralogista, en busca de gemas y rocas de interés.

Era un experto en fotografía y solíamos hacer ampliaciones de sus películas en el laboratorio de la Universidad.

Durante su permanencia en Friburgo el padre Ortiz se alojó en la residencia para estudiantes de teología denominada "Salesianum", que dirigía el virtuoso sacerdote suizo Monseñor Boxler, muy vinculado a Colombia por haber sido Capellán de la Comunidad de religiosas suizas en Pasto (Nariño).

En alguna ocasión tuvo que ausentarse el Párroco del pueblo de Ueberstorf, en el Cantón de Friburgo, y el padre Ortiz se ofreció para reemplazarlo, aprovechando las vacaciones universitarias. Buen conocedor del francés, como se dijo al principio, y con la precisión del físico y del matemático, preparaba sus sermones por escrito, pues nunca improvisaba, y algunas veces me los leía para oír mis comentarios. Fue tal el éxito que tuvo en la parroquia que, al terminar su corta misión, le hicieron varios agasajos y todos los feligreses querían que fuera a cada una de sus casas. También tuve la suerte de acompañarlo en algunas de esas visitas para apreciar hasta dónde se había captado el cariño de esos campesinos suizos.

Como todos los Jesuitas de su generación, poseía una cultura humanística sobresaliente y una conversación con él era un deleite. Tenía el don de la claridad en la exposición y sus explicaciones eran

precisas y gráficas. Muchas veces, en el curso de nuestra época fribuguense nos explicábamos mutuamente los problemas de nuestras respectivas materias de especialización, y lo que él exponía me permitía comprender y penetrar la materia sin dificultad.

Ya tenía él una sólida preparación académica adquirida en Munich, de tal suerte que, paralelamente con los cursos que seguíamos, pudo iniciar más pronto su tesis, bajo la dirección y en el laboratorio del Profesor Paul Joye. Allí lo visitaba yo todos los días, en las escapadas que hacía del laboratorio químico, y pude seguir el curso de sus trabajos y aprender muchas cosas cuando discutíamos los resultados que iba obteniendo.

En el verano de 1929, el padre Ortiz terminó su tesis titulada "*Étude théorique et oscillographique de la période d'établissement du courant continu dans les transformateurs*".

El 20 de julio de 1929 presentó los exámenes finales para la obtención del doctorado en ciencias, previa aprobación de la tesis por el jurado respectivo, con la calificación Magna Cum Laude.

A principios de 1930 regresó a Colombia e hizo la tercera probación en la Casa de Chapinero, bajo la dirección del padre Luis Jáuregui, y en seguida fue destinado al Colegio de San Bartolomé, en calidad de Profesor de física y química.

En 1934 marchó al Seminario de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá), donde se hacía el filosofado y allí enseñó matemáticas superiores y cuestiones científicas relacionadas con la filosofía. En el curso de Ciencias regentó la cátedra de física y logró instalar allí un buen laboratorio para la enseñanza práctica de la materia. También fue Ministro de la Casa.

Al ser nombrado Provincial el padre Alberto Moreno, el padre Ortiz lo reemplazó el 29 de junio de 1934, primero interinamente, y luego como titular, el 1º de agosto del mismo año, en la Rectoría del Colegio de San Bartolomé.

Le correspondió una de las épocas más difíciles. El Gobierno Nacional reclamaba como suyo el edificio donde tradicionalmente funcionó siempre el Colegio. Entre tanto en el Congreso se debatía el problema de la propiedad y la opinión pública seguía con interés el curso de esos acontecimientos.

Como la entrega del edificio al Gobierno parecía inminente, y podía ocurrir de un momento a otro, se planteaba para los Padres Jesuitas un serio problema.

Persuadido el padre Ortiz de la necesidad imprescindible para la Compañía de Jesús de asegurar la continuidad de su labor docente, concibió la idea de construir un nuevo edificio, con recursos propios, en los predios que la Compañía poseía en La Merced, en lo que hoy corresponde a la carrera quinta con la calle 34 de Bogotá. Por eso el nuevo Colegio que allí habría de funcionar se denominó Colegio de San Bartolomé-La Merced, para distinguirlo del tradicional, ubicado en la manzana comprendida entre las carreras sexta y séptima y

las calles novena y décima de Bogotá. Comenzó por convencer a sus superiores para que lo autorizaran a contraer una deuda para financiar el proyecto, lo cual no fue fácil, pero al fin lo logró, y, con la ayuda de uno de sus hermanos se concretó la operación del préstamo respectivo.

El proyecto y su ejecución fueron confiados a la conocida firma de ingenieros y arquitectos que dirigía Ignacio Martínez Cárdenas, quien puso en esta obra todo su interés.

En 1936, con motivo de la celebración del aniversario del vil asesinato del General Rafael Uribe Uribe, frente a la placa conmemorativa de tan luctuoso acontecimiento, tuvieron lugar los actos de costumbre. La multitud que allí se había congregado, bajo la influencia de agitadores, comenzó a lanzar piedras contra el edificio del Colegio, situado carrera séptima de por medio, frente al costado oriental del Capitolio Nacional. Poco después, el padre Ortiz, en su discurso con motivo de la bendición de la primera piedra del nuevo Colegio en La Merced, dijo: "Esas mismas piedras que hace poco nos lanzaron los enemigos del Colegio, son las mismas que ahora colocamos aquí como fundamento del edificio".

Varias veces me invitó a visitar la obra y admiré entonces otro aspecto de su personalidad: su visión y su capacidad de organización y planeación.

Terminado el debate en torno al antiguo edificio de San Bartolomé, le correspondió al padre Ortiz entregarlo al Gobierno para que allí se organizara la enseñanza oficial bajo la dirección de Don Tomás Rueda Vargas.

Después de la inauguración del nuevo Colegio y de su puesta en marcha, el padre Ortiz entregó el rectorado al padre Francisco Javier Mejía, y se dedicó a varias labores. En primer término, como colaborador del ilustre padre Félix Restrepo, en la Pontificia Universidad Javeriana, de reciente fundación. Allí regentó la cátedra de física médica.

A la vez que ejercía el cargo de Prefecto de Estudios de la Provincia, enseñaba física y matemáticas en el Noviciado de Chapinero y organizaba un seminario de física atómica en la Escuela Normal Superior de Bogotá.

Por esa época contribuyó a la fundación de la Federación de Colegios Católicos, de la cual fue Secretario, y en tal carácter concurría, al lado del autor de estas líneas, al Consejo Superior de Educación Nacional.

En 1950 el Gobierno Nacional resolvió llamar de nuevo a los Padres Jesuitas y entregarles la administración del Colegio de San Bartolomé, del cual habían salido el 25 de noviembre de 1940. Al padre Ortiz le tocó entregarlo entonces y recibirlo para ser su nuevo Rector a partir de abril de 1951.

Al asumir tan difícil misión, pues los Padres Jesuitas se habían comprometido con el Gobierno Nacional a mantener el profesorado laico y el alumnado del Colegio, el padre Ortiz mostró una

vez más su extraordinaria capacidad de adaptación a las circunstancias y, dejando a un lado los recuerdos del pasado, emprendió la tarea con el mismo entusiasmo y optimismo que si se tratara de su propio establecimiento, que en años anteriores regentara. Con exquisito tacto logró disipar la atmósfera de desconfianza que creó ese cambio de política oficial, y muy pronto se granjeó la admiración, el respeto y el afecto de profesores y alumnos. Fui también testigo, en visitas que le hice, de ese nuevo ambiente que él supo crear para bien de la educación nacional.

El 6 de enero de 1956 el padre Ortiz fue nombrado Rector de la Pontificia Universidad Javeriana y bajo su administración esa institución registró grandes progresos, debidos a su infatigable energía y a su consagración a todo lo que emprendía, como lo hemos visto en el curso de su vida. Otros más autorizados podrán decir más pormenorizadamente todo lo que él realizó en esta nueva etapa de su actividad.

En julio de 1960 dejó la Rectoría de la Pontificia Universidad Javeriana, para ocupar la del Colegio de San Luis, en Manizales. Allí permaneció hasta marzo de 1963, cuando fue llamado en calidad de Superior a la Residencia de San Pedro Canisio, en Bogotá.

Desde febrero de 1970, cuando su salud dejaba ya que desear, hasta su muerte, residió en el Colegio de San Bartolomé de La Merced. Mientras pudo, desempeñó la Capellanía de la Casa que la Comunidad tiene en La Esperanza (Cundinamarca) e iba allí con frecuencia.

Desgraciadamente la arterio-esclerosis iba avanzando, y él, que era tan comunicativo, tuvo que sufrir primero la pérdida paulatina del oído, y luego los inconvenientes de esa penosa enfermedad, que soportó con resignación cristiana y con el buen humor que lo caracterizó. En las visitas que le hice, tanto en el Hospital de San Ignacio, donde estuvo recluido un tiempo, como en el Colegio, cuando los médicos le permitieron regresar allí, comentábamos los episodios y anécdotas de nuestra época universitaria friburguense, y eran admirables, tanto la lucidez de sus facultades mentales como su memoria prodigiosa. Recordaba detalles que muchos condiscípulos y contemporáneos ya habían olvidado. Al hablar de esos temas su rostro se iluminaba y adquiría de nuevo facilidad para expresarse.

Entre los honores justamente otorgados al padre Ortiz debemos mencionar su elección como Miembro de Número de nuestra Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el 10 de septiembre de 1954. A ella, que hoy llora su desaparición, le prestó su valioso concurso, y era un placer para todos sus colegas encontrarlo en las sesiones a que podía asistir.

Es muy sensible que las tareas de orden administrativo a que fue llamado el padre Ortiz, en las cuales demostró una extraordinaria competencia, ayudado por sus excepcionales cualidades huma-

nas, lo hubieran alejado de lo que fue siempre, al lado de su ministerio sacerdotal, su otra vocación: la investigación y la docencia. Pero él era la persona indicada para las realizaciones que otro quizás no hubiera logrado en la misma forma, y el sacrificio de su vocación científica, lo ofreció para bien de su Comunidad y de su Patria, que mucho le deben a ese hijo predilecto.

Personas más elocuentes podrán exaltar las virtudes del religioso ejemplar, amante de su Comunidad y de su Patria, y retratarlo más fielmente dentro de las múltiples cualidades que lo adornaron. Irradiaba alegría y optimismo y poseía un

fino sentido del humor, que suavizaba las situaciones tirantes y desarmaba a sus opositores. Su dón de consejo y su dón de gentes eran tradicionales.

El recuerdo del padre Carlitos, como cariñosamente se le llamaba, vivirá siempre en la Comunidad a la cual le dio prestigio, en la Academia, y en medio de sus familiares, sus discípulos y sus amigos, que los tuvo numerosos, siempre con un hondo sentimiento de gratitud por haberlos hecho partícipes de su sabiduría y su bondad. Su vida se presenta como un singular ejemplo para todos nosotros y para las futuras generaciones.

SIMPOSIO DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS EN LA ORINOQUIA COLOMBIANA SOBRE PROBLEMAS DE LA REGION

Por CARLOS PÁEZ PÉREZ

La Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales no ha sido indiferente al desarrollo del país. Desde su fundación ha venido participando en el estudio de muchos de los problemas que afectan a la Nación, principalmente los que más conciernen a las cuestiones de índole cultural, científica y tecnológica. Testimonios de ello han sido y siguen siendo los incontables coloquios académicos que ha venido llevando a cabo en sus sesiones reglamentarias sobre temas alusivos al progreso del país, y también las numerosas publicaciones científicas que les ha venido entregando periódicamente a los colombianos a través de su tan importante órgano de comunicación como es esta Revista.

Ese interés de la Academia por el país, fue el que la llevó a aceptar la invitación que le hiciera el Centro de Investigaciones "Las Gaviotas" de Vichada, para ir a conocer de cerca los problemas de la Orinoquia, tipificados en la Comisaría del Vichada y particularmente en la región de "Las Gaviotas".

Pero antes de referirnos al Simposio, es importante recordar que la Orinoquia es una de las cinco hermosas regiones naturales en que se ha dividido el territorio colombiano, con una área de 320.000 kilómetros cuadrados, que comprende el territorio circunscrito entre la Cordillera Oriental y el río Orinoco, y entre los ríos Arauca y Guaviare. A toda esta región que representa el 31% del territorio del país suele denominarse frecuentemente los Llanos Orientales. Es una inmensa y espléndida llanura escalonada, en la que se alternan las vegetaciones herbáceas con frondosos bosques de galería. Se halla irrigada por caudalosos afluentes del Orinoco, entre los cuales se destacan los ríos Arauca, Vichada, Guaviare y otros más, que tienen su nacimiento en el flanco Este de la Cordillera Oriental.

La Orinoquia abarca territorios de varias divisiones políticas como son: Las Intendencias de Arauca y Casanare, Departamentos de Boyacá y Meta, Comisaría del Vichada y parte de la Comi-

saría del Vaupés. En toda esta extensa región priman las actividades de la ganadería, la pesca, la explotación forestal y en algunos sectores la agricultura tropical.

Centro Investigativo "Las Gaviotas".

Desde el año de 1967 fue creado en la Comisaría del Vichada por un Decreto-ley el Centro de Investigaciones y Desarrollo en la región de "Las Gaviotas", como una fundación pública nacional para adelantar programas en beneficio del desarrollo ecológico de la Orinoquia colombiana. Desde entonces han venido contribuyendo para el financiamiento de dicho Centro varias entidades oficiales como los Ministerios de Agricultura, Educación, Gobierno y Salud, así como varios institutos descentralizados como el Agustín Codazzi, el de Meteorología e Hidrología, el de Bienestar Familiar y el SENA.

De otra parte, el Centro "Las Gaviotas" ha celebrado convenios con varias universidades colombianas oficiales y privadas para que sus profesores y estudiantes realicen allí investigaciones en beneficio de la región. Este Centro está instalado en unas edificaciones de más de 10.000 metros cuadrados de construcción en donde funcionan los organismos administrativos y los denominados Departamentos: Agropecuario, Salud, Transportes y Abastecimientos.

En los trabajos de investigación que allí se han programado se destacan: Factibilidad de la explotación del aceite de seje en los Llanos Orientales, Utilización de la paja llanera como agregado en el concreto ligero, Creación de un Centro Artesanal Indígena, Estudio de los suelos en la región de "Las Gaviotas", Perspectivas de la energía solar en la Orinoquia, Microturbinas hidráulicas para generación de energía en lugares apartados, Aves de la Orinoquia, Construcción de un calentador de energía solar, Construcción de una bomba de inducción, Estudio químico del fruto del moriche (*Mauritia flexuosa*), Estudio de la Flora y Fauna regionales, Domesticación del chigüiro.

EL SIMPOSIO

Observada la región de "Las Gaviotas" por los académicos visitantes y enterados de los problemas que afectan a los habitantes de aquella retirada comarca, celebraron varias sesiones durante los días 22 y 23 de marzo de este año, con la modalidad de Simposio. Durante estas sesiones se analizaron exhaustivamente temas de trascendental importancia para el estudio progresivo del Ecosistema de la Orinoquia colombiana en beneficio de las comunidades humanas que habitan allí.

Los Académicos participantes presentaron interesantes ponencias que motivaron animados diálogos e importantes sugerencias. Se analizaron tecnologías para el estudio y protección de los recursos naturales de la región, con su racional aprovechamiento sin destrucción; se plantearon posibles metodologías para realizar investigaciones multidisciplinarias en diferentes regiones de la Orinoquia; se examinaron las políticas a seguir para la recuperación de las especies extinguidas y en proceso de desaparición; se analizaron los problemas sociológicos de las comunidades humanas habitantes de la Orinoquia, problemas relacionados principalmente con sus necesidades nutricionales, habitacionales, educativas y de salud, así como sus medios de comunicación.

Al terminar las reuniones y los coloquios académicos se recomendaron muy importantes sugerencias.

Incrementar, mediante investigaciones ecológicas, los estudios relacionados con el conocimiento de los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas de la Orinoquia y la Amazonia colombianas.

Auspiciar los estudios químicos, geológicos y biológicos del suelo y subsuelo de la Orinoquia, como contribución a los estudios ecológicos de dichas regiones.

Auspiciar los trabajos de investigación relacionados con el inventario de la Flora y de la Fauna de la Orinoquia, preferencialmente de las especies que revistan interés económico, habida consideración de los productos aprovechables que puedan ofrecer.

Hacer que se reserven en la Orinoquia diferentes zonas o regiones boscosas naturales vigiladas con el objeto de conservar las características inherentes a la biota orinoquense.

Auspiciar la organización de arboretos en Centros como el de "Las Gaviotas" con selección de especies forestales de reconocido valor económico, para facilitar los estudios relacionados con su desarrollo biológico, a la vez que adelantar programas de reforestación con especies nativas de posible industrialización.

Fomentar y auspiciar la organización de zocriaderos con especies silvestres tanto de mamíferos (venados, borugos, guatines, capibaras o chigüiros, nutrias, cachicamos o armadillos, etc.), como de aves (paujiles, gallinetas de monte o tinamús, paloma torcaz de los Llanos, perdices

llaneras, iguazas, etc.) y también, de reptiles (tortugas de agua dulce, babillas, morrocoyes, etc.), todas ellas aprovechables económicamente.

La mayor importancia de estos zocriaderos estriba en la necesidad de preservar las especies que están en trance de desaparecer por los estragos de las cacerías sin control.

Los zocriaderos técnicamente organizados son, además, un excelente renglón económico, pues con la proliferación de las especies en proceso de domesticación se puede lograr la industrialización de los productos que tales especies ofrecen, a más de la oportunidad para adelantar con ellas importantes estudios biológicos y etológicos.

Fomentar en la Orinoquia el desarrollo de industrias zootécnicas menores como la Piscicultura tropical, la Apicultura, la Sericultura, la Cunicultura, etc., en beneficio económico de las comunidades humanas que la habitan.

La Academia recomienda prohibir definitivamente las exportaciones de pieles disecadas de animales silvestres e igualmente de especies vivas, cualquiera que sea el grupo zoológico a que pertenezcan, a fin de detener la permanente destrucción indiscriminada de la fauna nativa, medida con la cual se contribuye en gran parte a la protección de los recursos naturales de aquellas regiones.

Enterada la Academia de que en diferentes lugares de la Orinoquia y de la Amazonia se han presentado brotes de ciertas enfermedades tropicales como la malaria, la fiebre amarilla, la enfermedad de Chagas, la leishmaniasis y diversas otras, sugiere que el Ministerio de Salud, en cooperación del Instituto Nacional de Programas Especiales para la Salud - INPES, adelanten las investigaciones que fueren del caso, para registrar la presencia de los agentes causantes de tales enfermedades, a efecto de que se planifiquen y ejecuten las medidas profilácticas que eviten su propagación.

La Academia recomienda al Ministerio de Educación Nacional crear más planteles educativos en las apartadas regiones de la Orinoquia, al servicio de niños, jóvenes y adultos, en los cuales, tanto las comunidades de nativos como de colonos puedan recibir los beneficios de una educación integral, con tecnologías adecuadas para la ejecución de trabajos que tengan como objetivo la explotación racional de la Naturaleza en beneficio de su propia supervivencia.

Finalmente, sugiere la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que, para adelantar con mayor éxito los estudios ecológicos de los diferentes ecosistemas del país y especialmente los de diferentes ecosistemas de la Orinoquia y de la Amazonia, se debe solicitar la cooperación financiera de entidades como COLCIENCIAS, INDERENA, INCORA, MINISTERIOS DE GOBIERNO, AGRICULTURA, EDUCACIÓN, SALUD Y DESARROLLO. La asesoría científica y tecnológica en las investigaciones, bien podría ser ofrecida por las Universidades oficiales con sus profesores y estudiantes. La

Univesidad Nacional con su Facultad de Ciencias y Departamentos de Biología, Química, Geología, Farmacia e Instituto de Ciencias Naturales, sería la más llamada a participar con sus recursos humanos en la programación y ejecución de los proyectos de desarrollo ecológico que se quieran adelantar en aquellas vastas y promisorias regiones aludidas.

CONCLUSIONES FORMULADAS POR LA ACADEMIA:

— Oída la exposición de los doctores Lugari y Zethelius en la mencionada sesión, y luego de la visita a las dependencias del Centro y enterada de los trabajos que allí se están llevando a cabo, la Academia quiere dejar las siguientes constancias:

a) — La Academia considera que la ubicación de "Las Gaviotas" en el centro de la llanura orinoquense es un acierto para el estudio de esta importante zona;

b) — La Academia ve con interés la tendencia a desarrollar, experimentar y estimular el empleo de técnicas sencillas, elementales, de fácil empleo en tan apartadas regiones, tales como:

— El aprovechamiento de la energía solar en calentadores de agua.

— La experimentación de un tipo sencillo de bomba (llamada de inducción).

— La micro-turbina, cuya instalación exige la construcción de una pequeña represa de gran utilidad, al elevar el nivel freático, para la conservación y expansión de los bosques de galería.

c) — La Academia manifiesta su satisfacción por el desarrollo de programas, tales como:

— Aprovechamiento de productos vegetales nativos en la construcción de viviendas.

— Construcción de zocriaderos, como el que existe, para chigüiros.

— Labor educativa para los niños de la región, en el sentido de hacerlos amigos de la naturaleza.

— Atención médica a varias regiones de la Orinoquia.

— Apoyo, mediante las facilidades del Centro, a las investigaciones que realizan diversas universidades, y lo que es más importante, oportunidad de motivar con enfoque realista en la gente de estudio de nuestro mundo universitario.

— Funcionamiento de una estación meteorológica.

Además de la presentación de las actividades de "Las Gaviotas" y de las explicaciones de los di-

versos trabajos e investigaciones realizados o en proceso, la Academia organizó y llevó a cabo durante la visita unas mesas redondas en las que los Académicos expusieron sus puntos de vista sobre los problemas de las regiones visitadas, analizaron aspectos de las realizaciones y prospectos de "Las Gaviotas". Además se presentaron interesantes ponencias y se hicieron recomendaciones.

Las recomendaciones, recogidas al finalizar la mesa redonda, complementadas mediante el análisis en la sesión del 12 de abril de 1975, aprobadas en la sesión del 11 de junio siguiente, y dirigidas al Gobierno Nacional, son las siguientes:

1. Incrementar los estudios relacionados con el inventario de la flora y fauna y demás recursos.

Concretar las investigaciones multidisciplinarias a las interacciones de los elementos bióticos y abióticos del ecosistema de la Orinoquia y de la Amazonia y a conocer el impacto de la acción humana.

2. Hacer las reservas de áreas de regiones boscosas naturales y llanuras vigiladas, para conservar las características naturales inherentes a estas regiones.

3. Auspiciar la creación de Arboretos en centros como "Las Gaviotas", con selección de especies forestales nativas de valor económico con el fin de estudiar su desarrollo biológico y poder planear su futuro uso industrial mediante cultivos o reforestaciones.

4. Auspiciar de la misma manera la organización de zocriaderos, con carácter experimental, de especies silvestres, no sólo para preservar las especies que están en trance de desaparición sino para poder, mediante el conocimiento de los aspectos biológicos y etológicos, programar su utilización económica.

5. Fomentar el desarrollo de industrias zootécnicas menores como la piscicultura tropical, cunicultura, apicultura, etc., en beneficio de las comunidades humanas habitantes de la Orinoquia.

6. Prohibir perentoriamente las exportaciones de pieles de animales silvestres e igualmente los ejemplares vivos a fin de detener la destrucción de la fauna nativa, a menos que provengan de criaderos establecidos con fines comerciales.

7. Incrementar los programas de salud en la Orinoquia y, enterada de los brotes que se han presentado en diversos lugares del oriente colombiano de enfermedades tropicales, sugiere se intensifique la investigación sobre especies vectoras para planear las acciones tendientes a evitar la propagación de tales enfermedades a las zonas a donde aún no han llegado.

8. **Mejorar las relaciones con los indígenas, estudiar su lingüística por entidades colombianas como el Instituto Caro y Cuervo, vincular al indígena a los planes de industrialización en calidad de recolector de productos nativos, pues él no destruye los equilibrios biológicos.**
9. **Restringir los planes de instalar colonos del interior, a menos que hayan sido educados para respetar el ambiente original y para no desalojar al indígena.**
10. **Intensificar las campañas educativas, televisión, cartillas, radio, etc., que cambien nuestra mentalidad destructora y de despreciar la naturaleza en otra de cuidado de los animales, aun de los que no tienen dueño, y de la vegetación.**
11. **Solicitar a las Universidades, en especial a la Universidad Nacional a través de su Facultad de Ciencias, así como a los Institutos afines a estos problemas, reúnan sus fuerzas para la financiación y realización de estas investigaciones, bien sea utilizando las instalaciones y facilidades de "Las Gaviotas" como las de otros centros oficiales ubicados en diferentes lugares de la Orinoquia y de la Amazonía.**

CONSTITUCION DE LA ACADEMIA*

DIRECTIVA

Período 1974 - 1976

Presidente: Ing. ALFREDO D. BATEMAN
Vicepresidente: Ing. FRANCISCO LLERAS LLERAS
Secretario: Ing. JORGE ARIAS DE GREIFF
Tesorero: Ing. CLEMENTE GARAVITO BARAYA
Bibliotecario: Dr. CARLOS PÁEZ PÉREZ
Director de la Revista: Ing. GUSTAVO PERRY ZUBIETA

ACADEMICOS DE HONOR

Cuatrecasas José. — Washington.
Chapin A. Edward. — Harvard.

Killip P. Ellsworth. — Washington.

MIEMBROS DE NUMERO

- | | |
|--|--|
| 1. † Jorge Acosta Villaveces.
<i>Eduardo Acevedo Latorre.</i> | 19. † Julio Garzón Nieto.
<i>Gustavo Perry Zubieta.</i> |
| 2. † Jorge Alvarez Lleras.
<i>Alfonso Tribin Piedrahíta.</i> | 20. <i>Ernesto Osorno Mesa.</i> |
| 3. <i>Antonio María Barriga Villalba.</i> | 21. † Armando Dugand G.
<i>Alvaro Fernández Pérez.</i> |
| 4. † Alberto Borda Tanco.
<i>Hernando Franco Sánchez.</i> | 22. † Alfonso Esguerra Gómez.
<i>Carlos Páez Pérez.</i> |
| 5. † Julio Carrizosa Valenzuela. | 23. <i>Jesús Emilio Ramírez.</i> |
| 6. † Victor E. Caro.
<i>Jorge Arias de Greiff.</i> | 24. † Fabio González Tavera.
† Antonio Olivares. |
| 7. † Luis Cuervo Márquez.
<i>Daniel Mesa Bernal.</i> | 25. † Eduardo Lleras Codazzi.
† Eduardo Rico Pulido.
<i>Carlos Eduardo Acosta Arteaga.</i> |
| 8. † Federico Lleras Acosta.
† Andrés Soriano Lleras. | 26. † Marcelino de Castellví.
<i>Sven Zethelius P.</i> |
| 9. † Ricardo Lleras Codazzi.
<i>Luis Duque Gómez.</i> | 27. † Manuel J. Casas Manrique. |
| 10. † <i>Luis María Murillo.</i> | 28. † Belisario Ruiz Wilches.
<i>Francisco Lleras Lleras.</i> |
| 11. † Enrique Pérez Arbeláez.
<i>Gerardo Reichel-Dolmatoff.</i> | 29. <i>Guillermo Muñoz Rivas.</i> |
| 12. † Darío Rozo Martínez.
<i>Luis Guillermo Durán.</i> | 30. <i>Jorge Ancizar Sordo.</i> |
| 13. † Rafael Torres Mariño.
<i>Hernando Groot.</i> | 31. <i>Alfredo D. Bateman.</i> |
| 14. † Calixto Torres Umaña.
<i>José María Garavito B.</i> | 32. † Jorge Bejarano.
† Gabriel Sanín Villa.
<i>Jaime Ayala Ramírez.</i> |
| 15. † César Uribe Piedrahíta.
<i>Clemente Garavito B.</i> | 33. † Luis Augusto Cuervo.
<i>Santiago Triana Cortés.</i> |
| 16. † Luis López de Mesa.
<i>Luis Eduardo Mora Osejo.</i> | 34. <i>Vicente Pizano Restrepo.</i> |
| 17. <i>Luis Patiño Camargo.</i> | 35. <i>José Ignacio Ruiz.</i> |
| 18. † Daniel Ortega Ricaurte.
<i>Alberto Morales Alarcón.</i> | 36. <i>Lorenzo Uribe.</i> |
| | 37. † Carlos Ortiz Restrepo. |
| | 38. <i>Augusto Gast Galvis.</i> |
| | 39. <i>Kalman C. Mezey.</i> |
| | 40. <i>Hernando J. Ordóñez.</i> |

MIEMBROS CORRESPONDIENTES

COLOMBIA

Alvarado Biester, Benjamín. — Bogotá.
Amorocho Carreño, Jaime.
Botero Arango, Gerardo. — Medellín.
Botero Restrepo, Gilberto.
Buckle, Teresa Salazar de — Bogotá.
Butler, John (Jr.). — Bogotá.
Calderón Gómez, Eduardo. — Bogotá.
Caro Caycedo, Eduardo. — Bogotá.
Carrizosa Umaña, Julio. — Bogotá.
Castillo Torres, Guillermo. — Bogotá.
Cediel, Fabio. — Bogotá.
Daniel, Hermano. — Bogotá.
Del Llano Buenaventura, Manuel. — Bogotá.
Federici, Carlo. — Bogotá.
† *Galán Ponce, Roberto.* — Bogotá.
Garcés O., Carlos. — Medellín.
Gaviria Salazar, Luis Enrique. — Bogotá.
George, Jaime F. — Bogotá.
Guhl, Ernesto. — Bogotá.

Herkrath Muller, Juan. — Bogotá.
Hoenisberg, H. F. — Bogotá.
Iregui Borda, Alvaro. — Bogotá.
León Betancour, Alberto. — Cali.
Lesmes Camacho, Jaime. — Río de Janeiro.
Marulanda, Tulio. — Bogotá.
Medem M., Federico. — Villavicencio.
Mejía Franco, Ramón. — Bogotá.
Murillo, María Teresa. — Bogotá.
Nicéforo María, Hermano. — Bogotá.
Núñez Olarte, Enrique. — Bogotá.
Ospina Hernández, Mariano. — Bogotá.
Otálora Ramos, Guillermo. — Viena.
Patiño, Víctor Manuel. — Cali.
Poveda Ramos, Gabriel. — Medellín.
Sarmiento Soto, Roberto.
Shuk Erdos, Tomás. — Bogotá.
Takahashi Orozco, Alonso. — Bogotá.
Toro González, Gabriel. — Bogotá.
Young L., Norton. — Bogotá.

* Actualizada en septiembre de 1975.

A R G E N T I N A

- Arce, José.* — Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.
Cernuschi, Félix.
 † *Delfino, Víctor.* — Comisión Asesora de Asilos, Buenos Aires.
Descole, Horacio R. — Instituto "Miguel Lillo", Tucumán.
 † *Doello, Martín.* — Museo Argentino "Bernardino Rivadavia", Buenos Aires.
 † *Meyer, Teodoro.* — Instituto "Miguel Lillo", Universidad Nacional de Tucumán.
 † *Roffo, Angel H.* — Instituto de Medicina, Buenos Aires.
Storni, Julio S. — Universidad Nacional de Tucumán.

A L E M A N I A

- Menzel, David.* — Clausthal-Zellerfeld, Alemania.
Wilhelmy, Herbert. — Tübingen.

B E L G I C A

- † *Van Straelen.* — Museo Real de Historia Natural, Bruselas.

B R A S I L

- † *De Mello, Leitao C. F.* — Academia Brasileira de Ciencias.
 † *De Oliveira, Eusebio Paulo.* — Academia Brasileira de Ciencias.
Paula de Couto, Carlos. — Museo Nacional, Río de Janeiro.

C U B A

- Hoffman, W. H.* — Instituto "Finlay", La Habana.

C H I L E

- Garaventa, Agustín.* — Av. República, N° 140, Limache.
Gigoux, Enrique Ernesto. — Museo Nacional de Chile.
Lloser, Gualterio. — Academia Chilena de Ciencias.
Porter, Carlos E. — Universidad de Chile.

E C U A D O R

- Acosta Solís, M.* — Instituto Ecuatoriano de Ciencias, Quito.
 † *Campos R., Francisco.* — Guayaquil.
León, Luis A. — Quito.

E S P A Ñ A

- † *Balguerías de Quesada, Eduardo.* — Espalter 6, Madrid.
Fernández de Soto Morales, Fernando. — Calle de Alcalá 181, Madrid.
Pérez de Barradas, José. — Museo Antropológico Nacional, Madrid.
Rivas Goday, Salvador. — Facultad de Farmacia, Ciudad Universitaria, Madrid.
Romaña, Antonio (R. P.). — Observatorio del Ebro, Tortosa.
Yelamos Romera, Francisco. — C/. José de Dios, 6, Cádiz.

E S T A D O S U N I D O S

- Bequaert, Joseph C.* — Universidad de Harvard, Boston.
Bockus, H. L. — 250. So. 18 St. Philadelphia, 3 Pa.
Case, James E. — United States Geodetical Survey, Corpus Christi, Texas.
Goodspeed, Thomas. — Jardín Botánico de la Universidad de California.
Jordan, Joseph Elber. — Panamerican Medical Association, New York.
 † *Oppenheim, Victor.* — 1206 Mercantile S. Building, Dallas 1, Texas.
Reid Dunn, Emmett. — Academia de Ciencias de Filadelfia.
Schultes, Richard Evans. — Harvard Botanical Museum, Cambridge, Mass.
Simonpietri, André. — Río de Janeiro.
Stakman, Elvin C.
Wetmore, Alexander. — U. S. National Museum, Washington 25, D. C.
Wright, Irving S. — Universidad de Columbia.

F R A N C I A

- Balachowsky, Alfredo.* — Institut Pasteur, Paris.
Escande, L. — Rue des Ecoles, Toulouse.
Laurent, Jean. — Laboratoire Central d'Hydraulique de France.
Moreaux Abate Th. — Observatoire de Bourgues-Chers.
Schwartz, Laurent. — 37, Rue Pierre Nicole, Paris (5c).

GUATEMALA

Rojas, Ulises. — Jardín Botánico de Guatemala.

HOLANDA

Van der Hammen, Thomas.

ITALIA

Asquini, Alberto. — Centro de Estudios Americanos, Roma.

Fenaroli, Luigi. — P. O. Box 164, Bérgamo.

Gino, Conrado. — Centro de Estudios Americanos, Roma.

Ivaldi, Gaetano. — Instituto Italiano de Química, Génova.

Matzeu, Giusto. — Instituto "Alfredo Oriani", Milán.

Severi, Francesco. — Centro de Estudios Americanos, Roma.

Silvestri, Felipe. — Real Universidad de Palermo.

Ungania, Emilio. — Sociedad Italiana para el Progreso de la Ciencia, Roma.

MEXICO

Balme, Juan. — Apartado 1651, México, D. F.

Beltrán, Enrique. — Sociedad Mexicana de Historia Natural, México, D. F.

González Guzmán, Ignacio. — Universidad Nacional Autónoma de México.

† *Gallo, Joaquín.* — Observatorio Astronómico de Tacubaya.

Haro, Guillermo.

Martínez Báez, Manuel. — Academia Nacional de Medicina, México, D. F.

Mehl, David. — Ave. 7 N° 297, Fraccionamiento, México, D. F.

PERU

† *Escomel, Edmundo.* — Universidad Mayor de San Marcos, Lima.

† *García, Godofredo.* — Academia Nacional de Ciencias, Lima.

† *Morales Macedo, Carlos.* — Museo Nacional de Historia Natural "Javier Prado", Lima.

Tola Pasquel, José. — Lima.

POLONIA

Koslowski, Roman. — Instituto de Paleontología, Warszawa.

RUSIA

Tchjevky, A. L. — Director del Laboratorio de Ionificación de Moscú.

SUECIA

† *Kaudern, Walter.* — Museo Etnográfico de Gotemburgo.

Wassén, Henry S. — Museo Etnográfico de Gotemburgo.

VENEZUELA

† *Duarte, Francisco J.* — Universidad de Caracas.

† *Phelps, William H.* — Apartado 2009, Caracas.

† *Rohl, Eduardo.* — Observatorio Cagigal, Caracas.

† *Royo y Gómez, José.* — Apartado 4585 Este, Caracas.

Tejera, Enrique. — Universidad de Caracas.