

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XVIII

MAYO DE 1992

NUMERO 70

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

S U M A R I O

	Págs.		Págs.
Nota Editorial	281	Historia de la Ciencia	
Antropología		Francisco José de Caldas y la Botánica. por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i>	369
Estudio de las momias guanes de la Mesa de los Santos, (Santander, Colombia). por <i>Gonzalo Correal e Iván Flórez</i>	283	Santander y la Academia Nacional. por <i>Javier Ocampo López</i>	383
Morbilidad oral en cráneos prehispánicos de Aguazuque (Colombia). por <i>H. Polanco, B. Erazo y G. Correal</i>	291	Scientific literature in Latin by the Jesuits in XVII-Century China. by <i>N. Golvers</i>	389
Botánica		Química	
Una nueva especie de <i>Clibadium</i> (Compositae) para Colombia por <i>Santiago Díaz-Piedrahita y Jorge Arriagada M.</i> . . .	301	Perfiles isoenzimáticos de superóxido dismutasa en café. por <i>M. Daza, V. Montes de Gómez, M. Quijano-Rico y L. del Río</i>	403
Estudios Botánicos en la Guayana Colombiana. 2. Notas sobre <i>Sida serrata</i> Willd. por <i>Javier Fuertes</i>	305	Zoología	
La evolución de la reproducción en las cormobionta y de las unidades de crecimiento y floración de las angiospermas. por <i>Luis Eduardo Mora-Osejo</i>	311	Estudio bioecológico de la ictiofauna del lago de Tota. (Boyacá - Colombia) con énfasis en la trucha arco iris. por <i>Gilberto Mora, Luz S. Téllez, Plutarco Cala y G. Guillot</i>	409
Sistemas "in vitro", un complemento en el mejoramiento de las Musáceas. por <i>Margarita Perea-Dallos</i>	323	Levantamiento e análisis de eficiencia. por <i>Ivo Pierozzi Jr. & Mohamed I.M. Habib</i>	423
Ciencias de la Tierra		Notas	
Variación temporal de la Humedad Relativa del aire en Santafé de Bogotá. por <i>Jesús A. Eslava R.</i>	333	El Cambio climático global y su posible impacto en las industrias petrolera y carbonera. por <i>Hernando Dueñas Jiménez</i>	433
Lineamientos río Ariari, Bogotá y Gachalá en los departamentos de Cundinamarca y Meta, Colombia. por <i>Guillermo Ujueta L.</i>	345	The' Paleo Enso Record in the lower Magdalena Basin, Colombia. by <i>Hernando Dueñas Jiménez</i>	437
Vulcanismo terciario al sur de la isla de Mompox, parte nor-oriental de la Serranía de San Lucas. por <i>Jaime Galvis y Ricardo de la Espriella</i>	359	Herbicidas y medio ambiente. por <i>Lorenzo Panizzo Durán</i>	441
		Vida académica	447





NOTA EDITORIAL

La Academia Colombiana de Ciencias y el General Santander

El 10. de abril de 1992 se cumplió el segundo centenario del natalicio del General Francisco de Paula Santander. Para la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la figura del prócer neogranadino tiene especial significación, por contarse entre sus múltiples realizaciones la de crear la Academia Nacional, antecesora legítima de nuestra Corporación. Por esta razón la Academia celebró una sesión pública en homenaje a su memoria y destina esta nota de la Revista a su recuerdo. Por sus ejecutorias Santander ha sido calificado con justicia como "el organizador de la victoria", "el hombre de las leyes" y "el fundador civil de la república". Son estos algunos de los reconocimientos que la posteridad le ha añadido a su nombre para destacar la grandeza de su desempeño tanto como ciudadano, como militar, como legislador y como primer mandatario de los colombianos. Aun estudiante, le sorprendió el movimiento de la independencia, circunstancia que unió para siempre su vida a la de la república que se gestaba.

Como soldado Santander participó en importantes batallas dando claras muestras de su valor, de su capacidad como estratega y de su talento para organizar y culminar con éxito las maniobras. Coronó su carrera militar con el grado de General de División y tras el triunfo logrado en la batalla de Boyacá, abandonó la espada para centrar sus esfuerzos en la consolidación de la República a la que dotó de un sistema jurídico que garantizaría su existencia y su progreso. Su vocación democrática se refleja en la célebre frase "las armas os han dado la independencia, las leyes os darán la libertad". Como Vicepresidente y como responsable del poder ejecutivo, no sólo logró la consolidación del poder civil, sino que proporcionó los medios para el mantenimiento de la guerra de independencia que se libraba al mando de Bolívar y que culminó con la independencia de cinco repúblicas.

A la par con los esfuerzos por obtener los recursos necesarios para mantener el ejército y sostener y consolidar la victoria, Santander se prodigaba en atender las finanzas, establecer y mantener las relaciones internacionales, fortalecer la administración de justicia y fundar escuelas, colegios y universidades. Una de sus principales metas como gobernante era la de proveer a los colombianos de una adecuada educación y elevar su nivel cultural. Y es ésta faceta de su personalidad la que queremos destacar con motivo de la conmemoración del bicentenario de su natalicio, recordándolo como promotor de la "Misión Zea" y como creador de la "Academia Nacional de Colombia".

La actividad científica institucionalizada se inició en nuestro medio con la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada; clausurada la misma en 1812 y definitivamente desaparecida en 1816, quedó al país y como legado de la misma, una tradición científica y cultural que ha permitido, aunque con altibajos, el florecimiento de las ciencias. Organizada la República y por iniciativa del General Santander, el 22 de julio de 1823 se produjo el decreto que permitió el establecimiento de la que hoy conocemos como "Misión Zea", cuyo fin último era el de organizar en el país y con la ayuda de científicos europeos, un Museo de Ciencias Naturales, el cual se apoyaría en una Escuela de Minas y en las recién establecidas cátedras de mineralogía, geología, química pura y aplicada, anatomía comparada, zoología, botánica, agricultura, dibujo, matemáticas, física y astronomía. Desde mayo de 1822 se habían firmado los contratos con los cuatro naturalistas franceses y con el peruano de formación académica europea que integraban el equipo de la misión. Los contratos preveían la adquisición de una biblioteca especializada en ciencias naturales, de los instrumentos necesarios para adelantar las tareas docentes e investigativas y de la dotación del laboratorio de química.

También por iniciativa del General Santander, el 10. de diciembre de 1826 se creó la Academia Nacional de Colombia; la misma, junto con el Museo y con la Universidad Central (también debida a la iniciativa de Santander y antecesora de la actual Universidad Nacional de Colombia) debían garantizar el florecimiento de las ciencias el arte y la cultura en nuestro medio. La agitación política y los hechos de septiembre de 1828 interrumpieron este desarrollo. Reestablecido el orden constitucional y durante la segunda administración del General Santander se impulsó nuevamente la Academia Nacional. La inestabilidad política que afectó al país a lo largo del siglo XIX impidió el verdadero desarrollo de la Academia, la que lánguidamente desapareció, dando paso en 1857 a una nueva Academia Nacional promovida por el Liceo Granadino y a la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos. Las contiendas civiles y la falta de apoyo estatal dieron lugar a la desaparición de la Academia y de la Sociedad, la que años después fue reemplazada por la Sociedad de Naturalistas Colombianos, institución que funcionó al amparo de la Universidad Nacional.

Ya en el presente siglo surgió la Sociedad de Ciencias Naturales del Instituto de la Salle, entidad creada el 11 de febrero de 1912. Esta Sociedad funcionó hasta 1919 cuando para dar un mayor ámbito a sus labores cambió su denominación por la de Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales; con este nombre funcionó en forma progresiva hasta 1936, año en el cual desapareció para dar paso a la actual Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la que se apoya en la Ley 34 de 1933 y en los decretos 424 de 1934, 486 de 1935 y 1218 de 1936, los cuales le dan carácter oficial y la consagran como órgano consultivo del Gobierno Nacional. Desde su reorganización en 1936, la Academia ha funcionado como entidad científica sin ánimo de lucro y teniendo como meta la de promover y realizar investigaciones en los campos de las ciencias exactas, físicas y naturales y a la vez cooperar en el mejoramiento de la docencia en estas ramas del conocimiento. Sigue pues la Academia bajo los derroteros que le señalara su fundador el General Francisco de Paula Santander y que ratificaran sucesivamente quienes la han reorganizado y revitalizado a lo largo de 166 años garantizando su vigencia.

ESTUDIO DE LAS MOMIAS GUANES DE LA MESA DE LOS SANTOS, (SANTANDER, COLOMBIA)

por

Gonzalo Correal U.* & Iván Flórez**

Resumen

Correal, G. & I. Flórez: Estudio de las momias guanes de la Mesa de los Santos. (Santander, Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 283-290, 1992. ISSN 0370-3908.

En dos momias se practicó estudio Escanográfico y radiográfico. La No. 1, corresponde a un ejemplar adulto femenino. La No. 2, corresponde a un niño. Se obtuvieron cortes seriados semiaxiales con espesor de 10 mm., observándose estructuras esqueléticas normales, a excepción de esteofitos marginales correspondientes a C₄, C₅, C₆.

En el centro del canal raquídeo correspondiente a la región del cono medular se observa una imagen puntiforme de densidad cálcica en posición correspondiente al eje de la médula espinal. En la cavidad torácica izquierda hacia la parte superior y posterior se observan dos imágenes calcificadas, las cuales pueden ser compatibles con T.B.C. Es observable deformación craneal artificial.

En el No. 2, la alteración patológica, corresponde a engrosamiento pleural, observándose calcificación en cavidad torácica derecha.

Abstract

Scanner and X-ray analyses were carried out on 2 Guanes mummies from the Department of Santander (Mesa de los Santos): No. 1, an adult female specimen; and No. 2: a child. Serial semiaxial 10 mm thick sections were obtained with showed normal skeletal structures, although there are evidence of marginal osteophytes was found in the dorsomedial region corresponding to C₄, C₅, C₆.

In the center of the rachidial canal corresponding to the Medullary cone region, a punctiform image was observed, wich had a calcic density whose position coincided with de Medullary axis. Towards the upper rear part of the left thoracic acvity two calcified images were observed with could be compatible with, T.B.C. An artificial cranial deformation can be seen.

In No. 2, the child, a pathological alteration corresponding to a pleural growth was observed, as was calcification in the right thoracic cavity.

* Instituto de Ciencias Naturales – Museo de Historia Natural,
Universidad Nacional de Colombia.

** Hospital Universitario “Ramón González Valencia”
Bucaramanga.

Antecedentes Históricos

La Mesa de Xerida o Mesa de los Santos en el municipio de Bucaramanga, departamento de Santander, Colombia, dio asiento a la sede del poder central mayor y permanente de los grupos conocidos como Guanes. Se sabe igualmente, que a mediados del siglo XVIII se hallaba la población de los Guanes muy cerca de su extinción. El mestizaje y la minería influyeron de manera notable en la desaparición de la etnia guane en los tiempos coloniales (J. Morales y G. Cadavid, 1984: 66).

Durante viajes realizados por la comisión corográfica a mediados del siglo pasado fueron descubiertas algunas cuevas en donde se hallaron abundantes esqueletos. En términos de G. Giraldo Jaramillo, (1954: 29): "La cueva de los Santos fue un cementerio indígena utilizado en épocas diversas; la capa superficial que ha sido la más explotada, ha conservado según las opiniones más probables, los restos de las tribus guanes de los días de la conquista, pero su fecha exacta es imposible señalar por el momento".

La Cueva más importante hasta ahora estudiada en la Mesa de Los Santos, corresponde a la cueva de los Indios, que fue objeto de investigaciones por parte de Justus Wolfran Schottelius en 1946.

En esta formación espeleológica, Schottelius encontró dos capas muy diferentes; la primera contenía huesos y restos quemados correspondientes a entierros secundarios y una superior restos momificados, envueltos en telas (Cardale de Schrimppff, 1987: 10). De esta cueva, proceden los materiales a los que haremos referencia a continuación.

Sobre dos fechados de C_{14} obtenidos en telas provenientes de la cueva del área de la Mesa de los Santos, (Cardale, 1987: 11) se obtuvieron los siguientes resultados.

Cueva El Conde (Fragmento C231), 1450 ± 70 d. C. (Beta 28745).

Cueva El Duende (Fragmento C 261) 1090 ± 70 d. C. (Beta 28746).

Una muestra de tejidos de las momias Nos. 1 y 2 es objeto actualmente de determinación radiocarbónica en el Groningen C_{14} Laboratorium de Holanda.

Materiales y Métodos

El presente estudio tuvo por objeto dos momias guanes que actualmente forman parte de las colecciones del Museo de la Casa de Bolívar — Academia de Historia de Santander.

Momia No. 1

(Ref. No. G-194) corresponde a una mujer de edad adulta media, encontrada en posición sedente

con los miembros superiores e inferiores flejados (Figura 1, A)

Estado de Conservación. Aunque en las extremidades superior e inferior, así como en la cabeza hay pérdida de tejido epitelial y subyacente con exposición ósea, en general esta momia muestra buen estado de conservación. En el maxilar superior faltan tanto los incisivos como caninos derecho e izquierdo; en el maxilar inferior, faltan el segundo incisivo derecho y el primero y segundo incisivos izquierdos. En la extremidad inferior falta el peroné.

Escanografía de Cuerpo Momificado

Con la colaboración del Departamento de Escanografía del Hospital Universitario Ramón González Valencia de Bucaramanga, se llevó a cabo el procedimiento escanográfico de las dos momias (Nos. 1 y 2) material del presente estudio, con los siguientes resultados:

Momia No. 1. En este ejemplar se obtuvieron cortes seriados semiaxiales con espesor de 9.0 mm., observándose estructuras esqueléticas relativamente normales, con excepción de la presencia de osteofitos marginales en la región dorsal media de la columna correspondiente a C 4/5 — C 5/6, aspecto indicador de enfermedad articular degenerativa (E. A.D.). Como ha sido señalado en publicaciones anteriores. (Correal, 1990), esta enfermedad afectó en alto porcentaje no solamente a las poblaciones de cazadores y recolectores del Pleistoceno, sino que también a los grupos cazadores horticultores de comienzos del Holoceno (5.000 a 2.275 A. P.), y a poblaciones afroalfareas (Rodríguez, 1986).

Adicionalmente en el centro del canal raquídeo correspondiente a la región del cono medular, se observa una imagen puntiforme de densidad cálcica, en posición correspondiente al eje de la médula espinal, cuyo significado patológico es indeterminado.

Restos de tejido fibroso blando son observables en las cavidades craneana, torácica y abdominal en cantidades variables, siendo evidente que el proceso de momificado no implicó evisceración.

El rasgo más importante de esta momia No. 1 corresponde a la presencia de dos imágenes nodulares calcificadas no mayores de 10 mm cada una, localizadas en la cavidad torácica izquierda una subpleural, la otra paraquimantosa, próximas entre sí ubicadas en el lóbulo inferior izquierdo (Figura 1, B), las cuales pueden corresponder a granulomas compatibles con T.B.C., aunque tanto en estudio escanográfico total como en RX, no aparecen lesiones óseas, correspondientes a esta enfermedad.

Conviene señalar que aunque probable T.B.C. ha sido reportada por Rodríguez (1986: 20) y Arregocés (1989) en restos Muisca de Soacha en las

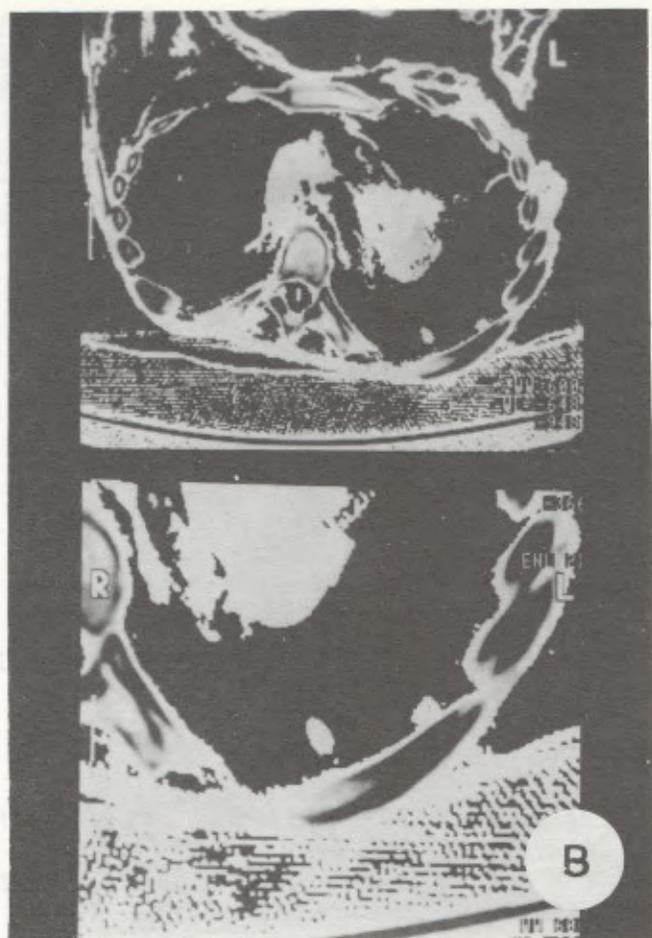


Figura 1. A. Momia No. 1., Mujer adulto (No. G 1-194) Museo de la Casa de Bolívar (Bucaramanga). B. Escanografía imágenes nodulares calcificadas en cavidad torácica izquierda; C. Rx lateral de la momia No. 1. Mostrando aspecto normal en huesos largos y deformación craneal artificial (tabular oblicua); D. Rx lateral de la momia No. 1. Mostrando calcificación hacia base pulmonar.



Figura 2. Detalle de la calcificación pulmonar de la momia No. 1.

proximidades de la Sabana de Bogotá y en restos de indios americanos han sido reportados casos de T.B.C. y posible enfermedad de Pott Ritchie, W.A., (1952), Stewart, J.H., (1950), no habían sido reconocidos anteriormente rasgos compatibles con esta enfermedad en territorio colombiano.

En RX, es apreciable desviación del eje basión-bregma, causada por comprensión fronto-occipital (deformación tabular oblicua, Figura 1, C). Es apreciable igualmente artrosis facetaria C 4/5 y C 5/6 bilateral, calcificación de 10 x 5 mm en la base pulmonar, (Figuras 1 D, 2) superpuesta a costilla 10 u 11, vistas en 2 proyecciones laterales, y una imagen densa (6 x 12 mm) superpuesta al contenido pélvico inferior, que no tiene contenido cálcico (Figura No. 3).

Momia No. 2. (Ref. N. G-12.980) corresponde a un niño.

Estado de Conservación. El tejido epitelial muestra parcial deterioro. Solamente conserva esta momia la mitad del cuerpo, del tórax hacia arriba; faltan igualmente un antebrazo izquierdo y mano así como el radio derecho, la primera y tercera falanges del dedo meñique derecho.

Se obtuvieron cortes semiaxiales con espesor de 9.0 mm, observándose unas estructuras esqueléticas substancialmente normales y dentadura primaria completa en buen estado.

La sutura basioesfenoidal se encontró incompleta cerrada. No se identificaron alteraciones de tipo patológico en secciones correspondientes al cráneo.

En esta momia, son observables igualmente alteraciones morfológicas del macizo craneal de carácter cultural consistentes en una deformación craneal artificial (fronto-occipital). Es observable igualmente, depresión paralela a la sutura coronal.

Hay engrosamiento pleural bilateral en ambos ápices (vértice-lóbulos superiores), más notorio en el lado derecho (Figura 4), observándose una calcificación en este último corte escanográfico a la derecha y posteriormente al parecer localizado en segmento posterior del L.S.D.

Interpretación de los resultados métricos

Al examinar la Tabla No. 1 se encuentra que el índice craneal horizontal configura el tipo interbraquicráneo; el índice nasal obtenido corresponde al tipo mesorrino, y el índice facial superior configura el tipo mesorrino.

Momia No. 1

Tabla No. 1
Medidas de la Cabeza y de la Cara

1. Longitud craneal máxima	156
2. Anchura craneal máxima	148
3. Altura aurículo bregmática	101
4. Anchura frontal mínima	93
5. Perímetro horizontal, máximo	506
6. Anchura bicigomática	133
7. Altura nasión-prostión	68
8. Anchura interorbitaria	29
9. Anchura nasal	25
10. Altura nasal	42
11. Anchura bigonial	91
12. Altura auricular	40
13. Anchura auricular	20

Tabla No. 2
Índices de la Cabeza y Cara

Índice cefálico horizontal	94.87
Índice facial superior	51.12
Índice nasal	59.52

Tabla No. 3
Medidas del Tronco y Extremidades

1. Anchura biacromial	334
2. Anchura bicrestílica	254
3. Longitud de la tibia	310
4. Longitud del peroné	300
5. Longitud del húmero	240
6. Longitud del antebrazo (radial estilión)	204
7. Longitud del fémur	360

Tabla No. 4
Medidas craneométricas medias (mm) y desviación estándar
de poblaciones prehispánicas de la Cordillera Oriental

	MASCULINOS			FEMENINOS		
	Bogotá	Tunja	Los Santos	Bogotá	Tunja	Los Santos
	N = 53	N = 34	N = 12	N = 70	N = 28	N = 13
Diám. antero posterior máximo	175,0 (4,8)	178,3 (7,4)	170,3 (5,9)	166,9 (7,4)	168 (4,7)	165,4 (5,5)
Diám. Transe. máximo	144,9 (6,0)	140,9 (5,5)	146,6 (4,6)	142,7 (6,2)	136,1 (4,5)	141,3 (4,9)
Índice craneal horizontal	82,2 (3,9)	79,1 (3,6)	86,1 (3,1)	85,5 (6,2)	80,6 (3,5)	85,2 (4,5)
Longitud nasión basión	98,7 (4,3)	98,9 (3,6)	95,6 (2,9)	95,3 (4,3)	94,6 (3,3)	89,9 (4,0)
Anchura frontal mínima	94,4 (4,2)	94,6 (5,0)	93,4 (4,8)	91,7 (4,1)	89,8 (4,6)	90,0 (4,3)
Altura basión bregmática	134,2 (5,4)	137,8 (4,8)	126,7 (4,4)	130,1 (3,9)	132,2 (5,2)	119,8 (7,1)
Longitud basión prostión	99,4 (4,4)	99,1 (5,6)	93,9 (5,2)	94,9 (5,7)	95,1 (4,9)	89,1 (5,6)
Anchura inter. fronto-malar temporal	108,0 (3,6)	106,1 (5,0)	104,6 (4,7)	104,6 (3,0)	101,1 (2,1)	100,0 (3,5)
Diám. bicigomático	141,9 (5,0)	138,0 (6,7)	138,2 (4,1)	133,9 (4,0)	128,5 (3,5)	130,1 (2,6)
Anchura cigomaxilar	103,2 (5,1)	97,9 (3,8)	97,7 (4,6)	97,9 (4,5)	94,7 (3,6)	90,8 (4,5)
Altura nasión alveolar	68,2 (3,5)	68,7 (3,3)	68,7 (3,3)	62,5 (4,0)	64,8 (3,6)	64,3 (5,5)
Anchura orbital maxilo frontal	42,3 (1,5)	41,2 (1,8)	40,5 (2,3)	41,1 (1,3)	40,0 (0,8)	40,2 (2,2)
Altura orbital	34,5 (1,5)	34,2 (1,7)	35,3 (2,1)	33,9 (1,4)	33,9 (1,4)	35,6 (1,9)
Anchura nasal	25,7 (1,6)	25,1 (1,4)	23,8 (1,6)	25,2 (1,7)	24,2 (1,7)	23,0 (1,2)
Altura nasal	48,2 (2,5)	48,0 (2,4)	50,4 (2,7)	45,1 (2,6)	46,4 (2,1)	48,8 (2,8)
Longitud del arco alveolar	53,9 (2,1)	54,1 (2,1)	51,5 (3,1)	50,4 (2,7)	52,0 (3,0)	46,7 (3,9)
Anchura del arco alveolar	65,7 (3,8)	62,8 (4,8)	60,9 (4,7)	61,1 (4,7)	59,4 (4,7)	54,6 (6,6)
Angulo facio nasal	22,1	—	28,0	19,7	—	28,0
Angulo naso-malar	144,9 (4,3)	144,0 (4,4)	141,0 (4,0)	145,4 (4,4)	146,1 (2,5)	142,6 (4,3)

Basado en Rodríguez 1991

Como ha sido señalado por Rodríguez, (199: 14) el material óseo proveniente de la Mesa de los Santos se caracteriza ante todo, por poseer una caja craneal muy baja, encajando en las categorías más reducidas a nivel mundial. En material de la Mesa de los Santos, señala igualmente, la presencia de un frontal angosto, un mesocráneo más corto y mucho más ancho que en Bogotá y Tunja, rostro menos ancho especialmente a nivel fronto-malar; las narices pronunciadas y angostas, así como las órbitas altas y angostas.

En términos de este mismo autor Rodríguez, (1991: 15). "En general el material óseo de la Mesa de los Santos (Santander), sobresale por su gracilidad y "aspecto caucasoide" en cuanto al grado de aplanamiento transversal facial, por su perfilación y anchura nasal, además por la pigmentación de la piel. Es bien conocida la admiración que sintieron los conquistadores españoles al comentar el aspecto físico de los habitantes de la provincia Guane . . . "Son indios bien dispuestos, de buenas caras y más blancos que colorados . . . las mujeres son de muy

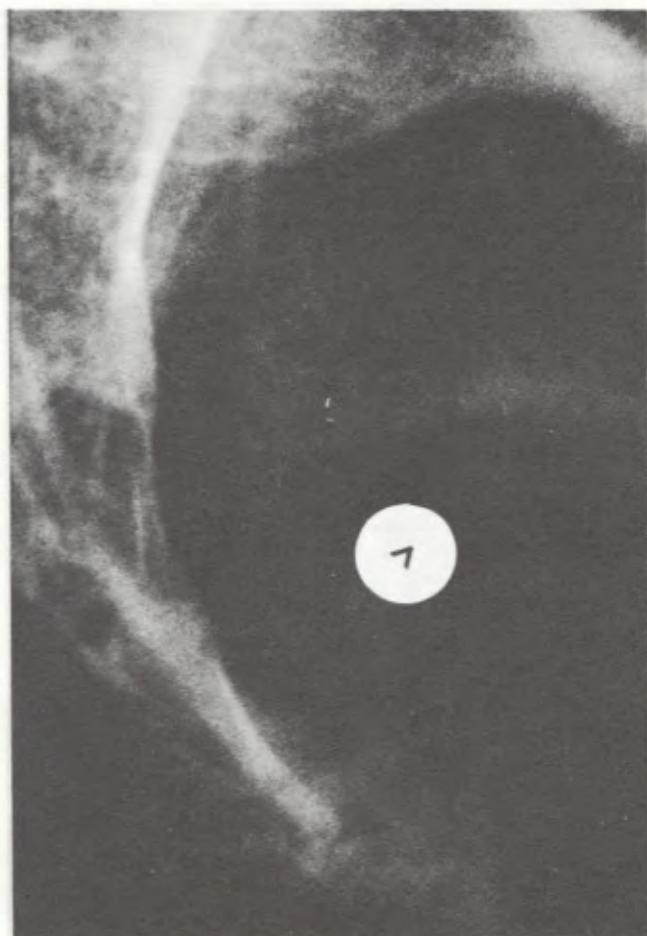


Figura 3. Rx lateral de la momia No. 1. Mostrando imagen densa superpuesta a la cavidad pélvica inferior.

buen pensar, blancas y bien dispuestas . . . de mucha hermosura (P. Simón, 1981; IV: 22-23).

El cronista Juan de Castellanos (1955: Canto XI, Tomo IV: 316), describe la condición física de los Guanes en los siguientes términos:

“Tienen disposición y gallardía; y es gente blanca, limpia, curiosa los rostros aguileños, y facciones de linda y agraciada compostura”.

En lo que se refiere a la deformación craneal en el área Guane, debe señalarse que ésta se registra con gran amplitud en la cueva de los Indios donde (4-III-2596 /2597/2598/2599/2601/2603/2607/2611) muestran este tipo de deformación Rodríguez, (1982: 4). En ejemplares expuestos en el Museo de la Casa de Bolívar también puede reconocerse este rasgo cultural.

En material colectado en la cueva de la Purnia (Duende) en reciente reconocimiento, pudimos identificar igualmente, deformación craneal de tipo fronto-occipital, en un ejemplar, adulto joven femenino.

Schottelius (1941), hace alusión al registro de deformaciones craneales en materia proveniente de la cueva de los indios (Santander), esta costumbre

es igualmente referida a los Guanes por Jiménez Arbeláez, (1945: 34) y por Pérez Ramírez (1960: 44). En material de la región de Mutiscua (Santander del Norte), Orozco y Calle (1961: 5), hacen mención a cráneos deformados y entre los indios motilones es definida por Ancízar (1945: 436), costumbres que pudimos constatar en la cueva de la Trementina departamento del Cesar (Correal, 1985).

Conviene señalar que esta práctica de la deformación craneal artificial, estuvo muy extendida en todo el territorio nacional; a ella hacen referencias los cronistas; Fernández de Piedrahita (1942: 23) la describe entre los indígenas Coyaimas y Natagaimas, Simón (1981, Tomo III, Capítulo XV: 216) describe la deformación craneal entre los Pijaos y Cieza de León (1971: 9) entre los indígenas que habitaron el Valle del Cauca y sus confines; Pérez de Barradas (1943: 43) basado en Fray Pedro de Aguado describe igualmente esta costumbre entre los Muzos.

Estatura

La estatura calculada con base en huesos de la Purnia, corresponde a 163 cm para hombres y 151 cm para mujeres (Rodríguez, 1991).

Grupo sanguíneo. Con la colaboración del Dr. Javier Darío Burgos (biólogo) y del Antropólogo Carmelo Arregocés, se procesaron 100 mgr de epi-

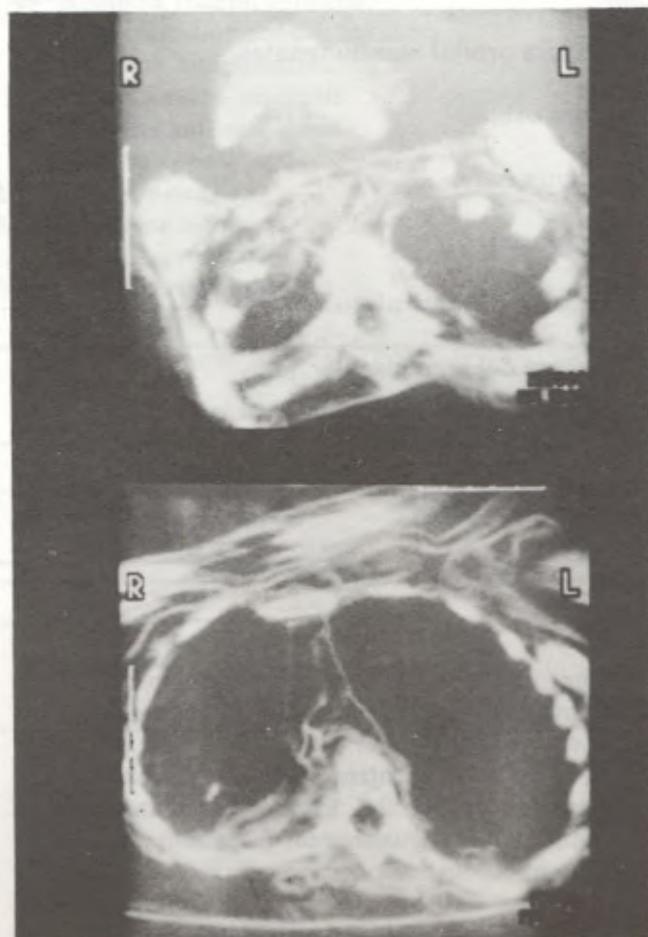


Figura 4. Momia No. 2. Niño. Muestra engrosamiento pleural bilateral y calcificación en L. S. D.

dermis de la momia Betty de acuerdo con el procedimiento desarrollado por Charlotte M. Otten (1963) y mejorado por Lippold (1971). Una vez obtenidos los antígenos sanguíneos se pasó a la prueba de aglutinación, obteniéndose los siguientes resultados:

Antisuero	Agglutinación
Anti — A	—
Anti — B	—
Anti — H	+

Este resultado de aglutinación nos indica que el grupo sanguíneo perteneciente a la momia Betty es de tipo O.

La aglutinación con las lectinas del *Ulex europaeus* nos indica que dicho grupo sanguíneo no es del grupo Bombay, el cual no muestra aglutinación con los anticuerpos Anti-Hyland y Anti-H.

Agradecimientos

Queremos consignar nuestro agradecimiento a la Academia de Historia de Bucaramanga (Museo de la Casa de Bolívar) Dres.: Gustavo Galvis, Eduardo Pilonieta, y especialmente a la señora Rubiela Gómez S. por todo el apoyo brindado en nuestra investigación. A la Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales y a la Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales por financiar nuestro traslado y permanencia en la ciudad de Bucaramanga. Al Dr. Alfonso Hansen — Director del Hospital Universitario Juan Vicente Gómez por facilitar los equipos escanigráficos. Al Dr. José Darío Burgos y Antropólogo Carmelo Arregoces por la determinación de grupos sanguíneos, queremos finalmente destacar la generosa ayuda de los Drs.: Fernando Medina S. y Arthur Aufderheide por la revisión de este texto y oportunas recomendaciones.

Referencias Bibliográficas

- Ancizar, M. 1956. Peregrinación de Alpha. Por las provincias del Norte de la Nueva Granada. Biblioteca de la Presidencia de la República de Colombia.
- Arregocés-Blanco, C. 1989. Paleopatología de algunos restos óseos de una muestra esquelética de Soacha (Cundinamarca), con especial referencia a tuberculosis. Monografía de grado (Inédita). pp. 1-75.
- Correal-Urrego, G. 1985. Concepto antropométrico y etnográfico sobre los restos hallados en Cueva de la Trementina (Departamento del Cesar). Rev. Maguaré No. 3. Departamento de Antropología — Universidad Nacional de Colombia. pp. 75-89.
- . 1990. Aguazuque. Evidencias de cazadores recolectores y plantadores en la altiplanicie de la Cordillera Oriental. Fundación de Investigaciones Arqueológicas — Banco de la República, Bogotá.
- Calle, O.J. & L.R. Rodríguez. 1961. Arqueología de Mutiscua. En Revista Casa Colonial de Pamplona. Norte de Santander, Colombia.
- Cardale de Schrimppff, M. 1987. Informe Preliminar sobre Hallazgo de textiles y otros elementos perecederos conservados en cuevas en Purnia Mesa de los Santos. En Boletín de Arqueología. Año 2, No. 2, Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República, Bogotá.
- Castellanos, J. de. 1601 — 1955. Elegía de Varones ilustres de Indias. Biblioteca de la Presidencia de la República de Colombia (4 Vols.), Bogotá.
- Fernández de Piedrahita, L. 1942. Historia General del Nuevo reino de Granada. Biblioteca Popular de Cultura Colombia.
- Giraldo-Jaramillo, G. 1954. El Cementerio Indígena de los Santos. En: Temas de Antropología e Indigenismo. Sociedad Colombiana de Etnología. pp. 26-37.
- Jiménez, E. 1945. Los Guanes, Lecciones de Prehistoria para primeros conocimientos. En: Boletín de Arqueología, V. I., Bogotá.
- Keats, T. & H. Smith. 1977. An Atlas of Normal developmental Roentgen Anatomy. Year Book Medical publis. Chicago.
- Lippold, L. 1971. The Mixed cell Agglutination Method for typing Mummified Human Tissue. American Journal of Physical Anthropology. Vol. 34: 377-383.
- Morales, J. & G. Cadavid. 1984. Investigaciones Arqueológicas y etnohistóricas en el área Guane. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Banco de la República, Bogotá.
- Otten, C. & L. Flory. 1963. Blood. Typing of Chilean mummy Tissue. A new Approach. American Journal of Physical Anthropology. 21: 283-285.
- Pérez, de Barradas, J. 1943. Colombia de Norte a Sur. En Revista de asuntos exteriores. Vol. I y II. Bogotá, Colombia.
- Pérez-Ramírez, C. 1960. Cranial deformations among the Guanes Indians of Colombia. American Journal of Orthodontier. 46 (7).
- Ritchie, W.A. 1952. Paleopathological evidence suggesting pre-columbian tuberculosis in New York State. Am. J. Phys. Anth. 10, 305-317. Washington.
- Rodríguez, J.V. 1986. Análisis Osteoscópico y Paleontológico de los restos óseos de Soacha (Inédito), Instituto Colombiano de Antropología.
- . La variación Morfológica de la Población Prehispanica de la Cordillera Oriental de Colombia y su Interpretación Biológica e Histórica. 44 pp.
- Schottellius, J.W. 1946. Arqueología de la Mesa de Los Santos. Boletín de Arqueología. Vol. II, No. 3, Organo del Servicio Arqueológico Nacional, Bogotá.
- Simón, F.R.P. 1981. Noticias históricas de las Conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales. Biblioteca. Banco Popular. 103-109 (7 Vols.). Bogotá.
- Stewart, T.D. 1950. Pathological changes in South American indiane Skeletal remains. Handbook of South American Indians 6, Bur. Am. Ethnol. 143, 49-52.
- Uricochea, E. 1984. Memorias sobre las Antigüedades Neo-granadinas. Biblioteca Banco Popular, Bogotá.

MORBILIDAD ORAL EN CRANEOS PREHISPANICOS DE AGUAZUQUE (COLOMBIA)

por

Héctor Polanco Narváez*, Benjamín Herazo Acuña*
y Gonzalo Correal Urrego**

Resumen

Polanco, H., B. Herazo & G. Correal: Morbilidad oral en cráneos prehispánicos de Aguazuque (Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 291-300, 1992. ISSN 0370-3908.

Se presentan los resultados de un estudio descriptivo para determinar la condición de caries dental, otras patologías en dientes permanentes y anomalías dentomaxilofaciales en los cráneos de una comunidad prehispánica de Aguazuque (Soacha – Colombia). Los hallazgos arqueológicos realizados en el sitio, permiten reconstruir una secuencia cultural precerámica continua que se sitúa entre 5.025 y aproximadamente 2.200 años antes del presente.

Abstract.

This paper reports the finding from a descriptive examination on caries, other pathological condition and dental maxilo facial anomalies in skull from Aguazuque (Soacha – Colombia), prehispanic population. In the site of Aguazuque, archeological results allowed the reconstruction of a cultural secuense between 5.025 and about 2.200 A.P.

Introducción

Se presentan los resultados de un estudio realizado en cráneos prehispánicos hallados en el sitio arqueológico precerámico de Aguazuque, situado al Suroeste de Bogotá en el municipio de Soacha entre las coordenadas 40° 37' de latitud norte, y 74° 17' de longitud Oeste, Departamento de Cundinamarca. El principal objetivo de esta investigación fue el de determinar las condiciones bucodentales y la morbilidad oral en los restos óseos precerámicos e implementar la información referente a las características dentarias de series precerámicas de Co-

lombia, disponiendo así de material comparativo que permita en el futuro definir en forma sincrónica y comparativa estas condiciones en comunidades prehispánicas tanto precerámicas como agro-alfareras y contemporáneas.

En lo que refiere al marco conceptual de este trabajo se adoptó como modelo para todas las funciones, criterios y procedimientos, lo establecido en el Estudio Nacional de Salud (1977 – 80), del Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud y Ascofame (Molina, Torres y Bojanini, 1984).

Como antecedente general puede mencionarse la propuesta de Rodríguez, Polanco y Herazo (1987) para realizar estudios en cráneos prehispánicos bajo el auspicio de la Universidad Nacional de Colombia. Posteriormente los mismos autores Herazo, Polanco y Rodríguez (1990 a 1991) publican

* Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.

** Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

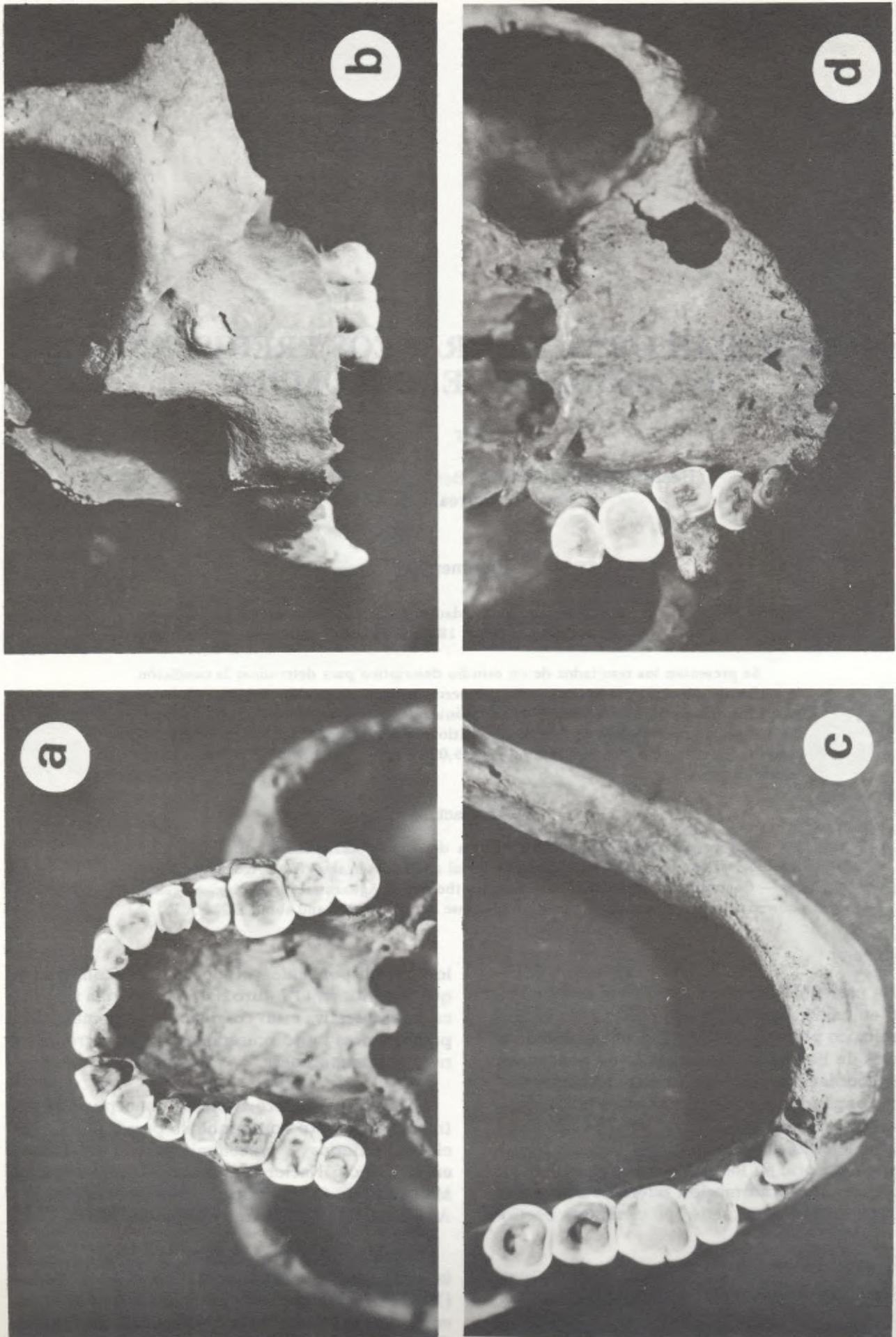


Figura 1. A. Atrición que afecta las superficies oclusales (ICN-MHN-AZ 458-23). B. Canino heterotópico (ICN-MHN-AZ 458-60). C. Pérdida precoz de tejido dental en hemimaxilar izquierdo (ICN-MHN-AZ 458-51). D. Pérdida del tejido dental en maxilar interior derecho, malposición de premolar izquierdo y atrición (ICN-MHN-AZ 458-61).



Figura 2. Hipoplasia de esmalte de atrición (ICN-MHN-AZ 458-23).

los resultados del estudio realizado en cráneos prehistóricos de Soacha, Cundinamarca, así como los resultados de otro estudio realizado en cráneos prehistóricos de Tunja (Polanco, Herazo y Rodríguez, 1990 b). Las investigaciones arqueológicas del sitio Tequendama 1 (Correal, Van der Hammen, 1977), y estudios previos llevados a cabo en el sitio de Aguazuque (Correal, 1990), permiten definir algunas patologías dentales como atrición (Fig. 1 a) piezas dentarias supernumerarias (Fig. 1 b) resorción alveolar, hipoplasia del esmalte, (Fig. 2), traumas, pérdida precoz de piezas dentarias (Fig. 1 c, d) abscesos dentarios y caries.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio epidemiológico descriptivo, transversal o de corte, con un universo de 31 cráneos prehistóricos que hacen parte de las colecciones del Instituto de Ciencias Naturales — Museo de Historia Natural.

Las funciones, criterios, procedimientos, instrumentos de observación y medición, y los formularios para diagnóstico y registro de la información obtenida son los mismos utilizados en el Estudio Nacional de Salud de Colombia 1977 — 80, en el Manual del Odontólogo Coordinador (Molina, F., Torres J., y Bojanini J., 1984).

Las variables utilizadas son de persona, clasificadas en independientes (edad — sexo ÷ patología — anomalía) y dependientes (prevalencia o tasas porcentuales de cada patología e índices como el C.O.P.). El tipo de análisis es descriptivo; solamente se utilizan tasas porcentuales y medidas de tendencia central y dispersión presentadas de acuerdo con las normas de metodología CIERM adoptada por la OPS y la OMS.

Se elaboraron cuadros con los registros individuales de cada una de las condiciones bucodentales estudiadas, como son caries dental, otras patologías y anomalías dentomaxilofaciales. Dado que cada cuadro contempla el registro individual, para efectos de publicación se omite este y solamente se pre-

sentan las tablas de análisis con los resultados globales y comparados con el ENS 1977 — 80.

Como los resultados aquí presentados son parciales, al condensar los resultados de las investigaciones relativas a otras comunidades de cráneos prehistóricos, es posible que al final se adopte, o no, un ajuste de tasas.

Análisis de Resultados

Se registran proporciones similares por grupos de edad y por censo en la población estudiada. Es alta la proporción de dientes sanos observados si se comparan los resultados obtenidos en el material de Aguazuque con los correspondientes a población colombiana moderna (período comprendido entre 1977 y 1980, la situación es favorable (Tablas 2, 3 y 4). La proporción de dientes cariados es baja si se compara la información estadística obtenida en Aguazuque con la correspondiente a poblaciones modernas (1977—1980), (Tablas 2 y 3). La diferencia en dientes extraídos entre la comunidad prehistórica de Aguazuque y la de Colombia (77—80) es bastante alta, casi en un 100% menos, (Tabla 2). El porcentaje de dientes afectados por caries, cariados, y extraídos, es casi un 100% menos en la comunidad de Aguazuque en comparación con registros estadísticos correspondientes a 1977—1980, por Colombia, lo cual, hipotéticamente puede ser debido a la ausencia de una dieta conogénica, es decir, leche de azúcares tipo industrial, como la que se consume en la población contemporánea.

El porcentaje de caries dental es bajo, si se compara con los resultados estadísticos correspondientes a la población del período comprendido entre 1977 y 1978, pero a la vez, es alta si se tiene en cuenta que no era una comunidad con dieta conogénica.

De las otras patologías en dientes permanentes es de destacar la muy alta tasa de cráneos prehistóricos afectados con atrición, casi que el 100%, además de ser una atrición severa, que afecta esmalte, dentina y llega a veces a la pulpa dentaria. Comparada esta situación con datos estadísticos correspondientes a población moderna (1977—1980), es bastante desfavorable la situación de antiguos pobladores de Aguazuque.

Entre las anomalías dentomaxilofaciales se destaca el alto porcentaje de población afectada con apiñamiento, que representa un 300% más de la registrada en estadísticas correspondientes a (1977—1980). La mordida cerrada representa igualmente un alto porcentaje que corresponde casi a un 200%.

En futuros exámenes de esta misma comunidad de cráneos de Aguazuque se podrán complementar otras patologías de interés e igualmente se podrán determinar las odontometrías y antropometrías craneofaciales.

Cuadro No. 1
Situación de caries dental

Código y número de identificación ICN-MHN*	Sexo	Edad-Años	Dientes Presentes Examinados	Sanos	Cariados	Pérdidos	Cop.
AZ-458-23	M	21-35	32	20	1	10	11
AZ-458-24	M	21-35	20	20	0	0	0
AZ-458-33	M		32	12	7	13	20
AZ-458-40	F	36-55	19	8	1	10	11
AZ-458-41	F	18-20	27	25	2	0	2
AZ-458-42	M	21-35	30	20	2	9	11
AZ-458-43	F	18-20	30	15	6	9	15
AZ-458-44	F	21-35	19	13	4	2	6
AZ-458-47	F	21-35	5	5	0	0	0
AZ-458-48	F	36-55	12	11	1	0	1
AZ-458-49	F	21-35	21	19	1	1	2
AZ-458-50	F	21-35	16	15	0	1	1
AZ-458-51	M	18-20	28	11	0	17	17
AZ-458-52	M	18-20	10	10	0	0	0
AZ-458-54			7	7	0	0	0
AZ-458-55	M	36-55	10	8	0	2	2
AZ-458-59	M	21-35	22	17	1	4	5
AZ-458-61	M	21-35	16	16	0	0	0
AZ-458-62	M	21-35	28	28	0	0	0
AZ-458-63	F	21-35	24	7	3	14	17
AZ-458-64	F	21-35	13	13	0	0	0
AZ-458-66	F	18-20	23	21	1	1	2
AZ-458-67	F	21-35	26	26	0	0	0
AZ-458-69	M	36-55	18	18	0	0	0
AZ-458-71	M	36-55	11	11	0	0	0
AZ-458-72	F	36-55	20	17	0	3	3
AZ-458-74	F	36-55	23	22	1	0	1
AZ-458-75	M	36-55	8	8	0	0	0
AZ-458-76		0	2	2	0	0	0
AZ-458-78		0	2	2	0	0	0
Sin Código			14	14	0	0	0
TOTALES	31		568	441	31	96	127
x			18.3	14.2	1.0	3.1	4.1
Porcentajes			100	77.6	5.5	16.9	22.4

* Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural.
Código Kardex - Unidad de Arqueología.

Cuadro No. 2
Situación de otras patologías en dientes permanentes.
Dientes afectados por cráneo.

0. Negativo. 1. Incisivos en clavija. 2. Germinación o fusión. 3. Atrición. 4. Fracturas Coronarias. 5. Opacidad del esmalte. 6. Hipoplasia del esmalte. 7. Otras. 8. Sano. 9. No Aplicable.

Código y número de identificación	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AZ-458-23				20					11	
AZ-458-24				20					12	
AZ-458-33				19					13	
AZ-458-40				9					23	
AZ-458-41	2			25					3	
AZ-458-42				21					11	
AZ-458-43				21					11	
AZ-458-44	1			16					15	
AZ-458-47				5					27	
AZ-458-48				12					20	
AZ-458-49				20					12	
AZ-458-50				15					17	
AZ-458-51				11					21	
AZ-458-52				22					10	
AZ-458-54				8					24	
AZ-458-55				8					24	
AZ-458-59				19					12	
AZ-458-61				16	1				16	
AZ-458-62				28					4	
AZ-458-63				10					22	
AZ-458-64				13					19	
AZ-458-66				22					10	
AZ-458-67				26					6	
AZ-458-69				18					14	
AZ-458-71				11					21	
AZ-458-72				17					15	
AZ-458-74				23					9	
AZ-458-75				8					24	
AZ-458-76				—					—	
AZ-458-78				—					—	
Sin código				13					19	
TOTALES	3			476	1				445	
x	0			16.4	0				15.3	
Porcentajes				6.1					6.3	

Cuadro No. 3
Anomalías dentomaxilofaciales. Personas afectadas

0. Negativo. 1. Paladar hendido. 2. Labio leporino. 3. Sobreposición maxilar. 4. Sobreposición mandibular. 5. Mordida cerrada. 6. Mordida abierta. 7. Apinamiento. 8. Diastema. 9. Mordida cruzada posterior. 10. Mordida cruzada anterior. 11. No aplicable.

Código y número de identificación	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AZ-458-23						X		X				
AZ-458-24						X		X				
AZ-458-33						X		X				
AZ-458-40	X											
AZ-458-41								X				
AZ-458-42	X											
AZ-458-43								X				
AZ-458-44	X											
AZ-458-47	X											
AZ-458-48	X											
AZ-458-49								X				
AZ-458-50	X											
AZ-458-51									X			
AZ-458-52	X											
AZ-458-54	X											
AZ-458-55	X											
AZ-458-59								X				
AZ-458-61	X											
AZ-458-62								X				
AZ-458-63	X											
AZ-458-64	X											
AZ-458-66								X				
AZ-458-67				X		X		X	X			
AZ-458-69	X											
AZ-458-71								X				
AZ-458-72	X											
AZ-458-74						X		X		X	X	
AZ-458-75	X											
AZ-458-76												X
AZ-458-78												X
Sin Código	X											
TOTALES	16	0	0	1	0	5	0	12	2	1	1	2
X	0											
Porcentajes	55.1	0	0	3.4	0	17.2	0	41.3	6.8	3.4	3.4	6.8

Tabla de Análisis No. 1
Distribución de la población
encaminada por edad y sexo.

Edad	Total		Hombres		Mujeres	
	No.	%	No.	%	No.	%
18-20	5	16.1	2	16.7	3	21.4
21-35	13	42.0	6	50.0	7	50.0
36-55	8	25.8	4	33.3	4	28.6
Sin Inf.	5	16.1				
TOTAL	31	100%	12	100%	14	100%

Conclusiones y Recomendaciones

La condición bucodental de los cráneos de la población prehispánica de Aguazuque, comparada con la de Colombia 77-80, presenta los siguientes resultados:

Menor población afectada; mayor porcentaje de dientes sanos; menor porcentaje de dientes ca-

riados; menor índice COP; mayor población afectada con atrición dental; mayor población afectada por apiñamiento dental.

Se recomienda la continuidad de investigaciones sobre condiciones buco-dentales y morbilidad oral en series precerámicas y cerámicas, así como las orientadas a las determinaciones antropométricas bucomaxilo faciales y odontométricas.

Tabla de Análisis No. 2
Condición general de caries dental en la comunidad indígena.
Comparación con Colombia 77-80.
Tasas porcentuales

Condición	No.	%	Prehispánica	Colombia 77-80
Dientes Examinados	568	100.0	100.0	100.0
Dientes Sanos	441	77.6	77.6	50.8
Dientes Cariados	31	5.5	5.5	9.0
Dientes Extraídos	96	16.9	16.9	31.8
Dientes Cariados y Extraídos	127	22.4	22.4	40.8
Personas examinadas	31	100%	100%	100%
Personas sin caries dental	14	45.2%	45.2%	3.3
Personas con caries dental	17	54.8	55.8	96.7

Tabla de Análisis No. 3
Condición del C.O.P. en la comunidad indígena
comparación con Colombia 77-80. Tasas porcentuales

Edad	Total	Hombres	Mujeres
18-20	7.2	8.5	6.3
21-35	4.1	4.5	3.7
36-35	2.2	0.5	2.7
Sin Inf.	4.0	—	—
TOTAL	4.1	3.8	4.3

Población	Sanos	C Cariados	O Obturados	P Perdidos	COP.
Indígena	14.2	1.0	—	3.1	4.1
Colombia 77-80	11.1	2.3	1.4	8.2	12.7

Tabla de Análisis No. 4
Situación general de otras patologías en dientes permanentes
en la comunidad indígena.
Comparación con Colombia 77-80. Tasas porcentuales

Personas afectadas patología	No.	%	Prehispánica	Colombia 77-80
Incisivos en clavija	0	0.0	0.0	0.7
Germinación o fusión	0	0.0	0.0	0.4
Atrición*	29	93.5	93.5	68.6
Fracturas coronarias	1	3.2	3.2	7.4
Opacidad del esmalte	0	0.0	0.0	13.8
Hipoplasia del esmalte	0	0.0	0.0	8.4
Otras	0	0.0	0.0	0.6
Sanos	2	6.4	6.4	—
Personas examinadas	31	100	100	100

* Promedio por personas de dientes afectados con atrición = 16.4

Tabla de Análisis No. 5
Situación general de las anomalías dentomaxilofaciales
en la comunidad indígena. Comparación en Colombia 77-80.
Tasas porcentuales

Población afectada Anomalías	No.	%	Prehispánica	Colombia 77-80
Labio leporino	0	0	0	0.2
Paladar hendido	0	0	0	0.2
Sobreposición maxilar	1	3.4	3.4	2.4
Sobreposición mandibular	0	0	0	2.9
Mordida cerrada	5	17.3	17.3	5.3
Mordida abierta	0	0	0	6.0
Apiñamiento	12	41.3	41.3	11.8
Diastema	2	6.8	6.8	7.9
Mordida cruzada superior	1	3.4	3.4	4.5
Mordida cruzada inferior	1	3.4	3.4	2.9
Sin ninguna patología	16	55.2	55.2	—

Agradecimientos

A Martha Patricia Rojas S., por su colaboración en la edición y al Antropólogo Germán Peña L. por su colaboración fotográfica.

Bibliografía

- Correal, G. & Th. Van der Hammen. 1977. Investigaciones Arqueológicas en los Abrigos del Tequendama 11.000 años de prehistoria en la Sabana de Bogotá. Banco Popular. Bogotá, 245 pp.
- Correal, G. 1990. Aguazuque. Evidencias de Cazadores Recolectores y plantadores en la altiplanicie de la Cordillera Oriental. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República 307 pp.
- Molina, F., J. Torres & J. Bojanini. 1984. Manual del Odontólogo Coordinador y Examinador. E.N.S. 1977-1980. MINSA-LUD - ASCOFAME-INS Bogotá, 120 pp.
- Polanco, H., B. Herazo, & J.V. Rodríguez. 1990 a. Morbilidad Oral en una Comunidad Prehispánica de Soacha. Cundinamarca. I Parte. Revista Universitas Odontológica Javeriana, 18: 123-128 Bogotá.
- . 1990 b. Morbilidad Oral en una comunidad Prehispánica de Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica, 44 (174): 41-45.
- . 1991. Morfoscopía Dental en una colección de Cráneos prehispánicos en Soacha Cundinamarca Colombia. Revista Odontológica 16 (11): 39-42, Facultad de Odontología. Universidad Nacional, Bogotá.
- Rodríguez, J.V., H. Polanco, & B. Herazo. 1987. Propuesta para establecer la Morbilidad Oral en Comunidades Prehispánicas. Documento de la Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Colombia 20 pp.

UNA NUEVA ESPECIE DE *CLIBADIUM* (COMPOSITAE) PARA COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* & Jorge Arriagada M.**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & J. Arriagada, M.: Una nueva especie de *Clibadium* (Compositae) para Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 301-304, 1992. ISSN 0370-3908.

Se describe e ilustra *Clibadium frontinoense*, una nueva especie de Compositae, Heliantheae, hasta ahora conocida de la región de Frontino, Departamento de Antioquia, en la Cordillera Occidental de Colombia.

Palabras claves: Compositae, *Clibadium*, Colombia.

Abstract

Clibadium frontinoense, new species of Compositae, Heliantheae from the Frontino region in the Western Andean Cordillera, Department of Antioquia, Colombia, is described and illustrated. Its morphological features are clearly distinguishable from the other species of the genus.

Key words: compositae, *Clibadium*, Colombia.

Clibadium L. es un género que comprende aproximadamente 35 especies distribuidas a través de América Latina. Su centro de distribución está ubicado en Centroamérica con concentraciones especiales en Costa Rica, Colombia y Ecuador. Es particularmente interesante la variación observada en la estructura de la sinflorescencia en la cual un número variable de pequeñas cabezuelas se ordena en diferentes grados de agregación. En desarrollo de la preparación de la revisión del género, se reco-

noció una nueva especie proveniente del flanco occidental de la cordillera del mismo nombre en la región de Frontino en el noroeste del Departamento de Antioquia. *Clibadium frontinoense* se distingue fácilmente de otras especies afines por la muy particular estructura de su sinflorescencia, la cual junto con otros caracteres avala su descripción como nueva entidad.

Clibadium frontinoense Díaz & Arriagada sp. nov.
Fig. 1

* Instituto de Ciencias Naturales – Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

** Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción, Chile. Dirección actual: Dept. of Botany, The Ohio State University, Columbus, Ohio 43210, U.S.A.

Suffrutex 1.50 m altus, ramis villosis, pilis tuberculatis multicellularibus longioribus. Folia magna opposita longe petiolata membranacea. Petioli 10.0–13.5 cm longi, supra leviter canaliculati, breviter marginati, basi dilatatis amplectenti. Lámina 28.0–28.5 cm longa, 20.0–21.5 cm lata, transverse lato —

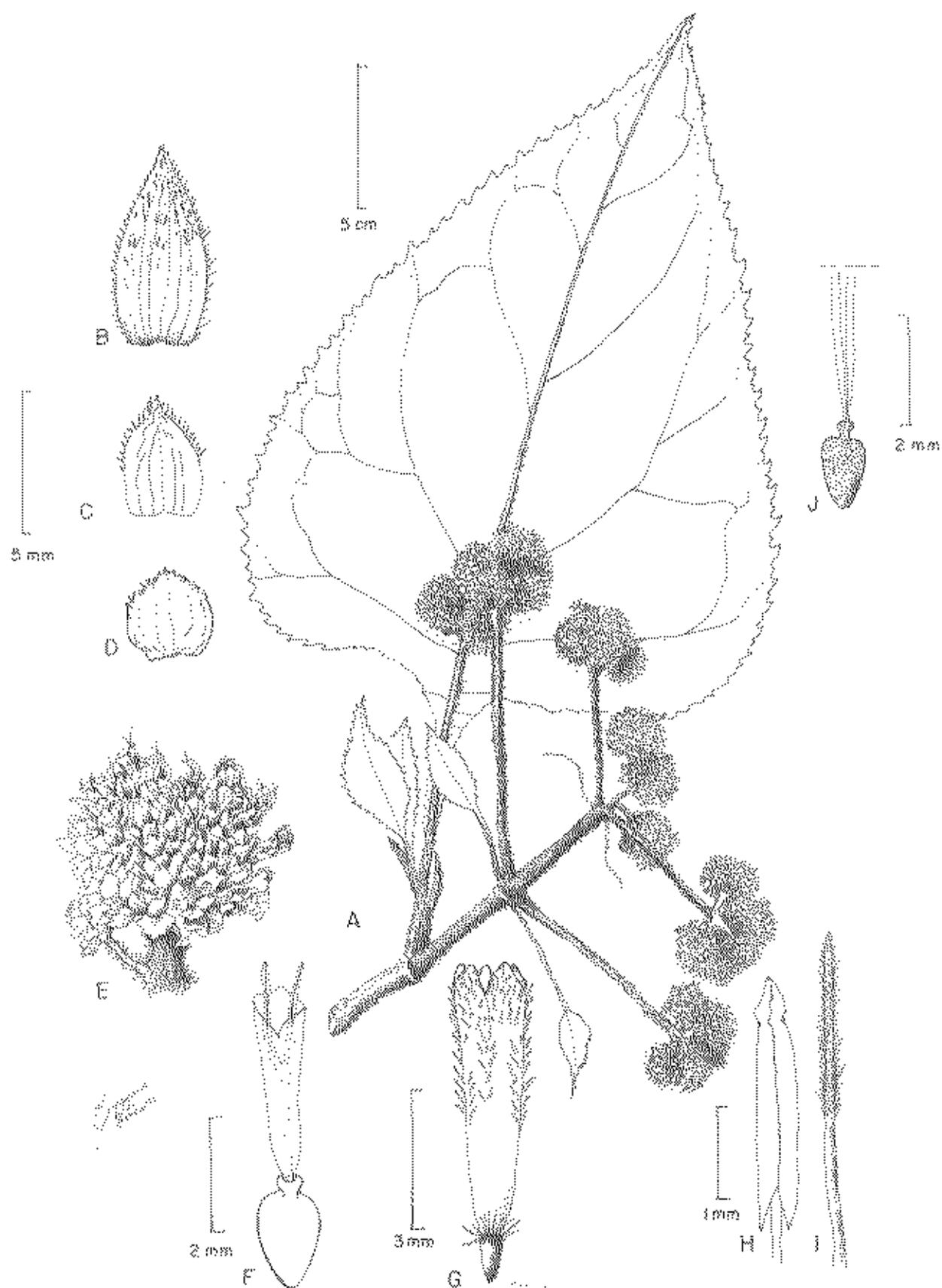


Figura 1. *Cibacodes prominens* Trieb & Arriagada. A. Hábito; B. Flor; C. Bráctea de la flor radiada; D. Pállea de la flor del disco; E. Detalle de la inflorescencia; F. Flor radiada; G. Flor del disco; H. Ovario de (*Tomato de Sánchez et al. 200 (Types)*); I. Ovario de (*Tomato de Sánchez et al. 200 (Types)*).

ovata, discolora, apice subite rostrata, basi cordata sed subite truncata et decurrens, margine duplicato-serrata; supra scabrida minutis tuberculis et pilis strigosis, nervis principalibus tantum notatis; subtus pallidior pubescentibus pilis appressis; costa crassa, eminenti nervis lateralibus 6 — 7 utroque latere prominentibus supra basim evolutis arcuatis patentibus, nervulis minoribus prominulisque in reticulum anastomosatis. Panicula circa 15 cm alta, 22 cm lata, foliis subtendentibus oppositis ovatis usque ad 10.5 cm longis, 3.8 cm latis, ramis dense villosis usque ad 10 cm longis. Capitula subglobosa circa 6 mm diam, sessilia vel breviter pedicellata. Bractee pedunculorum anguste ovatae vel lineares 10 — 35 mm longae sed superiores gradatim breviores. Involucrum 4 bracteis ovatis acutis 6.5 mm longis, 3.5 mm latis, dorso sursum strigulosis margine breviter ciliatis. Paleae receptaculi flores femineis subtendentes, involucrum similis 5.8 — 6.7 mm longae, 3.4 — 3.6 mm latae sed interioris gradatim brevioris, scariosae sursum ciliateque. Flores feminei 8, corolla alba glabra 3.6 mm longa, 1.6 mm lata; ramis stigmaticis 1.6 mm longis, ovario obovato glabro 1.8 mm longo. Flores masculi 5, palleis subtendentibus ovatis, obtusis sursum ciliatis 3.0 mm longis, 1.8 — 2.0 mm latis; corolla alba quinque dentata 5.6 mm longa versus apicem hirsutula, ovario sterile sursum piloso 1 mm longo. Achaenia non visa.

Arbusto de 1.50 m de altura, con ramas villosas, cubiertas de pequeños pelos multicelulares. Hojas grandes, opuestas, membranáceas y largamente pecioladas. Pecíolo de 10.0 — 13.5 cm de largo, lado superior brevemente canaliculado, brevemente marginado, base dilatada, amplexante. Lámina 28.0 — 28.5 cm de largo, 20.0 — 21.5 cm de ancha, transversamente ancho-ovada, discolora ápice subitamente rostrado, base cordada pero truncada y decurrente, margen doblemente serrado; haz áspero y cubierto de pequeños pelos, nervio principal notorio; envés algo blanquecino, levemente pubescente, nervio medio grueso, nervios secundarios 6 — 7 en cada lado, nervios menores anastomosados en

retículo. Panícula de aproximadamente 15 cm de alto, 22 cm de ancho, en la base con hojas opuestas, ovadas, de cerca de 10.5 cm de largo, 3.8 cm de ancho, ramas densamente villosas hasta de 10 cm de largo. Capítulos subglobosos de cerca de 6 mm de diámetro, sésiles o brevemente pedicelados. Brácteas del pedicelo angostamente ovadas o lineares de 10 — 35 mm de largo y decreciendo gradualmente hacia la parte superior. Involucro de 4 brácteas ovadas, agudas, 6.5 mm de largo, 3.5 mm de ancho, dorso superior estrigoso, margen brevemente ciliado. Pálea de las flores femeninas subtendentes y similares a las brácteas del involucro, 5.8 — 6.7 mm de largo, 3.4 — 3.6 mm de ancho, las anteriores gradualmente decrecientes, algo ciliadas en la mitad superior. Flores femeninas 8, corola blanca, glabra, 3.6 mm de largo, 1.6 mm de ancho; ramas estigmáticas 1.6 mm de largo, ovario obovado, glabro, 1.8 mm de largo. Flores masculinas 5, pálea subtendentes ovadas, obtusas y ciliadas hacia la mitad superior, 3.0 mm de largo, 1.8 — 2.0 mm de ancho; corola blanca, 5 — dentada, 5.6 mm de largo con ápice hirsuto, ovario estéril piloso hacia la parte superior, 1 mm de largo. Aquenio no observado.

Typus: COLOMBIA, Departamento de Antioquia Municipio de Frontino, Corregimiento de Nutibara, cuenca alta del río Cuevas, 1300 m alt. "Arbusto de 1.50 m, flores blancas", 9 de julio de 1986, *Darío Sánchez C. Orrego, S. Sylva, G. Martínez, D. Restrepo & P. Acevedo* 243. (Hólotypus MEDEL, Isotypus COL).

Clibadium frontinoense pertenece a la sección *Clibadium* y muestra su mayor afinidad con *C. zaruchii* Robinson, también de la región de Frontino en el flanco oeste de la Cordillera Occidental. De dicha especie se diferencia por presentar capítulos de la mitad del tamaño y con un número doble de flores femeninas y masculinas. También se distingue por presentar las cabezuelas en menor congestión y dispuestas en glómérulos de al menos un tercio del tamaño de los de *C. zaruchii*.

ESTUDIOS BOTANICOS EN LA GUAYANA COLOMBIANA, 2. NOTAS SOBRE *SIDA SERRATA* WILLD.

por

Javier Fuertes*

Resumen

Fuertes, J.: Estudios botánicos en la Guayana colombiana, 2. Notas sobre *Sida serrata* Willd. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 305-310, 1992. ISSN 0370-3908.

Se señala la presencia de *Sida serrata* Willd. en Colombia, al tiempo que se considera sinónimo de esta especie *Sida killipii* Kearney, una especie únicamente conocida por la colección tipo. Se incluye una descripción detallada y una ilustración de la especie. Se realizan unos comentarios sobre la ecología y biogeografía de la especie y su relación con determinados caracteres morfológicos. Finalmente se incluye una clave para las especies colombianas de *Sida* sección *Spinosae*, a la que pertenece *Sida serrata*.

Palabras clave: Malvaceae, Guayanas, *Sida*, Neotrópico, clave. Savana.

Abstract

The presence of *Sida serrata* Willd. is reported for Colombia. *Sida killipii*, a species only known from the type collection is assigned to the synonymy of *S. serrata*. An extensive description and an illustration are included. Some comments are made about several morphological characters and their relationship with the ecology and biogeography of the species. The work is completed with a key to the Colombian species of *Sida* sect. *Spinosae* to which *Sida serrata* is assigned.

Key words: Malvaceae, *Sida*, Neotropis, Savanna, Key.

Durante la revisión del género *Sida* L. (Malvaceae) para Colombia, se procedió a estudiar la identidad de las especies de dicho género que habían sido citadas en la bibliografía para Colombia y, en especial, aquellas que habían sido descritas tomando como tipo material colombiano. Dentro de éstas se encuentra *Sida ramosissima* Killip & Cuatrecasas, publicada en esta misma revista en un artículo del último (Cuatrecasas, 1941). La especie fue cambia-

da de nombre por Kearney en 1954 al existir un homónimo anterior (Dietrich, 1847) pasando a denominarse *Sida killipii*. Al realizar dicho cambio, Kearney confirmó la especie como taxon independiente, indicando, sin embargo, su afinidad con algunas formas de *Sida spinosa* L. Esta opinión fue posteriormente refrendada por este autor en su trabajo sobre las Sidas de Suramérica (Kearney, 1958).

La descripción original publicada y una observación del holótipo depositado en COL confirmó la impresión establecida por Kearney acerca de la relación de esta especie con *Sida spinosa*, pero con

* Real Jardín Botánico, C.S.I.C. Plaza de Murillo 2, Madrid 28014. España. Dirección actual: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.

suficientes características para poseer entidad propia. No obstante, en COL no existía material de dicha especie, aparte del tipo mencionado. Durante sendas visitas a US y VEN tuvimos la oportunidad de observar diversos especímenes colectados en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela) que eran claramente conespecíficos con la planta colectada por Killip y Cuatrecasas. Estos especímenes estaban identificados como *Sida serrata* Willd. La observación del tipo confirmó que la planta de Colombia corresponde a dicha especie y por tanto los nombres de Kearny y Killip y Cuatrecasas deben pasar a ser considerados sinónimos de *Sida serrata* Willd. Es curioso que Kearney (1958) no notara que se trataba de una misma especie, situándolas a ambas como entidades separadas en su clave de Sidas suramericanas.

Como esta especie no aparece ni descrita ni ilustrada en la literatura consultada sobre Colombia, y en las que la citan para otras partes de Suramérica tampoco aparece una descripción detallada, se incluye a continuación una descripción y una ilustración con el hábito y detalles de la planta y comentarios sobre su ecología y distribución.

Sida serrata Willd. ex Spreng., Syst. Veg. 3: 111. 1826. TYPUS: "int. Atures et Maipure", *Humboldt s.n.* (Holótipo: B-WILL 12648, fotótipos: F-4797!, B-6952!). Fig. 1.

= *Sida abscissa* Willd. ex Spreng. Syst. Veg. 3: 117. 1826.

TYPUS: *Humboldt s.n.*, "Cumana"/"Orinoco" (Holótipo: B-WILL 12649, fotótipo B-6951!).

≡ *Sida serrata* var. *abscissa* (Willd.) K. Schum. Flora Bras. 12 (3): 313. 1891.

= *Sida ramosissima* Killip & Cuatr. in Cuatr., 1941, Revista Acad. Colomb. Cien. Exact. 4: 347, non (Presl) D. Dietr., 1847. TYPUS:

COLOMBIA: [Vichada:] Los Lanos, Río Orinoco, Puerto Carreño, 23-Oct.-1938, *Cuatrecasas 4027* (Holótipo: COL!, isótipo: US!).

≡ *Sida killipii* Kearney, Leaflet West. Bot. 7 (5): 120. 1954.

Sufrútice erecto de 0,2 — 1 m, tallo erecto diminutamente estrellado-pubérulo, profusamente ramificado desde la base. Hojas dispuestas helicoidalmente; estípulas subuladas 2,5 — 3 mm de largo, estrellado pubérulas, normalmente igualando en longitud al pecíolo; pecíolo de 2 — 2,5 mm de largo, cilíndrico, estrellado-pubérulo; lámina de linear a linear-lanceolada discolora, de (5) 7 — 20 (35) mm de largo por (1) 2 — 3 (5) mm de ancho, glabra por la haz, diminutamente estrellado-pubérula por el envés, cuneada en la base, margen aserrado, ápice agudo; penninervia, con los nervios impresos por la haz; por el envés los de 1er. y 2o. orden prominentes y amarillos, la de órdenes superiores impresa y de color verde oscuro. Flores solitarias axilares, frecuentemente en gran número, distribuidas a lo largo de la mitad distal de las ramas. Pedicelo muy

delgado, ca. 0,2 mm de diámetro, (6) 7 — 14 (17) mm de largo, articulado en el tercio central de su longitud, en la madurez fracturándose por el punto de articulación. Cáliz campanulado de 3,5 — 4 mm de largo, diminutamente estrellado-pubérulo en el exterior, desacostado en la base, lóbulos deltoides, agudos, más oscuros en el margen, el cáliz volviéndose en la madurez marrón oscuro y con las costillas amarillas. Pétalos amarillos o blancos con el centro amarillo, elípticos, no sobrepasando al cáliz, glabros. Tubo estaminal de 0,8 mm, glabro, cónico, finalizando en filamentos muy ramificados dendríticamente, al final de las cuales se encuentran anteras globosas, amarillo-pálidas. Estilos 5, filiformes, amarillos, mezclados entre la masa de anteras; estigma subcapitado. Mericarpos 5, marrón oscuro, de 2 — 2,5 mm de alto, por 1,2 mm de ancho por 1,2 mm de grueso, parte superior del mericarpo estrellado-pubérula, con los pelos antrorsos, parcialmente dehiscente, con 2 aristas apicales de 0,5 mm a ambos lados de la sutura; parte inferior del mericarpo glabra, indehiscente, con la pared dorsal y las paredes laterales rugoso-reticuladas, los bordes entre las paredes engrosados. Semilla péndula, marrón mate, subtrígona, subreniforme, de ca. 1,75 mm de largo por 0,75 mm de ancho, glabra, excepto diminutamente pubérula en la región hilar.

Material adicional estudiado:

COLOMBIA: Casanare; Municipio de Yopal, cercanías del río Charté, Km 2 de Oleoducto Elf-Aquitaine, entre las estaciones La Gloria-La Gloria Norte, *Rubiano* (COL); Vichada: Vicinity of Casuarito, opposite Puerto Ayacucho, 21-Nov.—1984, *Croat 59173* (MO!, TFAM!).

VENEZUELA: Bolívar: Dtto. Cedeño, entre los Km 12 — 120 de la Carretera Caicara del Orinoco-Pto. Ayacucho, al sur de Caicara del Orinoco, 18-Nov.—1984, *Aymard & Stergios 3219* (TFAM); Reserva Forestal Imataca, carretera Casa Blanca-Anacoco, *Stergios & al. 4986* (pf). Apure: Experimental areas just S. of Mantecal, 8-Nov.—1973, *Davidse 3852* (VEN, MO, US, pf); Sabanas del Hato el Frío, entre Samán y Mantecal, 29-Oct.—1970, *Ramia 3965* (VEN); *id.*, 14-Dic.—1970, *Ramia 4009* (VEN); Sabanas, ejido Mantecal, 8-Feb.—1971, *Ramia 4149* (VEN); *id.*, 8-Sep.—1971, *Ramia 4518* (VEN); *id.*, 27-Oct.—1971, *Ramia 4566* (VEN); *id.*, 2-Feb.—1974, *Ramia & Montes 5523* (VEN); Sabanas del Alto Apure, Dic.—1977, *Ramia 6874* (VEN); Hato el Frío, Oct.—1969, *Velásquez 853* (VEN). Guárico: Dtto. Infante. Parque Nacional Aguaro-Guariquito: Aguas Muertas, orillas del río San Bartolo, Dic.—1981, *Delascio & al. 11307* (VEN); Dtto. Miranda. Parque Nacional Aguaro-Guariquito: Sabanas de las Macanillas, Sureste de Montaña Guardahumo, 40 m s.n.m., Dic.—1981, *Delascio & al. 11381* (VEN, pf); Terrenos exondados alrededor de la laguna de Palo Seco, entre la encrucijada y la misión de arriba, Claros de Calabozo, 9-Nov.—1941, *Pittier 14932* (VEN); Sabanas arenosas húmedas en el sector de Caburta, Santa Rita, Sep.—1981, *Susacha 92*

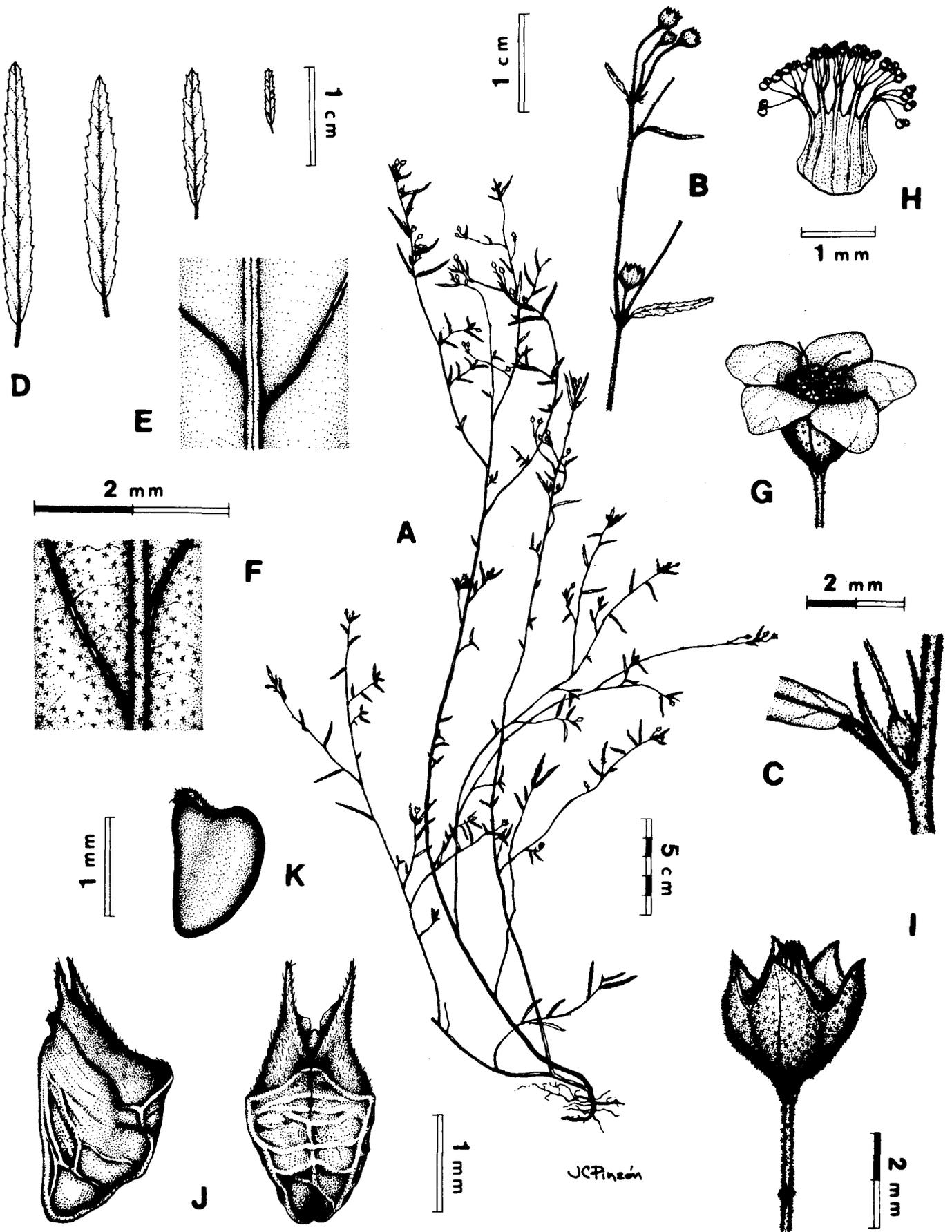


Figura 1. A. Hábito de la planta. B. Detalle de una rama florífera. C. Detalle de la inserción del pecíolo. D. Variabilidad foliar de la especie. E. Detalle de la lámina por la haz, F. Detalle de la láminas por el envés. G. Flor en antesis. H. Tubo estaminal desarrollado. I. Cáliz con los mericarpos maduros. J. Mericarpo en vista lateral y dorsal. K. Semilla (D tomado de *Irwin 55772* y de *Cuatrecasas 4027*, el resto de *Irwin 55772*).

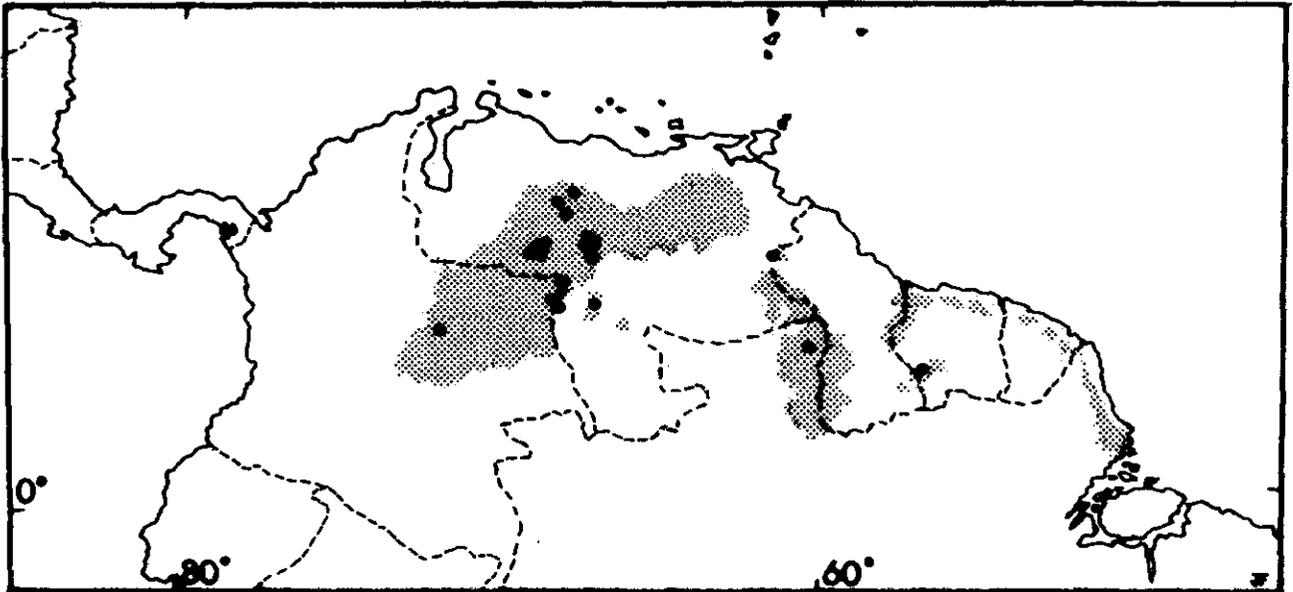


Figura 2. Mapa de las colecciones estudiadas de *Sida serrata* Willd. La superficie punteada representa las áreas de sabana estacional del Norte de Suramérica, según Hills & Randall (1968), Huber (1982) y Sarmiento (1983).

(VEN); *id.*, Sep.—1981, *Susach 91* (VEN); Sabana arenosa en el sector de Caburta. Santa Rita, Oct.—1981. *Susach 375* (VEN); *id.*, Oct.—1981, *Susach 488* (VEN). T.F. Amazonas: Depto. Atures, San Juan de Manapiare, sabana de Manapiare, 150 m s.n.m., 13—Oct.—1977, *Huber 1120* (VEN); *id.*, 14—Oct.—1977, *Huber 1159* (VEN); Palomar, near Río Orinoco, 15 Km South of Puerto Ayacucho, 100 — 125 m, 9—Nov.—1953, *Maguire & al. 36111* (VEN, pf).

SURINAM: Zuid Rivier, 2 Km above confluence with Lucie Rivier, 16—Dic.—1963, *Irwin &*

al. 55772 (COL).

BRASIL: Roraima: Estação Ecologica de Maracá, Municipio Boa Vista, *Lima & Nelson 768* (pf).

Los caracteres de *Sida serrata* la incluyen en la sección *Spinosae*, tal y como es definida por Fryxell (1985). Posee 5 mericarpos, carinados dorsalmente, con la parte superior provista de pelos antrorsos, cáliz angulado inconspicuamente costado. Dado que no existe ninguna clave que abarque las especies colombianas de esta sección a continuación proponemos ésta.

Clave para las Especies de *Sida* Sect. *Spinosae* en Colombia

Plantas con ramificación dística

- Estípulas 3-nervias. Hojas sin pelos estrellados *S. glomerata* Cav.
 Estípulas uninervias. Hojas con pelos estrellados *S. jamaicensis* L.

Plantas con ramificación helicoidal

- Plantas procumbentes *S. abutifolia* Miller
 Plantas erectas
 Cáliz menor de 4 mm. Hojas de linear a lanceoladas *S. serrata* Willd.
 Cáliz mayor de 5 mm. Hojas de ovadas a subróbicas
 Hojas ovadas. Estípulas uninervias *S. spinosa* L.
 Hojas subróbicas. Estípulas 3-nervias *S. viarum* St. - Hil.

Ecología y distribución

En cuanto a su área de distribución es muy interesante ya que constituye la única especie de *Sida* cuyo territorio coincide con las sabanas circundantes al Escudo de Guayana. En la literatura se encuentra citada de Venezuela, Guyana, Surinam y como extremadamente rara en Brasil, Jacob-Jansen (com. pers) también la cita para la Guayana Francesa. Al pasar a la sinonimia *Sida killipii*, se extiende el área conocida de la especie hasta Colombia, atravesando el Orinoco. Dentro de Colombia, la presencia de sendas colecciones en los límites occidental y oriental de los Llanos sugiere que, aunque

falten localidades intermedias, su distribución también se extiende por todo el territorio del Oriente colombiano.

Hay una serie de características morfológicas que vale la pena destacar en esta planta. Por un lado, la curiosa ramificación que sufren los filamentos del tubo estaminal hasta llegar a las anteras, no conocida en otras especies de *Sida* (Fig. 1, e). Las anteras se encuentran pues libres y mucho más alejadas entre sí que y de los estigmas que en otras especies del género. Este arreglo podría favorecer la dispersión del polen por el aire. El pedicelo tan quebradizo por su articulación, se desprende fácilmente

te cuando el fruto llega a su madurez, con la acción del viento, sin que sea necesario siquiera el roce o la intervención de animales. Por otro lado, los mericarpos, quizá los más pequeños en tamaño dentro del género, parecen favorecer la anemocoria. También la forma de las hojas, muy estrechas, parecen constituir una adaptación a climas con alta insolación.

En general todo este síndrome de caracteres parece establecer una estrecha adaptación al bioma sabana del Norte de Suramérica (Fig. 2). En especial al tipo de sabana de los Llanos Colombo-venezolanos y la Gran Sabana, donde se encuentra repartida la especie, llamada "sabana estacional" (Sarmiento & Monasterio, 1975). La vegetación de este hábitat ha sido estudiada dentro del territorio colombiano por Vincelli (1981). De los datos recogidos en las etiquetas, los estudios de Ramia (1974) y Rubiano (com. pers.), se desprende que *Sida serrata* habita en las sabanas, en zonas temporalmente encharcadas ("bajos" o "bajíos"), en lugares donde se acumula el suficiente aporte orgánico para germinar. Estas condiciones concurren también en orillas de algunos ríos, lo que explica su presencia en dichos lugares. De hecho las colecciones colombianas han sido hechas en lugares cercanos a cauces de ríos.

Agradecimientos

Agradezco a Gladys Rodríguez, curadora del herbario y Francisco Guánchez, director de la Fundación Jardín Botánico de Caracas (VEN) su ayuda durante el trabajo en VEN. A Iris Sánchez, curadora del Herbario Regional del Territorio Federal Amazonas (TFAM) por su ayuda durante la visita a Puerto Ayacucho. Parte del trabajo se realizó mientras se colaboraba en el proyecto Inventario del Parque Nacional Duida-Marahuaka, de la Agencia Española de Cooperación Internacional (A.E.C.I.), en especial a José Ayarzagüena y Manuel Cadalso. A Juan Rubiano por facilitarme el acceso a sus colecciones de Casanare. Doy así mismo las gracias a José Cuatrecasas (US), por sus comentarios sobre el hábitat y lugar de colec-

ción del tipo de *Sida ramosissima*; a Paul A. Fryxell (U.S.D.A. — Texas A & M University), por poner a mi disposición su herbario particular (pf) y por sus comentarios sobre el manuscrito. Finalmente, le agradezco a Juan Carlos Pinzón la excelente ilustración que acompaña este artículo.

Bibliografía

- Cuatrecasas, J. 1941. Notas a la flora de Colombia, IV. Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 4 (15-16): 337-348.
- Dietrich, D. 1847. Synopsis Plantarum, 4. Weimar.
- Hills, T.L. & R.E. Randall. 1968. The ecology of the forest/savanna boundary (Proceedings of the I.G.U. Humid Tropics Commission Symposium, Venezuela 1964). McGill University Savanna Research Series, 13: 1-128.
- Huber, O. 1982. Significance of savanna vegetation in the Amazon Territory of Venezuela. In: Prance, G.T. (ed.), Biological Diversification in the Tropics: 221-244. Columbia University Press, New York.
- Kearney, T.H. 1954. Notes on Malvaceae, V. Leaflet West. Bot. 7 (5): 118-121.
- . 1958. A tentative key to the South American species of *Sida*. Leaflet West. Bot. 8: 249-270.
- Ramia, M. 1974. Estudio del Módulo Experimental de Mantecal (Alto Apure). Bol. Soc. Venezolana Ci. Nat. 31 (128/129): 117-142.
- Sarmiento, G. 1983. The savannas of Tropical America. In: Bourlière, F. (ed.). Tropical Savannas: 245-274. Elsevier, Amsterdam.
- Sarmiento, G. & M. Monasterio. 1975. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in Tropical America. In: F.B. Golley & E. Medina, (eds.) Tropical Ecological Systems: 223-250. Ecological Studies 11. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Schumann, K. 1891. *Sida*. In: K. von Martius (ed.) Flora Brasiliensis 12 (3): 279-347.
- Sprengel, K. 1826. *Sida*. In: Systema Vegetabilium: 109-123, Göttingen.
- Vincelli, P. 1981. Estudio de la vegetación del territorio faunístico "El Tuparro". Cespedia 10 (37-38): 7-55.

LA EVOLUCION DE LA REPRODUCCION EN LAS CORMOBIONTA Y DE LAS UNIDADES DE CRECIMIENTO Y FLORACION DE LAS ANGIOSPERMAE*

por

Luis Eduardo Mora-Osejo**

Resumen

Mora-Osejo, L.E.: La evolución de la reproducción en las Cormobionta y de las unidades de crecimiento y floración de las Angiospermas. Rev. Acad. Colomb. Cienc.18 (70): 311-322, 1992. ISSN 0370-3908.

En los primeros Capítulos introductorios y a través de diferentes ejemplos seleccionados, se discute el origen estrobilar de la flor de las Angiospermas. Los Capítulos siguientes tratan sobre los nuevos conceptos recientemente desarrollados por el autor para tratar de explicar la inmensa diversidad de los vástagos floríferos de las Angiospermas. Probablemente, los vástagos floríferos de las Angiospermas más primitivas terminaban en una sola flor, como ocurre, por ejemplo, en muchas Magnoliaceae recientes. Pero en el proceso de la evolución, pronto tuvieron que haber surgido flores laterales y ramificaciones exclusivamente floríferas por debajo de la flor terminal. Estas flores y ramificaciones, conjuntamente, configuraron una región terminal reproductiva altamente especializada que el autor denomina el Antotagma, la cual está precedida por una región del brote de crecimiento vegetativo que el autor denomina Hipotagma. Las variaciones en la posición, en la extensión y en la dinámica del crecimiento del Antotagma y del Hipotagma producen la diversidad inmensa de los vástagos floríferos de las Angiospermas, los cuales pueden referirse a los siguientes patrones arquitecturales: Holocaulos, Antocaulos, Antoblastos, Antocladios y Antocladioides. Los Pseudantos son Antoblastos altamente especializados.

Abstract

In the first introductory chapters, and through a selection of different examples, the strobilar origin of the angiosperm flower is discussed. The following chapters deal with the new concepts recently developed by the author for trying to explain the immense diversity of flowering angiospermous shoots. Probably, the flowering shoots of the most primitive angiosperms terminated by a single flower, as is the case, for example, in many living Magnoliaceae. But in the process of evolution lateral flowers and exclusively flowers bearing branches beneath the terminal flower must have soon appeared. These flowers and branches together conformed a high specialized reproductive terminal region that the author calln the Anthotagma, which is preceded by a vegetative growing shoot region called Hypothagma. The variantions in position, extension and growth dynamics of both Anthotagma and Hypothagma produce the diversity of flowering angiospermous shoots that can be referred to the following architectural patterns: Holocaulons, Anthocaulons, Anthobasts, Anthoclads and Anthocladiods. Pseudanths are high spezialized Anthoblasts.

Introducción

Las plantas denominadas cormófitos o Cormobionta, como se les llama ahora, constituyen el grupo predominante en la tierra firme y seca; en contraste con las Tallophyta que abundan en el medio acuático o húmedo. Las Cormobionta conquistaron, a lo largo de la evolución, una inmensa variedad de nichos ecológicos en la tierra firme. De todos modos, dentro de las Cormobionta de tierra firme, el grupo más numeroso, tanto en especies como individuos, es el de las Angiospermae que abundan particularmente en los trópicos. Se calcula que existen ahora unas 262.800 especies de Cormobionta y de ellas 250.000 son Angiospermae; lo cual resulta significativo si recordamos que existen solamente 1.600 especies de bacterias; alrededor de unas 50.000 de hongos y 20.000 líquenes. De las 262.000 especies de Cormobionta 12.000 pertenecen a las Pteridophyta y 800 a las Gymnospermae.

Esta diversidad de especies, de acuerdo con la teoría de la descendencia o evolución, que continúa siendo la teoría central de la Biología, es el resultado de un proceso lento y permanente de cambios de las estructuras y de las funciones que ocurren en algún instante dado, durante la ontogénesis o secuencia de estadios del desarrollo individual de los organismos. Tales cambios pueden significar ora la extinción, ora el atenuamiento o también el favorecimiento de las especies que los experimenta, dependiendo del impacto de la "selección natural", ejercida por el ambiente y de acuerdo con la teoría de Darwin (1859) sobre la evolución de los organismos.

Así, según los registros fósiles disponibles, las plantas Cormobionta surgen al comenzar el Devónico. Ya en este período y en el siguiente, el Carbonífero, ocurrió una gran diversificación de las Pteridophyta.

Conviene, sin embargo, recordar que algunas formas resultantes del proceso de la evolución de este grupo, no logran perdurar y desaparecen relativamente pronto; tal es el caso de las Psilophytales que se extinguen durante el Devónico. Otras, como las Lepidodendrales surgen en el Pérmico y desaparecen ya en el Cretácico. Las Syphonophylales y las Calamitales aparecen en el Devónico y se extinguen en el Pérmico.

Otro grupo de las Cormobionta, el de las Gymnospermae; aparece a comienzos del Carbonífero con las Cordaitales que después de dar origen a nuevos grupos, se extinguen en el Pérmico. La mayoría de tales grupos derivados de las Cordaitales surgen a lo largo de los períodos Pérmico, Triásico

y Jurásico, cuanto tiene también lugar el apogeo de las Gymnospermae; luego, durante el Cretácico y el Terciario, se atenúa su diversificación y predominancia. Al comenzar el Cretácico aparecen las Angiospermae, las que durante el mismo período, se diversifican en Dicotiledoneae y Monocotiledoneae.

De modo que las Angiospermae son el grupo más reciente y al mismo tiempo el que, a través de su evolución durante el Cretácico y el Terciario, ha logrado también la mayor diversificación y capacidad de supervivencia bajo las más variadas condiciones de la tierra firme. Así lo demuestra la presencia, ahora mismo, de 250.000 especies es decir, el grupo con el mayor número de especies vivas de plantas que habitan la tierra.

La evolución de la reproducción sexual de las Cormobionta

Transición de las Cormobionta del medio acuático a la tierra firme y aparición de los Estróbilos

Hecha la anterior recapitulación, podríamos ahora formularnos una pregunta: ¿Por qué a lo largo del proceso histórico de la evolución de las Cormobionta, algunas formas de organismos, incluidos taxa o grupos superiores completos, como los mencionados, se extinguieron, mientras que otras formas perduran todavía?

Intentemos dar respuesta a esta pregunta, considerando en el primer plano la evolución de la reproducción sexual y de las estructuras involucradas en tal proceso. Partamos de la premisa, según la cual la evolución de las Cormobionta, como proceso histórico real, se cumplió paralelamente con la conquista de la tierra firme, por este grupo plantas; lo cual a la vez supone, de acuerdo con la teoría de la selección natural de Darwin (1859), que tal transición fue el mayor desafío del medio por vencer y el que finalmente impuso la dirección predominante en tal proceso.

En las Pteridophyta, el grupo más antiguo de las Cormobionta, el ciclo de vida implica la presencia de dos fases relativamente independientes una de otra, de organización y de modo de construcción diferentes, a saber: El gametofito o prótalo y el esporofito. El primero presenta organización similar a la de las plantas llamadas Tallophyta y ahora discriminadas en los grupos: Schizobionta (bacterias), Phycobionta (algas), Mycobionta (hongos) y Bryobionta (briófitos: hepáticas y musgos) de medios preferentemente acuáticos o al menos húmedos. En cambio, la otra fase, el esporofito, es típicamente cormobiótico; es decir, con un plan de organización o tipo morfológico y una arquitectura funcional, característicos de las Cormobionta.

En resumen, las Pteridophyta presentan un ciclo de vida típicamente de transición, del medio acuático al medio seco o de tierra firme. La fase

* Conferencia pronunciada en la sesión ordinaria del 20 de febrero de 1991.

** Miembro de Número de la Academia.

esporofítica es además la predominante, por su tamaño y por ser trofónica, es decir, capaz de llevar vida independiente y efectuar la fotosíntesis.

Decíamos, que ya esta fase presenta los elementos y la organización de las Cormobionta; éstos es: eje central, raíces verdaderas y filomas u hojas, ensamblados típicamente en forma cormobiótica, que llevan las estructuras de la reproducción asexual, o esporas; las cuales se forman dentro de los esporangios, previa la ocurrencia de la meiosis.

En muchas de las especies de las llamadas Leptosporangiatae clase de las Pteridophyta, no existe diferenciación morfológica entre los filomas portadores de esporangios y los filomas estériles; por ejemplo, en *Acrostichum aureum*, especie propia de los esteros. En otras especies, por ejemplo, *Salpichlaena volubilis* los filomas o frondas suelen ser dimórficas: las fértiles son más angostas y más largas que las estériles, mientras que en *Elaphoglossum* (Fig. 1), las fértiles suelen ser más cortas y más angostas que las estériles.

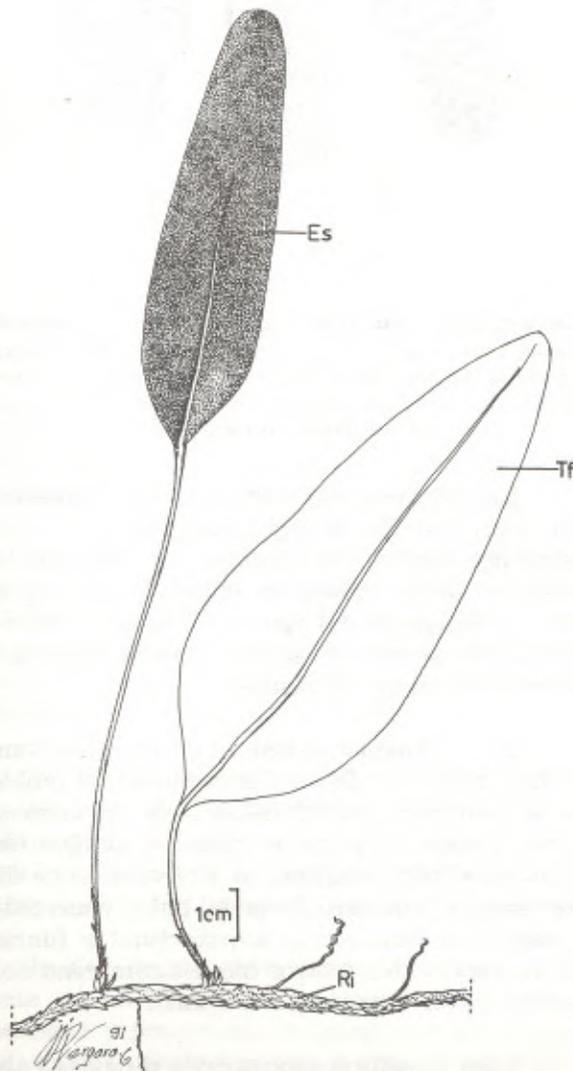


Figura 1. *Elaphoglossum* aff. *funckii*. Obsérvese la diferencia de forma y tamaño de los esporófilos (ES) con respecto a los trofofilos (TF).

Existen varios otros ejemplos de mucho interés dentro de las Leptosporangiatae con filomas dimorfos, lo que resultaría largo discutir aquí. De todos modos, lo que entre los helechos es la excepción, en otros grupos de las Pteridophyta la diferenciación entre filomas fértiles (esporófilos) y filomas estériles (o trofofilos), es la regla general; por ejemplo, en el orden de las Selaginellales. Pero en este grupo ocurren también otros notables avances evolutivos; así, siempre existen dos formas de esporas, fácilmente diferenciables por su tamaño; las macro y las microesporas; pero lo que resulta aún más significativo, dentro del contexto de esta exposición, consiste en que los esporófilos se agrupan siempre hacia el ápice de los vástagos, a manera de estróbilos (Fig. 2) en los cuales, por lo general, los macroesporangios están localizados en la parte inferior y los microesporangios en el ápice. A partir de este momento, en el proceso de la evolución, los esporófilos siempre aparecerán agrupados e insertos en la región apical del vástago o brote fértil.

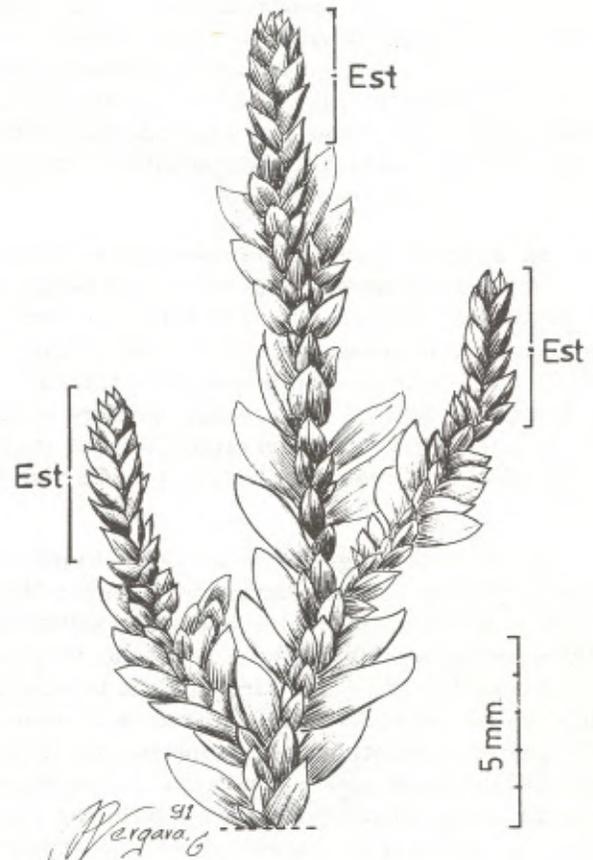


Figura 2. *Selaginella*. Los brotes vegetativos culminan en estróbilos (Est), conformados por macro y microesporófilos. Con la formación de los esporófilos concluye el crecimiento del brote. Los estróbilos son segmentos distales del brote de crecimiento limitado en los que se insertan los esporófilos.

Me he detenido en la consideración de estas diferenciaciones y caracterizaciones de las Pteridophyta, por cuanto en conjunto, ellas definen lo que podríamos llamar la arquitectura funcional presente en este grupo, en cierta forma, superpuesta al tipo o ensamblaje organizacional, mucho más estable.

De los Estróbilos a la flor

La diferenciación de los esporofilos, su agrupamiento en posiciones o sitios constantes, siempre hacia el ápice del vástago, o eje, y la diferenciación de las esporas en macro y microesporas, son transformaciones de gran valor adaptativo, en cuanto van a tener particular relevancia en la superación del desafío del tránsito de las Cormobionta, del medio húmedo al medio definitivamente seco. Tales transformaciones van a mejorar la probabilidad de que la reproducción sexual se lleve también a efecto en un medio menos húmedo; aunque sin que desaparezcan totalmente los riesgos de que eventualmente no ocurra. He ahí, implícita la respuesta, o mejor, la explicación, a la pregunta: ¿Por qué algunas formas o grupos de organismos a lo largo del proceso de la evolución perduran, mientras que otras se extinguen ineluctablemente?

No obstante que el gametofito, en sus formas macro y microgametofito, va a desarrollarse y permanecer protegido por las fuertes paredes de la macro y microesporas, respectivamente, y la formación de los espermatozoos va ocurrir, dentro de la microespora; de todos modos, su liberación dependerá de la ruptura de la pared de la microespora, la cual previamente tiene que experimentar imbibición, para lo cual es aún indispensable la presencia del agua en el medio circundante.

El agua es también indispensable en cuanto que sin ella los espermatozoos no podrán desplazarse hacia los arquegonios, en donde ocurrirá la fecundación; fenómeno definitivo para la supervivencia; como que de ella dependerá el surgimiento de la segunda fase del ciclo de vida: primero en forma de embrión y luego del esporófito que tendrá esporofilos y esporas y permitirá la repetición del ciclo.

En el siguiente grupo de las Cormobionta, las Gymnospermae que predominaron en la era Mesozoica y de las cuales ahora solamente sobreviven 800 especies, la posibilidad del desarrollo del gametofito o prótalo y de que luego ocurra la fecundación, ya no dependerá de la presencia o ausencia del agua en el entorno. Las Gymnospermae superaron definitivamente esta condición. Ni las macroesporas, ni las microesporas, van a germinar y producir el gametofito respectivo a la intemperie. Tampoco los espermatozoos necesitarán de la presencia del agua para sus desplazamientos hacia los arquegonios.

La macroespora formará el gametofito o macroprótalo en su interior, dentro del macroesporangio, lo que resulta aún más sorprendente, en cuanto que se trata de una novedad en el proceso evolutivo. De modo que el aparato femenino o arquegonio y, después de la fecundación, el embrión, tendrán la protección de las paredes del esporangio y el apoyo del esporofilo; a la vez que, a diferencia de lo que ocurre en las Selaginellales, el macroesporangio no se desprende del macroesporofilo.

Los esporofilos en las Gymnospermae difieren en forma, tamaño y contextura de las hojas normales o nomofilos y aparecen en vástagos cortos de crecimiento limitado, apretadamente dispuestos formando estrobilos (Fig. 3). En *Prumnopitys montana*, podocarpácea propia de los bosques altoandinos de Sudamérica, desde Bolivia hasta Venezuela, los microestrobilos se disponen en brotes especializados laterales (Fig. 4), mientras los macroestrobilos culminan brotes vegetativos cortos.

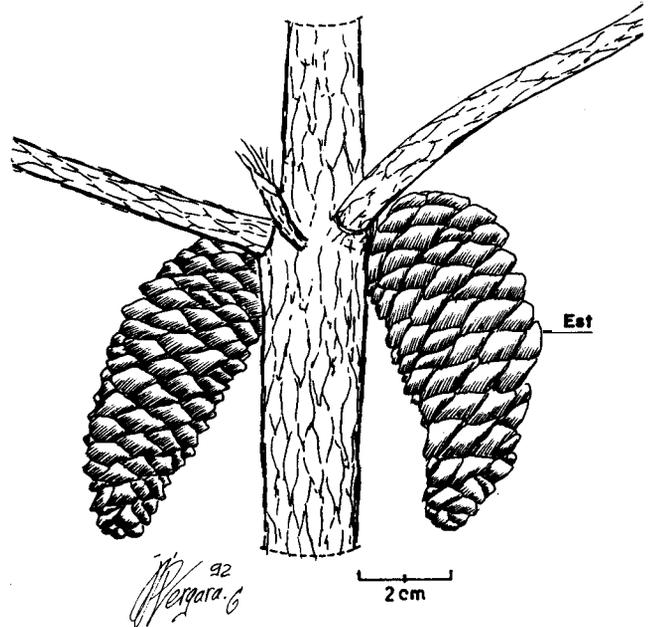


Figura 3. *Pinus patula*. En las coníferae los estrobilos son unidades sexuales; macroesporofilos y microesporofilos están en estrobilos separados. Los macroestrobilos (Maes) son homólogos a macroblastos laterales que surgen cerca a la yema terminal y los microestrobilos (Mies) a braquiblastos.

Las microesporas portadoras en su interior de los microprótalos, se desplazarán desde los microestrobilos masculinos distantes, en dirección de los macroestrobilos donde se hallan los arquegonios, con ayuda, ya no del agua, sino de otro factor ambiental ciertamente aleatorio, pero de todos modos diferente y nuevo: el viento.

En las Angiospermae, el grupo evolutivamente más avanzado de las Cormobionta, el problema de la aleatoriedad del transporte de las microesporas o granos de polen se resuelve, aunque no de modo absoluto, mediante la intervención de diversos agentes transportadores del polen y merced a la consiguiente adecuación arquitectural y funcional de los esporofilos y otros filomas comprendidos en la reproducción gonóntica o sexual.

Tales transformaciones están dirigidas a asegurar el óptimo acoplamiento y congruencia entre el agente transportador y la organización o ensamblaje de los filomas en los estrobilos, que aquí, en las Angiospermae, se denominan flores (Figs. 5 y 6).

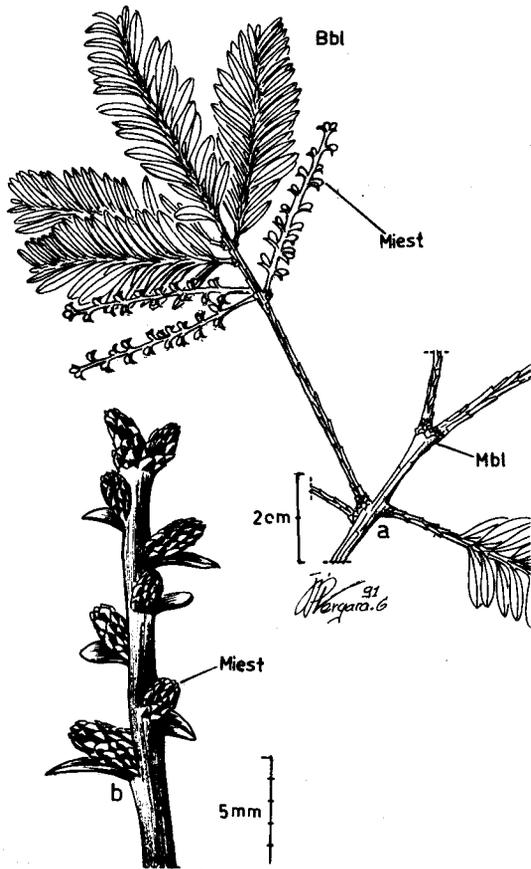


Figura 4. *Prumnopitis montana*. Sistema de ramificación, macroblastos (Mbl) y braquiblastos (Mbl). Las ramificaciones especializadas que llevan los microestróbilos (Miest) son homólogas a braquiblastos. b, Detalle de un braquiblasto fértil.

Los agentes transportadores o polinizadores son el viento, los insectos, las aves, los murciélagos y por regresión evolutiva, curiosamente, otra vez el agua.

La aparición de la unidad funcional de crecimiento y floración de las Angiospermae y su evolución

La aparición de la flor en el proceso de evolución de las Cormobionta fue decisiva en la conquista definitiva del medio seco por este grupo de plantas; en cuanto que de ese momento en adelante la reproducción sexual pudo ocurrir con altas probabilidades de éxito en el medio seco.

Por otra parte, existe amplio consenso, desde la publicación de los trabajos de Müller (1877) y de Saporta (1877), entre otros investigadores, acerca del papel decisivo de los insectos, tanto en la aparición de la flor como en su evolución posterior.

La flor, órgano de crecimiento limitado, altamente especializado en la reproducción sexual, senescente y perecedero, se integró, en un momento dado de la evolución, con la zona de innovación subyacente, de organización abierta y crecimiento indefinido, como se expuso anteriormente (Mora, 1987) y conformó una unidad funcional de crecimiento y floración.

Del ensamblaje de tales unidades resulta el cuerpo aéreo de los espermatófitos, cualquiera que sea su bioforma. Cada unidad consta de una zona de innovación y de una zona perecedera la cual estuvo inicialmente conformada por una sola flor y luego, a medida que avanzó el proceso de evolución, por varias flores. En el trabajo citado denominé a la primera, infraestructura vegetativa o hipotagma, y a la segunda, homogéneamente fértil, antotagma. Hagemann (1990), quien ha utilizado exitosamente estos conceptos en la interpretación de la arquitectura y dinámica del crecimiento de plantas de la zona templada, prefiere denominar "trofotagma" a la zona vegetativa y mantiene el nombre de "antotagma" para la zona perecedera. Según Hagemann (op. cit), de esta manera se evitaría confusión con el concepto de "Unterbau" o infraestructura, en el sentido de Troll (1950, 1964) y Weberling (1981).

De las variaciones en la posición, en la extensión y en la dinámica del crecimiento del antotagma y del hipotagma depende la gran diversidad de configuraciones arquitectónicas reales de las unidades funcionales, lo cual a la vez influye en la forma de las plantas totales. De acuerdo con lo expuesto en trabajo anterior (Mora, 1987), tales configuraciones arquitectónicas reales se enmarcan en los patrones o modelos funcionales siguientes: Holo-

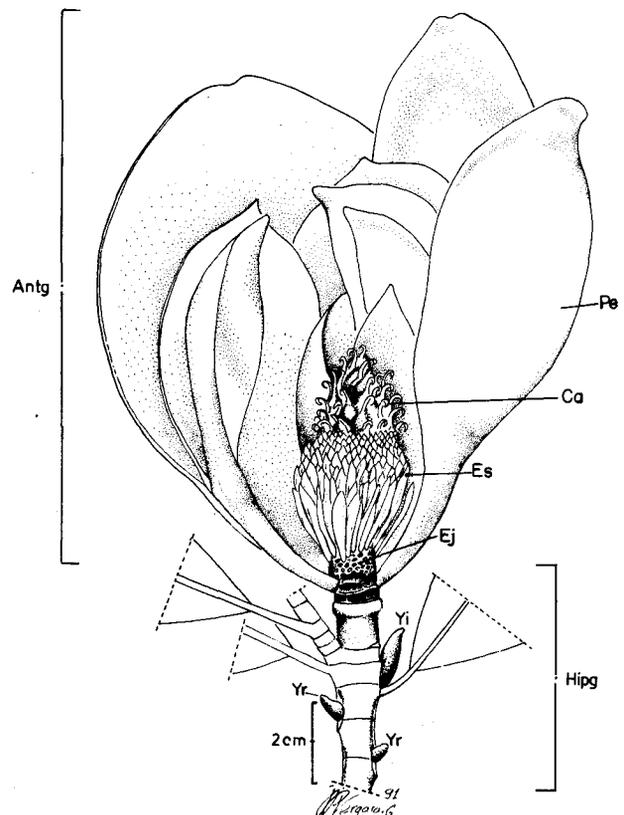


Figura 5. *Magnolia grandiflora*. El estróbil o flor es bisexual como en *Selaginella*. Microesporofilos o estambres (Es), Macroesporofilos o carpelos (Ca). El perianto (Pe) que rodea a los esporofilos es el órgano de atracción del nuevo agente polinizador: los insectos. Obsérvese el eje alargado de la flor (Ej) y el hipotagma (Hípg) que lleva las yemas de renovación o innovación (Yi) y las yemas de reposo (Yr), y que está situado por debajo de la flor o antotagma. En conjunto constituyen lo que aquí se denomina la unidad funcional de crecimiento y floración.

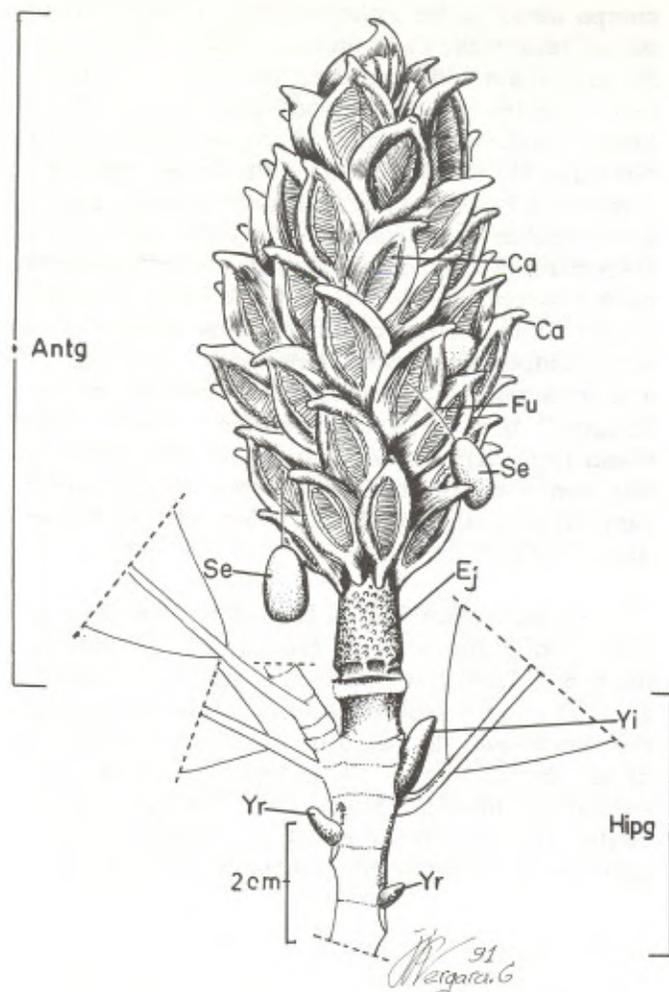


Figura 6. *Magnolia grandiflora*. Antotagma (Antg) en estado de fruto. Los carpelos (Ca) se han abierto para dejar escapar la semilla (Se). Algunas penden todavía del funículo (Fu). Hipotagma (Hippg), yema de innovación (Yi); yema en reposo (Yr).

caulos, antocaulos, antoblasto, antocladio y antocladioide. Los sistemas denominados pseudantos, en el sentido de Troll (1928), Froebe y Ulrich (1978), y Classen (1984), de acuerdo con mi interpretación, surgieron a través de la especialización de los antoblastos.

En la Figura 7, se representan esquemáticamente los modelos mencionados y se indican sus posibles interrelaciones evolutivas.

Los holocaulos

Los holocaulos son el modelo más primitivo de ensamblaje de las unidades funcionales. Su patrón general de ramificación es la panícula con paracladios de las modalidades siguientes: a) Paracladios completamente vegetativos o estériles; en cuanto no llevan flores por atrofia o éstas aparecerán en el periodo vegetativo siguiente; b) Paracladios parcialmente vegetativos; en cuanto que además de la zona distal fértil, presentan extensa infraestructura vegetativa, con o sin yemas de innovación activas de segundo orden presentes; c) Paracladios totalmente fértiles, los cuales configuran la región distal apical o antotagma. Los paracla-

dios totalmente vegetativos estériles pueden ocurrir a distinta altura, excluida la antotagma. Por lo general, los forofilos u hojas de sustentación de los paracladios de primer orden proximales presentan carácter frondoso, mientras los de antotagma, totalmente fértiles son bracteosos o pueden faltar por completo.

En conjunto los holocaulos son sistemas con amplia capacidad de innovación, policárpicos, perennes y autótrofos (Figs. 7b, c, d, e, h, 8). Pueden ser monotélicos y políticos en el sentido de Troll (1950).

Los antocaulos

En los antocaulos el meristema apical, luego de formar hojas normales o nomofilos y una serie de paracladios totalmente fértiles y homogéneos, los parantoblastos, recobra el carácter vegetativo y continúa indefinidamente el desarrollo del brote. Ha ocurrido el fenómeno de la proliferación en el sentido de Troll (1964). Tras la proliferación se forma únicamente una serie de nomofilos y luego, series de nomofilos con sus respectivos parantoblastos axilares (Figs. 7g, 10). Los nomofilos presentan siempre carácter frondoso.

La innovación de los antocaulos tiene lugar, por regla general, mediante la proliferación del meristema terminal del eje principal, que da lugar a la

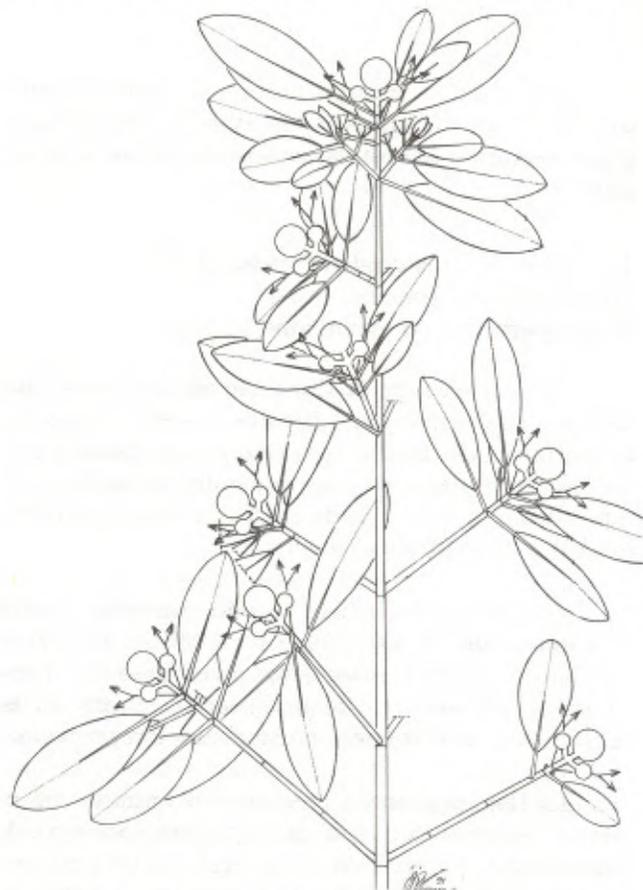


Figura 8. *Clusia minor*. Holocaulo. Las unidades funcionales se disponen en forma de un tirso. Cada unidad funcional, inclusive aquella que culmina el eje principal, consta de hipotagma y antotagma. Las antotagmas tienen la forma de dicasio. Los brotes de renovación se indican con flechas.

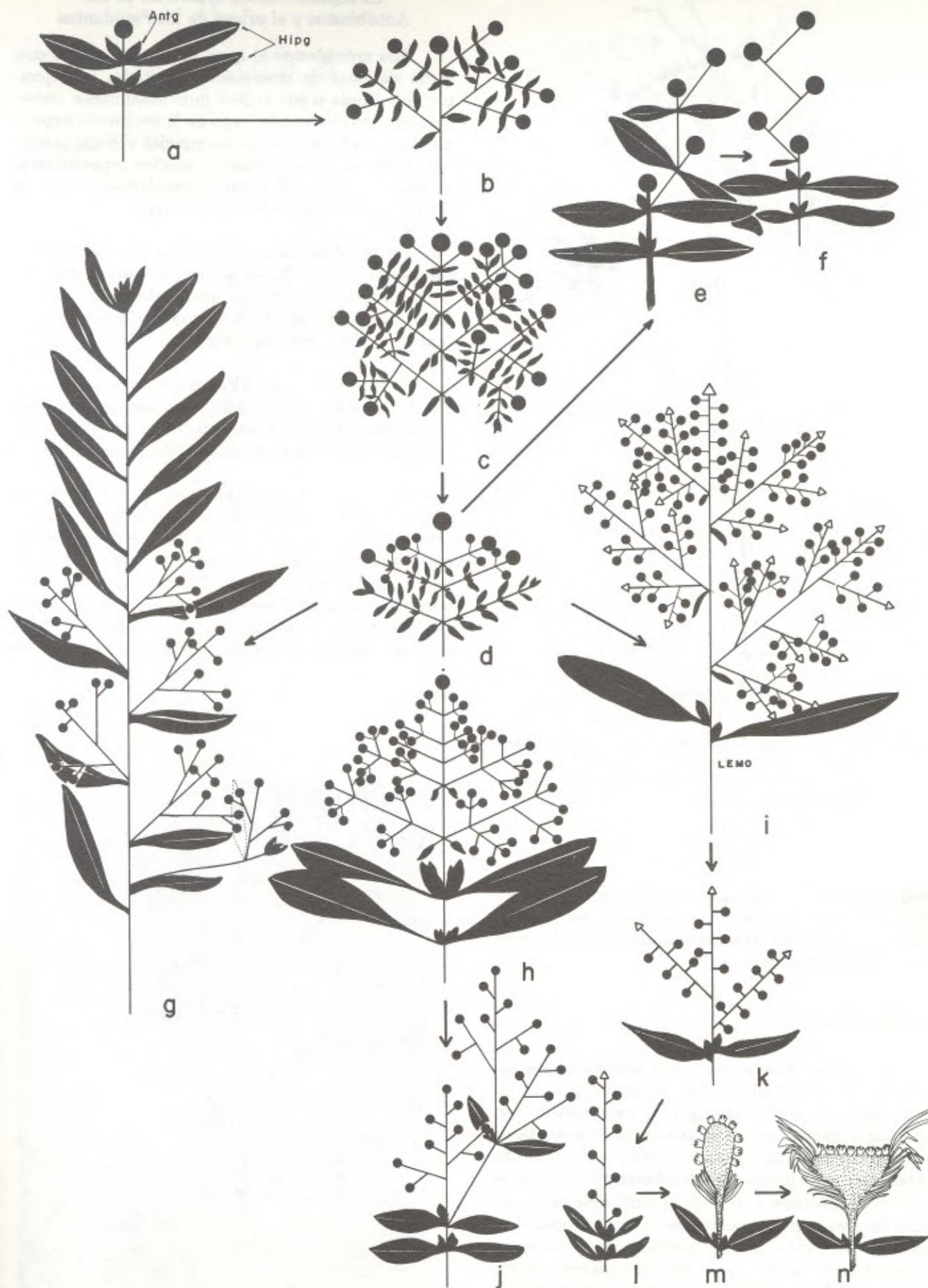


Figura 7. Los modelos de las Angiospermae y sus posibles relaciones evolutivas; unidad funcional de crecimiento y floración de las Angiospermae, a: Antg. antotagma; Hipg. hipotagma; Evolución de los holocaulos, b, c, d; antocladioide, e; antoblasto monotético, f; antoblasto politélico, panículo, i; antocladioide, j; antoblasto bótrico, k; ejemplo de especialización de antoblastos en pseudantos, l; capítulos de las Compositae.



Figura 9. *Macrorcarpea glabra*. Antoblasto monotélico con paracladios, sin hipotagmas. Forofilos de los paracladios $Pc_1 - Pc_2$ foliosos. La innovación acrotónica basipetal tiene lugar a partir del hipotagma (Hípg) del antoblasto flor terminal (Ft).

conformación de extensos sistemas monopodiales, en los cuales los sistemas perecederos, especializados en la reproducción sexual, los parantoblastos, son siempre laterales.

Los antoblastos

Se derivan de los holocaulos monotélicos acrotónicos. Se caracterizan por la ausencia total de hojas normales o al menos por la fuerte reducción de estos órganos, así como por la persistencia de la flor terminal, en las formas no fuertemente ramificadas. Desde el punto de vista funcional, son antotagmas extendidos por toda la sinflorescencia. Se trata de sistemas especializados en la reproducción sexual, senescentes y perecederos, cuyas flores se desarrollan y abren casi simultáneamente. Raramente proliferan, mediante la formación de propágulos, por ejemplo, en algunas Gramineae, Cyperaceae y Amaryllidaceae, (Figs. 7h, f, 9). Por truncación y disyunción de los holocaulos monotélicos pueden surgir antoblastos politélicos (Fig. 7i).

La especialización al interior de los Antoblastos y el origen de los Pseudantos

Los antoblastos al igual de lo que ocurre con otros sistemas de crecimiento limitado, por ejemplo, las flores o los frutos individualmente considerados, los cuales a lo largo de la evolución experimentaron en su interior complejas especializaciones, también los antoblastos pueden especializarse y, alcanzar a la vez mayor complejidad, todo en función de optimizar la polinización.

Entre otras, tales tendencias consisten en la agregación de las flores y disminución al máximo de su tamaño, fenómenos que suelen ir acompañados de la modificación del tamaño, forma, color y textura de los hipsófilos (Figs. 7n, 12 y 13).

Desde luego, las diferenciaciones al interior del antoblasto, varían según los agentes externos comprometidos en el transporte del polen o las estrategias utilizadas en la dispersión de los frutos.

En el caso de *Paspalum* (Fig. 14) el eje dorsoventral de los paracladios del antoblasto determina que los flósculos, y con ellos las anteras, cuelguen hacia abajo y queden expuestas al viento que actúa como agente polinizador. En *Rhynchospora nervosa* (Fig. 15), se observa la regresión desde la anemofilia hacia la entomofilia y con ello la reaparición de características singulares de este modo de

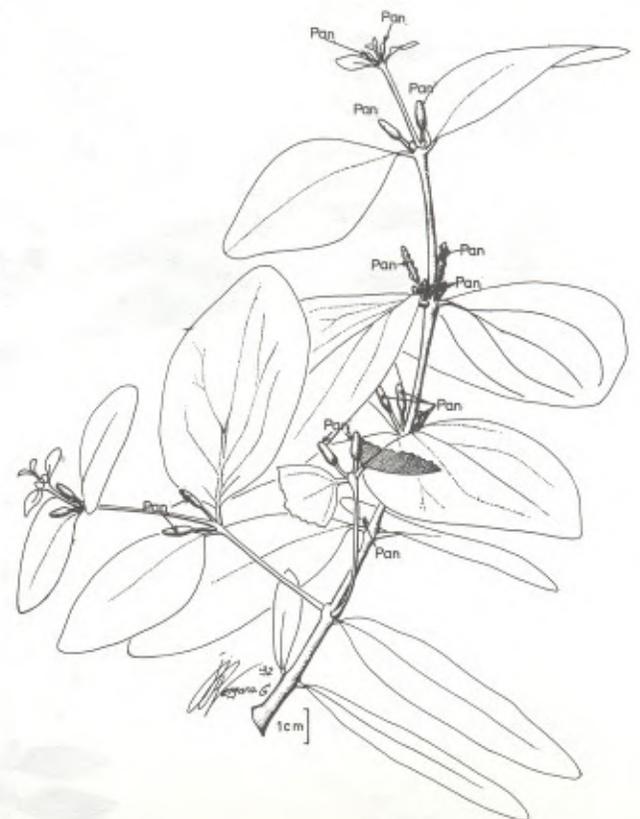


Figura 10. *Phoradendron cf. lindeni*. Antocaulo. El meristema del brote principal permanece abierto. La innovación tiene lugar a partir del meristema del eje principal y de los meristemas terminales de los brotes laterales los cuales repiten la arquitectura del brote principal. Pan_1, Pan_2, Pan_3 parantoblastos.



Figura 11. *Acnistus arborescens*. Antocaulo. La innovación ocurre a partir del meristema del eje principal. La proliferación invierte la posición relativa de los dos sectores de la unidad funcional: hipotagma y antotagma. Los parantoblastos (Pan) corresponden a braquistoblastos supremamente cortos de cuyos ejes brotan conjuntos de flores precedidos de bractéolas persistentes. Los parantoblastos se desarrollan acropetalmente, después de haberse desprendido el forofilo respectivo.



Figura 12. *Tillandsia* sp. Los dos sectores de la unidad funcional aparecen nítidamente diferenciados. El hipotagma está conformado por nomófilos dispuestos en roseta. El escapo levanta el antotagma y lo coloca a la vista de los polinizadores.

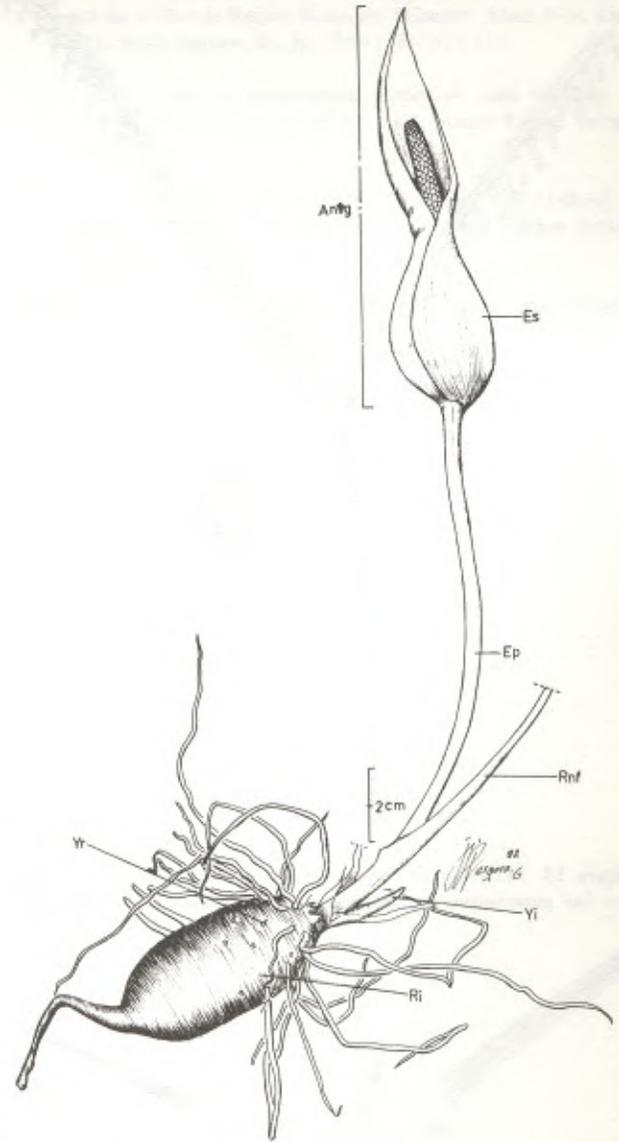


Figura 13. *Anthurium* sp. Solamente las flores masculinas del antotagma (Antg), permanecen visibles. El color amarillo de las anteras contrasta con el blanco de la espata (Es) que envuelve el antotagma y oculta las flores femeninas basales. El escapo (Ep) separa el antotagma del hipotagma. En la axila de uno de los nomófilos se encuentra la yema de innovación (Yi). En el rizoma (Ri) se encuentran yemas de reposo (Re) o preventivas. Restos nomófilos (Rnf).

polinización. La base de los hipsofilos que rodean las espículas aparece en color blanco, a manera de un pseudoperigonio, capaz de atraer a los insectos polinizadores.

En general, las diferenciaciones al interior del antoblasto estimulan la visita de los polinizadores, trátense de aves, insectos o murciélagos. Como resultado de estas diferenciaciones surgen los pseudantos, o sea inflorescencias que concuerdan en su apariencia y en sus funciones con flores individuales.

La innovación de los brotes floríferos o unidades funcionales que terminan en antoblastos tiene lugar a partir de las yemas de renuevo del hipotagma, situadas inmediatamente por debajo del antoblasto o del pseudanto (Figs. 7h, e, n). Mientras los antoblastos (o los pseudantos) florecen, las yemas

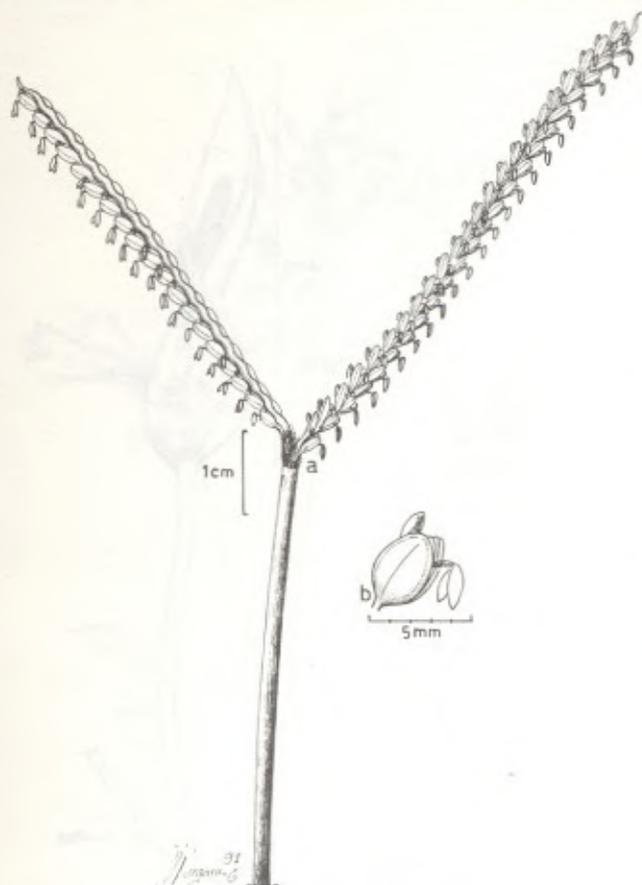


Figura 14. *Paspalum* aff. *macrophyllum*. Antotagma conformado por los paracladios especializados en la polinización anemófila.

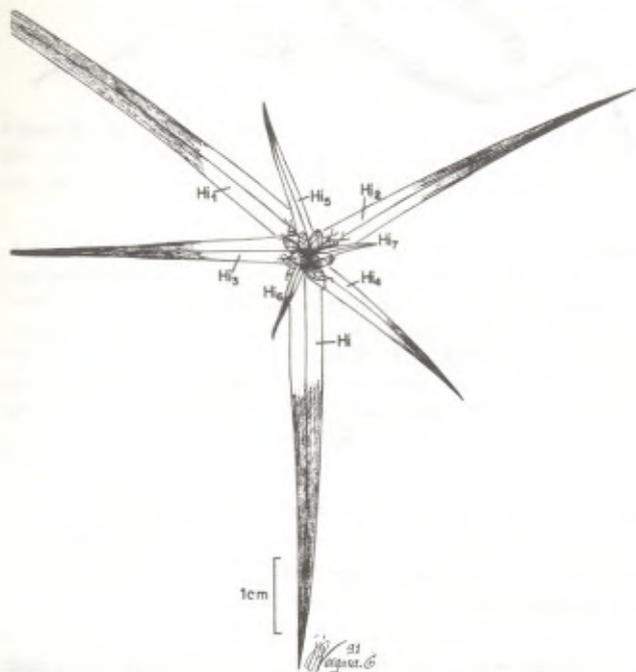


Figura 15. *Rhynchospora nervosa*. Pseudanto. Hi_1 , Hi_2 , Hi_3 , Hi_7 , hipsofilos cuyas zonas proximales están desprovistas de clorofila y aparecen de color blanco.

de innovación permanecen en reposo. En los bosques andinos, tan pronto llegan las lluvias y ocurre la dispersión de las semillas y la desaparición del antoblasto, comienza el desarrollo y crecimiento de las yemas de renuevo, generalmente en sentido basipetal. De modo que el hipotagma de las unidades funcionales que culminan en antoblastos se



Figura 16. *Brugmansia arborea*. Antocladio. Las flores terminales (F y F_1) culminan en brotes de diferente grado de ramificación, que se desarrollan siléptica e iterativamente, como es la regla en los antocladios y antocladioides A , B bractéolas de primer orden; A' y B' , bractéolas de segundo orden. Yemas de reposo (Yr).

comporta como sistemas catalépticos en el sentido de Müller-Doblies, & Weberling (1984).

En otros casos, sin embargo, puede ocurrir todo lo contrario; las yemas de innovación brotan y crecen antes de que el antoblasto haya completado su desarrollo. De esta manera, surgen sistemas silépticos-iterativos (Fig. 7j), los cuales Mora (1987) ha denominado antocladioides para diferenciarlos de aquellos sistemas simpodiales también siléptico-iterativos que suelen ocurrir en holocaulos acrotónicos, cuyo antotagma está reducido a la flor terminal (Figs. 7e, 16) y que coinciden con los sistemas simpodiales que Troll (1969) denominara Antocladios (Fig. 7e).

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos al señor Juan Pablo Vergara, quien elaboró con gran pericia la mayoría de los dibujos que ilustran este artículo.

Bibliografía

- Classen, R. 1984. Untersuchungen zur Struktur und Phylogenie von Pseudanthien unter besonderer Berücksichtigung ihrer Analogie zu zoophilen Einzelblüten. Dissertation. Math. Nat. Fakultät R.W. Tech. Hochschule Aachen.
- Darwing, C.H. 1859. The origin of Species by means of Natural Selection. London.
- Froebe, H., & G. Ulrich 1978. Pseudanthien bei Umbelliferen. Beitr. Biol. Pfl. 54: 175-206.
- Hagemann, W. 1990. Comparative Morphology of acrogenous branch Systems and phylogenetic considerations. II Angiosperms. Acta Biotheorica 38: 207-242.

- Mora-Osejo, L.E., 1987. Estudios Morfológicos, Autoecológicos y Sistemáticos en Angiospermas. Acad. Colomb. Cienc. Colección Jorge Alvarez Lleras No. 1. Bogotá.
- Müller-Doblies, D. & F. Weberling 1984. Über Prolepsis und verwandte Begriffe. Beitr. Biol. Pflanzen 59: 121-144.
- Müller, H. 1877. Über den Ursprung der Blumen, Kosmos, Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung 1: 100-114.
- Saporta, G. 1877. Citado por Takhtajan (1959).
- Takhtajan, A. 1959. Die Evolution der Angiospermen VEB. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Troll, W. 1928. Organization und Gestalt im Bereich Blüte. Berlin.
- 1950. Über den Infloreszenzbegriff und seine Anwendung auf die blühende Region Krautiger Pflanzen. Akad. Wiss. Litt, Abh. math. naturw. Kl. Jg. 1950 (15): 377-415.
- 1964. Die Infloreszenzen, Typologie und Stellung in Aufbau den Vegetationskörpers 1. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- . 1969. Die Infloreszenzen. Typologie und Stellung in Aufbau des Vegeationskörpers 2 (1). Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.
- Weberlin, F. 1981. Morphologie der Blüten und der Blütenstände. Ulmer Verlag. Stuttgart.

SISTEMAS 'in vitro', UN COMPLEMENTO EN EL MEJORAMIENTO DE LAS MUSACEAS

por

Margarita Perea-Dallos*

Resumen

Perea-Dallos, M.: Sistemas 'in vitro' un complemento en el Mejoramiento de las Musaceas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (70): 323-332, 1992. ISSN 0370-3908.

La mayoría de los clones comestibles de plátanos y bananos son triploides, ordinariamente partenocárpicos y efectivamente de semillas estériles, lo cual hace que los programas de mejoramiento convencionales no sean aplicables de manera rápida y eficaz. Una alternativa viable para mejorar estos cultivares consiste en la utilización de sistemas 'in vitro' como complemento para la propagación clonal y el mejoramiento genético a través del empleo de mutaciones, el cultivo de células y protoplastos y su posterior regeneración en plantas, seguida de evaluación y selección en campo.

Abstract

Most of the edible bananas and plantains are triploids, parthenocarpic with sterile seeds. The genetic system of *Musa* is extremely complicated. Sterility caused by different factors are common in most of the clones. The complexity of these crops, needs a more sophisticated system to support conventional Breeding Programmes. The potential of mass propagation, mutations, cells, protoplasts for plant regeneration and plant selection it is very high.

Introducción

El desarrollo de la agricultura a través de los años, responde al hallazgo del mejoramiento de la calidad y aumento de la producción de los cultivos de interés para el bienestar de la humanidad. La evolución de las plantas ha permitido el mejoramiento de variedades más productivas en cultivos de importancia para la producción de alimentos.

Después de la Segunda Guerra Mundial, observamos con especial interés los avances en el desarrollo de las Ciencias Básicas que aplicados al sector

agrícola han generado un gran impacto en el establecimiento de tecnologías apropiadas hacia una Agricultura Moderna.

Los esfuerzos obtenidos durante la época de la llamada 'Revolución Verde', proyectaron a la agricultura hacia la orientación de modernas metodologías para lograr una mayor y mejor producción agrícola mediante la obtención de nuevas variedades.

Resulta interesante hablar en la actualidad de una 'Nueva Revolución Verde' que proyecta en el futuro crear y cultivar 'nuevas plantas'. La obtención de estos clones excluye los sistemas de hibridación y de polinización cruzada. En efecto, las nuevas metodologías están orientadas al cultivo de

* Profesor Asociado, Departamento de Biología Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 23227 Santafé de Bogotá, D.C., Colombia..

células, protoplastos y tejidos, además de las técnicas de recombinación genética para conseguir una gran diversidad biológica a partir de los mecanismos moleculares y celulares. (Sasson, 1984).

Es importante resaltar que los beneficios potenciales de la Biotecnología permiten solucionar problemas que afectan los cultivos (calidad, patógenos, estrés) importantes como renglón de exportación, como es el caso de los plátanos y bananos.

Colombia, al igual que otros países de América Latina, ha logrado incrementar la producción de la fruta para satisfacer la demanda del consumo nacional y ubicarse como tercer país exportador a nivel mundial.

Plátanos y bananos

Los plátanos y bananos pertenecen al género *Musa* propio de las regiones tropicales y subtropicales, y con mayor representación de importancia dentro de la familia de las Musaceae, comprendida en el gran grupo de las Monocotiledóneas. El género *Musa*, se ha destacado por su importancia en la alimentación humana y constituye uno de los productos de exportación más importantes para la economía nacional.

Las especies más importante de este género son *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla, por cuanto han contribuido por diversos procesos genéticos a la aparición de los plátanos y bananos comestibles, estudios esclarecidos por S. Kurz en 1865. El origen de tales cultivares se remonta a las especies silvestres diploides. Simmonds y Shepherd (1955) puntualizaron estas posiciones por medio de estudios taxonómicos de manera que la ploidía y composición genómica de la gran variedad de clones son designados para *Musa acuminata* como 'genoma A' y para *Musa balbisiana* como 'genoma B', dando origen a clones diploides, triploides y tetraploides.

Los bananos utilizados como fruta (Dessert bananas) presentan dominancia *acuminata* (AAA) y tienen muy bajo contenido de almidón y mayor contenido de azúcares. Los plátanos de cocción (Cooking bananas) de dominancia *balbisiana* (ABB) tienen alto contenido de almidones y bajo contenido de azúcares (Champion, 1963).

Las especies comestibles del género *Musa* son partenocárpicas y efectivamente de semillas estériles, por lo tanto su propagación es asexual. La baja variación genética debida a la condición partenocárpica dificulta el mejoramiento por las vías convencionales. En este sentido, la utilización de los sistemas *in vitro* permite la búsqueda de material resistente a las enfermedades que atacan al plátano y al banano, puesto que la mayoría de los clones comestibles son susceptibles a patógenos, tales como hongos, bacterias, virus y nemátodos, los cuales causan serias pérdidas en la producción (Rowe, 1964).

Estos cultivares presentan un amplio rango de enfermedades, entre ellas la Sigatoka Negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* (Stover, 1977), detectada en la zona de Urabá a finales de 1991; la Sigatoka Amarilla, causada por el hongo *Mycosphaerella musicola*, el Mal de Panamá debido al hongo *Fusarium oxysporum* L. ssp. *cubense* que devastó en 1926 los cultivos de Gros Michel en América Central, y el Moko, enfermedad bacterial causada por *Pseudomonas solanacearum*.

Algunos patógenos sistémicos afectan al género *Musa*; por consiguiente se hace necesario un estricto control sanitario para evitar la diseminación del material infectado por virus. En Colombia se ha detectado el Virus del Mosaico del Cocombro (CMV). El Viroide del Bunchy Top (BBTV), no presente en América, se considera de repercusiones catastróficas si llegase a introducirse, tal como ha sucedido en algunos países de Asia y Africa. El Virus del Mosaico del Abaca esta igualmente restringido para los continentes asiático y africano. (Drew, et al, 1989).

La mayor parte de los esfuerzos en las investigaciones para el mejoramiento en plátanos y bananos se han dirigido a mejorar la calidad de la fruta, a la búsqueda de plantas de bajo porte con el propósito de combatir el volcamiento y a la obtención de clones resistentes a enfermedades fungosas (Rowe, 1984).

Sistemas 'in vitro' en Musaceas

La regeneración de los vegetales a través de los sistemas 'in vitro' puede ocurrir como una continuación del crecimiento y desarrollo de estructuras organizadas separadas de la planta (explante), tal como ocurre en el caso de los meristemos apicales y laterales, o puede ser el resultado de un proceso de formación de 'novo' a partir de células o grupos de células (callos) donde no existía organización alguna. Estas células pueden derivarse de órganos vegetativos somáticos o de estructuras sexuales y genéticas de la planta (Krikorian, 1982).

La selección del explante y las manipulaciones orientadas al desarrollo celular o tisular en condiciones 'in vitro' (asepsia, medios de cultivo, fotoperíodo, temperatura, etc.) permite la formación de estructuras o regeneración de plantas.

Las metodologías 'in vitro' en plátanos y bananos han sido estudiados extensamente en los últimos años (Krikorian y Cronauer, 1984).

Cultivo de Meristemos

El primer caso de regeneración de plantas a partir de brotes meristemáticos de banano se refiere a los trabajos de Ma y Shii (1972, 1974). Posteriormente Berg y Bustamante (1974) demostraron que podían obtenerse plantas libres del CMV mediante el cultivo de meristemos y tratamientos por termoterapia.

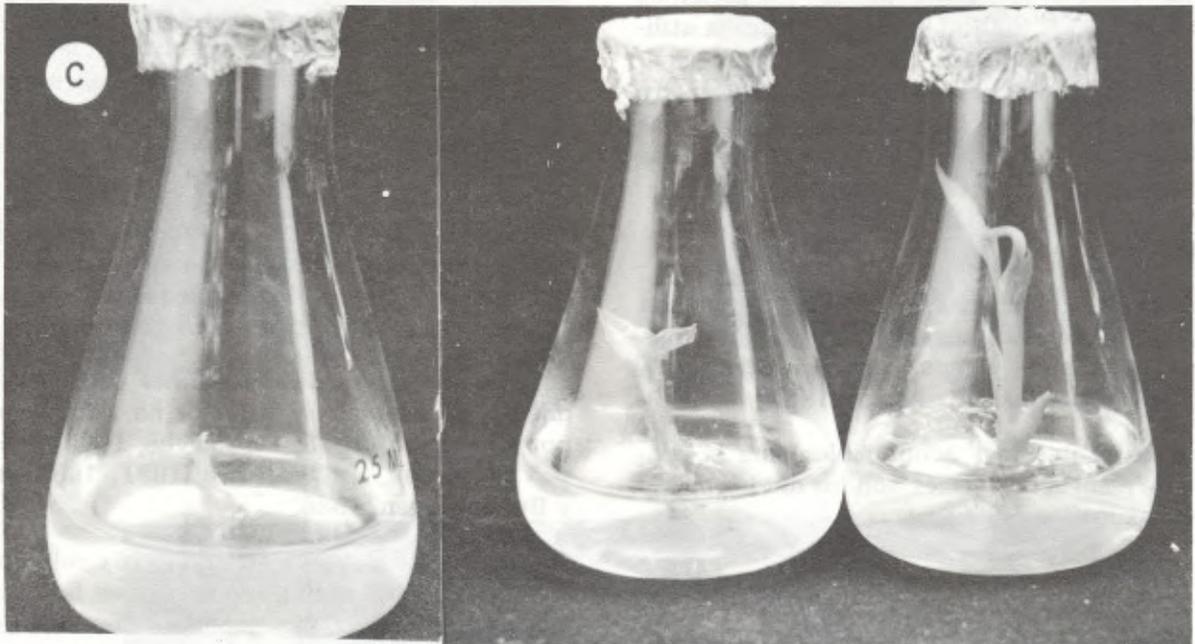
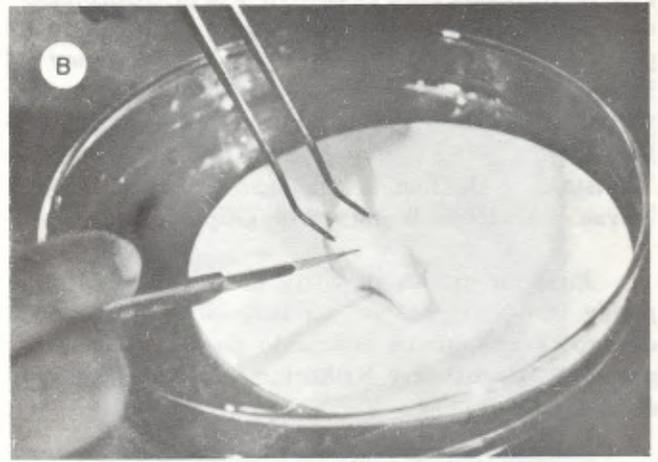
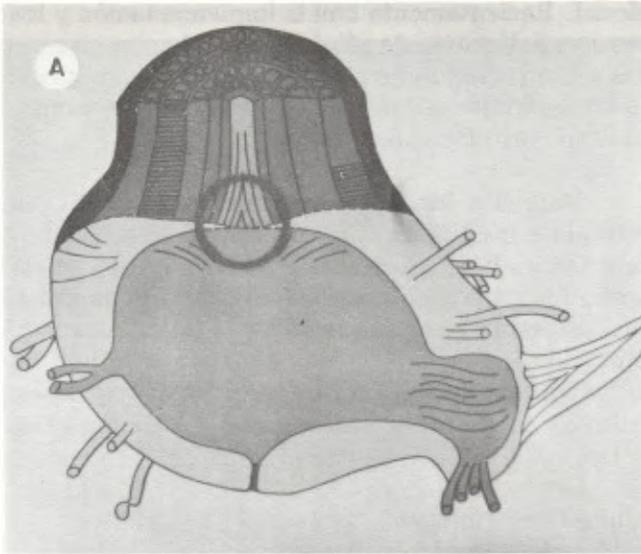


Figura 1. Diferentes etapas en el proceso de regeneración de plantas 'in vitro' (plátanos y bananos). A. *Musa* sp. localización del meristemo. B. Aislamiento del meristemo en condiciones asépticas. C. Desarrollo y regeneración de plántulas en condiciones 'in vitro'. D. Evaluación en campo del material obtenido 'in vitro'.

Actualmente se dispone de varias metodologías establecidas para el cultivo y la micropropagación de brotes meristemáticos de distintos genotipos de *Musa* (De Guzmán et al, 1976; Vessey y Rivera, 1981; Sore Swamy et al, 1983; Cronauer y Krikorian, 1984 a, b; Damasco y Barba, 1984; Hwang et al, 1984; Banerjee y De Langhe, 1985; Vuylsteke y De Langhe, 1985; Jarret et al, 1985; Novak et al, 1986; Wong, 1986; Gupta, 1986).

En condiciones *in vitro*, el meristemo floral puede transformarse en un sistema multiplicador de brotes vegetativos adecuado para la micropropagación (Cronauer y Krikorian, 1985 a, b; Bakry et al, 1985).

El cultivo de meristemas ofrece la posibilidad de eliminar patógenos vasculares y sistémicos como los virus, viroides y micoplasmas de especies propagadas vegetativamente. Sin embargo, los recientes estudios de Drew y Smith (1991) en Australia utilizando el cultivo de meristemas de plantas de banano (Grand nain) infectadas con el virus del Bunchy Top, demostraron que las plántulas regeneradas presentaban los síntomas virales a pesar de haberlas tratado previamente por termoterapia.

Propagación clonal

La propagación clonal implica la reproducción de plántulas en condiciones asépticas y cuyas características fenotípicas y genotípicas son idénticas a las de la planta original. (Krikorian, 1982).

Los explantes más aconsejables para la producción de plantas uniformes son los meristemas y las yemas axilares y caulinares.

El desarrollo de los sistemas de propagación vegetativa ha tomado enorme importancia en algunos cultivos de interés en la economía colombiana, como es el caso de las flores, algunos frutales, tuberosas y específicamente los plátanos y bananos.

Los primeros trabajos sobre la propagación masiva de plátanos y bananos en Colombia, se iniciaron en 1982 en la Universidad Nacional — Santa fé de Bogotá, con la Asesoría Científica del Profesor Abraham Krikorian de la Universidad de Nueva York-Stony Brook, quien continua con su permanente colaboración.

Recientemente, la industria bananera ha tenido un aumento significativo en la producción de la fruta, para lo cual se han establecido alrededor de 25.000 a 30.000 hectáreas de banano con material producido por cultivo de meristemas, traídos en su mayoría de Israel. Actualmente, los laboratorios privados del país ofrecen al sector bananero plántulas de banano Grand nain de excelente calidad.

Potencial en el mejoramiento de plátanos y bananos

La variabilidad genética constituye una alternativa muy importante en el mejoramiento tradi-

cional. Recientemente con la implementación y los avances del cultivo de células, se pueden lograr nuevas variantes naturales a partir de tejidos somáticos, lo cual permite el hallazgo de mutaciones espontáneas en corto tiempo.

Merced a los adelantos obtenidos en los últimos años, las investigaciones en plátanos y bananos se orientan hacia el mejoramiento genético y es así como los grupos de investigadores a nivel mundial, realizan esfuerzos orientados hacia la inducción de mutaciones, embriogénesis somática, cultivo de anteras para la regeneración de plantas haploides, cultivos de células y protoplastos e Ingeniería Genética.

Mutagenesis 'in vitro'

Las mutaciones inducidas han constituido en los últimos años una valiosa contribución para los fitomejoradores. El potencial de ampliar la variabilidad genética de las poblaciones vegetales aumenta la posibilidad de realizar selección con mayor eficiencia en busca de solucionar algunos problemas en cultivares de interés agroeconómico, (Perea y Navarro, 1988).

La incidencia de variación producida es aún impredecible y depende del genotipo, de los agentes mutagénicos y de los reguladores de crecimiento que se utilicen en los cultivos asépticos.

La inducción de mutaciones para el mejoramiento de plátanos y bananos ha sido propuesta por Champion, 1963; De Langhe, 1969; Broertjes y Van Harten, 1978; Rowe, 1981, 1984; Stover y Buddenhagen, 1986.

Broertjes y Van Harten, (1978), reiteran que los tratamientos mutagénicos ofrecen la oportunidad de obtener cambios genéticos discretos sin que se produzca una grave destrucción del genotipo original.

El cultivo de brotes meristemáticos ha sido propuesto como sistema adecuado para la inducción de mutaciones en plátanos y bananos (Donini y Micke, 1984; Novak et al, 1985, 1987). De Guzmán y colaboradores, (1975, 1980, 1982) lograron el desarrollo de brotes de banano utilizando radiaciones Gamma con dosis de 25 Gy. Epp, (1987) publicó los resultados de las irradiaciones Gamma utilizando meristemas derivados del cultivar 'Umalag' que es de tipo Cavendish Grand nain, cultivado extensamente en Filipinas. Yang y Lee, (1981) lograron igualmente inducir mutantes de banano 'Pei-Chiao' y 'Hsien-Jen-Chia' sumergiendo las plántulas obtenidas "In vitro" en una solución del 0.1 al 1.0% de Etil-metano-sulfonato (EMS), sin mencionar el grado de quimerismo ocurrido en plantas totalmente irradiadas.

Variación somacional somaclonal

Las modificaciones de las plantas generadas a partir de células y tejidos obtenidas 'in vitro', cons-

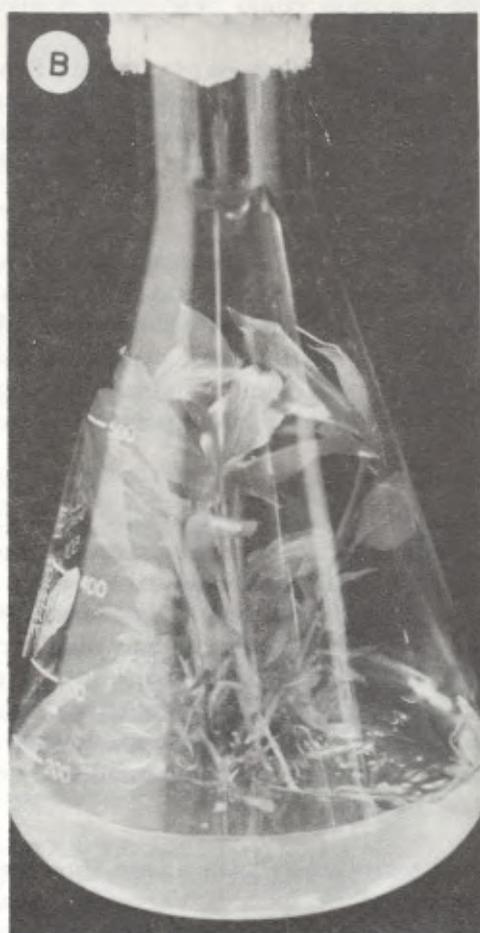
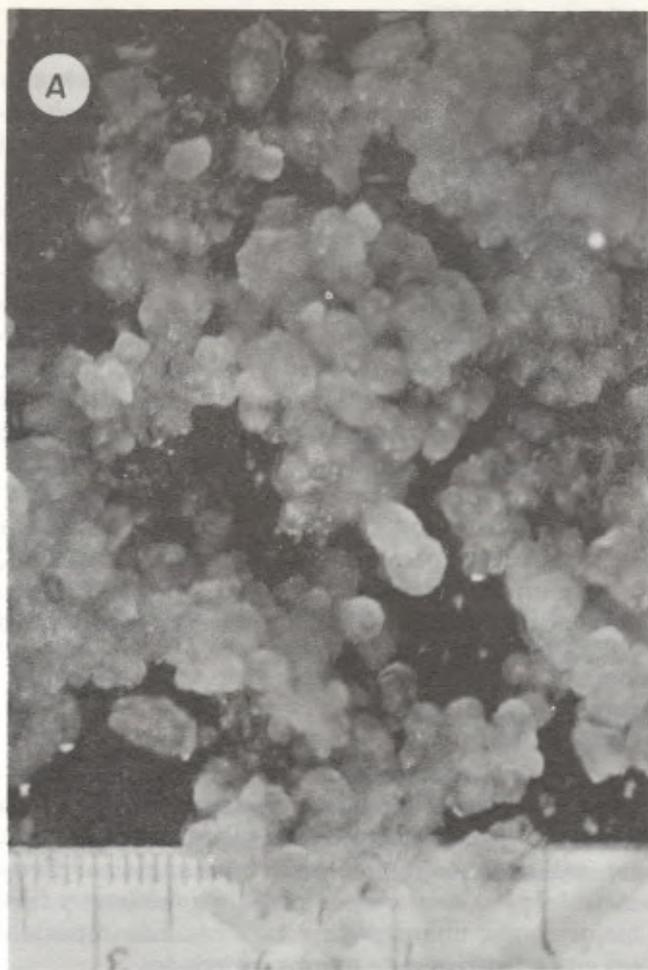


Figura 2. Embriogénesis somática. A. Estructuras globulares que originan la embriogénesis somática. B. Regeneración de plantas. C. Transferencia a campo.

tituye un fenómeno de interés en el mejoramiento genético conocido como 'Variación Somaclonal'.

Los estudios realizados por Larkin y Scowcroft (1981) demostraron que la presencia de cambios epigenéticos (Variación temporal) o variaciones genéticas (cambios heredables) se presentan de manera espontánea.

La mayoría de las investigaciones sobre Variación Somaclonal, han hecho evidente que las causas que generan estos cambios pueden estar influenciadas por el genotipo de la planta, cambios fisiológicos 'in vitro', presencia de citoquininas y/o auxinas en el medio de cultivo utilizado y frecuencia de subcultivos.

Resulta interesante mencionar el caso de la caña de azúcar como ejemplo representativo de variación somaclonal. Krishnamurthi (1981) al evaluar en condiciones de campo, las plantas derivadas de callo, observó que presentaban resistencia a la enfermedad de Fiji. Recientemente se han reportado algunos casos de variación fenotípica a través de la propagación clonal en *Musa* spp., lo cual constituye una alternativa en el mejoramiento genético de plátanos y bananos.

Vuylsteke (1989), utiliza para *Musa* los términos 'Variación fenotípica' y 'Variación somaclonal' para describir la variabilidad inducida 'in vitro', considerando un posible origen genético. El enanismo es la mayor característica en los bananos (*Musa* AAA) cv. Grand Nain; en menor proporción se presentan las hojas angostas y distorsionadas, los racimos con dedos anormales y el pseudotallo rojo. (Hwang, 1986; Reuveni et al, 1985; Stover, 1987; Pool e Irizarry, 1987). Stover, (1987) encontró variación en los plátanos (*Musa* ABB o BBB); sin embargo, Ramcharan et al, (1985) y Vuylsteke et al (1988), encontraron en los plátanos tipo Hartón (*Musa* AAB), que la variación se presenta en la inflorescencia en forma de reversión al tipo 'French plantain'.

Embriogénesis somática

Los embriones somáticos son estructuras bipolares, muy similares a los embriones zigóticos, capaces de desarrollar plantas normales. A través de los años, ha sido posible la obtención de embriones somáticos hasta el desarrollo de plantas completas de un gran número de especies, con el propósito de ser aplicados como métodos de propagación vegetativa.

En Musáceas, se ha logrado la formación de embriones somáticos en algunos clones diploides y triploides. Si la regeneración de plantas obtenidas mediante la embriogénesis somática tiene su origen a partir de una célula, se resuelve el principal problema de la mutagénesis al producir plantas sólidas (Novak, 1987, 1988 b). De Langhe considera, que la embriogénesis somática podría ser en un futuro

la clave para el mejoramiento genético en plátanos y bananos (1986).

Cronauer y Krikorian, (1988) lograron la embriogénesis somática en *Musa ornata*. De igual manera Novak y colaboradores, (1989) obtuvieron el desarrollo sincrónico de embriones somáticos a partir de segmentos de hoja y rizoma en clones diploides y triploides y la regeneración de plantas. De otra parte, Escalant y Teisson (1988, 1989) lograron la obtención de la embriogénesis somática a partir de embriones zigóticos inmaduros en diploides. Recientemente, Harran y Rossignol (1991), lograron la formación de embriones somáticos y la regeneración de plantas a partir de inflorescencias en Grand nain (AAA).

La producción masiva de embriones somáticos y su capacidad para germinar y desarrollar plantas, genera un verdadero potencial de alta significancia para cruces naturales y abre nuevas expectativas para manipulaciones genéticas.

Cultivo de anteras

El potencial para la obtención de plantas haploides mediante el cultivo de anteras, radica en la conformación genética de las células de polen para ser utilizado como material homocigótico. Estas metodologías constituyen para los genetistas y fitomejoradores, una de las aplicaciones más importantes en el desarrollo de nuevas variedades.

El desarrollo celular y el éxito en los cultivos de anteras depende primordialmente del estado fisiológico de la planta madre y de las condiciones ambientales de fotoperíodo, intensidad lumínica, temperatura y nutrición. El estado de desarrollo del polen en el momento de la transferencia es crítico para la inducción de la androgénesis.

El trabajo de Bakry, (1991) en bananos, ha demostrado la multiplicación celular y regeneración de plantas, sin hacer evidente su ploidía.

Actualmente nuestro laboratorio realiza estudios básicos relacionados con inflorescencias (*Musa* AA y BB), anteras, granos de polen y desarrollo celular. Para el desarrollo de esta metodología se requiere el estudio del genotipo, entender la complejidad de la inflorescencia, establecer el estado apropiado del grano de polen y la obtención del medio de cultivo. Los logros de estas investigaciones permitirán avances considerables en el mejoramiento de las Musáceas.

Protoplastos

Los protoplastos ofrecen el mayor potencial para la regeneración de plantas de genotipos específicos. Cocking (1960), logró eliminar la pared celular en los vegetales y obtener protoplastos mediante la acción enzimática; luego se logró la fusión de protoplastos de maíz y avena (Power y Cocking, 1971); estas metodologías se están desarrollando y

evaluando en gran número de especies y desde entonces se han obtenido resultados significativos en unas pocas. De hecho, la fusión de protoplastos de plantas de diferentes especies, permite la producción de los híbridos somáticos cuya constitución genética difiere de los híbridos que los originaron.

Actualmente los protoplastos son utilizados para transformación genética incorporando en ellos determinada estructura o gen foráneo y lograr su expresión como una característica nueva y estable.

El aislamiento de protoplastos en algunos clones de *Musa* spp. ha sido exitoso (Krikorian 1988, Novak et al. 1990, Rossignol 1991). Estos esfuerzos ponen de presente la aplicación de estas metodologías en el mejoramiento de plátanos y bananos.

Ingeniería genética

La utilización de la Ingeniería genética o tecnología de ADN recombinante, al igual que la Biología Molecular, se han incrementado para la modificación de caracteres específicos. Estos sistemas presentan un gran potencial en el mejoramiento genético en plantas de interés agronómico. La introducción de genes o moléculas o células y/o protoplastos y la posterior regeneración de la planta, permiten modificar el genoma y generar resistencia en los vegetales ya sea a patógenos, a insectos, o a condiciones ambientales adversas.

El sistema más estudiado ha sido la utilización del *Agrobacterium tumefaciens*, la bacteria que produce tumores en los vegetales. Estos tumores contienen una masa de células que proliferan con rapidez, puesto que no obedecen a los mecanismos normales de control de crecimiento del tumor, y en este sentido su comportamiento es análogo a los tumores animales, (Perea, 1989). El *Agrobacterium tumefaciens*, presenta en el interior de la célula un pequeñísimo fragmento circular de ADN, denominado Plásmido Inductor de Tumor (Plásmido Ti).

El otro sistema utilizado es la transferencia directa, la cual se basa en la inserción directa de genes foráneos, empleando la microinyección o bombardeo de partículas de oro con moléculas de ADN exógenas hacia las células, (Klein, 1990). La aplicación de estos sistemas ha hecho posible la transformación de los protoplastos y la regeneración de plantas en algunas especies cultivables.

Bibliografía

- Bakry, F., F. Laverde-Guignard, L. Rossignol & Y. Demarly, 1985. Developpement de pousses végétatives à partir de la culture *in vitro* d'explants inflorescentiels de bananiers (*Musa* sp., Musacées). *Fruits*, 40: 459-465.
- Bakry, F. 1992. First evidence for androgenesis in bananas (*Musa acuminata* Colla). In: *Biotechnology for Bananas and Plantain INIBAP Workshop - San José - Costa Rica*, 27-31 January 1992. (In press).
- Banerjee, N. & E. de Langhe, 1985: A tissue culture technique for rapid clonal propagation and storage under minimal growth conditions of *Musa* (banana and plantain). *Plant cell Rep.* 4: 351-354.
- Berg, L.A. & M. Bustamante, 1974. Heat treatment and meristem culture for the production of virus free bananas. *Phytopathol.* 64: 320-322.
- Broertjes, C. & A.M. Van Harten. 1978. Application of mutation breeding methods in the improvement of vegetatively propagated crops. Elsevier Sci. Publis. Comp. Amsterdam.
- Champion, J. 1963. *Le bananier*. G.P. Maisonneuve et Larose. Paris-France.
- Cocking, E.C. 1960. A method for the isolation of plant protoplasts and vacuoles. *Nature* 187: 962-963.
- Cronauer, S.S., & A.D. Krikorian, 1985 a. Reinitiation of vegetative growth from aseptically cultured terminal floral apex of banana. *Amer. J. Bot.* 72: 1598-1601.
- . 1985 b. Aseptic multiplication of banana from excised floral apices. *Hort. Science* 20: 770-771.
- . 1988. Temporal, spatial and morphological aspects of multiplication in aseptically cultured *Musa* clones, In: *Progress and prospects in forest and crop biotechnology*. (Valentine, F. Ed.) Colloquium, April 18-20, 1985. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, Springer Verlag.
- Damasco, O.P. & R.C. Barba, 1984. *In vitro* culture of Saba (*Musa* sp. cv. Saba BBB). *Phil. Agric.*, 67: 351-358.
- De Guzmán, E.V. 1975. Project on production of mutants by irradiation of *in vitro* cultured tissue of coconut and bananas and their mass propagation by the tissue culture technique. In: *Improvement of Vegetatively Propagated Plants through Induced Mutations*. IAEA-TECDOC. 173: 53-76.
- De Guzmán, E.V., E.M. Ubalde, & A.G. del Rosario. 1976. Banana and coconut *in vitro* cultures for induced mutations studies. In: *Improvement of Vegetatively Propagated Plants and Tree Crops through Induced Mutations*. IAEA-TECDOC-194, Vienna: 33-54.
- De Guzmán, E.V., A.C. Decena, & E.M. Ubalde, 1980. Plantlet regeneration from unirradiated and irradiated banana shoot tip tissues cultured *in vitro*. *Philipp. Agric.* 63: 140-146.
- De Guzmán, E.V., A.G. del Rosario, & P.C. Pagcaliwagan, 1982. Production of mutants by irradiation of *in vitro*-cultured tissues of coconut and banana and their mass propagation by the tissue culture technique. In: *Induced Mutations in Vegetatively Propagated Plants II*, IAEA, Vienna: 113-138.
- De Langhe, E. 1969. Bananas. In: F.P. Ferwerda & F. Wit (Eds); *Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics*. Misc. Pap. Landbouwhogeschool. Veenman. Wageningen: 53-78.
- . 1986. Una estrategia internacional es necesaria para el mejoramiento genético del plátano y babano. *Ciencia y Tecnología*, No. 70: 40-46. Informe mensual. Unión de países Exportadores de Banano - UPEB - Panamá.
- Domini, B., & A. Micke, 1984. Use of induced mutations in improvement of vegetatively propagated crops. In: *Induced Mutations for Crop Improvement in Latin America*. IAEA-TECDOC-305, Vienna: 79.
- Dore Swamy, R., N.K. Srinivasa & E.K. Chacko, 1983. Tissue culture propagation of banana. *Sci. Hort.*, 18: 247-252.
- Drew, R.A., J.A. Moisaner & M.K. Smith. 1989. The transmission of banana bunchy-top virus in micropropagated bananas. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 16: 187-193.

- Epp, M.D. 1987. Somaclonal variation in bananas: a case study with *Fusarium* wilt. In, Persley G.J. & E.A. De Langhe (Eds.). Banana and Plantain Breeding Strategies. Proceedings of an international workshop held at Cairns, Australia, 13-17 Oct., 1986. ACIAR Proceedings No. 21: 140-150. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Escalant J.V. & C. Teisson, 1988. Embryogénese somatique chez *Musa* sp. C.R. Acad. Sc. Paris, T. 306, Serie III: 277-281.
- 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature zygotic embryos of the species *Musa acuminata* Colla and *Musa balbisiana* Colla. Plant Cell Reports 7: 665-668.
- Gupta, P.P. 1986. Eradication of mosaic disease and rapid clonal multiplication of bananas and plantains through meristem tip culture. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 6: 33-39.
- Harran, S., G. Ducreux & L. Rossign, 1991. Etude de cal infloresciels de deux cultivars de bananiers (901 et GN) et des plantes qui en sont issues. Université de Paris 130 pp.
- Hwang, S.C., C.L. Chen, J.C. & H.L. Lin, 1984. Cultivation of banana using plantlets from meristem culture. Hort Sci., 19: 231-233.
- Jarret, R.L., W. Rodríguez, & R. Fernández, 1985. Evaluations, tissue culture propagation, and dissemination of 'Saba' and 'Pelipita' plantains in Costa Rica. Sci. Hort., 25: 137-147.
- Klein, T.M., S.A. Goff, B.A. Roth, & M.E. Fromm, Applications of the particle gum in plant biology -1990-. In: Progress in Plant Cellular and Molecular Biology: 57-66 H.J.J. Nijkamp, L.H.W. Van der Plas & J. Van Aartrijk (Eds.). Kluwer Academic Publ. Dordrecht-Holland.
- Krikorian, A.D. 1982. Cloning higher plants from aseptically cultured tissues and cells. Biol. Rev. 57: 151-218.
- Krikorian, A.D. & S.S. Cronauer, 1984 a. Aseptic culture techniques for banana and plantain improvement. Econ. Bot. 38: 322-331.
- . Banana. In, Sharp, W.R., D.A. Evans, P.A. Ammirato & Y. Yamada, (Eds.). Handbook of Plant Cell Culture, 2: 327-348. Macmillan, New York.
- Krikorian, A.D., S.S. Cronauer-Mitra, & M.S.F. Fitter Corbin, 1988. Protoplast culture of perennials. Scientia Hort. 37: 277-293.
- Krishnamurthi, M. 1981. Sugarcane improvement through tissue culture and review of progress. In: Rao, A.N. (Ed.) Tissue Culture of economically important plants. Asian Network for Biological Sciences and Committee on Science and Technology in developing countries (COSTED) Singapur 70-77.
- Larkin, P.J. & E.R. Scowcroft, 1981. Somaclonal variation a novel source of variability from cell culture for plant improvement. Theor. Appl. Genet. 60: 197-214.
- Ma, S.S. & C.T. Shii, 1972. *In vitro* formation of adventitious buds in banana shoot apex following decapitation. J. Chin. Soc. Hort. Sci., 18: 135-142 (Chinese with English summary).
- . 1974. Growing banana plantlets from adventitious buds. J. Chin. Soc. Hort. Sci. 20: 6-12 (Chinese with English summary).
- Novak, F.J., B. Donini, T. Hermelin, & A. Micke, 1985: Potential of banana and plantain improvement through *in vitro* mutation breeding (abstract). In: Resúmenes VII. Reunion A.C.O.R. B.A.T., San José, Costa Rica, 1985, p. 75.
- Novak, F.J., R. Afza, V. Phadivibulya, T. Hermelin, H. Brunner, & B. Donini, 1986. Micropropagation and radiation sensitivity in shoot-tip cultures of banana and plantain. In, Nuclear Techniques and *In Vitro* Culture for Plant Improvement: 167-174. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Novak, F.J., R. Afza, A. Micke, & T. Hermelin, 1987: *In vitro* mutation induction in meristem-tip culture of banana and plantain. In: Proceedings of 2nd Annual Conference of Intern. Plant Biotech. Network (IPBNet), Bangkok, Thailand, Abstr. No. 36.
- Novak, F.J. & A. Micke, 1988. Mutation breeding and 'in vitro' techniques for Crop Improvement in developing countries. In: Gene Manipulation for Plant Improvement in Developing countries. Kuala Lumpur, SABRAO Proceedings. 63-83.
- Novak, F.J., R. Afza, M. van Duren, M. Perca-Dallos, B.V. Conger & X. Tang, 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration in suspension cultures of dessert (AA and AAA) and cooking bananas (ABB) *Musa* spp. Biotechnology 7: 154-159.
- Novak, F.J. 1991. *In vitro* mutation system for crop improvement. In: Plant Mutation Breeding for Crop Improvement, IAEA, Vienna 2: 327-342.
- Perca-Dallos, M. & W. Navarro-Alvarez, 1988. Técnicas 'in vitro' para la producción y mejoramiento de plantas. Universidad Nacional de Costa Rica - Conicit, Costa Rica, 105 pp.
- Perca-Dallos, M. 1989. La Nueva Revolución Verde. Revista Universidad Nacional de Colombia. 19: 78-83 Bogotá, Colombia.
- Pool, D.J. & H. Irizarry, 1987. Off type banana plants observed in a commercial planting of 'Grand Nain', propagated using the *in vitro* culture technique. In, Galindo, J.J. & R. Jaramillo, (Eds.). Proceedings of the 7th ACORBAT meeting held at San José Costa Rica, 23-27 Sept., 1985. CATIE Technical Bull. 121: 99-102.
- Power, J.B. & E.C. Cocking. 1971 Fusion of isolated plant protoplasts. Nature 225: 1016.
- Rauveni, O., Y. Israeli, H. Degani, & Y. Eshdat, 1985. Genetic variability in banana plants multiplied via *in vitro* techniques. Research Report AGPC: IBPGR/85/216. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Rowe, P. 1981. Breeding and "intractable" crop: bananas. In: Rachic, K.O. & J.M. Lyman (Eds): Genetic Engineering for Crop Improvement. The Rockefeller Foundation: 66-83.
- 1984. Breeding bananas and plantains. Plant Breeding Reviews 2: 135-155.
- Sasson, A. 1984. Las Biotecnologías: Desafíos y Promesas - Unesco. Paris, Francia.
- Simmonds, N.W. & K. Shepherd, 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. J. Linn. Soc., Bot. 55: 302-312.
- Stover, R.H. 1977. Banana (*Musa* spp.). In, Hewitt, W.B. & L. Chiarappa, (Eds.). Plant Health and Quarantine International Transfer of Genetic Resources: 71-79. CRC Press, Boca Raton.
- Stover, R.H. 1987. Somaclonal variation in Grand Naine and Saba bananas in the nursery and field. In, Persley, G.J., & E.A. De Langhe, (Eds.). Banana and Plantain Breeding Strategies: Proceeding of an international workshop held at Cairns, Australia, 13-17 Oct., 1986. ACIAR Proceedings 21: 136-139. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Stover, R.H. & I.W. Buddenhagen, 1986. Banana breeding: polyploidy, disease resistance and productivity. Fruits, 41: 175-191.

- Vessey, J.C. & J.A. Rivera, 1981. Meristem culture of bananas. *Turrialba* 31: 161-163.
- Vuylsteke, D. & E.A. De Langhe, 1985. Feasibility of *in vitro* propagation of bananas and plantains. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 62 (4): 323-328.
- Vuylsteke, D., R. Swennen, G.F. Wilson, & E.A. De Langhe, 1988. Phenotypic variation among *in vitro* propagated plantain (*Musa* sp. cv. AAB). *Sci. Hortic.* 36: 70-88.
- Vuylsteke, D.R. 1989. Shoot-tip culture for the propagation, conservation and exchange of *Musa* Germplasm. International Board for Plant Genetic Resources. 56 pp. IBPGR—Roma.
- Wong, W.C. 1986. *In vitro* propagation of banana (*Musa spp.*): Initiation, proliferation and development of shoot-tip cultures on defined media. *Plant cell, Tissue and Organ Culture* 6: 159-166.
- Yang, S., & S. Lee, 1981. Mutagenic effects of chemical mutagens in banana. *J. Agric. Assoc. China, New Ser.* 116: 36-47 (in Chinese with English summary).

VARIACION TEMPORAL DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE EN SANTAFE DE BOGOTA

por

Jesús A. Eslava R.*

Resumen

Eslava, J.: Variación temporal de la Humedad Relativa del Aire en Santafé de Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 333-344, 1992. ISSN 0370-3908.

A partir de las observaciones horarias realizadas en la estación Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria de Santafé de Bogotá, se determinan y analizan los valores medios horarios y la variación diaria y anual de la humedad relativa del aire. Se establecen los valores extremos y sus amplitudes y se determina, entre otras cosas, que los valores máximos más comunes oscilan entre 95% y 100% de humedad, en 95 días de cada 100, y que el mínimo más bajo fue de 3%.

Abstract

According with hourly observations done at the Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria, Santafé de Bogotá, the medium hourly values and the daily and annual variation of the air relative humidity were determined and analyzed. The maximum values and ranges of the relative humidity were established showing that the maximum values range between 95% and 100% for 95% of the analyzed days. The minimum value found was 3%.

Introducción

Este trabajo complementa estudios anteriores que trataron el tema de la variación a través del tiempo (día, mes, año) de la presión y temperatura del aire en la estación "Observatorio Meteorológico Nacional" ubicada en la Ciudad Universitaria Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá. En particular aquí se analiza una variable representativa de la humedad atmosférica: la humedad relativa del aire.

En trabajos anteriores (Eslava 1990 a, b; 1991 a, c, d, e), se determinaron las características de la variación diaria de la presión atmosférica, temperatura y humedad relativa del aire en Santafé de

Bogotá; en los mismos se menciona como en Colombia, los análisis de las variaciones diurnas de los diferentes elementos meteorológicos son, como casi todos los estudios referentes a la meteorología, muy escasos, inéditos o inexistentes. En el caso de las variaciones diurnas de la humedad relativa del aire, esta situación es crítica y no se conocen ni siquiera breves comentarios.

En este trabajo se recopila la información horaria publicada, sobre humedad relativa del aire en Santafé de Bogotá y, una vez, verificada, procesada y homogeneizada, se definen y analizan los valores horarios medios y las humedades relativas máximas y mínimas para cada mes y el año, con base en las observaciones realizadas en la estación Observatorio Meteorológico Nacional durante el período 1941–1960. También se aplican algunas de las fór-

* Profesor Titular – Universidad Nacional de Colombia.

mulas que se han usado para el cálculo de los valores medios diarios y se comparan esos resultados con los que se obtienen al establecer un promedio aritmético de las 24 observaciones horarias.

Generalidades

El agua se encuentra presente, en cantidades casi siempre grandes, en cualquier parte de la primera capa de la atmósfera. Sin embargo, por presentarse en forma de vapor la mayor parte del tiempo es invisible. De vez en cuando, ese vapor condensa y forma nubes que se encargan de mostrar la existencia de esa agua. Las nubes, son entonces, no solamente la expresión visible de la existencia de agua en la atmósfera, sino el más visible de los elementos de la atmósfera.

Interesa la consideración de la humedad del aire en sí misma, en forma de vapor, no sólo porque es origen de las precipitaciones, sino por causa de la infinidad de consecuencias, entre ellas las biológicas, positivas o negativas que originan sus variaciones temporales. Sin conocer las características de esas variaciones es imposible, por ejemplo, comprender la influencia de la temperatura sobre los diferentes organismos: un pequeño descenso o ascenso de la temperatura, cuando el aire está húmedo, produce cambios apreciables en la sensación de confortabilidad de los hombres, animales y plantas; por el contrario, las fuertes bajas de temperatura de los inviernos en Siberia y las altas elevaciones de la misma en el Sahara, son relativamente fáciles de soportar o controlar gracias al descenso de la humedad relativa que acompaña a ambos fenómenos.

Puesto que el vapor de agua es el componente más variable y, en muchos aspectos, el más importante de la atmósfera, varios autores han estudiado sus características, sus variaciones, su importancia, influencia y consecuencias o efectos sobre el tiempo, el clima y la vida, en general. Con base en los análisis de esos autores, entre ellos Riehl (1954, 1979), De Martonne (1963), Gordon (1965), Petterssen (1968), Mazzeo et al. (1972), De Fina & Ravelo (1973), Lowry (1973), Retallack (1973 a, b), Mertins (1976) y Eslava (1978, 1980, 1991 d), se efectúan las siguientes definiciones y comentarios sobre la humedad relativa, el vapor de agua y la humedad atmosférica que el representa.

En el aire siempre se encuentra vapor de agua que sale de la superficie terrestre y entra en la atmósfera, en forma de vapor, por diferentes procesos:

- a) evaporación que se da en los mares, ríos, lagos, suelo, vegetación, etc.;
- b) transpiración del hombre, animales y plantas;
- c) surgencias espontáneas: géiseres, fuentes minerales y termales, etc.;
- d) diversas combustiones que se realizan para producir calor y fuerza motriz: madera, gas de

alumbrado, hidrocarburos, humos de las turbinas y de las locomotoras, etc.

Posteriormente, ese vapor de agua (al condensarse por ascender y enfriarse) origina las nubes y regresa a la tierra en forma de precipitación líquida o sólida, completando así el ciclo hidrológico y dando forma en todo este proceso al tiempo y los climas de la Tierra.

El agua contenida en el aire es, por lo tanto, constantemente renovada por los ingresos de nuevas masas de vapor aportadas por los procesos ya señalados, principalmente los de evaporación y transpiración que se dan en la superficie de la Tierra.

Importancia

La humedad del aire, es decir el vapor de agua que contiene el aire, siempre se ha considerado como un elemento meteorológico muy importante en la determinación de los diferentes estados de la atmósfera, no solamente por su influencia sobre la precipitación sino por sus efectos biológicos. Sin embargo, dado que sus valores instantáneos se encuentran sujetos a rápidas fluctuaciones especialmente por la influencia del movimiento del aire que aporta o quita humedad y por la radiación que transforma el agua líquida o sólida en vapor de agua, los valores medios diarios, mensuales o anuales de la humedad relativa se habían considerado (equivocadamente) de poco valor y los valores y mapas que los indicaban eran poco usados, aunque algunas de las consecuencias de la humedad (nubosidad y precipitaciones) si se analizan y figuran representadas en todos los estudios meteorológicos.

Actualmente se acepta que la humedad relativa tiene una gran influencia y, entre otras cosas, se menciona que la mayoría de las plantas se desarrollan mejor bajo condiciones de alta humedad y que bajo esa misma alta humedad (dependiendo de la temperatura y vientos) se estimula el desarrollo y crecimiento de plagas y enfermedades.

El hecho de que exista mayor o menor cantidad de vapor de agua en la atmósfera, es decir que el aire sea más o menos húmedo, tiene muchos e importantes efectos no sólo relacionados con el tiempo y el clima sino con los diferentes asuntos humanos. Una relación sucinta y seguramente muy incompleta de esos efectos o aplicaciones puede ser la siguiente:

- a) el aire húmedo se calienta más que el aire seco bajo la acción directa de los rayos solares;
- b) el aire húmedo es mucho mejor absorbente de la radiación terrestre;
- c) el vapor de agua en el aire, conjuntamente con otros parámetros meteorológicos, tales como la velocidad del viento y bajas temperaturas en períodos de inversión térmica radiativa, contribuye al deterioro de ciertos objetos por acción de los contaminantes. Se han encontra-

- do valores críticos de la humedad relativa que al ser excedidos producen un aumento rápido en la velocidad del proceso corrosivo. Por ejemplo, el aluminio, en presencia de atmósferas contaminadas con SO_2 , tiene una humedad relativa crítica del 80%;
- d) el vapor de agua interviene en la formación de nieblas de ácido sulfúrico que dañan los tejidos animales;
- e) el vapor de agua favorece la reducción de la visibilidad;
- f) el vapor de agua influye en la sensibilidad de las plantas en presencia de contaminantes fitotóxicos;
- g) la sensación de bienestar que experimentan los humanos, animales y plantas, depende, particularmente, de la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Si el aire está seco, la piel puede transpirar, con lo que se consigue refrescarla; pero si el aire se encuentra saturado, no se produce ninguna transpiración y se experimenta una sensación de incomodidad que afecta los diferentes procesos externos e internos de los cuerpos;
- h) la sequedad del aire hace soportables las temperaturas más extremas: las bajas temperaturas de -40°C de los inviernos siberianos y las muy altas del Sahara son relativamente fáciles de resistir gracias al descenso de la humedad relativa que las acompaña;
- i) en aire húmedo, un débil descenso o una pequeña elevación de la temperatura producen un efecto muy sensible tanto sobre el hombre como sobre los animales y plantas;
- j) la entrada o salida de vapor de agua en la atmósfera implica no sólo un cambio en la cantidad de masa atmosférica, sino un cambio en la energía disponible y la presencia de procesos de transferencia de energía que influyen en el estado del tiempo y en el clima de un lugar;
- k) la salida de vapor de agua de la atmósfera implica también un proceso de limpieza de la atmósfera, puesto que al condensar el vapor de agua y precipitar hacia la superficie terrestre arrastra muchos de los contaminantes existentes en la atmósfera;
- l) un alto contenido de humedad propicia y/o estimula un óptimo desarrollo de las plantas. Por ejemplo, se consideran como humedades relativas óptimas la de 75% para el trigo, superior al 60% para el plátano, entre 54 y 87% para el arroz;
- m) un alto contenido de humedad, asociado con altas temperaturas y bajas velocidades del viento, estimula el desarrollo y crecimiento de plagas y enfermedades en las plantas, creando problemas en la producción, recolección y almacenamiento de las cosechas. Por ejemplo, un ambiente relativamente seco durante la etapa de maduración del maíz ayuda a reducir la humedad del grano para la recolección y evita la presencia de hongos durante su almacenamiento.
- n) un alto contenido de humedad, asociado con altas temperaturas y bajas velocidades del viento, estimula el desarrollo y crecimiento de plagas y enfermedades en los humanos y animales, creando problemas de salud en ocasiones de alto riesgo;
- ñ) un bajo contenido de agua en la atmósfera permite el rápido enfriamiento nocturno del aire y puede posibilitar la formación de heladas; por el contrario un alto contenido de agua impide la presencia de esa dañina situación o, por lo menos, suaviza sus efectos.
- o) la calidad y duración de cada tipo de producto, cualesquiera que sea (químicos, eléctricos, textiles, de construcción, etc.), tiene sus propias exigencias y tolerancias de humedad.

Definiciones

Se define como humedad del aire o humedad atmosférica a el contenido de agua gaseosa, en forma de vapor, en la atmósfera.

El vapor de agua contenido en la atmósfera es objeto de dos clases de medidas:

- a) el peso del vapor de agua (mv) contenido en una unidad de volumen de aire (V), es la "humedad absoluta":

$$H_a = mv/V \quad [1]$$

o, el peso del vapor de agua presente en el aire (mv en gramos) por la masa de aire húmedo que lo contiene (mv+ma, en kg), es la "humedad específica":

$$q = mv/[mv+ma] \quad [2]$$

- b) se puede intentar saber en qué medida sería el aire capaz de absorber todavía una cierta cantidad de agua, se trata de la "humedad relativa" (U) que es entonces una relación (porcentual) entre la humedad real y la de saturación (la que tendría el aire si se saturara de vapor de agua, a la misma temperatura y presión).

La humedad atmosférica también puede expresarse con la ayuda de otros parámetros, entre ellos los más usados son la presión o tensión del vapor (e) y la razón de mezcla (r).

Tensión del vapor (e): La tensión del vapor es la presión que tendría el vapor de agua si abarcara él sólo el volumen ocupado por el aire húmedo. Se puede igualmente decir que es la presión parcial del vapor de agua en la mezcla con el aire seco, que constituye el aire húmedo. Esta presión, por supuesto tiene una relación directa con la cantidad de masa de vapor de agua presente en el aire.

La cantidad de vapor que puede, en un volumen determinado de aire a una temperatura dada, permanecer en estado gaseoso, es limitada. Cuando

se alcanza este límite, se dice que el vapor es saturante o que el aire está saturado; si llegan nuevas cantidades de vapor de agua a ese aire, habrá condensación. La presión del vapor, en estas condiciones, es la tensión de vapor saturante (es) que sólo depende de la temperatura del aire (T):

— para el equilibrio de condensación (agua-vapor)

$$\text{Log } es = -4,9283 \times \text{Log } T - 2937, 4x(1/T) + 22,5518 \quad [3]$$

— para el equilibrio de sublimación (hielo-vapor)

$$\text{Log } es = 9,5553 - (2667/T) \quad [4]$$

Razón de mezcla (r): La razón de mezcla del aire es el cociente de la masa de vapor de agua (mv) por la masa de aire seco (md) con el cual este vapor está asociado. En la práctica se expresa en milésimas o, si se prefiere, en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco:

$$r = mv / md \quad [5]$$

Cuando el aire está saturado, el valor que toma la razón de mezcla se llama razón de mezcla de saturación (rs) o razón de mezcla saturante.

Humedad Relativa (U): La humedad relativa es la forma más fácil de expresar hasta qué medida el aire se encuentra próximo o no a la saturación (condensación), ella es la relación entre la masa de vapor de agua realmente presente en la unidad de aire y la masa de vapor que tendría el aire si estuviera saturado a la misma temperatura o, lo que es equivalente, el cociente de la tensión de vapor de una muestra de aire por la tensión de vapor de la misma muestra de aire saturado (a la misma presión y temperatura):

$$U = e/es \quad [6]$$

El cociente debe multiplicarse por 100 si se desea expresar la humedad relativa en porcentaje, lo que es usual.

Cuando el valor no es saturante, la masa de vapor de agua presente en el aire es más o menos proporcional a la tensión de vapor y se puede obtener un valor aproximado de la humedad relativa por la fórmula:

$$U \approx [r / rs] \times 100 \quad [7]$$

Cuando el aire no está saturado, $e < es$, la humedad relativa es inferior a 100%; para aire saturado, es igual a 100%, puesto que $e = es$.

De los conceptos anteriores, se puede concluir que conociendo uno o dos valores de ciertos elementos meteorológicos puede determinarse fácilmente la humedad atmosférica a través de uno o de

todos los parámetros que suelen utilizarse para expresarla.

Algunas de las fórmulas más usadas para determinar esos parámetros que expresan la humedad, son las siguientes:

$$U = [e/es] \times 100 \approx [r/rs] \times 100 \quad [8]$$

$$r \approx e/es \quad [9]$$

$$r = exe/[P-e] \approx exe/P \quad [10]$$

$$r = q/[1-q] \approx q = r/[1+r] \quad [11]$$

$$rs = exes/[P-es] \approx exes/P \quad [12]$$

$$rs = qs/[1-qs] \approx qs = rs/[1+rs] \quad [13]$$

$$e = Pxr/[\epsilon + r] \approx Pxr/\epsilon \quad [14]$$

$$es = Pxls/[\epsilon + rs] = Pxls/\epsilon \quad [15]$$

$$\epsilon = 0,622$$

P = Presión atmosférica

Resulta entonces que sólo conociendo la humedad relativa (objeto de este trabajo) y la temperatura del aire (ver Eslava 1990a, 1991a), puede determinarse cualquiera de los otros indicadores que expresan la humedad del aire. La presión atmosférica necesaria para aplicarla en algunas de las fórmulas, puede determinarse conociendo —para cada sitio— sólo su altitud y ubicación geográfica, según lo establece Eslava (1990c).

Información utilizada

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a los valores medios para cada hora, de cada mes y año (Tabla 1) determinados para la estación Observatorio Meteorológico Nacional, ubicada en el extremo NE de la Ciudad Universitaria de Santafé de Bogotá, en zona aledaña al Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La descripción de la ubicación del observatorio y de las áreas periféricas se encuentra en IGAC (1961), reproducida por Eslava (1990 a, b; 1991 a, c).

Los valores horarios de la humedad relativa del aire se determinaron con un (1) higrógrafo "Instrument Corporation" de registro diario, dos (2) higrógrafos "Fuess" de registro semanal y dos (2) psicrómetros "Fuess".

Para definir los valores medios horarios (Tabla 1) y los máximos y mínimos (Tabla 2) se utilizaron los valores horarios medidos en este sitio, durante el período 1941–1960, previa una verificación, homogeneización y proceso según los métodos meteorológicos y estadísticos más adecuados y comúnmente usados en estos casos.

Esos valores horarios también fueron verificados y homogeneizados, en su oportunidad, y se publicaron en las siguientes referencias: Servicio Meteorológico Nacional (1950), Ministerio de Agricultura — División de Investigación (1952–1958) e Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) (1959–1961).

Tabla No. 1
 Humedad Relativa media horaria del aire, en Santafé de Bogotá, (%)

Hor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	Rango
01	88	88	87	87	90	87	88	87	90	92	92	90	89	5
02	89	88	88	90	90	91	89	89	90	93	93	90	90	5
03	90	89	89	91	91	91	90	90	91	94	94	91	91	5
04	91	90	90	91	92	92	91	91	92	94	94	92	92	4
05	92	91	90	91	92	92	92	92	92	95	94	92	92	5
06	92	92	90	91	92	93	92	92	92	95	93	91	92	3
07	89	90	89	89	89	87	87	87	87	91	90	88	89	4
08	80	80	79	80	79	78	77	78	77	80	79	80	79	3
09	67	65	67	69	70	69	68	67	65	68	68	67	68	5
10	57	58	58	63	65	63	62	61	58	62	61	59	61	6
11	51	52	54	60	62	60	59	57	55	58	58	54	57	11
12	48	49	51	59	61	58	56	55	53	58	56	52	55	13
13	48	50	51	59	60	57	55	54	53	60	58	54	55	12
14	50	52	54	60	60	57	55	54	53	63	61	56	56	13
15	53	55	58	62	62	58	55	55	54	65	66	60	59	13
16	58	58	61	65	64	60	56	56	56	68	70	65	61	12
17	62	62	64	69	67	63	59	59	59	71	73	69	65	12
18	69	68	70	74	72	68	63	64	65	76	77	75	70	14
19	75	73	74	79	77	73	68	70	71	81	81	79	75	13
20	79	76	77	82	81	76	73	74	75	84	84	82	79	11
21	82	79	79	85	83	79	77	77	79	87	86	85	82	10
22	84	82	81	86	85	82	80	80	82	89	88	86	84	9
23	86	84	83	87	87	86	83	83	85	90	90	87	86	7
24	87	86	85	88	88	87	86	85	87	91	91	88	87	6
M	74	73	74	77	77	75	73	73	73	79	79	76	76	6

Tabla No. 2
 Valores máximos y mínimos de Humedad Relativa del aire en
 Santafé de Bogotá (%)

Mes	Máxima absoluta	Máxima media	Media	Mínima media	Mínima absoluta	Amplitud absoluta	Máxima media
Enero	100	97	74	26	14	86	71
Febrero	100	97	73	24	3	97	73
Marzo	100	96	74	28	13	87	68
Abril	100	97	77	37	27	73	60
Mayo	100	96	77	39	26	74	57
Junio	100	96	75	38	29	71	58
Julio	100	96	73	36	19	81	60
Agosto	100	96	73	36	27	73	60
Septiembre	100	97	73	33	23	77	64
Octubre	100	97	79	36	24	76	61
Noviembre	100	96	79	36	27	73	60
Diciembre	100	96	76	29	14	86	67
Año	100	96	76	33	3	97	63

Para el análisis de las características de la variación diurna de la humedad relativa, al igual que con lo sucedido con los valores horarios de presión y temperatura del aire (Eslava 1990 a, b; 1991 a, c, d), sólo se utilizó el período 1941 a 1960, puesto que durante ese intervalo el observatorio tuvo la ubicación más representativa y estable de toda su historia y porque, además, son los únicos datos publicados al respecto.

Del año 1961 a 1968, aun cuando el IGAC, entidad responsable del observatorio en esa época, continuó con las mediciones horarias, esos datos no se han publicado y la información horaria original no se ha verificado, procesado, ni homogeneizado y, por lo tanto, su utilización directa podría introducir serios errores en los análisis; del año 1969 en adelante el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMh, (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT), se encargó de la operación de dicha estación y suspendió la observación horaria; además, el crecimiento y desarrollo del IGAC, en cuyos predios aún funciona la estación, ocasionó que el Observatorio Meteorológico Nacional se trasladara al costado norte del edificio y se encuentre, actualmente, rodeado por un parqueadero asfaltado, lo que, obviamente, le ha quitado toda representatividad a la nueva información que suministra, desde el punto de vista de los análisis meteorológicos que tiendan a determinar el régimen normal y natural.

Variación anual de la humedad relativa del aire en Santafé de Bogotá

La humedad relativa, tanto en sus valores horarios, como los diarios, mensuales o anuales, es muy constante y sus valores muy consistentes con los de las precipitaciones y las temperaturas medias del aire.

La humedad relativa media del aire en Santafé de Bogotá, calculada con base en los 24 datos horarios por día, que a nivel anual es de 76%, presenta una variación a través del año (Fig. 1) que se caracteriza —al igual que la temperatura y la precipita-

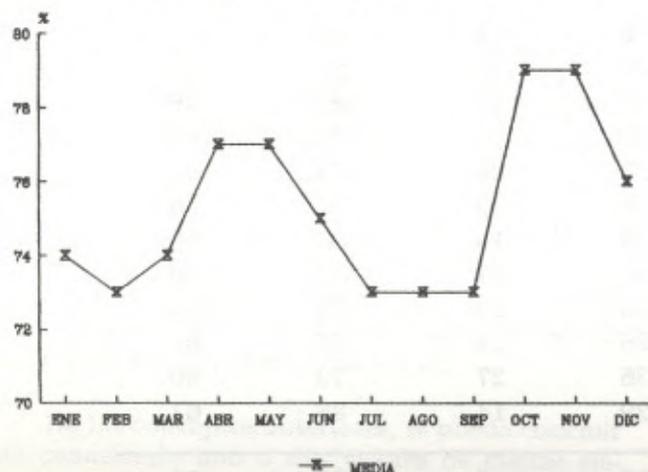


Figura 1. Variación interanual de la humedad relativa media del aire (%) en Santafé de Bogotá.

ción— por un régimen bimodal con dos máximos relativos (abril-mayo y octubre-noviembre) y dos mínimos relativos (enero-marzo y julio-septiembre).

Los períodos de abril-mayo y octubre-noviembre corresponden a las épocas más lluviosas y de mayor temperatura media; por su parte, los períodos de enero-marzo y julio-septiembre corresponden a épocas poco lluviosas y de menor temperatura media.

Los valores medios mensuales oscilan muy cerca del valor medio anual, en los casos extremos se alejan de éste en sólo $\pm 3\%$.

Los valores de humedad relativa mínima y mínima media (Fig. 2) y los de las amplitudes (diferencia entre los valores máximos y mínimos) máximas absolutas y medias (Fig. 3) presentan en términos generales, el mismo régimen bimodal de variación que los de la humedad relativa media; se modifican un poco la ocurrencia y extensión de los períodos.

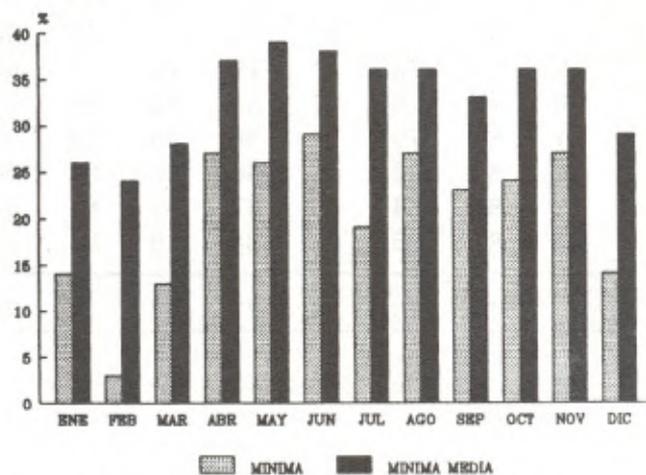


Figura 2. Variación interanual de los valores mínimos de humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

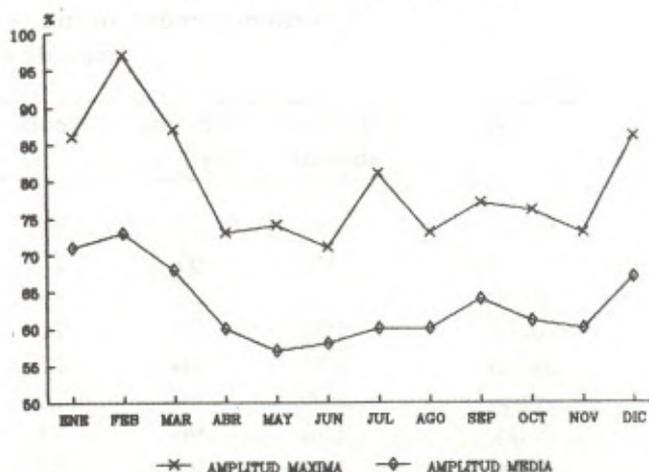


Figura 3. Variación interanual de los valores de las amplitudes máximas y medias de humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

Los valores máximos y máximos medios. (Fig. 4) no muestran ninguna tendencia ya que son mucho más estables a través del año, que los mínimos y medios; lo anterior se debe a que los máximos

absolutos son siempre 100% y los máximos medios se encuentran siempre cerca a la cota máxima de 100%. Una comparación gráfica entre los diferentes valores extremos se aprecia en la Fig. 5.

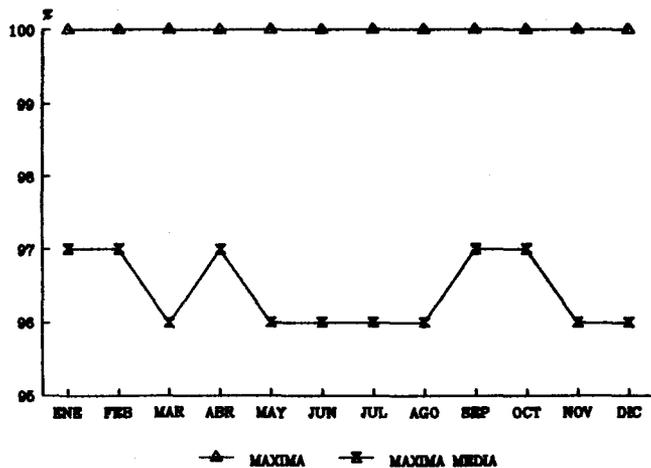


Figura 4. Variación interanual de los valores máximos de humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

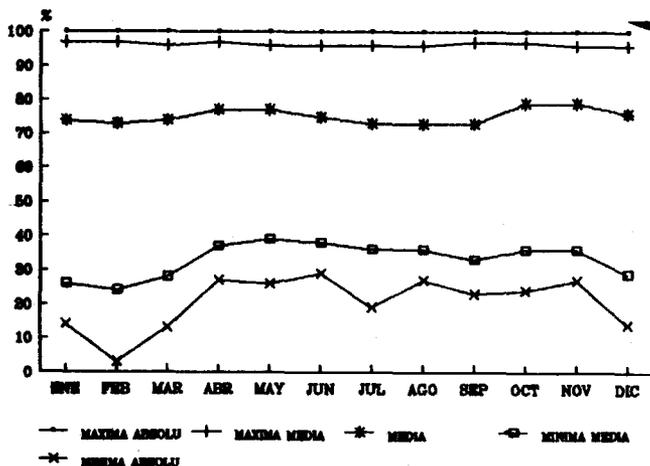


Figura 5. Variación interanual de los valores extremos y medios de humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

La época con mayores valores medios de humedad relativa corresponde al bimestre octubre-noviembre que presenta valores de 79%; el otro período de máxima relativa (abril-mayo) tiene un valor medio de 77%.

El valor más alto o máximo absoluto de 100%, ocurre aproximadamente en 63 días de cada 100 (cerca de 20 días por mes); valores máximos diarios entre 95% y 99% se dan en 32 días de cada 100 (cerca de 10 por mes) y sólo 5 días de cada 100 (aproximadamente uno por mes) se presentan valores máximos inferiores a 95%.

Por otra parte, el valor más bajo que se ha registrado tiene una probabilidad de ocurrencia de 5 años por cada 100; ese valor fue de 3% y se registró en febrero de 1948 coincidiendo con la más baja temperatura (-5.2°C) que se ha medido en Bogotá (véase Ministerio de Agricultura — División de Investigación: Anales del Observatorio Meteorológico Nacional 1948 e IGAC, 1961). La amplitud máxima diaria en ese mes fue de 97%, que a su vez se convierte en la máxima amplitud registrada; lo

anterior muestra las consecuencias de un fuerte calentamiento diurno y un fuerte enfriamiento nocturno ocasionado por la ausencia casi total de vapor de agua en el aire y, por lo mismo, la no existencia de efecto invernadero.

Los meses de enero y febrero (un poco menos agosto) se caracterizan por presentar las temperaturas horarias más altas y más bajas, poca nubosidad y precipitación, óptimo ingreso de radiación solar y muy fácil salida de la radiación terrestre (Eslava, 1991 a); simultáneamente, como se puede apreciar en las Tablas y Figuras, presentan muy altas y muy bajas humedades relativas horarias. Todas esas características hacen que esos meses sean los más aptos para que se presente el fenómeno de Heladas.

Variación diurna de la Humedad Relativa del aire

Un análisis de las características de la variación de la humedad relativa durante el día puede arrojar algunos resultados interesantes que posibiliten una utilización de los datos de humedad atmosférica más acorde con la importancia que este elemento representa.

La información señalada en la Tabla 1, comprueba la ocurrencia de sólo un período con un valor máximo y un período con un valor mínimo diario de humedad relativa en Santafé de Bogotá. Esa variación coincide en términos generales con lo que sucede en la región tropical, y es similar a la de la temperatura del aire, pero con la diferencia de que cuando ocurre la máxima temperatura se presenta la mínima humedad relativa y cuando se da la mínima temperatura sucede la máxima humedad relativa.

El máximo medio horario (96—97%) se registra, en general, durante todo el período entre las 04 HL (Hora Local) y las 06 HL o dentro de esas horas (excepto en noviembre que tiene lugar de las 03 HL a las 05 HL); a nivel anual este máximo sucede a las 05 HL y a las 06 HL, lo cual indica que el máximo valor ocurre, en promedio, alrededor de las 05:30 HL.

Los mínimos medios horarios (24—39%) ocurren dentro del período de las 12 HL a las 14 HL, excepto en octubre que ocurren a las 11 HL y a las 12 HL; por esto puede considerarse que el mínimo valor se presenta a las 12:30 HL o 13:30 HL según el mes; a nivel anual ocurre —en promedio— a las 12:30 HL y es de 33%.

De los datos consignados en la Tabla 2, se puede concluir que el rango o amplitud máxima absoluta de la variación de la humedad relativa oscila entre 97% y 71% y la amplitud media entre 73% y 57%.

Otras características generales que presenta la variación diurna de la humedad relativa en Bogotá, pueden resumirse así:

- antes de la salida del sol, las humedades relativas son altas (superiores a 90%) con, a su vez, los valores más altos en octubre y noviembre (meses lluviosos) y los más bajos en marzo (mes comparativamente seco);
- entre las 06 HL y las 12 HL, la humedad relativa desciende rápidamente y a las 12 HL ya es de 55%, en promedio anual, a esta hora los valores más bajos ocurren en enero (48%) y febrero (49%) y los más altos en mayo (60%);
- alrededor de las 13 HL, se presenta la mínima humedad relativa media horaria, en promedio anual de 55%, con el valor medio más bajo en enero (48%) y el más alto en mayo (60%);
- a partir de las 14 HL se presenta un ascenso gradual, un poco menos fuerte que el descenso de la mañana y hasta, aproximadamente, las 04 HL o 05 HL donde ocurre el máximo medio que se mantiene hasta las 06 HL;
- para una misma hora, el mes o los meses en los cuales se dan los valores máximos y mínimos cambia según sea el período del día: entre las 07 HL y 14 HL al máximo para cada hora ocurre en mayo y durante el resto del día ocurre en octubre y noviembre; los míni-

- dan entre las 09 HL y 15 HL, mayormente, en enero, entre las 01 HL y 06 HL en marzo y abril, entre las 16 HL y 01 HL y 07 HL a 09 HL en julio y/o agosto y/o septiembre;
- en la tarde (12 HL—19 HL) ocurren los mayores cambios durante el año; para cada una de esas horas el rango o amplitud anual es de 12% a 14% (diferencia, para cada hora, entre la más alta y la más baja humedad relativa media mensual); al contrario, las más bajas amplitudes (3%—6%) se dan en las horas de la madrugada y en la mañana (01 HL—10HL);
- a las 06 HL y 08 HL se presenta la menor variación durante el año de los valores de humedad relativa media horaria, y a las 14 HL ocurre la mayor variación.

Las Figuras 6 a 10 muestran, a manera de ejemplo, la variación diurna de la presión en los meses de solsticios (junio y diciembre) y equinoccios (marzo y septiembre) y a nivel anual; la Figura 11, por su parte, muestra la variación para cada hora de la amplitud de los valores medios mensuales.

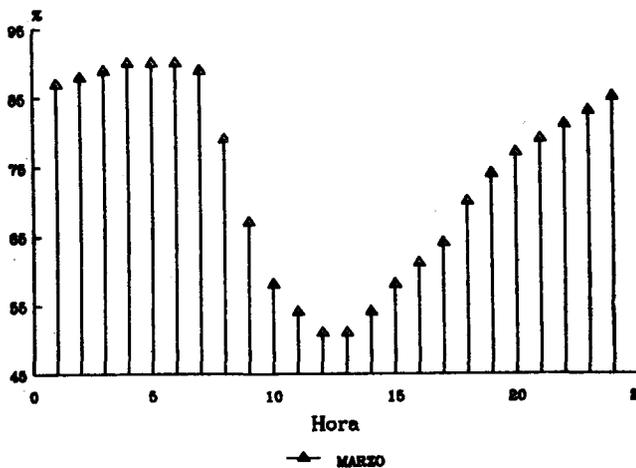


Figura 6. Variación horaria del valor medio de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá. Marzo.

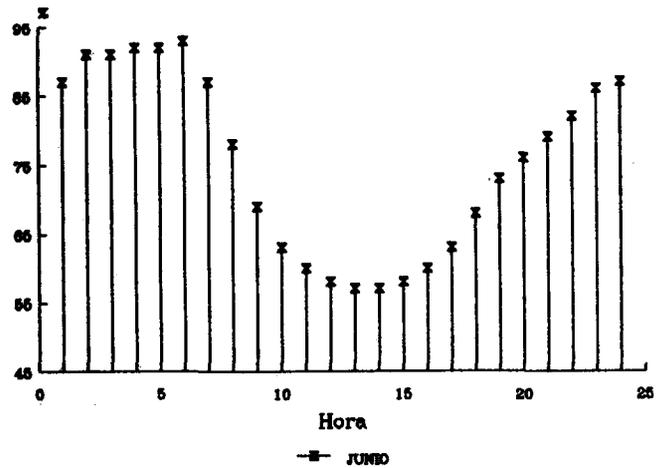


Figura 7. Variación horaria del valor medio de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá. Junio.

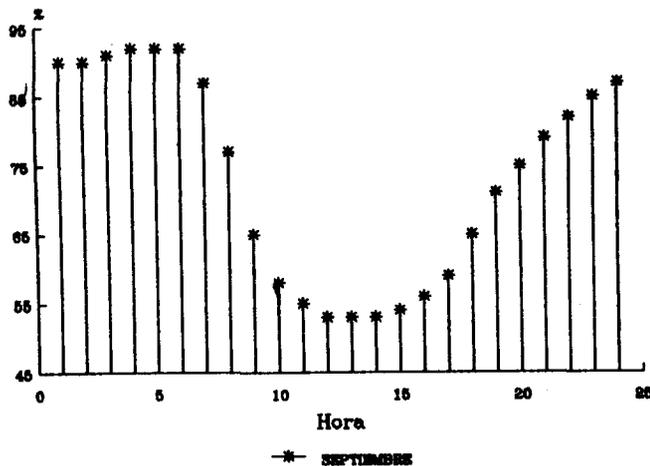


Figura 8. Variación horaria del valor medio de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá. Septiembre.

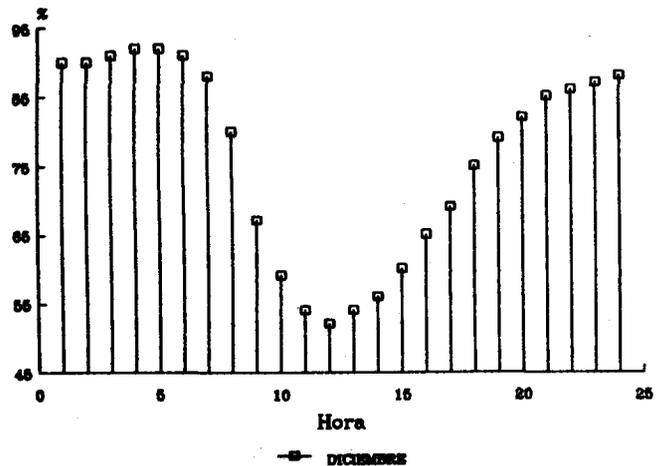


Figura 9. Variación horaria del valor medio de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá. Diciembre.

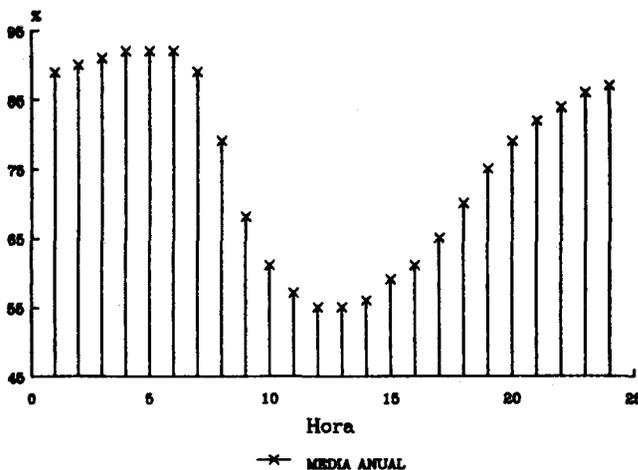


Figura 10. Variación horaria del valor medio anual de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

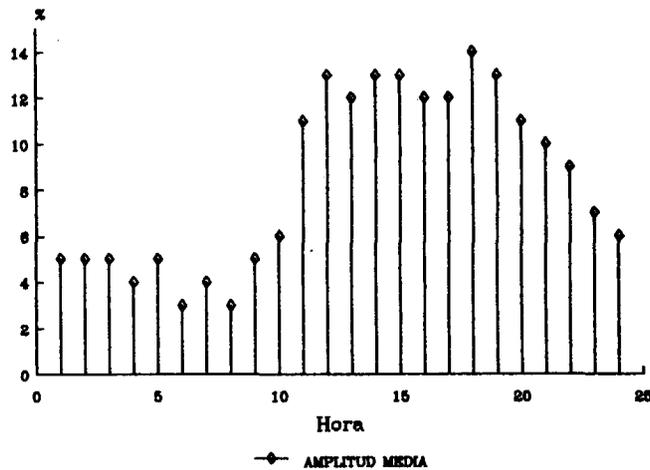


Figura 11. Variación horaria de la amplitud media de la humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá.

Por otra parte, al comparar el valor medio de la humedad relativa determinado con base en los 24 valores horarios (ecuación [1] de la Tabla 3) y los que se establecen aplicando tres de las fórmulas que se han usado y se usan frecuentemente (ecuaciones [2] a [4], Tabla 3) se encuentra que la fórmula que más se ajusta es la [4], actualmente fuera de uso por cuestiones operativas, seguida por la [3], la que actualmente está en uso generalizado (Fig. 12)

Al igual que en el trabajo sobre la variación temporal de la presión atmosférica (Eslava, 1991 e),

acá se ha considerado importante presentar gráficamente la posible relación entre la variación diurna de la humedad relativa, la presión, la temperatura del aire y la precipitación en Santafé de Bogotá (Fig. 13).

Con lo anterior, no se intenta desvirtuar ni comprobar algunas teorías que existen al respecto. Simplemente se ha considerado conveniente resaltar esas posibles relaciones con el propósito de que esos temas se aborden profunda y científicamente, puesto que cada uno de los elementos señalados,

Tabla 3
Valores medios diarios de Humedad Relativa del aire en Santafé de Bogotá (%), calculados con diferentes ecuaciones

Mes	Humedad Relativa			Media [4]	Desviaciones		
	[1]	[2]	[3]		[2] - [1]	[3] - [1]	[4] - [1]
Enero	74	69	71	72	-5	-3	-2
Febrero	73	69	71	72	-4	-2	-1
Marzo	74	70	72	72	-4	-2	-2
Abril	77	74	76	77	-3	-1	0
Mayo	77	74	75	77	-3	-2	0
Junio	75	71	72	73	-4	-3	-2
Julio	73	68	70	72	-5	-3	-1
Agosto	73	68	70	72	-5	-3	-1
Septiembre	73	68	70	72	-5	-3	-1
Octubre	79	76	77	78	-3	-2	-1
Noviembre	79	75	76	77	-4	-3	-2
Diciembre	76	72	74	75	-4	-2	-1
Año	76	71	73	74	-5	-3	-2

[1] $U = [\sum u_i]/24$ Valores calculados con datos Tabla 1

[2] $U = [U_{07} + U_{13} + U_{18}]/3$ Valores calculados con datos Tabla 1

[3] $U = [U_{07} + U_{13} + U_{19}]/3$ Valores calculados con datos Tabla 1

[4] $U = [U_{07} + U_{13} + U_{20}]/3$ Valores calculados con datos Tabla 1

U_i = Humedad relativa media horaria, $i = 1$ a 24;

$U_{07}, U_{13}, U_{18}, U_{19}, U_{20}$ = Humedad relativa media a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente.

interactúa con todos los elementos meteorológicos restantes (señalados o no) en un amplio rango de escalas temporales y espaciales; de ahí la importancia de estudiar las interrelaciones entre ellos para poder definir sus cambios.

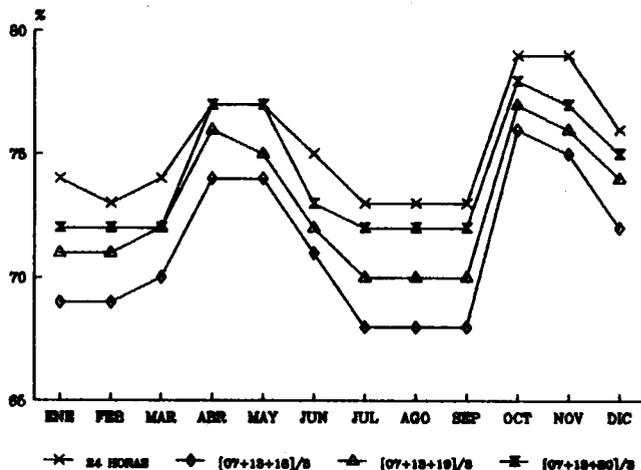


Figura 12. Comparación de valores medios diarios de humedad relativa del aire (%) en Santafé de Bogotá, calculados con diferentes fórmulas.

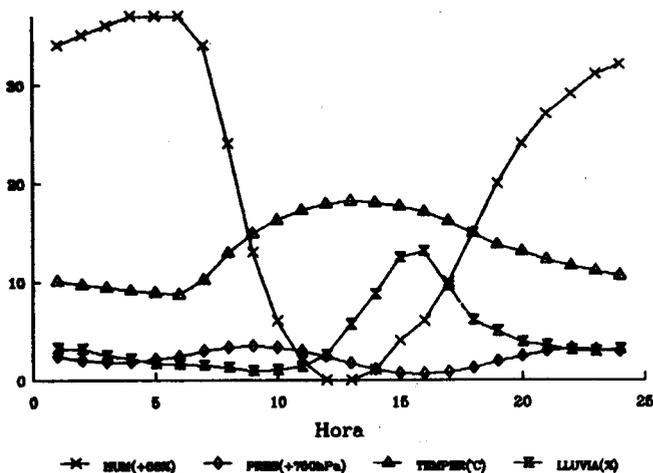


Figura 13. Comparación entre índices que muestran la variación diurna de la humedad relativa, la presión atmosférica, la temperatura del aire y la precipitación en Santafé de Bogotá.

Los datos utilizados para elaborar la Fig. 13 fueron tomados así:

- humedad relativa, (de este trabajo),
- presión atmosférica, de Eslava 1991 e,
- temperatura del aire, de Eslava 1991 a,
- precipitación, de Bernal (1972) y Montealegre (1979).

Conclusiones

El análisis de los datos de humedad relativa media horaria muestra que la variación diurna de ese elemento meteorológico en Santafé de Bogotá, a través del año, es bastante homogénea y presenta un sólo valor máximo y un sólo valor mínimo por día; esa variación coincide con lo que sucede en la zona tropical y más específicamente en la ecuatorial.

La diferencia entre el promedio mensual más alto y el más bajo no es muy grande (a nivel medio

anual es de 6%, con un máximo medio de 14%, en horas de la tarde, y un mínimo medio de 3%, al amanecer). Sin embargo, la diferencia entre la máxima y mínima humedad relativa en un día crítico puede ascender a 90% o más; regularmente es un valor cercano a 60%.

Los valores máximos diarios de humedad relativa del aire más comunes, oscilan entre 95% y 100%; en 95 días de cada 100 puede presentarse una humedad relativa con un valor igual o superior a 95% y sólo en 5 días de cada 100 ocurre un valor máximo diario que no supera el 95%.

El máximo se presenta alrededor de las 05:30 HL y el mínimo a las 13:00 HL.

El valor más bajo de humedad relativa que se ha registrado es de 3% en febrero de 1948, coincidiendo con la más baja temperatura (-5.2°C) que se ha medido en Santafé de Bogotá.

El valor medio diario de la humedad relativa, calculado con base en 24 observaciones diarias, es de 76% y cambia muy poco a través del año (entre 79% y 73%); presenta una variación interanual que se caracteriza —al igual que la temperatura y la precipitación— por un régimen bimodal con dos máximos relativos (abril-mayo y octubre-noviembre) y dos mínimos relativos (enero-marzo y julio-septiembre).

Aun cuando las humedades relativas medias mensuales son muy semejantes, se alcanza a detectar que en los meses más lluviosos (octubre y noviembre con 79%) la humedad relativa es más alta que en los meses menos lluviosos (abril y mayo con 77%) y, obviamente, los meses más secos presentan las menores humedades relativas (febrero y julio a septiembre, 73%).

Se comprueba que la ecuación utilizada actualmente para definir los valores medios diarios de humedad relativa, basada en el promedio aritmético de los valores de las 07, 13 y 19 HL, se ajusta bastante bien con la que utiliza el promedio de 24 observaciones horarias; sólo presenta una desviación media de -3% .

En términos generales la variación de la humedad relativa es inversa a la de la temperatura del aire y, por las relaciones que hay entre ellas, se puede decir que la humedad absoluta varía, casi como la temperatura del aire, en sentido inverso a la humedad relativa.

Bibliografía

- Bernal, G. 1972. Resumen estadístico de la lluvia en el Observatorio Meteorológico Nacional — Bogotá, durante el período 1941—1970. (Mscr). Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMh (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT). Bogotá.

- De Fina, A. & A. Ravelo, 1973. Climatología y fenología agrícolas.* 282 pp. Eudeba, Buenos Aires.
- Eslava, J. 1978. Apuntes de Meteorología Básica. 127 pp. (Mscr). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- . 1980. Apuntes de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológica. 100 pp. (Mscr). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- . 1990 a. Características de la variación diurna de la temperatura del aire en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 222-237. ACOGE, Montería.
- . 1990 b. Características de la variación diurna de la presión atmosférica en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 238-249. ACOGE, Montería.
- . 1990 c. Modelos para determinar la presión atmosférica media mensual y anual en Colombia. Colombia Geográfica. 16 (2): 7-92. IGAC, Bogotá.
- . 1991 a. Variación temporal de la temperatura del aire en Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 65-74. Bogotá.
- . 1991 b. Variación espacial de la presión atmosférica en Colombia. Colombia Geográfica. 17 (1): 5-39. IGAC, Bogotá.
- . 1991 c. Variación temporal de la presión atmosférica en Colombia. Colombia Geográfica. 17 (1): 41-109. IGAC, Bogotá.
- . 1991 d. Características de la variación diurna de la Humedad Relativa del aire en Santafé de Bogotá. Memorias del I Congreso Nacional de Ingeniería Geográfica. ACIG, Santafé de Bogotá.
- . 1991 e. Variación temporal de la presión atmosférica en Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 175-181. Bogotá.
- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC). 1959. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional - Ciudad Universitaria 1958. 151 pp. IGAC, Bogotá.
- . 1960. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional - Ciudad Universitaria 1959. 151 pp. IGAC, Bogotá.
- . 1961. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional - Ciudad Universitaria 1960. 215 pp. IGAC, Bogotá.
- Lowry, W.P. 1973. Compendio de apuntes de climatología para la formación de personal meteorológico de la Clase IV. Publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) No. 327. 168 pp. OMM, Ginebra.
- Mazzeo, N., M. Nicolini, C. Muller & R. Micheloni, 1972. Algunos aspectos climatológicos de la contaminación atmosférica en el área de La Plata (Prov. de Buenos Aires). Meteorológica, 3 (2-3) 98-109. Buenos Aires.
- Mertins, H. 1976. Compendio de apuntes de meteorología marítima para la formación de personal meteorológico de la Clase III y Clase IV. Publicación OMM No. 434, 240 pp. OMM, Ginebra.
- Monteclegre, J. 1979. Análisis estadístico de algunos parámetros meteorológicos en Bogotá. Publicación Aperiódica No. 44, HIMAT, 56 pp. Bogotá.
- Ministerio de Agricultura - División de Investigación. 1952-1958. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional - Ciudad Universitaria 1944 a 1957. Bogotá.
- Petersen, S. 1968. Introducción a la Meteorología. 429 pp. Espasa - Calpe, Madrid.
- Retallack, B.J. 1973 a. Compendio de apuntes para la formación de personal meteorológico de la Clase IV, Vol. I, Ciencias de la Tierra. Publicación OMM No. 266. 219 pp. OMM, Ginebra.
- . 1973 b. Compendio de apuntes para la formación de personal meteorológico de la Clase IV, Vol. II, Meteorología. Publicación OMM No. 266. 357 pp. OMM, Ginebra.
- Riehl, H. 1954. Tropical Meteorology. 392 pp. MacGraw-Hill, New York.
- . 1979. Climate and Weather in the Tropics. 612 pp. Academic Press, London.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1950. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional - Ciudad Universitaria 1941 a 1943 226 pp. Bogotá.

LINEAMIENTOS RIO ARIARI, BOGOTA Y GACHALA EN LOS DEPARTAMENTOS DE CUNDINAMARCA Y META, COLOMBIA

por

Guillermo Ujueta L.*

Resumen

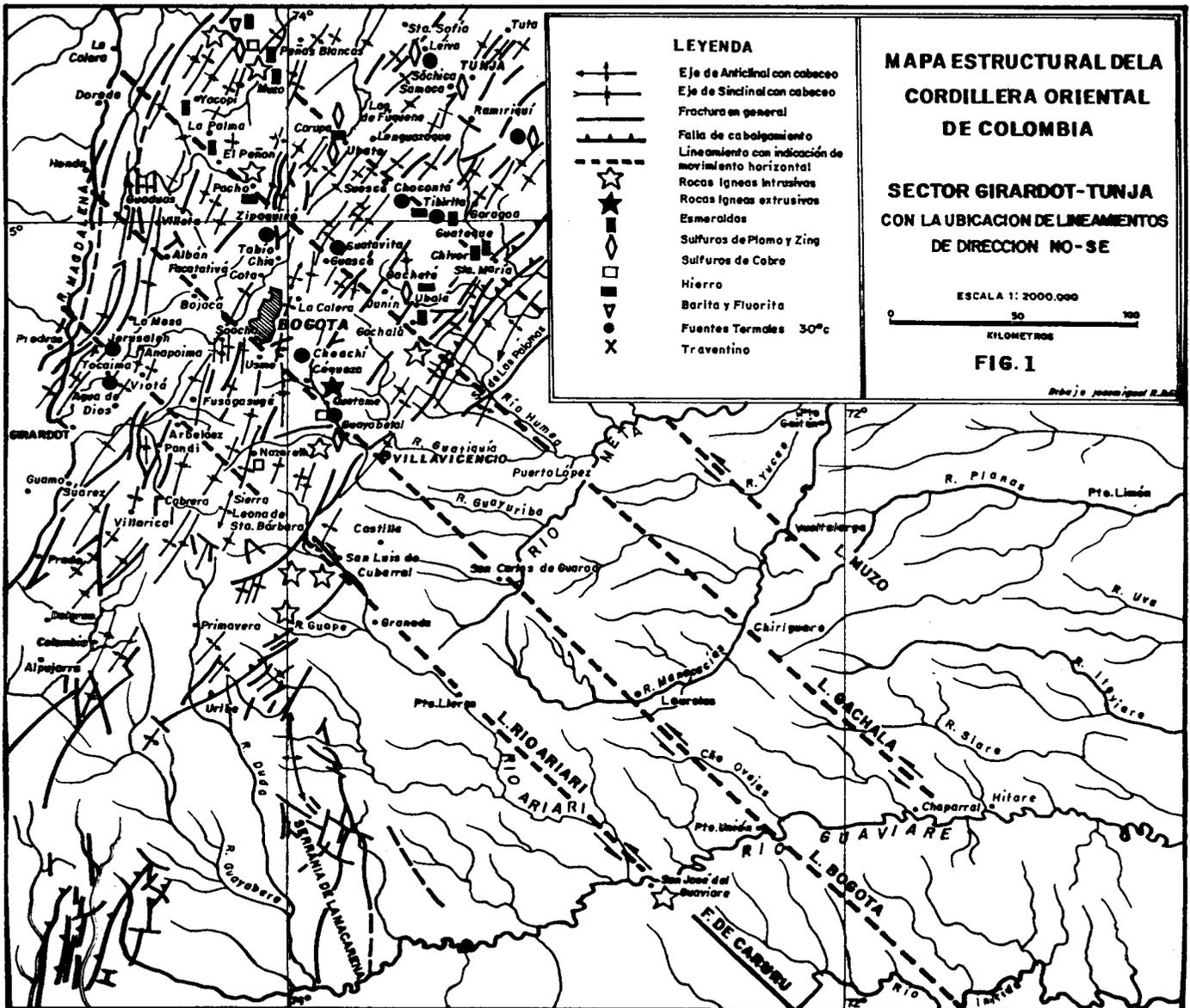
Ujueta, G.: Lineamientos río Ariari, Bogotá y Gachalá en los departamentos de Cundinamarca y Meta, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 345-358, 1992. ISSN 0370-3908.

Se postulan como lineamientos tres de los varios que cortan la Cordillera Oriental en dirección NO-SE. Estos lineamientos se hacen evidentes por el alineamiento de características topográficas y por el control regional que ejercen sobre el drenaje. La evidencia está dada por el cabeceo de plegamientos, el desplazamiento o relevo de estructuras, el arqueamiento de fallas y plegamientos y la terminación y "bifurcación" de los mismos en la intersección con los lineamientos. A lo largo de estos existen zonas mineralizadas, fuentes termales y rocas ígneas intrusivas y extrusivas. La mineralización más importante es la de esmeraldas. Estos lineamientos representan trazas superficiales de fracturas muy antiguas que constituyen los límites entre bloques, cuyos movimientos diferenciales han gobernado el desarrollo tectónico y sedimentológico de la Cordillera en el sector acá tratado.

Abstract

Río Ariari, Bogotá and Gachalá lineaments are just three of the many lineaments of Northwest-Southeast strike that tranverse the Eastern Cordillera of Colombia, east of Girardot. These lineaments are shown at the surface by features like aligned topographic depressions and drainage with regional control; by structural features like fold plunging and offsets, and fault and fold terminations and bifurcations; by aligning of volcanic centers, minor intrusives, hot springs and mineralization. At the Middle Magdalena Valley and Llanos orientales basins geomorphologic anomalies have been used to identify them. Of the mineralizations present in this part of the Eastern Cordillera, the emerald one is the most important and obey to pneumatolytic hydrothermal processes. These lineaments are important structural features and the forces producing such deformations, should be look for into the crust and even in the Upper Mantle.

* Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 14490, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.



Introducción

Se usa en este artículo, el vocablo Lineamiento en el sentido de Jain (1980, Parte II: 49) quien lo define como un término general empleado para denominar fallas profundas que penetran hasta el Manto Superior y que se manifiestan en superficie por un sinnúmero de indicios geomorfológicos, estructurales, de sedimentación, magmáticos y geofísicos. Los lineamientos fueron detectados mediante la observación, a las diferentes escalas, de fotografías aéreas, de mapas geológicos y topográficos, del Mapa de Relieve de Colombia (IGAC, 1980), del Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouger (Bermúdez et al., 1985) y de imágenes de Lansat. En la Cordillera Oriental de Colombia, a diferencia de las Cordilleras Central y Occidental la cubierta sedimentaria que es muy gruesa, excluido el Macizo de Santander, le comunica características de plasticidad y la deformación

en la dirección NO—SE se expresa principalmente por discontinuidades en la topografía y como flexiones de pliegues y fallas individuales o como flexiones de grupos de pliegues o fallas. Por tal razón, los lineamientos NO—SE han sido menos obvios y han pasado casi inadvertidos. Sin embargo, son varios los autores que en trabajos previos han señalado en el sector de la Cordillera Oriental aquí considerado, la posible existencia de lineamientos como los aquí propuestos: Dehanschutter (1980), Cediell (1982), Gómez (1985) Pérez (1988) y Ujunta (1982, 1991).

Lineamientos Reconocidos

Para cada uno de los lineamientos reconocidos se señalan los nombres de las principales localidades por las cuales pasan, pero por simplificación se les asigna un solo nombre (Fig. 1).

1. Lineamiento Río Ariari

Mitú (cerca a la frontera Colombo-brasileña) — San José del Guaviare — Río Ariari — Arbeláez — Tocaima — Sur de Ambalema (sobre el Río Magdalena).

2. Lineamiento Bogotá

Puerto Unión (sobre el Río Guaviare) — Oeste de Villavicencio — Bogotá — Honda (sobre el Río Magdalena).

3. Lineamiento Gachalá

Chaparral (sobre el Río Guaviare) — Río Huemea — Gachalá — Zipaquirá — El Peñón — La Palma — La Calera (sobre el Río Magdalena).

Los lineamientos anteriores se describirán en el orden ya anotado, y las características que hacen parte de cada uno, se describirán de SE a NO.

1. Lineamiento Río Ariari

A lo largo de este lineamiento se distinguen las siguientes características:

- a) En San José del Guaviare, sobre este lineamiento, se conoce el plutonismo alcalino denominado Sienita Nefelínica de San José del Guaviare de edad Ordoviciano (465 ± 20 m. a.).
- b) Existe una anomalía geomorfológica importante a lo largo de un tramo considerable del Río Ariari (Fig. 2), que se sabe es expresión

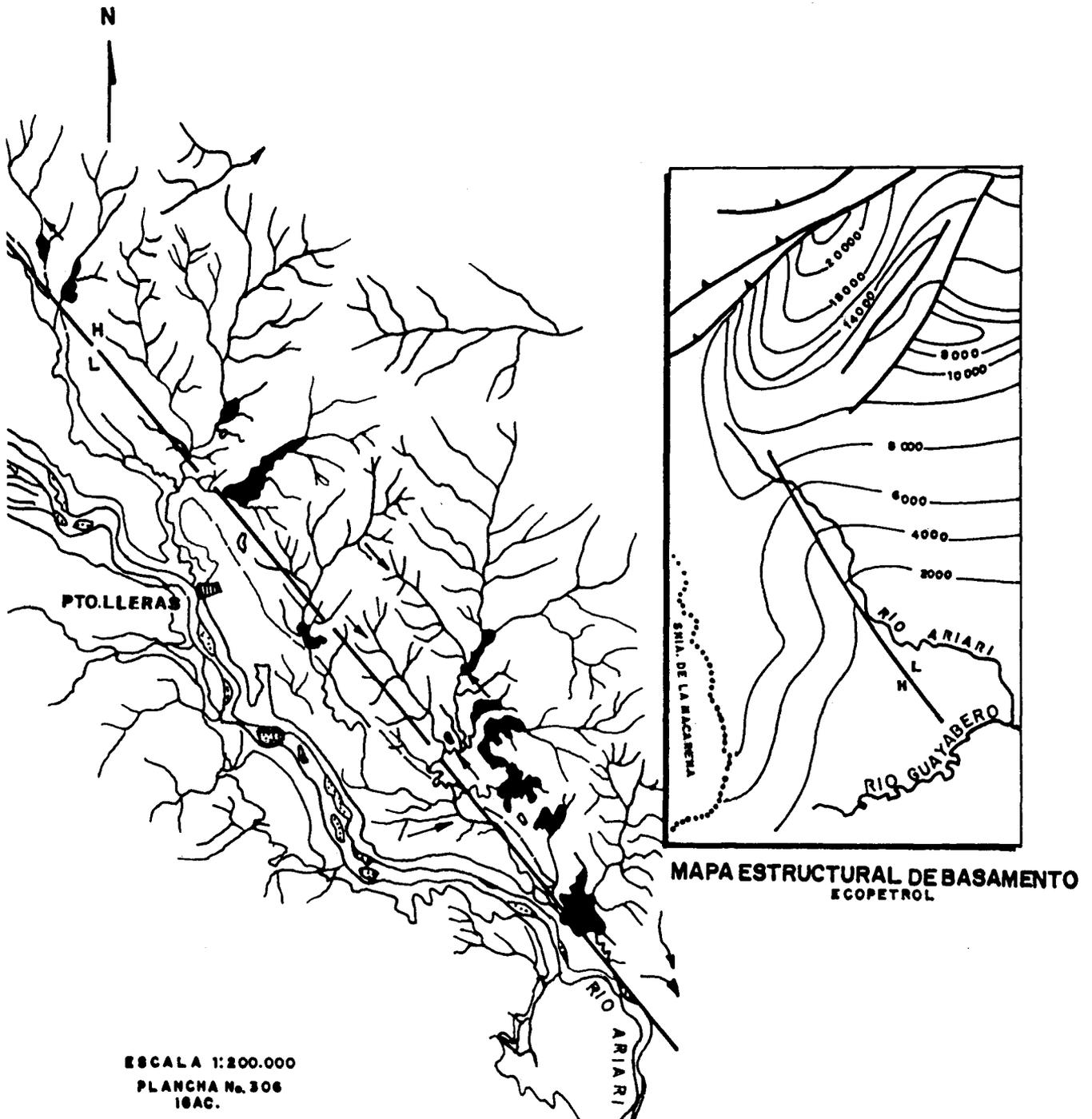


Figura 2. Anomalía geomorfológica que se manifiesta como una serie de lagos alineados por represamiento del drenaje, causada por pequeñas elevaciones en el terreno. La anomalía es la expresión en superficie de una falla de basamento.

en superficie de una falla de basamento de edad pre-Cámbrico (Mapa Estructural de Basamento, Ecopetrol, 1979) y que puede ser la continuación NO de la importante Falla de Carurú que según Galvis et al. (1979) y De Boorder (1981) se extiende por 300 Km, desde Mitú, en el Escudo de Guayana (cerca de la frontera Colombo-brasileña) hasta San José del Guaviare (Fig. 1).

Pérez (1988, Fig. 4) denomina "Megalineamiento del Río Ariari" solamente el tramo de la anomalía comprendido entre el borde cordillerano y San José del Guaviare, mientras que en este trabajo, además de este tramo, se incluye en el aquí denominado Lineamiento Río Ariari, la Falla de Carurú y el tramo comprendido entre el borde cordillerano de los Llanos Orientales y el Río Magdalena.

- c) Una falla de rumbo de movimiento lateral izquierdo hace parte del lineamiento. Esta falla desplaza a la altura de San Luis de Cubarral rocas del Cretáceo y del Terciario y a la vez las pone en contacto con rocas sedimentarias Paleozoicas, orincipalmente Ordovicianas (Fig. 3).
- d) Se conoce la existencia de intrusivos cercanos al Río Ariari al suroeste de San Luis de Cubarral (Fig. 3) de los cuales, sin embargo, no se tienen hasta ahora datos precisos. Trumpy (1943) los denomina gabros del Río Ariari y les asigna edad cámbrica. Se cree que los gabros del Río Ariari estén relacionados con los silos doleríticos o el stock de gabro Cámbrico del Río Guape (Bridger, 1981: 11).
- e) El lineamiento interrumpe topográficamente la Cordillera Oriental a la altura de la Sierra Leona de Santa Bárbara. La parte SO, Páramo de Sumapaz, es más alta que la parte NE, Páramo El Cedral y Nazareth (Fig. 3).
- f) En el sector comprendido entre el sur de Nazareth y Jerusalén, como en otros sectores que veremos, el lineamiento no se expresa como una simple falla o discontinuidad comparable a la Falla de Bucaramanga, sino que marcadas discordancias, cambios de facies, arqueamientos y cabeceo de plegamientos, de acuerdo con la cartografía geológica de la plancha L-10 (Cáceres et al., 1969), señalan que un lineamiento NO-SE se proyecta a través de esta área (Fig. 4), así:
 1. Entre la Laguna del Nevado y el Alto de Andabobos se presentan, en la intersección con el lineamiento propuesto: el doblamiento del eje Sinclinal del Río Nevado; la terminación de algunos anticlinales y sinclinales; el cambio de rumbo N-NO a N-NE de los ejes de varios plegamientos, entre ellos al Anticlinal de Los Cáqueza; el cabeceo del Anticlinal de La Totuma y la presencia de algunas fallas de dirección noroeste.

2. El Sinclinal de Fusagasugá, que es una característica estructural amplia, se "bifurca" y forma al sur de la traza del lineamiento (cerca de Arbeláez) las estructuras sinclinales de Icononzo y

San Bernardo. Entre los dos sinclinales, en el área de San Bernardo, Pandi y Ospina Pérez, hay una zona estructuralmente compleja en la que destacan un anticlinal y una falla, ambas de dirección aproximada N-S. El eje del anticlinal cabecea hundiéndose hacia el norte, cerca de Arbeláez.

3. El sinclinal de San Bernardo es una estructura de gran amplitud y longitud. Al SE de San Bernardo, el eje del sinclinal hunde y da lugar a una silla de dirección NO-SE, paralela y a 8 Km al SO del lineamiento, a lo largo de la cual corre el Río Negro.

4. El Sinclinal de Icononzo es un pliegue más pequeño que el anterior. Su eje está orientado en dirección casi N-S y cabecea y termina hacia el norte, cerca del lineamiento propuesto.

5. Sobre el flanco occidental del Sinclinal de Fusagasugá que se orienta NNE-SSO, en los alrededores de Tibacuy, sobre la traza del lineamiento, se produce una flexión que da lugar a la nariz de un pequeño anticlinal de 6 Km de largo y dirección NO-SE. El mismo flanco dibuja luego, la terminación de un sinclinal de 7 Km de largo cuyo eje se orienta en dirección casi N-S, para cambiar definitivamente, hacia el sur, a la dirección noreste-suroeste inicial.

6. El eje del Sinclinal de Melgar-Carmen de Apicalá se orienta en dirección norte-sur pero luego, al norte de Carmen de Apicalá, tuerce y se orienta en dirección NE-SO y muere cerca del lineamiento.

7. El cierre sur del amplio Anticlinorio del Tequendama, denominado así por Cáceres y Etayo (1969: 7), tiene lugar en la Cordillera de Chicui y en la Serranía de Piringallo, localizadas al sur y al oeste de Viotá sobre el lineamiento propuesto.

8. En relevo con el Anticlinorio del Tequendama, hacia el SO del lineamiento propuesto, están los sinclinales de Agua de Dios-Tocaima y de Melgar-Carmen de Apicalá.

9. El eje del Sinclinal de Agua de Dios-Tocaima que trae desde el SO orientación en dirección NNE-SSO cambia, a partir de Agua de Dios, a dirección marcadamente norte-sur y termina contra el lineamiento.

10. A lo largo del lineamiento varios niveles del Terciario cortan discordantemente rocas del Cretáceo. En el flanco oriental del Sinclinal de San Bernardo, la formación Bogotá (Paleoceno-Eoceno) reposa en discordancia angular sobre las diferentes formaciones del Grupo Guadalupe (Cretáceo Superior). El contacto de la Brecha de Fragmentos de lilitas de la Formación San Juan de Río Seco del Oligoceno (Porta, 1966: 159) con diferentes niveles del Cretáceo, entre Tocaima y Pueblo Nuevo, se

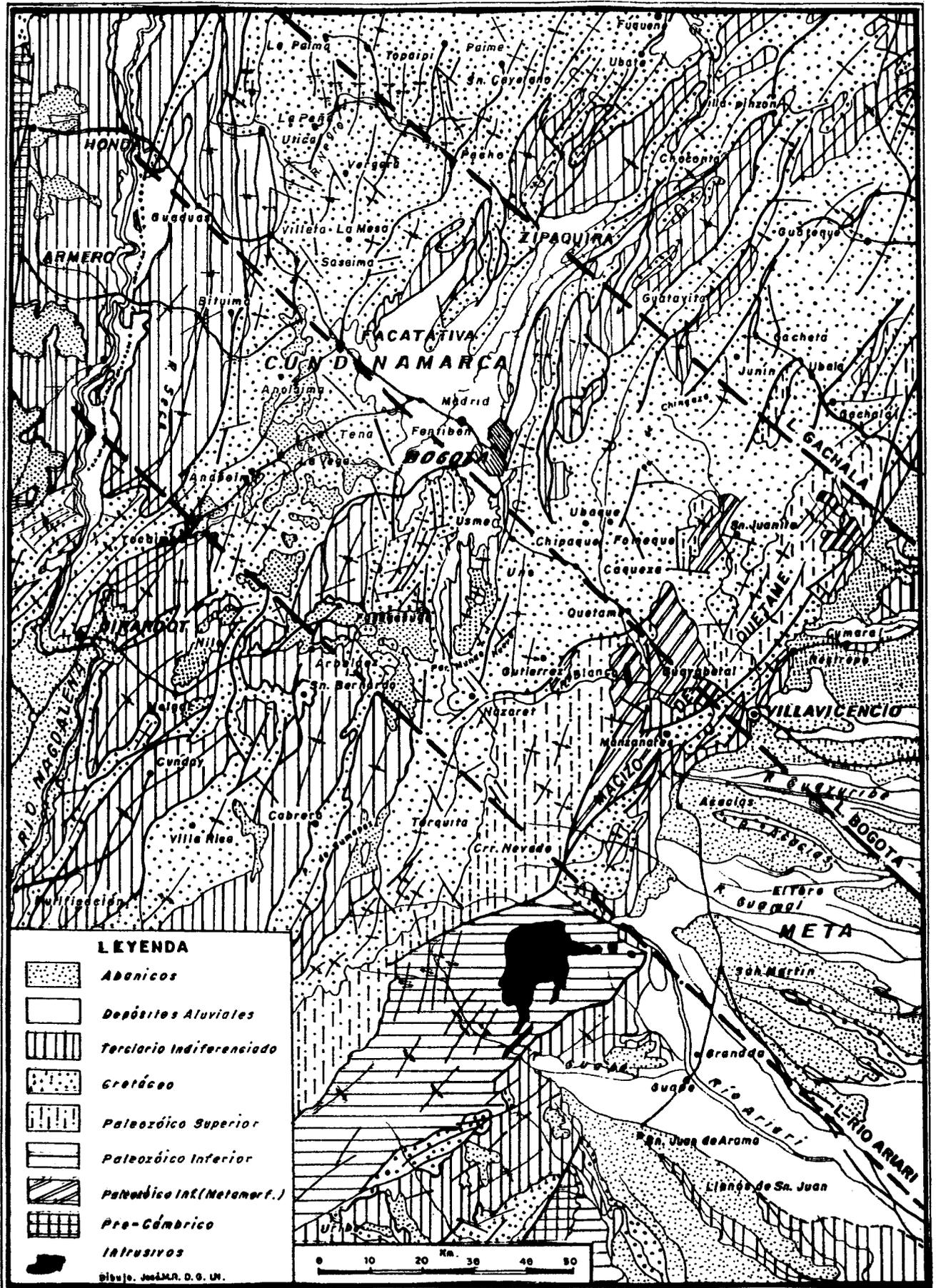


Figura 3. Tomada del Mapa Geológico de Colombia (Cediel, Ujueta y Cáceres, 1976).

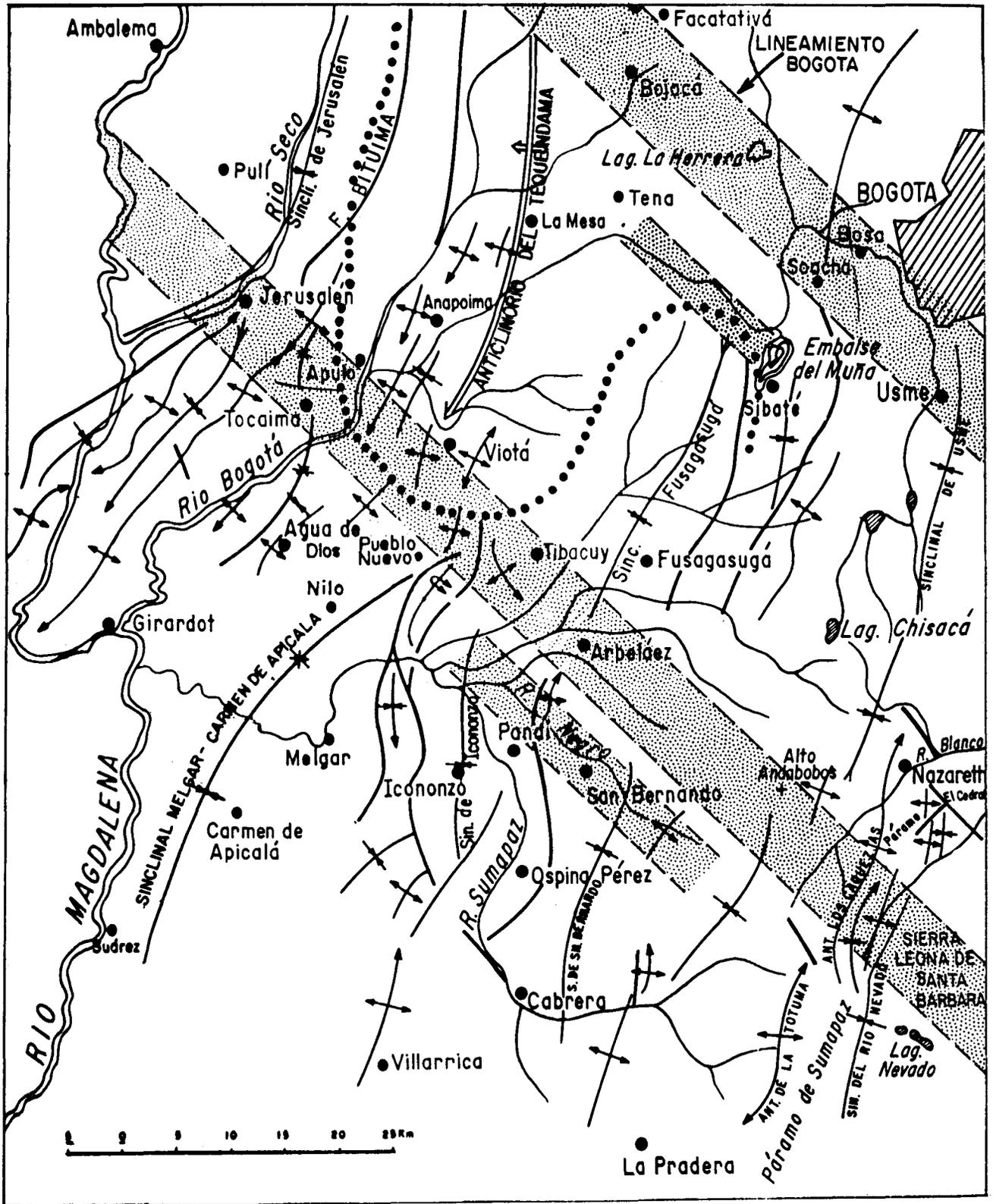


Figura 4. Lineamientos Río Ariarí y Bogotá. Mapa Tectónico de parte de los Cuadrángulos L-9 y L-10.

hace mediante discordancia angular. Lo anterior evidencia eventos de levantamiento y erosión, así: en el flanco occidental del Anticlinorio del Tequendama, el nivel de Brecha de Fragmentos de Liditas, descansa de N a S sobre rocas del Cretáceo Superior como el Grupo Olini, la Formación la Frontera, la Formación Hiló, y aún más al E, sobre la Formación Socotá, esta última, del Cretáceo Inferior (Cuadrángulo L-10). En la terminación norte del Sinclinal de Carmen de Apicalá-Melgar, varios niveles del Terciario no solo son discordantes entre sí, sino que además cortan discordantemente rocas del Cretáceo. Es interesante anotar, además, que la discordancia se presenta siempre en el flanco oriental de los sinclinales de San Bernardo, Carmen de Apicalá-Melgar y Tocaima.

11. La arenisca de El Cacho (Terciario Inferior) de desarrollo destacado en la Sabana de Bogotá y presente en el flanco occidental del Sinclinal de Fusagasugá cambia a facies arcillosa precisamente en el área de Icononzo-San Bernardo, cerca del lineamiento.

- g) Se conoce la existencia de varias fuentes termales en Tocaima entre ellas las de Acuatá y los Pocitos (33°C) y otra en Agua de Dios (36°C), sobre y cerca del lineamiento, respectivamente (Fig. 1). La emergencia de la última está relacionada a contacto fallado, Olade-Icel (1981:25).
- h) Al sur de Jerusalén (Fig. 44) cabecea una estructura sinclinal y otra anticlinal que vienen del SO. Estas estructuras mueren cerca del flanco oriental del Sinclinal de Jerusalén. Además, sobre una estructura anticlinal prominente que comienza al oeste de Girardot, se establece un doble cabeceo en la intersección con el lineamiento, entre Tocaima y Jerusalén. A partir de allí el anticlinal levanta y continúa hacia el NE.
- i) Es notorio el arqueamiento que sufre el eje del Sinclinal de Jerusalén al cambiar de dirección N-S a dirección NE-SO en la intersección con el lineamiento.
- j) El lineamiento se ha seguido hasta el sur de Ambalema, donde se presenta un cambio brusco en la dirección del Río Magdalena (Fig. 1).

2. Lineamientos Bogotá

Sobre este lineamiento son importantes las siguientes características:

- a) Este lineamiento puede iniciarse cerca de Puerto Unión (Fig. 1) donde ejerce control sobre los meandros del Río Guaviare, pasa por Laureles donde el Río Manacacías cambia de dirección y sigue hasta San Carlos de Guaroa. Allí el Río Meta que trae dirección NE cambia bruscamente a dirección NO por un tramo de 10 Km. El lineamiento alcanza el borde cordillerano al oeste de Villavicencio.
- b) A corta distancia del lineamiento, 5,5 Km al occidente de Guayabetal, sobre el Río Blanco

y muy cerca de la confluencia con la Quebrada Seca, se presenta una intrusión ígnea de carácter granítico (Figs. 1 y 3) que corta rocas del Grupo Quetame (Zanella, comunicación oral). Su edad es postordoviciana, aun cuando pudiera ser más joven.

- c) Sobre la orilla izquierda del Río Blanco, 1,5 Km al oeste de Guayabetal (Fig. 1), Gil (1976: 2) señala la existencia de una mineralización de Pb con Ag, Zn y pirita en calizas arcillosas paleozoicas.
- d) En el corregimiento de Puente Quetame, en la margen izquierda del Río Negro, sobre el lineamiento, se encuentra la fuente denominada Puente Quetame o termales Soberín, (Fig. 1). La temperatura de esta fuente es de 37°C y la emergencia según Olade-Icel (1981: 34) está relacionada a una posible falla.
- e) A 2,5 Km directamente el norte de Quetame (Fig. 1), en la Vereda Ficalito, se encuentra un cuerpo volcánico, de composición Riódacítica que atraviesa rocas de la Formación Parte Media del Cáqueza, Cretáceo Inferior (Renzoni, 1968). La edad según datación Radiométrica K/Ar es de $5,6 \pm 0,12$ m.a. (Ujueta et al., 1990: 147).
- f) Morfológicamente el lineamiento sigue el cañón del Río Negro que tiene dirección general NO-SE, desde Guayabetal hasta Cáqueza. A lo largo del valle del Río Negro y sobre la margen izquierda del río se presentan importantes depósitos cuaternarios con espesores estimados entre 10 y 200 m, que De la Espriella y Cortés (1985: 41) describen y consideran generados por flujos de lodo y cuyos remanentes comúnmente se denominan terrazas. La distribución superficial y la inclinación de los depósitos, el espesor, la posición altimétrica con respecto al cauce actual del Río Negro (De la Espriella y Cortés, 1985: 42) permiten considerar que estos depósitos, adyacentes a un frente montañoso de dirección NO-SE, se forman en un marco tectónicamente influenciado y pudieran corresponder a abanicos aluviales originados a lo largo de tal frente montañoso (Fig. 5).
- g) Cortés y De la Espriella (1983-84, Fig. 1) trazan, siguiendo el cañón del Río Negro, la falla de rumbo del mismo nombre, de movimiento lateral derecho y dirección general NO-SE.
- h) El llamado Cordón o Cordillera de Subia que destaca en la topografía, está constituido principalmente por las areniscas del Grupo Guadalupe. El Cordón de Subia trae desde Melgar dirección NNE-SSO pero a partir de la localidad de El Charquito (Fig. 6) cambia abruptamente a dirección NO-SE. Desde allí corre con la última dirección hasta aproximadamente la población de Albán, desde donde vuelve a tomar dirección NNE-SSO propia de las estructuras de la Cordillera Oriental. Esta característica es conspicua, tanto sobre el Mapa de Relieve de Colombia (1980) y el Mapa Geológico de la Plancha K-10 "Villeta" (Champetier y

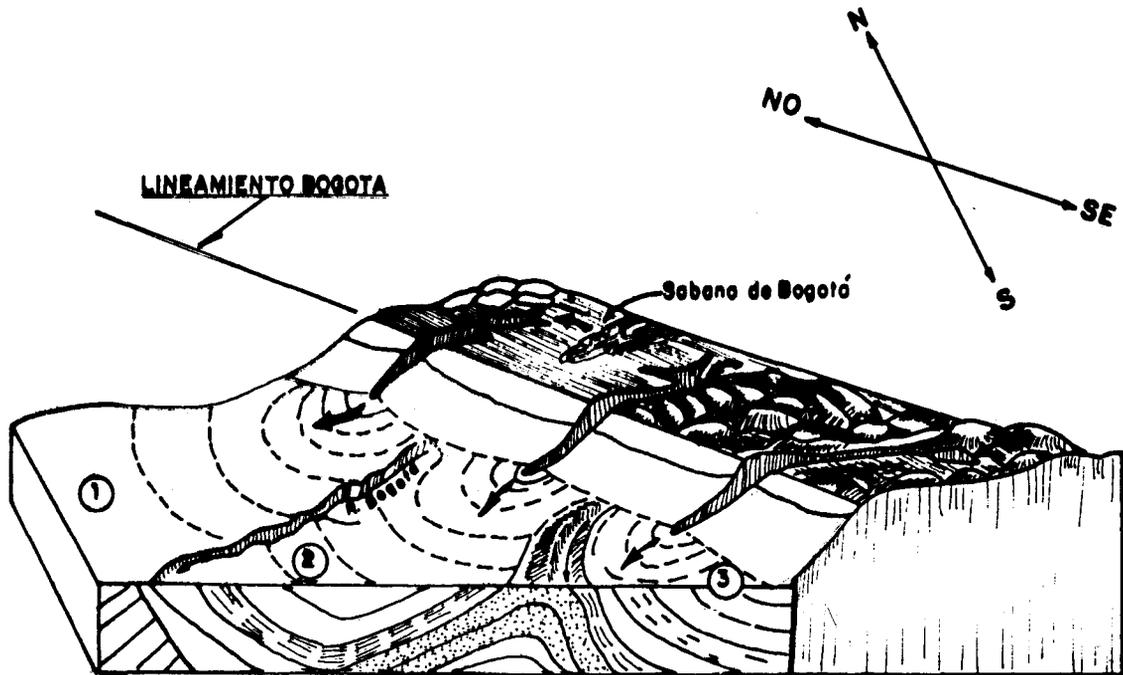


Figura 5. Reconstrucción paleográfica de abanicos aluviales depositados en: 1 la Región del Tequendama, 2 la Región de Fusagasugá-Tolemaida y 3 la Región Guayabetal-Cáqueza, al Occidente del Lineamiento Bogotá.

Weecksteen, 1961), como sobre la imagen Nasa Erts No. 054 de enero de 1977 (Fig. 7).

- i) La misma característica anterior constituye el límite SO de un rasgo morfológico llamativo e interesante, como es la altiplanicie de Bogotá, llamada comúnmente Sabana de Bogotá. Ella se considera como el relleno lacustre de un gran lago de origen tectónico. Hay, además, lagunas más pequeñas que la anterior en cercanías de El Salto del Tequendama, entre ellas están: La Laguna de El Santo, la Laguna de El Charquito y la Laguna de La Herrera; estas pueden ser remanentes de la gran laguna de Bogotá o pueden también tener origen tectónico. La presencia simultánea de altiplano y lagunas, que ya había sido notada por Hettner (1892: 157), se presenta también en otras partes de la Cordillera Oriental.
- j) Al suroeste de Bogotá, en el sector comprendido entre Usme — Soacha — Bojacá, todas las estructuras allí cartografiadas (Fig. 8) tienen dirección predominante N—S a N 20° O (Anticlinal de Chebá, Anticlinal de Soacha). Este sector forma parte del lineamiento propuesto. Al norte del lineamiento, las estructuras se orientan NNE—SSO, con excepción del anticlinal de Usaquén que es casi N—S. La continuidad de las estructuras individuales es clara al oriente del área, más no en la parte occidental del área donde además, el cuaternario de la Sabana dificulta tal reconocimiento. Julivert (1963: 81) intenta establecer la correspondencia de plegamientos particulares entre el borde sur de la sabana con estructuras más al norte, en la Sabana de Bogotá, sin resultados positivos. Por otra parte, un lineamiento NO—SE paralelo pero de menor espaciamento, 20 Km al sur, controla el Río Bogotá (Fig. 8). Contra

este último lineamiento, tiene su terminación periclinal NE la importante estructura sinclinal de Fusagasugá.

- k) En el estudio sobre los principales rasgos estructurales al suroccidente de la Sabana de Bogotá, Gómez (1985, Fig. 2) reconoce la falla de rumbo denominada El Gallinazo que tiene dirección NO—SE y movimiento lateral izquierdo. Esta falla corre aproximadamente 2 Km al sur de la línea de Bojacá — Laguna de La Herrera, y coincide exactamente con el lineamiento Río Ariari y se toma como parte de él.
- l) La existencia de grandes abanicos aluviales, que ocuparon una amplia área de topografía baja en relación con el altiplano de Bogotá (Fig. 5), de los cuales son remanentes los abanicos de La Mesa, Anolaima, Zipacón, los bloques de Santandercito y las llamadas terrazas de Fusagasugá, Tolemaida, El Colegio, Anapoima, Apulo y Tocaima, se atribuyen tentativamente a esta importante característica geomorfológica que pudo estar tectónicamente controlada. Estos abanicos pueden haberse formado por levantamiento a lo largo del lineamiento con concomitante aumento en pluviosidad. En este ejemplo es posible establecer la relación que existe entre los restos de los abanicos originados a lo largo de un frente montañoso de dirección NO—SE, la tectónica y la morfología de la altiplanicie de Bogotá. El autor está de acuerdo con De la Espriella y Cortés (1985: 46) en que estos depósitos y los depósitos del valle del Río Negro (entre Cáqueza y Guayabetal) pudieran ser correlacionables, por tratarse quizá del mismo evento geológico (Fig. 5).
- m) Más al occidente, el Anticlinal de Villeta que

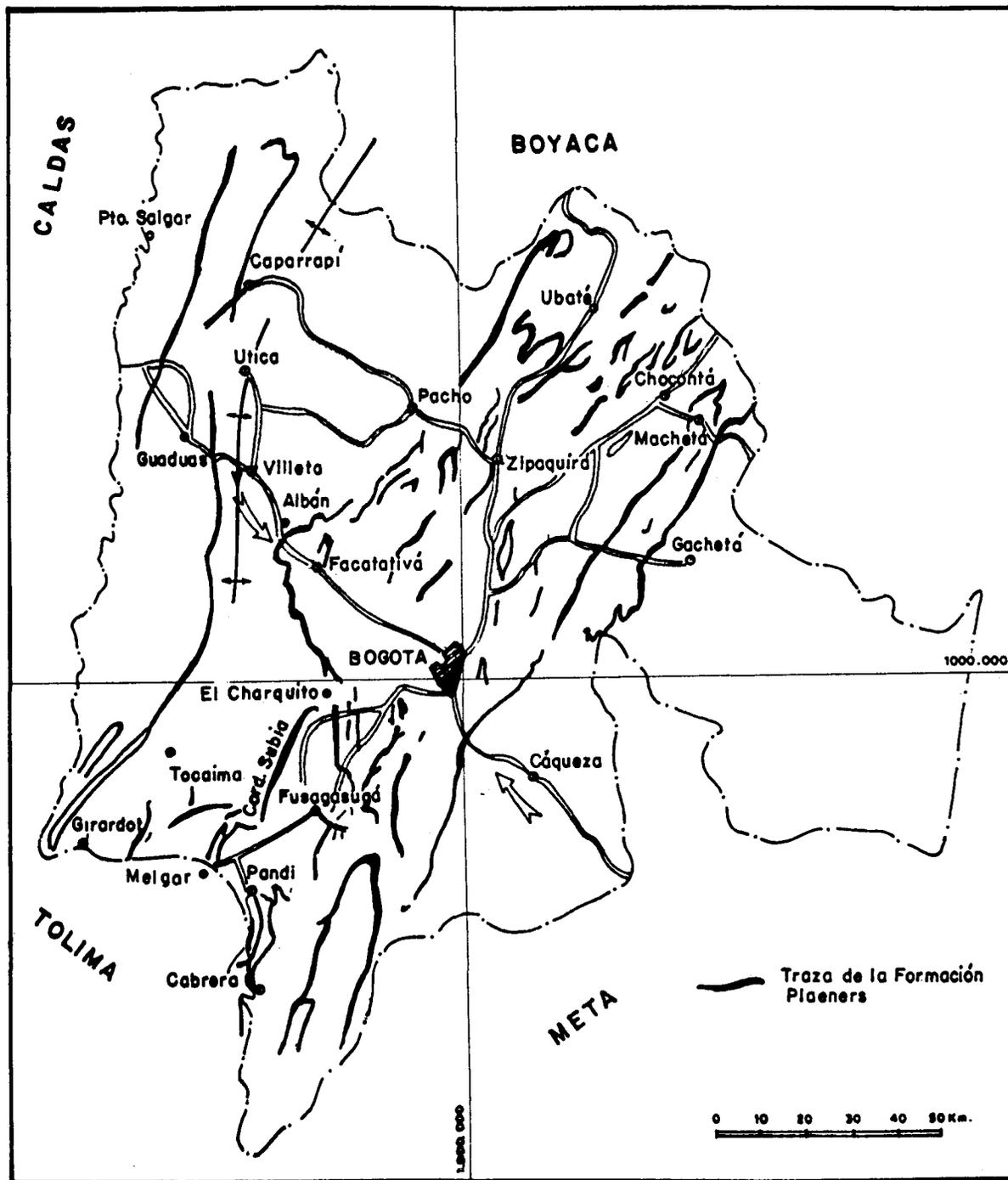


Figura 6. Cambio abrupto de dirección NNE-SSO a dirección NO-SE en la traza de la formación Placena (Grupo Guadalupe). Las flechas indican la ubicación del lineamiento Bogotá (Tomado de la Figura 5, Ingeominas, 1978).



Figura 7. Vista panorámica de parte de la Cordillera Oriental que muestra la altiplanicie de Bogotá y la traza del Lineamiento Bogotá, (ver flechas). Fotografía de la imagen Nasa Earts, No. 054 del 7 de enero de 1977.

expone entre Villeta y Utica las rocas cretáceas más antiguas del área, cabecea al sur de la población de Villeta (Figs. 3 y 6) y justamente allí, cerca del lineamiento, desaparecen potentes desarrollos de areniscas presentes en el norte y al este del Anticlinal de Villeta, Plancha K-10 "Villeta" (Champetier et al., 1961).

- n) Quizá la característica más importante que evidencia la existencia de este lineamiento, es el abrupto y notorio ensanchamiento de la Cordillera Oriental hacia el NE. A partir del lineamiento (Mapa de Relieve de Colombia, IGAC, 1980) aumenta de 90 a 135 Km. En la Fig. 3 es muy llamativo tal ensanchamiento, principalmente en la distribución superficial de las rocas cretáceas.
- o) El lineamiento se ha seguido hasta el sur de Honda, en donde hay un cambio en la dirección del Río Magdalena (Fig. 1).

3. Lineamiento Gachalá

Las características que vale la pena destacar a lo largo de este lineamiento son las siguientes:

- a) En los Llanos Orientales el lineamiento parece hacerse evidente desde cerca de la localidad de Chaparral sobre el Río Guaviare (Fig. 1). Entre Puerto López (sobre el Río Meta) y la Serranía de Las Palomas, es notorio el alineamiento en dirección N 45° O del Río Humea, en contraste con la dirección de sus ríos afluentes cuya orientación general es casi O-E.
- b) En la que parece ser la intersección de la Falla de Las Palomas de dirección NNE-SSO que siguen el borde sur de la Serranía del mismo nombre con el lineamiento NO-SE, es notoria la reactivación de una estructura que se expresa en la superficie como una anomalía geomorfológica (Ujueta, 1982, Fig. 4a).
- c) Luego que el lineamiento corta la Serranía de Las Palomas, continúa entre los ríos Gazamuno y Gazaunta, ambos orientados en dirección

NO-SE. El lineamiento parece interrumpirse por los Farallones de Medina pero continúa más NO con la misma dirección NO-SE en el valle también controlado del Río Gachetá, sobre el flanco E de la Cordillera. En el Mapa Geológico del Cuadrángulo K-11 "Zipaquirá" (Mc Laughlin y Arce, 1969) la falla del Río Gachetá ha sido interpretada como una falla de rumbo (Fig. 9).

- d) Justamente contra el Río Gazaunta, que sigue el lineamiento propuesto, tiene lugar el cabeceo SO del Anticlinal del Guavio (Fig. 3) y hasta allí llega también una estructura sinclinal que separa el Anticlinal del Guavio de las estructuras de la Serranía de Las Palomas, Cuadrángulo L-12 "Medina" (Segovia, 1967: Pl. 1).
- e) Diez Km al SO y paralelamente al lineamiento, en las cabeceras del caño de La Mina, un pequeño tributario del Río Humea Norte, aflora en un área de 2 Km² una granodiorita, a la que Segovia (1967: 1018) sitúa tentativamente en el Paleozoico Inferior pero que según el mismo autor puede ser aún más antigua (Figs. 1 y 3).
- f) El contacto rectilíneo entre rocas metamórficas del Grupo Quetame y rocas sedimentarias del Grupo Farallones, a lo largo del curso bajo del Río Humea Norte, le permite a Segovia (1967: 1024) trazar en este sector una falla perpendicular al rumbo de la Cordillera.
- g) En las localidades de Gachalá, Ubalá, Gama, Junín y Gachetá ubicadas en el flanco este de la Cordillera Oriental, y Guasca y Guatavita ubicadas en la parte axial de la Cordillera, alineadas todas en dirección NO-SE, se presenta una alta concentración de mineralizaciones de Pb, Zn, Cu, Fe y esmeraldas (Fig. 1) y Gil (1976).
- h) La Falla de Manizales de dirección NE-SO que cruza la carretera entre Ubalá y Gachalá (Escovar, 1979) presenta desviaciones en la intersección con fallas transversales de dirección NO-SE. Esto mismo ocurre, en otras partes de la Cordillera Oriental.
- i) La fuente termal denominada Guasca con temperatura de 45°C, está situada a 4 Km al NE de la población del mismo nombre, y la fuente termal denominada Guatavita (35, 5°C), situada 2 Km al Sur de Guatavita. Ambas fuentes termales están ubicadas sobre el Lineamiento Gachalá.
- j) Sobre la parte axial de la cordillera, el lineamiento se expresa por discontinuidades de la topografía tal como sucede al norte de Guasca y al este de Zipaquirá (Fig. 2). Tales discontinuidades topográficas que además están acompañadas de la convergencia de cerros antes paralelos, coinciden con el límite NE del antiplano de Bogotá.
- k) El lineamiento toma de nuevo, siempre en dirección NO-SE, el valle superior del Río Negro en el flanco oeste de la Cordillera, des-

- de su nacimiento hasta el oeste de El Peñón. Hettner (1892: 139) cita la existencia de una "terrazza de acarreo" en la localidad de Pacho. Este depósito alcanza 12 Km de largo y 2 a 3 Km de ancho, tiene pendiente pronunciada y está cartografiada en la Plancha K-10 "Villeta" (Champetier y Weecksteen, 1961). Puesto que reposa como un retazo sobre rocas del Cretáceo, más parece el remanente de un abanico que una terraza.
- l) En las localidades de Pacho, El Peñón y la Palma, alineadas también en dirección NO-SE y situadas en el flanco oeste de la Cordillera Oriental, se presentan también, aun cuando en menor grado, mineralizaciones de Fe, Pb, Zn y esmeraldas (Fig. 1) y Gil (1976).
 - m) Cerca a Pacho, en el Cerro Tragarepas, se presenta un dique (stock ?) de un gabro piroxénico que intruye las Limolitas de Pacho de edad Aptiano-Albiano (Navas, comunicación oral).
 - n) En el estudio de prospección para esmeraldas en un área piloto de 900 Km², dentro de la cual están Pacho, El Peñón y La Palma, llevado a cabo por las Naciones Unidas (1976: Fig. 14) se determinaron como zonas prioritarias para investigación detallada las anomalías geoquímicas: El Peñón, Playa Grande, Tavares - Monitos y Murca. Estas anomalías se localizan alrededor y a corta distancia de la población de El Peñón y se presenta dentro de un "cinturón tectónicamente hundido" de dirección NO-SE, que separa al norte y al sur las estructuras de dirección NE. En la anomalía Playa Grande, las Naciones Unidas (op. cit. 47) señalan como característica muy importante la existencia persistente de fallas de dirección N 50° O (dirección del Río Negro) que ellos clasifican como fallas "transversales de rumbo" pero en las cuales su movimiento ha sido difícil de establecer. Señalan además (op. cit.: 48) que fuera de la anomalía Playa Grande, pliegues sencillos tales como un sinclinal y un anticlinal de decenas de Km de longitud y con direcciones de sus ejes que fluctúan entre N-S y N 30° E, se dividen, dentro de la anomalía, en dos sinclinales y dos o tres anticlinales. Esta característica es idéntica a la "bifurcación" que sufre el sinclinal de Fusagasugá en la intersección con el Lineamiento Río Ariari. También señalan que dentro y cerca de la anomalía Tavares-Monitos las fallas longitudinales de rumbo NNE sufren una deflexión y cambian a rumbo ENE. Las áreas donde ocurren estas deflexiones se consideran favorables para la mineralización de esmeraldas.
- Subregionalmente, es decir, dentro del área de Pacho, El Peñón y La Palma, las anomalías geoquímicas están localizadas en el cruce de dos zonas de falla, una de dirección NE-SO y la otra de dirección NO-SE. Regionalmente según las Naciones Unidas (op. cit., Fig. 29: 64), las mineralizaciones importantes de esme-

raldas de Muzo, Chivor, Gachalá y el prospecto de El Peñón se encuentran en la intersección de importantes fallas de dirección NO-SE, que corresponden con los lineamientos propuestos.

- o) En Yacopí aproximadamente 10 Km al NE del lineamiento propuesto, actualmente se están explotando esmeraldas.
- p) El lineamiento se ha seguido hasta el norte de La Dorada, cerca de la localidad de La Calera, donde el Río Magdalena sufre un nuevo cambio de dirección (Fig. 1).

Conclusiones

De acuerdo con los numerosos datos consignados para cada uno de los lineamientos tratados, puede resumirse que su presencia en dirección NO-SE, queda comprobada con base en el alineamiento y asociación de las siguientes características: 1) la expresión morfológica, que se hace evidente como depresiones topográficas en general y como alineamiento del drenaje en particular; 2) la aparición de zonas de dirección NO-SE a lo largo de las cuales los plegamientos y fallas mayores de dirección NNE-SSO de la Cordillera Oriental de Colombia, se encuentran desplazadas o en relevo; 3) la existencia de fallas superficiales y anomalías geomorfológicas que siguen la dirección NO-SE; 4) el doblamiento de plegamientos o fallas individuales o grupos de plegamientos o fallas, donde ellas intersectan los lineamientos; 5) El cabeceo, la terminación y "bifurcación" de plegamientos y fallas en la intersección con los lineamientos; 6) Los cambios de facies a lo largo del lineamiento; 7) La presencia de fuertes discordancias que evidencian levantamientos y erosión en áreas influidas por los lineamientos y 8) Los alineamientos en dirección NO-SE de intrusiones menores, de centros volcánicos posiblemente post-orogénicos, de manifestaciones minerales y fuentes termales.

Tales lineamientos son de gran persistencia temporal y espacial, de manera que influyen en la actividad ígnea, a la cual puede asociarse, principalmente, la mineralización de las esmeraldas, otros minerales de poca importancia económica y las fuentes termales presentes en el área. Así mismo, los cambios sedimentológicos y las complicaciones estructurales que se presentan en el área de influencia de los lineamientos confirman la existencia de estas zonas de discontinuidad que aparecen regularmente espaciadas (40-50 Km), que son sensiblemente paralelas y que tienen longitudes de cientos de kilómetros. El Lineamiento Río Ariari es una característica estructural de gran importancia teniendo en cuenta que se extiende hasta el Escudo de Guayana y que separa hacia el occidente, en la Cuenca de los Llanos Orientales, un bloque levantado compuesto por rocas terciarias hasta proterozoicas, de un bloque hundido, hacia el oriente, compuesto por una espesa cubierta cuaternaria.

Se postula que estas zonas de fractura están directamente relacionadas a zonas de debilidad pre-existentes en el basamento pre-Cámbrico.

Referencias Citadas

- Bermúdez, A., & R. Acosta & M. Garzón, 1985. Mapa Gravimétrico de Anomalías Simples de Bouger. Escala 1: 1.000.000, Ingeominas, Bogotá.
- Bridger, Ch. 1981. The Cambrian in Colombia, A New Vision of an old Theme. Tercer Congr. Col. de Geol., 29 p., Medellín, Colombia.
- Cáceres, C. & F. Etayo, 1969. Bosquejo Geológico de la región del Tequendama. Opúsculo guía de la Excursión Pre-Congreso. Primer Congr. Col. de Geol.: 1-23, Bogotá.
- Cáceres, C., F. Etayo, R. Llinás, M. Rubiano, & L.J. Pérez, 1969. Mapa Geológico del Cuadrángulo L-10, Fusagasugá, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional, Bogotá.
- Cediel, F., G. Ujueta, & C. Cáceres, 1976. Mapa Geológico de Colombia. Ed. Geotec. Ltda., Bogotá.
- Cediel, F., 1982. Un modelo tectónico para los Llanos Orientales, Colombia. I Simposio, Exploración en las Cuencas Subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, Bogotá.
- Champetier, G. & G. Weecksteen, 1961. Mapa Geológico de la Plancha K-10 "Villeta", Escala 1: 200.000, Ser. Geol. Nal., Bogotá.
- Cortés, R. & R. de la Espriella, 1983-1984. Contribución al conocimiento del Paleozoico Superior en la sección Quetame-Villavicencio. Bol. de Geol., UIS, 16 (30): 83-101, Bucaramanga.
- De Boorder, H. 1981. Structural-geological interpretation of SLAR imagery of the Colombian Amazonas, Trans. Min. Metall (Sect. B: Appl. earth Sci.) 90: B-145-B-152.
- Dehanschutter, J., 1980. Lineaments in the northern Andes. Mus roy. Afr. centr., Tervuren (Belg.), Dépt. Géol. Min. Rapp. ann. 1979: 129-142.
- De la Espriella, R. & R. Cortés, 1985. Observaciones sobre el cuaternario en el valle del Río Negro-Guayuriba y el piedemonte llanero al oriente de Bogotá. Geol. Colombiana 14: 39-82.
- Escovar, R., 1979. Geología y Geoquímica de las minas de esmeraldas de Gachalá, Cundinamarca. Bol. Geol., 12 (3): 117-152.
- Galvis, J., A. Huguett, & P. Ruge 1979. Geología de la Amazonía Colombiana. Bol. Geol. 12 (3): 3-86.
- Gil, E. 1976. Ocurrencias Minerales en el Departamento de Cundinamarca, Compilación Inf. 1708, Ingeominas, Bogotá.
- Gómez, H., 1985. Principales Rasgos Estructurales al Suroccidente de la Sabana de Bogotá, Revista Cíaf, 10 (1): 45-57.
- Hettner, A., 1892. Die Kordillera von Bogotá: Pettermanns, Mitt. Bd. 22, Erg. 104, p. 1-31; Traducido por E. Guhl, 1966: Talleres Gráficos del Banco de la República, 351 p. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1980. Mapa de Relieve de la República de Colombia. Escala 1: 1.500.000, Bogotá.
- Jain, V.E., 1980. Geotectónica General. Editorial Mir, Parte I, 358 p., Parte II, 304 p., Moscú.
- Julivert, M. 1963. Los Rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Bol. de Geol., UIS, 13-14: 5-102, Bucaramanga.
- McLaughlin, D. & M. Arce, 1969. Mapa Geológico del Cuadrángulo K-11 "Zipaquirá", Colombia. Escala 1: 100.000, Ingeominas, Bogotá.
- Naciones Unidas, 1976. Prospección de Esmeraldas en los Departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Proyecto DP/UN/COL-72-00416, Bogotá.
- Olade-IceI, 1981. Estudio de Reconocimiento de los Recursos Geotérmicos de la República de Colombia, Fuentes Termales, Anexo 22, 37 p., Bogotá.
- Porta, J. de, 1966. Geología del Extremo S del Valle Medio del Magdalena. Bol. de Geol., UIS 22-23, 347 p., Bucaramanga.
- Pérez, V.E. 1988. Análisis Fotogeomorfológico Cuenca de los Llanos Orientales de Colombia. III Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Caracas.
- Segovia, A., 1967. Geology of Plancha L-12, Colombia. South America: A Reconnaissance. Geol. Soc. of Am. Bull., 78: 1007-1023.
- Trumpy, D., 1943. Pre-Cretaceous of Colombia. Geol. Soc. of Am. Bull., 54: 1281-1304.
- Ujueta, G. 1982. Geomorfología aplicada a la exploración de petróleo en tierras planas. Simposio, Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, Bogotá.
- . 1991. Tectónica y Actividad Ignea en la Cordillera Oriental de Colombia, Sector Girardot-Cúcuta. Simposio sobre Magmatismo Andino y su Marco Tectónico, T.I.: 151-192, Manizales.
- Ujueta, G., C. Macía & F. Romero 1990. Cuerpo Radiocítico del Terciario Superior en la Región de Quetame, Cundinamarca, Geol. Colombia, 17: 143-150.

VULCANISMO TERCIARIO AL SUR DE LA ISLA DE MOMPOX (PARTE NORORIENTAL DE LA SERRANIA DE SAN LUCAS)

por

Jaime Galvis & Ricardo de la Espriella

Resumen

Galvis, J. & R. de la Espriella. Vulcanismo al sur de la Isla de Mompox. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 359-368, 1992. ISSN 0370-3908.

En la parte Nororiental de la Serranía de San Lucas y su transición a la Depresión Momposina reconocen granitos y neises migmatíticos de edad Precámbrica, vulcanitas muy posiblemente Juratriásicas en la parte sur del área, sedimentos (principalmente calcáreos) del Cretáceo, vulcanitas Terciarias (ignimbritas, brechas, lapilli, lavas riolíticas y tobas) y plutonitas Terciarias, todos parcialmente cubiertos por sedimentos aluviales del río Magdalena y sus brazos y sedimentos límnicos de numerosas ciénagas.

Se discuten adicionalmente aspectos tectónicos y de evolución geológica del área de estudio.

Abstract

In the Northeastern part of the Serranía de San Lucas and its transition to the Mompos Depression, outcrop Precambrian migmatitic granites and gneisses, vulcanites possibly Juratriassic, in the southern part of the area, Cretaceous sediments (mostly limestones), Tertiary vulcanites (ignimbrites, breccias, lapilli and tuffs), and Tertiary plutonites, all partially covered by Recent river and lagoon sediments.

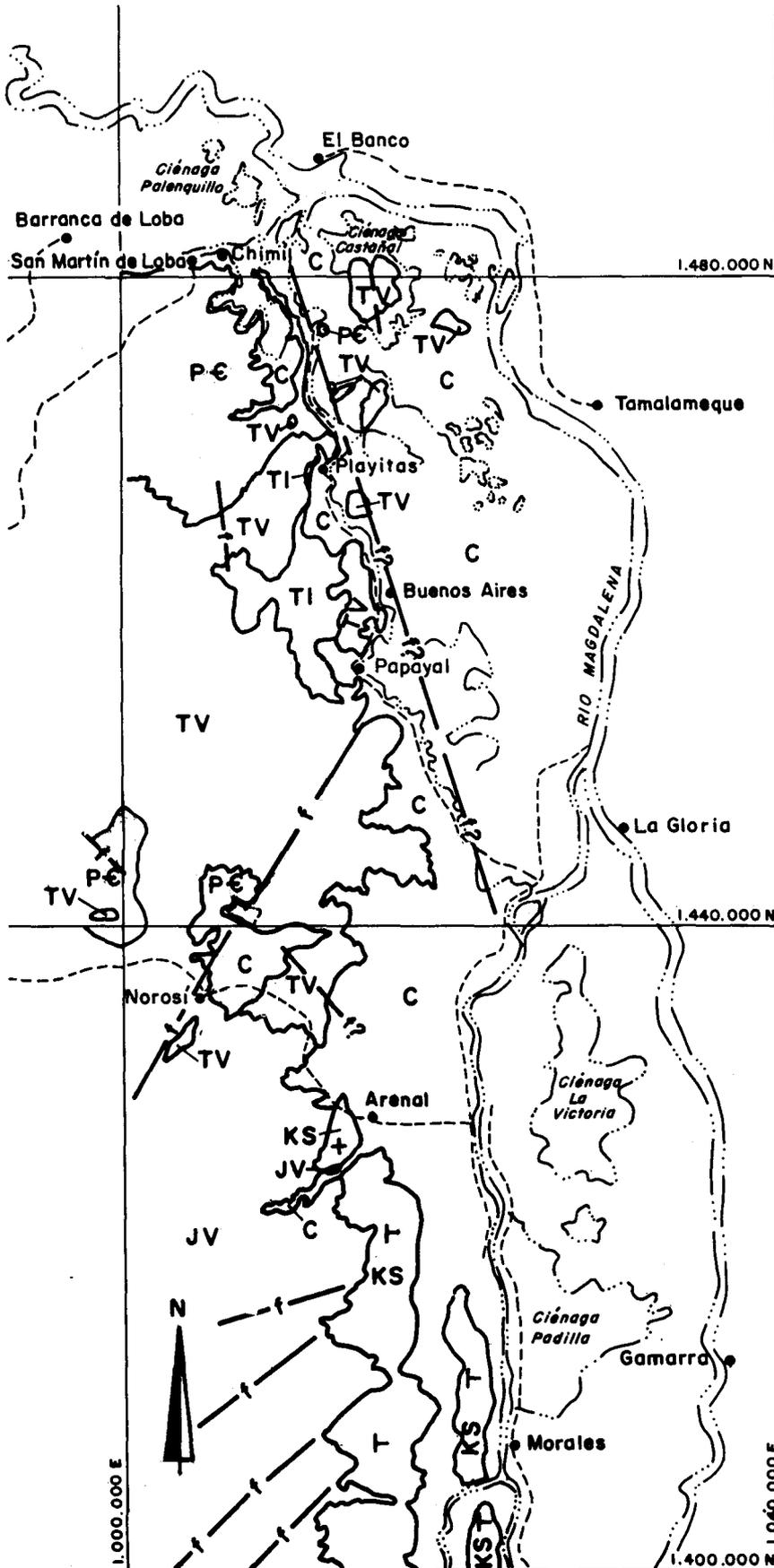
Additionally, the tectonic aspects and the geologic evolution of the area are discussed.

1. Introducción

El presente artículo postula algunos conceptos nuevos acerca de la geología de la parte Nororiental de la Serranía de San Lucas y su transición a la Depresión Momposina (ver Figura 1). La información que se presenta se colectó durante un estudio realizado para la Empresa Colombiana de Minas (hoy MINERALCO), la cual gentilmente autorizó la presente publicación, y durante algunos trabajos realizados anteriormente por los autores.

Se hace énfasis en la presencia de una amplia plataforma Precámbrica al Noroeste y de un evento magmático, diferente del que se presenta en el área Central y Sur de la Serranía, mucho más reciente, que produjo numerosos conos volcánicos que se destacan morfológicamente en la zona y cuya actividad parece haber tenido lugar durante el Cenozoico.

Se hace también una breve referencia a los sedimentos Cretáceos del flanco Oriental de San Lucas.



CONVENCIONES

- C
Cuaternario
- TV
Terciario Volcánico
- TI
Terciario Intrusivo
- KS
Cretácico Sedimentario
- JV
Juratriásico Volcánico
- PE
Precámbrico

Figura 1. Mapa Geológico.

2. Geomorfología

El sector objeto del presente estudio comprende de parte de la vertiente Oriental de la Serranía de San Lucas y de la llanura aluvial del Magdalena en su margen Occidental.

En el área se pueden reconocer tres grandes unidades geomorfológicas muy diferentes entre sí: la llanura aluvial al Oriente, la vertiente Sur de la Serranía de San Lucas y la vertiente Norte de la misma.

- La llanura aluvial comprende terrenos bajos inundables, con numerosas ciénagas y abundantes caños. Esta planicie aluvial se ve interrumpida por algunas colinas aisladas, relacionadas al paisaje de la vertiente Norte de San Lucas.
- La vertiente Sur de la Serranía de San Lucas, comprende en líneas generales un extenso plano suavemente inclinado hacia el Oriente y disectado por numerosas cañadas de origen fluvial, varias de las cuales presentan dirección Nordeste y curso notablemente recto. El límite de este paisaje geomorfológico y el de la llanura aluvial es neto. La pendiente del plano inclinado se suaviza al Norte en proximidades de la población de Arenal.
- La vertiente Norte de la Serranía de San Lucas, es un paisaje geomorfológico que se puede observar desde la Ciénaga de Jaraba hacia el Norte de la zona estudiada. Comprende una llanura ondulada de la que sobresalen serranías de poca longitud, en las que se insinúa una dirección Nordeste y numerosos cerros aislados que alternan con depresiones y pequeñas llanuras parcialmente ocupadas por ciénagas. El límite entre este paisaje geomorfológico y el de la llanura aluvial es muy irregular.

Un rasgo común a los dos paisajes de vertiente de San Lucas, es la presencia de una suave depresión paralela al curso del Río Magdalena, a donde llegan las corrientes provenientes de la serranía, cambiando allí su rumbo para tomar una dirección Norte, paralela al mencionado río. Parece además insinuarse una suave eminencia topográfica de dirección Sur-Norte paralela al Río Magdalena, al Occidente de éste.

La presencia de numerosas colinas emergiendo de la llanura cenagosa y la ausencia de acumulaciones considerables de sedimentos de alta energía, sugieren que la Serranía de San Lucas es un terreno en subsistencia, que contrasta con la Serranía de Perijá en la margen Oriental del Valle del Magdalena, donde se observan abanicos fluviales enormes.

3. Litología

Precámbrico

La unidad litológica más antigua que se observa en el área objeto del presente estudio, está constituida por granitos y neises migmatíticos de edad Precámbrica.

Estas rocas están expuestas en el extremo Norte del área, en las márgenes de la Ciénaga de Santa Lucía, en las márgenes de la Quebrada Grande, en el sector de la finca San Pablo, todo esto continuación de una extensa zona ondulada que se extiende hasta las poblaciones de San Martín de Loba y Barranco de Loba, donde son omnipresentes los bloques de granitos y neises migmatíticos (Ver figura 2).



Figura 2. Migmatitas en proximidades de la Ciénaga de Santa Lucía.

También afloran migmatitas al Oriente del Brazo de Papayal en un pequeño cerro innominado al Norte del caserío de Chapetona y en el Caserío de Playitas.

Más al Sur se pueden observar estas rocas en la depresión de la Ciénaga del Cristal, en las riberas de la Quebrada Guamalito y en el Valle de Azul.

Esta unidad litológica presenta una notable variedad de texturas y de componentes minerales. Las variedades neisoides observadas son: neises feldespático-biotíticos, neises anfibólicos, neises cuarzosos, anfibolitas y cuarcitas.

De éstas últimas se pueden observar metaareniscas (ver figura 3) y metaconglomerados oligomicticos. Este tipo de litologías se presentan principalmente en la región de la Ciénaga de Santa Lucía y de San Pablo. Hacia San Martín de Loba predominan las facies granitoides de las migmatitas, presentándose un granito gris de grano medio a grueso con abundante feldespato de potasio, cuarzo, biotita y plagioclasa, ésta última subordinada respecto al feldespato de potasio. En estos granitos se observan a veces nebulitas de antiguas rocas neisoides.



Figura 3. Migmatización de una Metaarenisca. Puede observarse arriba un feldespato perfitico, reemplazando un mosaico de granos de cuarzo.

En el caserío de Playitas se presentan facies pegmatoides de las migmatitas, con cristales de feldespato alcalino de color rosado, cuyo diámetro llega hasta 5 centímetros.

Los límites entre facies neisoides y granitoides de las migmatitas son graduales, y por lo tanto se observan neises que transicionalmente pierden su aspecto bandeado, hasta tomar aspecto granitoide. Los xenolitos son frecuentes en el granito en la zona de San Martín de Loba, donde los paleosomas son escasos; al Este, hacia la Ciénaga de Santa Lucía, se observan paleosomas y escasos xenolitos o gabarros.

Los granitos migmatíticos presentan meteorización esferoidal (ver figura 4), y se observan profusamente entre Chimí y San Martín de Loba; es notable la presencia de un espeso suelo laterítico cubriendo las zonas de subexposición de estas rocas.



Figura 4. Tors de Granito Migmatítico en proximidades de San Martín de Loba.

Juratriásico

Cronológicamente la siguiente unidad litológica, la constituyen vulcanitas antiguas, muy posiblemente Juratriásicas, que se encuentran expuestas en la parte Sur del área de estudio.

Se observan en la región de La Arcadia al Sur de Arenal, en el curso superior de la Quebrada Arenal, en el curso superior de la Quebrada La Honda y entre la Quebrada Tasajera y Norosí, a lo largo de la carretera Arenal-Norosí, y a lo largo del camino que conduce de Arenal a Moralitos

Las vulcanitas en mención son de tipo alcalino, y comprenden lavas riolíticas de colores rojo, café y rosado, que en algunos sitios presentan estructuras columnares (ver figura 5), tobas muy litificadas de color púrpura, lavas traquíticas de color verde oscuro, brechas y aglomerados multicolores de composición variable.



Figura 5. Vulcanitas Columnares al Sur de Norosí.

Todas estas rocas aparecen cortadas por diques, aparentemente traquiandesíticos. Las vulcanitas descritas se presentan muy densas, duras y completamente devitrificadas; por lo tanto, no muestran las superficies porcelánicas típicas de rocas vítreas en proceso de meteorización,

Estas rocas tienen bastante diaclasamiento y en general rompen angularmente; generalmente se presentan en forma de una masa microcristalina, pero en varios sitios alcanzan a tener textura porfirítica, en la que los fenocristales son de cuarzo o feldespato.

Las vesículas y demás cavidades se presentan aplastadas, evidenciando una marcada diagénesis. Las brechas y tobas se observan totalmente soldadas y de notable densidad. En las brechas, los clastos son de roca volcánica, pero hay algunas con clastos de roca sedimentaria y de migmatitas.

Las vulcanitas descritas infrayacen sedimentos del Cretáceo en la parte Sureste del área y más al Occidente se presentan formando una superficie inclinada hacia el Oriente en lo que parece ser una penellanura basculada, ya que se notan en dicha superficie paleosuelos.

Es muy notoria la esterilidad de las zonas donde se encuentran expuestas estas rocas efusivas. No se pudieron observar al Norte de la depresión de la Ciénaga de Jaraba.

Cretáceo

A continuación cabe mencionar las rocas sedimentarias del Cretáceo que se observan al Sureste del área. Dichos sedimentos se presentan en la zona de Morales, formando un plano monoclinal que buza hacia el Oriente; más al Norte, hacia el sector de Arenal, el buzamiento se suaviza hasta tomar una posición horizontal. Allí forman cerros testigos tabulares.

Esquemáticamente, la columna estratigráfica de los sedimentos del Cretáceo se compone de una espesa caliza inferior (ver figura 6) que reposa sobre las vulcanitas del Juratriásico y que tal vez corresponde a la Formación Cogollo. La caliza es de color gris claro, se presenta en paquetes espesos, y contiene abundantes fósiles, principalmente bivalvos y unas formas tubulares de 0,5–0,1 centímetros de diámetro.



Figura 6. Calizas Cretáceas al Sur de Arenal.

Sobre estas calizas reposa una secuencia de lutitas y areniscas que producen morfológicamente la depresión topográfica de dirección Norte-Sur donde se encuentran las Ciénagas de Sinoa y Morrocoy.

Se trata de la Formación Simití, cuya sección tipo se halla en esta región. Sobre estos sedimentos reposa una segunda secuencia de calizas que forma una serranía de poca altura entre la depresión topográfica antes mencionada y el Brazo de Morales. Son calizas de color negro y marcado olor a petróleo; se asemejan a las de la Formación La Luna. Esta unidad alcanza a observarse hasta el sitio de Los Peñones, próximo al caserío de Buenavista.

Terciario

La siguiente unidad litológica por mencionar, está constituida por las diversas vulcanitas y plutonitas de un evento magmático posterior a la sedimentación Cretácea y que, muy posiblemente, tuvo lugar durante el Terciario Superior.

Las vulcanitas originadas en el evento mencionado, forman los relieves topográficos más acentuados del extremo Norte de la Serranía de San Lucas. Se encuentran formando conos volcánicos (ver fig-

uras 7 y 8) y depósitos piroclásticos al Norte de la Quebrada de Norosí, en la Cuchilla Cristal, y en todo el macizo montañoso que se extiende desde la Quebrada San Pedro hasta la Quebrada Mejía, y desde allí hacia el Norte hasta las lomas de Tierra Oculta.



Figura 7. Cuello Volcánico en proximidades de Papayal.



Figura 8. Cuello Volcánico Cerro El Piñal.

Estas vulcanitas se presentan además en cerros aislados, y en pequeños macizos al Oriente de las serranías mencionadas, tales como Cerro de Heredia, Cerro El Piñal, Cerro El Congo, Pan de Azúcar, Los Terrones, La Granja, El Castañal al extremo Norte, próximo a El Banco, y un poco al Este de la zona, el Cerro El Barco.

Buena parte de ellos son antiguos cuellos volcánicos, y en algunos, tales como el Pan de Azúcar, Los Terrones y El Barco, se conserva la forma del edificio volcánico original.

Además de las prominencias topográficas mencionadas, donde afloran plutonitas originadas en este evento de magmatismo, se presentan amplias depresiones topográficas donde se observa granito rosado, tales como la que ocupa parcialmente la Ciénaga de Papayal, o en el curso de la Quebrada Mejía hacia el sector de El Palmar. Además de lo anterior, hay amplias zonas cubiertas por tobos de este episodio, que llegan hasta la depresión del curso inferior de la Quebrada La Honda, al Sur del área. También se observan en la depresión de la

Quebrada Norosí, aguas arriba de la población del mismo nombre, y en el curso medio de la Quebrada La Oscura.

Litológicamente se presentan las siguientes variedades:

1. Vulcanitas

De éstas se pueden observar:

- Tobas de flujos de cenizas e ignimbritas en zonas tales como las laderas de la Cuchilla Cristal. Esta cuchilla en sí es el domo volcánico más imponente observable en la zona. Las piroclastitas mencionadas (ver figuras 9 y 10) son de composición riolítica y color blanco, rosado, crema y gris muy claro.



Figura 9. Ceniza y Lapilli.

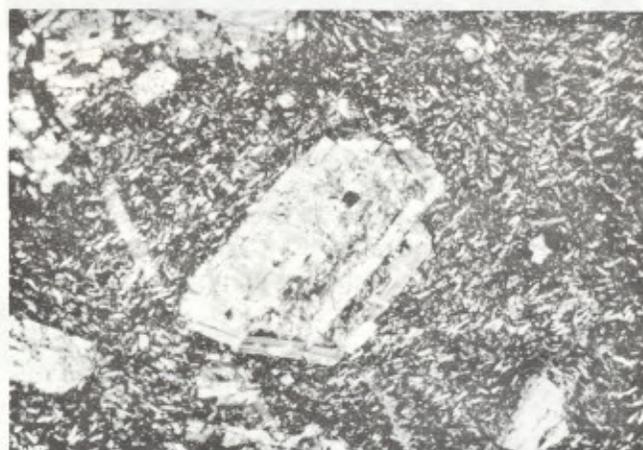


Figura 10. Fenocristal de Plagioclase en un fragmento de Lapilli.

- Brechas y lapillis (ver figuras 11 y 12) observables en áreas tales como el Cerro Mataperros, Cerro El Barco, zona de Corinto, alrededor del Cerro Cristal, Cerro La Granja y en la región de las Quebradas San Pablo y Piedras; en ésta última localidad las brechas presentan fragmentos de roca calcárea y calcita, sugiriendo que el sustrato contenga calizas Cretáceas, que fueron afectadas por el magmatismo en mención.



Figura 11. Brecha Volcánica en proximidades de la Quebrada San Pedro.



Figura 12. Brecha Volcánica Cerro El Barco.

- Lavas de composición riolítica (ver figuras 13 y 14), con aspecto de chert y color variable, que se presentan en áreas tales como El Cerro El Castañal, y los cursos de las Quebradas San Paulito, Medina, Mejía, etc.
- Tobas (ver figura 15), que cubren extensas zonas de la cuenca de la Quebrada Traqueadora, del curso de la Quebrada San Pedro (Zonas de Chipre, Santa Helena, etc.), y de la región de Macedonia y Los Terrones, etc.



Figura 13. Lava Riolítica en proximidades del Cerro Los Cristales.



Figura 14. Textura Piloxaxítica en una lava Riolítica.



Figura 16. Afloramiento de granito al Oeste de Papayal.



Figura 15. Toba, cristales de Plagioclasa.



Figura 17. Textura gráfica en el granito de Papayal.

2. Plutonitas

Dentro de éstas cabe mencionar los pórfidos de los cuellos volcánicos propiamente dichos observados en áreas tales como el Cerro El Barco, donde se presenta un pórfido de color rosado violáceo con fenocristales de feldespatos de color blanco tizoso, Cerro San Carlos, Cerro Los Terrones, Cerro El Piñal, Cerro Julio, etc.

Donde el edificio volcánico ha sido erodado, tal como ocurre en la depresión de la Ciénaga de Papayal, aparece expuesto un pequeño plutón (ver figura 16), en cuyos márgenes se presenta en forma de pórfido rosado con fenocristales de cuarzo hialino, y hacia el centro en forma de un granito rosado compuesto de ortoclasa rosada, plagioclasa gris verdosa, cuarzo hialino y biotita (ver figura 17).

Otra pequeña intrusión se presenta en la depresión de Ciénaga Babilla en la cuenca de la Quebrada Mejía.

Es muy característica en las vulcanitas y plutonitas antes mencionadas la ausencia de diques. Los únicos rellenos de fractura que se presentan son vetillas de cuarzo, sin ser abundantes.

Cuaternario

La siguiente unidad estratigráfica que puede mencionarse, está constituida por sedimentos flu-

viales y lacustres de depositación muy reciente. Es importante anotar la ausencia de sedimentos del Terciario en toda la zona.

Los depósitos recientes pueden agruparse según su origen así: Sedimentos aluviales de corrientes fluviales, que provienen de la Serranía de San Lucas; sedimentos del Río Magdalena y sus brazos; y sedimentos límnicos de numerosas ciénagas secas o en proceso de colmatación.

Los sedimentos aluviales provenientes de la Serranía de San Lucas, solamente se presentan en depósitos menores en la parte Sur, donde la mayor elevación topográfica y mayor pluviosidad determinaron la presencia de quebradas con un caudal digno de mención, tales como las quebradas Arenal, Norosí, La Honda y San Pedro, cuyos depósitos aluviales alcanzan algún desarrollo y presentan gravas y arenas gruesas.

Las quebradas de la zona Norte son de poco caudal, las cuencas de alimentación son pequeñas y presentan valles aluviales anchos: se trata de antiguos lechos de lagunas o ciénagas colmatados, tal como se observa en la Quebrada Mejía.

Los depósitos aluviales del Río Magdalena y sus brazos, se componen principalmente de arcillas y limos en diferentes tonos de color café y gris. Muy localmente se presentan lentes de gravas, prin-

principalmente compuestas de cantos de chert café y negro, rocas éstas ausentes en la Serranía de San Lucas.

La forma de los depósitos fluviales del Magdalena, sugiere que la Serranía de San Lucas es una zona en subsistencia, ya que los aluviones parecen estar cubriendo un relieve topográfico antiguo, debido a lo cual sobresalen colinas y pequeños macizos aislados tales como el Cerro Granja, el Cerro El Barco y las colinas de El Castañal.

En la margen Oriental de la Serranía de San Lucas, hay numerosas depresiones ocupadas por ciénagas, en algunos casos colmatadas. Allí se presentan depósitos de sedimentos de poco espesor. Dichas depresiones generalmente se encuentran en ventanas de rocas precámbricas, como ocurre en la Ciénaga del Cristal, exposiciones de pequeñas intrusiones como la Ciénaga de Papayal; o cuando hay causas tectónicas, como ocurre en la Ciénaga de Jaraba, donde parecen coincidir dos direcciones de fallamiento. Además de las anteriores, se presenta el gran sistema de ciénagas de la llanura aluvial del Magdalena, cuyo origen está ligado a la dinámica fluvial del dicho río.

4. Tectónica

Hay dos factores determinantes en la evolución tectónica de la Serranía de San Lucas. El primero es un nutrido fallamiento de direcciones NE—SW que afectó grandemente las rocas precámbricas y las vulcanitas pre-cretáceas, y que no parece haber afectado los sedimentos cretáceos. Al observar las fotografías aéreas, es muy clara la disposición de numerosas corrientes fluviales cuyo curso está encauzado en dirección NE. Parece existir un patrón de fallas perpendicular al anterior, pero con una expresión mucho menos acentuada; tal vez el más notorio sería, el que produce el alineamiento de la Quebrada San Pedro con la Quebrada Norosí en el sector donde ésta última recibe las aguas del caño El Engaño. De las fallas con dirección Nordeste, tal vez la más determinante es la que encauza a la Quebrada Norosí, aguas arriba de la población, y cuyo trazo morfológico se puede seguir hasta la zona del Cerro El Piñal. Al Norte de esta falla, casi desaparecen los alineamientos en éste sentido como depresiones, y en cambio se observan serranías tales como la Cuchilla de Playitas, llevando ese mismo rumbo Nordeste, lo que permitiría suponer que las fallas en ese sentido pudieron servir de canales para el magmatismo reciente. En todo caso, es notorio el escaso tectonismo que se observa en las vulcanitas nuevas.

El segundo factor importante es el basculamiento que regionalmente presenta la zona hacia el Oriente. Esto parece estar acompañado por fallamiento en dirección N—S, lo que causaría el alineamiento de los brazos de Simití, Morales, Papayal y Quebrada La Oscura con ese rumbo.

Este sistema de fallas es notable en el Cerro de Castañal, que se presenta dividido por una depresión Norte-Sur, donde el fracturamiento es intenso, evidenciándose una zona de falla.

Por último cabe mencionar el alineamiento que se insinúa en el curso del brazo de Papayal, con dirección NNW, que parece determinar en gran parte el límite oriental de los cerros volcánicos.

5. Evolución Geológica

La historia geológica de ésta zona se inicia durante el Precámbrico. Es muy clara allí la presencia de corteza sílica. Hay claros indicios de actividad volcánica de composición basáltica, indicada por la presencia de anfibolitas.

Ocurrió además una sedimentación detrítica, evidenciada por las metaareniscas y metaconglomerados que se observan en forma de paleosomas en las migmatitas.

Posteriormente al vulcanismo y sedimentación mencionados, ocurrió uno o más eventos de migmatización o granitización, además de una posible actividad magmática plutónica, como lo sugiere la abundancia de xenolitos en el granito de la zona de San Martín de Loba. Es difícil con la información disponible, determinar claramente si se presentó actividad plutónica precámbrica, además de la migmatización, que es muy bien definida.

No hay registro de rocas paleozoicas en esta zona de la Serranía de San Lucas. Este vacío puede deberse a un amplio hiato, o a la desaparición por erosión de las unidades litológicas del Paleozoico. Por contraste, es notable la presencia de sedimentos del Paleozoico Superior en la región de Ocaña y en la Serranía de Perijá. También se conocen sedimentos paleozoicos al Occidente de la Serranía de San Lucas. Por lo tanto, es muy factible que la ausencia de sedimentos de esa edad se deba a erosión. La historia geológica durante el Mesozoico difiere ampliamente en el extremo Norte de la Serranía, y en la zona central de la misma. El límite podría ser la Falla de Norosí, pero en todo caso hay una diferencia evolutiva marcada entre la zona situada al Norte de la depresión por la que casi convergen las quebradas Arenal, Norosí y San Pedro, y la que se encuentra al Sur.

En el sector Sur hubo una intensa actividad magmática durante el Juratriásico, originada en eventos tectónicos de tipo tafrogénico. Estos episodios distensivos, comunes a amplias zonas del territorio andino de Colombia, produjeron sedimentación detrítica roja en enormes espesores, de la cual quedan solamente algunos remanentes en la Serranía de San Lucas. Dichos sedimentos son de origen continental depositados en forma de grandes abanicos. El magmatismo originado en los mismos episodios de distensión o rifting, fue de tipo explosivo y subaéreo dando lugar a enormes depósitos de

rocas piroclásticas que constituyen la litología dominante en la zona Central y Sur de San Lucas. A diferencia de lo anterior, en el extremo Norte de San Lucas sólo se conocen sedimentos marinos del Jurásico en una área restringida aledaña a la Ciénaga de Morrocoyal, al Oeste de la Serranía. El resto de la región Norte se presenta como una amplia plataforma de rocas precámbricas, parcialmente cubierta por vulcanitas recientes.

Durante el Mesozoico Superior, la parte Central y Sur de la Serranía de San Lucas fue cubierta por el mar. La transgresión tuvo lugar durante el Cretáceo Medio. Al comienzo se presentaron condiciones de aguas quietas, claras y poco profundas, donde se depositaron las calizas inferiores. Posteriormente se hizo más profunda la cuenca, y se depositaron arcillas pelágicas, y finalmente parecen haberse presentado surgencias que produjeron la depositación de las calizas sapropélicas superiores con restos de fauna de agua profunda. Hacia el fin del Cretáceo tuvo lugar una regresión general, y de los sedimentos litorales correspondientes a este episodio no queda registro en la Serranía de San Lucas. Aparentemente el extremo Norte de la Serranía no fue cubierto por el mar durante el Cretáceo.

Al comienzo del Terciario se presentó una intensa peneplanación en todo el conjunto de lo que hoy es la Serranía de San Lucas, fenómeno común a gran parte del territorio nacional, y se desarrollaron espesos suelos lateríticos durante el Eoceno. Aparentemente durante el Terciario llegaron a su posición relativa actual el extremo Norte de San Lucas y el resto de la Serranía, posiblemente por movimiento transcurrente de la Falla de Norosí.

Luego tuvo lugar, en un período aún no determinado del Terciario Tardío, un episodio de magmatismo ácido de gran intensidad. Esto tuvo lugar en el extremo Norte de San Lucas, pero alcanza a tener proyecciones al Sur de la depresión, donde convergen las quebradas de Arenal, Norosí y San Pedro. Hay numerosos argumentos para considerar que éste evento magmático es muy reciente. En primer lugar es importante anotar que los conos volcánicos sobresalen a una penellanura con lateritas, y en algunos sitios del valle de Azul se pueden observar vulcanitas reposando sobre los paleosuelos lateríticos. Por otra parte, las tobas y demás piroclastitas son muy livianas, y conservan vesículas y cavidades sin rellenar y sin deformación. Esto indica que no han sufrido diagénesis.

En estas vulcanitas se observan superficies de meteorización porcelánica, características del in-

temperismo de rocas con abundante vidrio, que no se conserva en rocas antiguas (ver figura 18).



Figura 18. Meteorización de aspecto porcelánico en una vulcanita rica en vidrio.

Además, en las brechas volcánicas de la zona de la Quebrada Las Piedras se observan fragmentos de roca calcárea, presumiblemente de las calizas cretáceas.

La actividad volcánica explosiva produjo extensos depósitos de tobas y otras piroclastitas que cubrieron zonas al centro y Sur de la Serranía de San Lucas, y presumiblemente de las planicies de la depresión de Mompox.

Al terminar el episodio volcánico, la Serranía en su parte Sur sufrió un basculamiento hacia el Este y una subsidencia en toda su extensión, lo que ha hecho que se encuentren amplias depresiones ocupadas por ciénagas, y que los sedimentos fluviales arcillosos estén cubriendo parcialmente piroclastitas y presumiblemente terrazas y otros depósitos fluviales de mayor energía.

FRANCISCO JOSE DE CALDAS Y LA BOTANICA

por

Santiago Díaz-Piedrahita*

Resumen

Díaz-Piedrahita, S.: Francisco José de Caldas y la Botánica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 369-382, 1992. ISSN 0370-3908.

Se presenta una síntesis crítica de la actividad adelantada durante cerca de 10 años por el naturalista payanés en el campo de Botánica. Durante sus recorridos por el sur de Colombia y por territorio ecuatoriano entre 1802 y 1805 reunió un herbario de más de 6.000 exsiccados, hizo interesantes observaciones sobre las quinas y elaboró mapas originales sobre la nivelación de las plantas. A partir de 1806 y hasta 1810 trabajó en la Casa de la Botánica en Santafé, determinando y describiendo especies y preparando publicaciones entre las que se destaca la relativa al influjo del clima sobre los seres vivos. Igualmente contribuyó en la organización y sistematización de las colecciones de la Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada (1783-1812).

Palabras clave: Colombia, Ecuador, Botánica, Expedición Botánica, Nuevo Reyno de Granada.

Abstract

This article presents a critical synthesis of the botanical activities of the Popayán naturalist over a ten year period. In the course of his travels in sothern Colombia and Ecuador between 1802 and 1805, he amassed a herbarium of over 6.000 specimens, made interesting maps showing the altitudinal zonation of the plants. From 1806 to 1810 he worked in the Botanical House in Santafé, identifying and describing species and preparing publications, oustanding among wich are those that highlight influence of climate on the biota. He also contributed in tha organization and cataloguing of the Botanical Expedition of the New Kingdom of Granada (1783-1812).

Key Words: Colombia, Ecuador, Botany, Historical review.

Formación botánica de Caldas

Francisco José de Caldas realizó sus primeros estudios en el Seminario de Popayán, su ciudad

natal; fue allí su principal maestro don Félix Restrepo, quien advirtió en él una notable capacidad de raciocinio y un espíritu investigativo que fueron orientados hacia las matemáticas y la astronomía. Más tarde continuó sus estudios, esta vez en el ramo de la Jurisprudencia en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario de Bogotá. Los estudios de leyes no disiparon los intereses investiga-

* Profesor Titular, Maestro Universitario, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Individuo de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Correspondiente de la Academia Colombiana de Historia.

tivos ni la sed de conocimiento en el campo de las ciencias. Completados los cursos reglamentarios y obtenidos los títulos correspondientes, Caldas regresó a Popayán e inició una actividad comercial la cual implicaba viajar desde dicha ciudad hacia Timaná, La Plata y Neiva. En el curso de estos largos recorridos, su mente halló ocupación en numerosas observaciones que iba registrando cuidadosamente en una "relación de viaje". Años más tarde, al momento de sacar conclusiones y redactar sus escritos, éstas observaciones serían decisivas.

Fue Mutis quien en 1801 sugirió a Caldas se dedicase de preferencia a la botánica. Esta sugerencia fue aceptada al punto de que en una carta dirigida a quien considera su maestro y benefactor en Santafé señala: "me entregue a esta ciencia antes de haberla comprendido". Hasta éste momento de su vida tan solo había recibido las nociones básicas siguiendo el "Curso elemental de Botánica teórico y práctico" de Casimiro Gómez Ortega. En consecuencia, podemos afirmar que su formación corresponde a la del autodidacta, por no haber contado con un orientador permanente, ni haber tenido a mano una adecuada biblioteca; tan solo disponía de las "Tabulae botanicae tournefortianae" y de unas cuantas obras proporcionadas por José Ignacio de Pombo, como la "Explicación de la Filosofía y Fundamentos botánicos de Linneo" de Antonio Palau.

En 1801 Mutis le envía como obsequio la "Philosophia botánica" de Linneo, en la versión de Gómez Ortega, hecho que le reanima y motiva para trabajar con seriedad en el mundo de las plantas. Antes de esto y en relación con la vegetación, Caldas, más que explorador había sido un simple viajero; no obstante, como ser despierto e inteligente, siempre se caracterizó como un observador perspicaz de la naturaleza; para él no había nada insignificante, nada pequeño, nada discordante; miraba el mundo viviente con respeto y atención, como quien examina un libro abierto, tomando nota de las principales especies y reparando especialmente en su distribución altitudinal. Desde 1796 había iniciado en forma consistente sus observaciones sobre los "perfiles de las alturas" y había hecho algunos mapas donde daba especial importancia a las especies útiles y a su nivelación, particularmente en aquellas regiones que repetidamente había recorrido en desarrollo de sus actividades comerciales. Sin embargo, conocía la metodología necesaria para realizar buenas colecciones botánicas. No ignoraba que tipo de notas se debían tomar y como se recolectaban las muestras o esqueletos, y reconocía la importancia de un buen esquema como auxiliar de una descripción en el evento de encontrar una novedad sistemática.

Caldas debió viajar en 1801 a Ecuador con el fin de atender asuntos familiares; en este momento era tal su entusiasmo por la botánica, que a lo largo del viaje y durante su permanencia en Quito prestó más atención a las plantas que a los asuntos legales

que habían motivado su desplazamiento. Sin embargo, consideraba que las partes relativas a la clasificación y a la nomenclatura debían ser dejadas de lado por ser tareas reservadas a los grandes conocedores como Mutis. La incorporación como adjunto o agregado de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada se produce oficialmente en 1802 y para este año ya dispone de un primer manuscrito que remite a Bogotá y que ha sido elaborado sobre las observaciones realizadas en 1801. Se trata de la Memoria sobre la nivelación de las plantas en las vecindades del Ecuador, obra en la que se da especial énfasis al trigo y a las zonas más aptas para su cultivo. También ha elaborado el mapa correspondiente donde se señalan las alturas en las que vegeta cada especie.

Sus metas como adjunto de la Expedición, eran las de recoger la vegetación del reino de Quito con especial atención en las quinas, dejando en segundo término la geografía y demás temas acostumbrados en sus observaciones. Su ansia de conocimientos era tal, que pudo vencer los obstáculos propios de su deficiente formación científica y a través de la lectura, la correspondencia, el estudio permanente de los ejemplares y el esfuerzo personal logró adquirir buenas bases botánicas. Por las limitaciones de sus fuentes bibliográficas y tal vez por la influencia de Mutis se convirtió en un botánico eminentemente lineano, aunque de sus observaciones podemos deducir que alcanzó a entender, a pesar de nunca haberlas aplicado, las ventajas de los sistemas naturales como el de Jussieu. El hecho de que algunas plantas afines quedaran alejadas en el sistema o que plantas relativamente diferentes se agruparan, le permitió deducir las ventajas de los sistemas de clasificación naturales sobre los de tipo artificial, como el sistema sexual de Linneo. No obstante, sus conocimientos estaban acordes con lo estilado en la época, según tres factores determinantes como son el momento histórico en el cual le correspondió vivir, las ideas filosóficas imperantes en el medio en el cual hubo de desenvolverse y los avances tecnológicos propios de su tiempo.

Al enterarse de la inminente llegada de Humboldt y Bonpland, quienes habían dejado a Bogotá y tras remontar el paso del Quindío y pasar por Popayán y Pasto se aproximan a Ecuador, viaja a su encuentro hasta Ibarra. El mismo se produce el 31 de diciembre de 1801. Su relación con los naturalistas europeos fue positiva, en particular por tener acceso a libros muy útiles, y por entonces desconocidos para él, como el "Species plantarum" de Willdenow, que le fue facilitado temporalmente por Bonpland durante la permanencia en Quito; igualmente útil fue compartir algunas excursiones con el botánico galo y recibir de él indicaciones de índole taxonómica que facilitaban el discernimiento entre los géneros y las especies y sobre técnicas curatoriales que facilitaban los métodos de secado y preservación de los ejemplares colectados. Caldas había encontrado en Bonpland a un ser comprensivo y desprevenido, que no sólo le invitó a acom-

El agua + punto o continuación del nombre de la planta indica q' allí... ha habido ya rindes, los límites de la vegetación, punto o la delgada ó encarnada de q' se es el ar. más superior ó inferior según está colocada el nombre de la planta; en su punto hay una línea, el punto perpendicular donde se encuentran los límites de la planta q' se hay en ella.

Nivelación de 30 especies de plantas, puestas sobre la vista occidental de Ambabura, montaña de las cerucas de Yburra, p. 1. de Caldas.

Plantas del Varón	Altura del Varón	Núm. de hojas de pulg. en pulg. del V.	Núm. de las "cont." desde el nivel del mar hasta
16	193.0	249.4	2536.3
17	205.0	269.8	2346.0
18	217	283.3	2087.3
19	229.0	296.9	1848
20	241.0	310.6	1622.8
21	253.0	324.3	1407.7
22	265.0	338.0	1203.7
23	277.0	351.6	1009.4
24	289.0	365.3	823.8
25	301.0	379.0	648.3
26	313.0	392.6	472.8
27	325.0	406.3	307.4
28	337.0	420.0	151.8

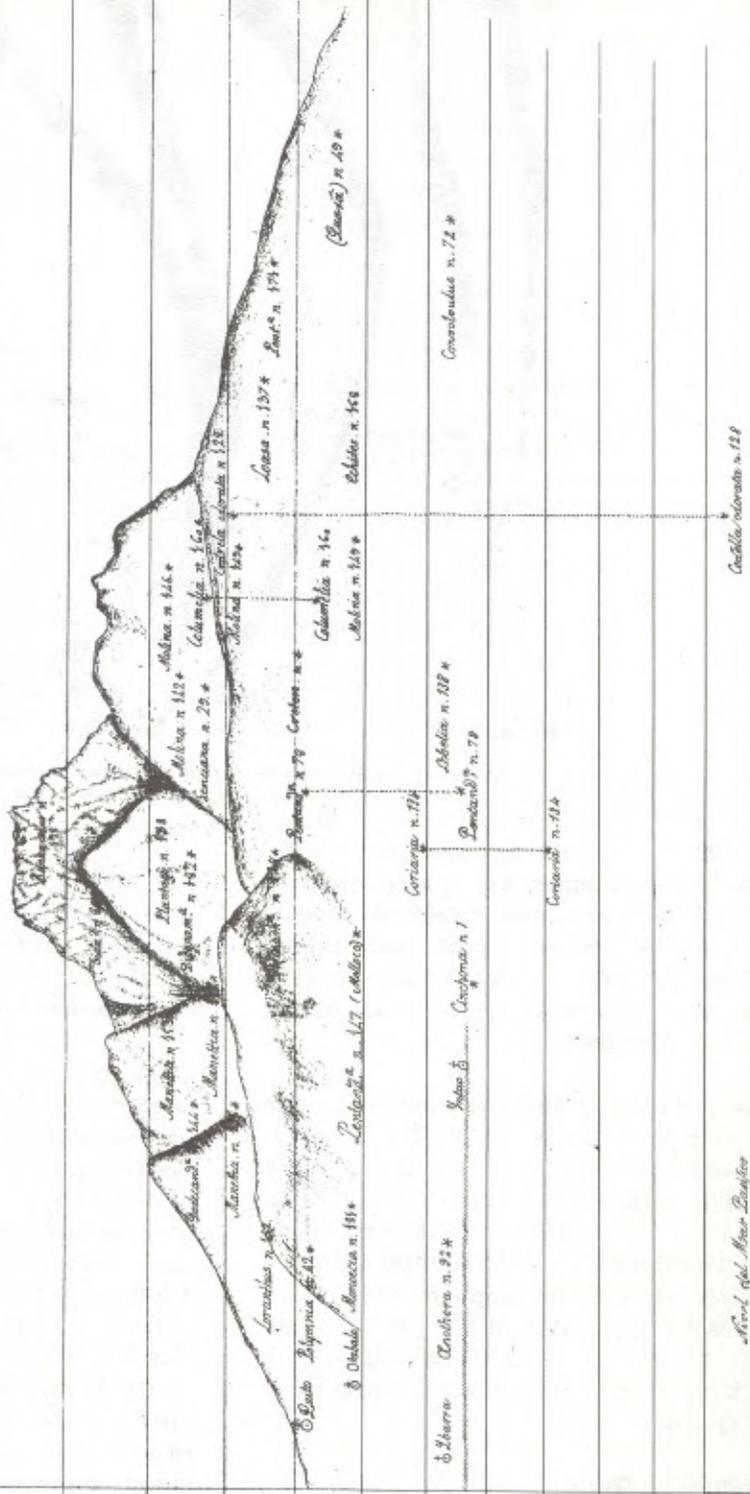


Figura 1. Mapa del flanco occidental del Imbaturo realizado por Caldas en 1802. Nótese la localización de las distintas especies de plantas según su género y número de colección de acuerdo con la altitud y con el lugar de colección. Original en los archivos del Real Jardín Botánico de Madrid.

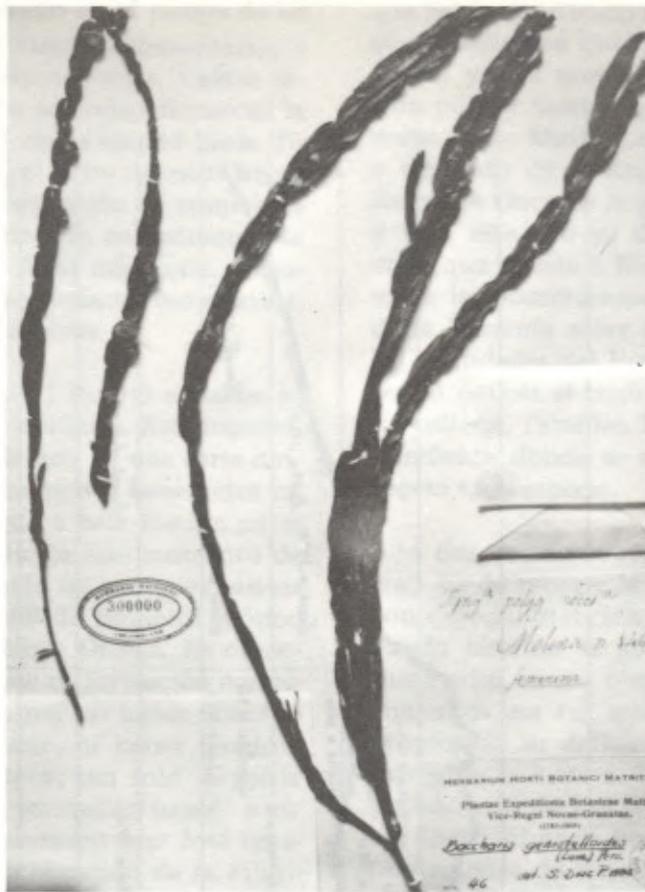


Figura 2. Exsicado de Molina 146 (*Baccharis genistelloides*) herborizado por Caldas en el Imbabura y registrado en el extremo superior derecho del mapa ilustrado en la Figura 1, aproximadamente a 1840 toesas de altitud. La fotografía corresponde al pliego depositado en el Herbario Nacional Colombiano.

pañarle en las herborizaciones, sino que no dudó en desempacar parte de la colección de plantas desecadas para que pudiera conocerla, y de paso pudiera enterarse del tratamiento dado a la misma. A él se refiere Caldas como el "joven botánico que llega y desaparece como un cometa".

La breve pero buena amistad compartida con Bonpland le impulsó a desear unirse a los dos naturalistas europeos en su viaje, ya no hacia el rededor del mundo, sino hacia Perú, México y La Habana. Este entusiasmo se vería frustrado al dañarse las relaciones con Humboldt y al ser reemplazado por Carlos Montúfar, en episodio ampliamente conocido y que no es del caso tratar en esta oportunidad. Este aparente fracaso motivó a Caldas para iniciar en forma individual la exploración y estudio de la Provincia de Quito.

La labor botánica en Quito

Aparte de los ascensos a las principales montañas que rodean a Quito, las excursiones realizadas por Caldas en Ecuador pueden resumirse por años en la siguiente forma: en 1802 realiza un viaje a Ibarra y Otavalo al tiempo que mide los montes Cotacache, Majanda e Imbabura. Tras el ascenso de este último realiza un trabajo pormenorizado que implica una cuidadosa colección de especímenes con su correspondiente descripción y con la ubicación en el mapa de algunas de ellas de acuerdo con la altitud a la que han sido halladas. En 1803 rea-

liza el penoso viaje de Ibarra a Malbucho que le lleva hasta las orillas del océano Pacífico. Levanta un perfil del terreno recorrido y realiza numerosísimas colecciones botánicas. En 1804 viaja en busca de quinas hacia Latacunga, Ambato, Riobamba, Alausí, Cuenca y Loja. Allí no sólo realiza numerosas colecciones botánicas, sino que logra precisar la existencia de cinco especies de quina. Es en ésta oportunidad que acopia la mayor parte de la información que utilizará para redactar la Chinchografía o geografía de los árboles de la quina, obra que luego será corregida y aumentada y servirá de base para complementar la quinología de Mutis. En 1806 y cuando ya reside en Bogotá, realiza una excursión a Zipacón, Anolaima, La Mesa, Melgar, Cunday, Pandi y Fusagasugá con el fin de perfeccionar la información sobre las quinas, tras lo cual afirmaba que ninguna especie había escapado de su observación y que era el único en haber visto en vivo todas las especies americanas de quina. En 1805 se produce el regreso a Bogotá por la vía de Pasto, Popayán, el páramo de Guanacas, La Plata, Timaná y Neiva, la tan bien conocida ruta de sus viajes comerciales de antaño.

Caldas aspiraba hacer mapas topográficos en los que se pudiera ubicar la distribución de las plantas de acuerdo con la altitud. Así lo había manifestado cuando expresaba:

"Desde hace tiempo vengo pensando en una extensa memoria referente al mapa político del Reino, y a fin

de lograr esta obra me esfuerzo tanto como me es posible. Llegará el día en que termine este trabajo para poderlo entregar a Mutis. Cuan grato e interesante fuera si como prefacio de la Flora Bogotana, apareciera un mapa botánico de la Nueva Granada”.

Al enterarse de que Humboldt preparaba su Geografía de las Plantas manifiesta en relación con sus ideas y sus mapas.

“De estas cosas no he mostrado nada al barón, excepto mi mapa de Timaná, uno de mis primeros ensayos”.

Allí expresa su desconfianza por las interpolaciones e indica:

“sólo voy a incorporar lo que realmente he visto con mis propios ojos”.

Con estas metas inicia en forma entusiasta su trabajo como adjunto de la Expedición. Para establecer con mayor exactitud la distribución altitudinal sugiere dividir el tubo del barómetro en 12 fracciones de pulgada comprendidas entre las 16 y las 28 pulgadas, zonas equivalentes al nivel del mar y al límite inferior de las nieves perpetuas. En cada zona de pulgada se deben indicar los vegetales presentes en ella.

Un primer intento de este tipo de mapa ya había elaborado en forma preliminar para los principales cultivos, mapa que va desde el cerro de Guadalupe al oriente de Bogotá hasta el sur del Ecuador. Es lo que hoy llamaríamos un transecto y corresponde a la “Memoria sobre la nivelación de algunas plantas que se cultivan en las cercanías del Ecuador” (1803). Este mapa ligeramente corregido y rectificado se publica en 1809.

Otro propósito de Caldas era herborizar intensamente y aprovechar sus aptitudes como dibujante para pintar las que, de acuerdo con los libros de que disponía, juzgase como nuevas especies. Para estas tareas tan sólo requería abundante papel que le permitiese secar debidamente las plantas. Inicia en forma sistemática su trabajo botánico en Ibarra, concretamente en el Imbabura, cuya cima alcanza el 15 de septiembre de 1802. Al respecto manifiesta:

“En la actualidad mi ocupación principal es la botánica, ya que este es el deseo de Mutis y el plan de trabajo en este campo es vastísimo. Como no dispongo de los conocimientos de un Humboldt o de un Bonpland, me pareció lo más adecuado describir y esquelizar en lo posible, todas las plantas y dibujar aquellas que no figuren en mis escasísimos libros. Un botánico experimentado pasaría por alto lo conocido, pero yo, que apenas reconozco entre tres o cuatrocientos géneros, me encuentro ante un material tan inmensamente rico, que acaso en mis manos no sirva para nada, pero que adquiere orden y forma bajo los ojos de Mutis. El próximo mes de enero saldrá mi primer envío para Bogotá: por lo menos cien esqueletos vegetales, entre los cuales se encuentran, a la luz de los libros de Willdenow, Gmelin, Schreber y de la Flora Peruana, muchos elementos nuevos”.

Con este objetivo y estos ideales, se convierte Caldas en un solitario explorador que recorre entre 1802 y 1805 gran parte del territorio ecuatoriano herborizando cerca de 6.000 especímenes, los cuales estaban acompañados de dos volúmenes de descripciones y observaciones y de cuando menos un folleto con 27 diseños de planta. Como ya se señaló, una de las principales metas durante su permanencia en la Audiencia de Quito era la de investigar las quininas dando especial énfasis a las de Loja, reconocidas como altamente efectivas contra las tercianas. Durante su permanencia en Ecuador conoció a Anastasio Guzmán, botánico y boticario andaluz, formado en la escuela sevillana de Botánica que orientaban Antonio Ramos y Pedro Abat y quien había llegado a Quito en 1801. Guzmán a su vez fue maestro de José Mejía, el primer botánico ecuatoriano, con quien también entró en contacto Caldas y a quien puso en relación con Mutis sugiriéndolo como un buen Agregado, al punto de ser nombrado Adjunto de la Expedición.

Caldas apreció a Mejía quien por la época era ya Profesor de Filosofía, actividad que alternaba con sus estudios en ciencias naturales. Algunas de las excursiones realizadas por Caldas en Ecuador fueron compartidas con Mejía y con Guzmán; de este último guardaba ciertas reservas en cuanto a sus conocimientos, aunque le consideraba como un celoso observador del mundo natural, tanto que colaboró en la difusión del prospecto del “Systema de la Naturaleza”, obra que proyectaba publicar Guzmán por el sistema de suscripción. El nombramiento de Mejía sólo se produjo en forma efectiva en 1806, cuando éste se preparaba para viajar a España, razón por la cual sólo colaboró con la Expedición enviando unas cuantas descripciones, dibujos y exsiccados de plantas.

En diciembre de 1805 se presenta Caldas ante Mutis en Santafé acompañado por una recua de mulas con 16 cargas de materiales destinados a la Casa de la Botánica. Su herbario era una respetable colección de aproximadamente 6.000 exsiccados a la que acompañaban además de los volúmenes de descripciones, mapas y diseños, numerosas semillas y una colección de cortezas de las principales plantas útiles. Entre estas colecciones cabe destacar la serie de “eptipas” o impresiones de las plantas tomadas en vivo sobre papel con la ayuda de una prensa portátil. Estas impresiones fueron de enorme utilidad para ilustrar muchas de las especies ecuatorianas, las cuales no habían sido vistas en vivo por ninguno de los pintores, y sin embargo pudieron ser dibujadas con plena exactitud en cuanto a su forma y proporciones, aunque para los colores debió confiarse en las notas y en los recuerdos de Caldas.

Caldas aspiraba publicar bajo el título de “Flora Quitoensis” los resultados de sus trabajos botánicos en Ecuador. Al respecto dice:

“El único medio de conservar la información acopiada, es la reproducción gráfica. No reclamo que mi

obra sea dibujada con tanta magnificencia como la Flora de Bogotá. Resultan de poca utilidad el esplendor, y si se me permite la expresión, el lujo literario, si lo único que hacen es retardar el avance de la ciencia. Pequeñas y simples hojas de acuarela sin miniaturas y dibujadas sólo en negro bastarían para mis investigaciones de esta (su obra) Mutis únicamente vio 27 plantas, todas tan nuevas y desconocidas para él, que quería incluirlas en su flora”.

En otro informe señala:

“Escribí ya la determinación de las especies en los bosques de Quito, dibujé las plantas, las vi vivas en sus lugares de emplazamiento, las desmenbré; nadie más que yo conoce el herbario de Quito”.

Debe entenderse que en el momento de escribir estas líneas mantenía una clara rivalidad con Sinforoso Mutis, quien había sido señalado por su tío como su sucesor y responsable en la parte botánica de la Expedición, habiéndose limitado la labor de Caldas a las tareas astronómicas. Por eso mismo, en septiembre de 1808 señala en el Memorial al Secretario del Virreinato y Juez comisionado para asuntos de la Expedición:

“A mí se me dijo que yo era un individuo de la Expedición Botánica y no un astrónomo de ella; se me hizo entender que la botánica era mi primera obligación y que la geografía, las observaciones astronómicas, barométricas, etc. ocupaban el segundo lugar: así consta de una de sus cartas y así lo puse en ejecución”.

El desencanto y la reestructuración de las labores

Había llegado Caldas de Ecuador lleno de entusiasmo y todo parece indicar que esa amistad cordial que se había iniciado y mantenido epistolarmente, dejó poco a poco de serlo, agravándose la situación cuando Mutis designa como sucesor en el ramo de la botánica a su sobrino Sinforoso. Las aspiraciones de Caldas estaban fincadas en la botánica y no logró ocupar siquiera la vacante dejada por Zea. Son estas las razones por las cuales se refiere duramente al estado en que quedaron las cosas después de la muerte del director.

“Ahora he penetrado las lagunas y los vacíos que encierra la Flora de Bogotá, ahora he visto que no existen dos o tres palmas, que la criptogamia casi está en blanco enteramente; que las láminas sin números, sin determinaciones, no tienen siquiera un duplicado; que faltan más de la mitad de las negras para el grabado; que faltan muchas anatomías; que los manuscritos se hallan en la mayor confusión; que no son otra cosa que borradores; que 48 cuadernillos hacen el fondo de la Flora de Bogotá; que las demás obrillas que ha emprendido durante su vida no son sino apuntamientos; que el tratado de la quina no está concluido sino en la parte médica; que las descripciones de estas plantas importantes se hallan en borradores miserables

. Yo quiero salvar de esta ruina que amenaza a la Flora de Bogotá siquiera mis trabajos botánicos de la parte meridional del Virreinato

Nada pido contra don Sinforoso Mutis. Yo no quiero elevar mi fortuna sobre las ruinas de otro. Su tío lo puso al frente de la expedición, él sabrá como. Yo quedo satisfecho con que se pongan mis colecciones de Quito bajo mi dirección y que yo solo sea el dueño de organizarlas”.

Esta actitud de Caldas en septiembre de 1808, llena de amargura y frustraciones, se ve ampliamente cambiada en 1810, cuando ya calmados los ánimos se continúan los trabajos de la Expedición y se pretende con muy buen criterio publicar resultados así sean parciales. Es así como en el “Semnario” se dan a la luz varias notas en las que se explican el estado de los trabajos y los planes hacia el futuro y se publican los primeros géneros de la Flora de Bogotá y de las colecciones de Caldas provenientes de Ecuador, descripciones que infortunadamente en la mayoría de los casos no llegaron a ser válidas por no haberse indicado las familias correspondientes, ni señalado material de referencia equivalente a lo que hoy llamamos tipos nomenclaturales. Se pasó por alto el establecer la correspondencia entre las descripciones y los ejemplares de herbario o las láminas de la colección iconográfica.

El 25 de febrero de 1810 Caldas explica con detenimiento en el Semnario, como Sinforoso Mutis ha asumido su papel de nuevo Director y responsable de la parte botánica de la Expedición y se ha responsabilizado de la conclusión de la obra póstuma de su tío a la que ha dado el título de “Historia de los árboles de la Quina”; haciendo honor al nombramiento, se ha dedicado a organizar y publicar la flora. También señala el plan que han adoptado de común acuerdo para dar a conocer los nuevos géneros con las siguientes palabras;

“Ahora se ocupa en la grande obra de la Flora de Bogotá. Los numerosos individuos que la componen, un herbario inmenso, manuscritos voluminosos y desordenados, la falta de los últimos escritos de los botánicos del Perú, de Humboldt, y de los escritores recientes, son otros tantos obstáculos que deben retardar esta obra clásica y deseada de todos los sabios. Pero considerando que las dilaciones han sido funestas a la flora de Bogotá; que Jacquin, la flora del Perú, la de México, Née, Haenk, Humboldt, han arrebatado una parte de sus riquezas; que sus más bellos descubrimientos hechos en épocas muy anteriores a las excursiones de aquellos, ruedan hoy entre otras manos, muchas veces estropeados por la ligereza y la precipitación de sus publicadores, ha creído el encargado de la parte científica, con acuerdo de sus colaboradores, que nada es más interesante que la pronta publicación de los géneros que deben constituir el Florae Bogotensis Prodrum. No se observará en esta publicación ningún orden, ningún sistema. Basta que sea un género nuevo para que vea la luz pública. Este ejemplo nos lo han dado los más ilustres botánicos y recientemente Humboldt y Bonpland. El método, el sistema, el orden se guardará en los prodrum. Ahora se trata de asegurar los géneros que con indecible constancia halló el ilustre Mutis; se trata de que los extranjeros terminen sus conquistas sobre la flora de Bogotá, conquistas que disminuyen la gloria de la Nación y la de Mutis. Al fin de cada memoria aparecerán tres, cuatro o más géne-

- + β *C. foliis oblongo-lanceolatis*, in explicatione subtus scabris villosis, tuberculis, seu pils melifera in axillis nervorum cum nervo, et in *Coffea arabica* corolla alba-zonata.
Habitat in Lora, Milcabamba, Malacatoy, Vista-tinga, Caranuma. In temperatura a 4° ad 18° Reaum., in pressione atmospherica a 20 ad 23 poll., et a 3° 42' ad 4° 40' latitudinis australi crescit et vivit. Vulgo Caranilla fina de Lora. Describit et describit Octobri 1764 F. C.
- + γ *C. foliis rotundis*, glandulis axillaribus: calice coccineo, gemmine longiori: corolla zonata.
Habitat in summis Andium cacuminibus, sub pressione atmospherica a 19 ad 20 poll., et sub latitudine australi 3° 58'. Vulgo Caranilla colorada de Zaaguana. F. C.
- + δ *C. foliis lanceolatis*, glandulis axillaribus magnis; corolla coruleo-violacea.
Habitat in locis, pressione, et temperatura varietatis β. Vulgo Carpilla negra. F. C.
- + ε *C. foliis lanceolatis*, tuberculis axillaribus: corolla rubriolacea: capsula striis duabus dorsalibus majoribus
temperatura varietatis β. Vulgo Chahuarquera. F. C.
- + ζ *C. foliis oblongis*, subtus villosis, petiolo brevissimo: calice coccineo: corolla alba-violacea.
Habitat in Faday, Juglin, et nemorosus Neo-Chonchenis, sub latitudine ~~2° 30'~~ australi 2° 36'. Vulgo Caranilla blanca de Faday. F. C.
- + η *C. foliis oblongis magnis* (a 9 ad 12 poll.): corolla zonata-coccinea.
Habitat in Pinar-pungo, prope Mauri, in Diocesi Neo-Chonchenis, sub latitudine australi 2° 40', pressione 293. linn. Barom., et temperatura a 15° ad 16° Reaum. Vulgo Caranilla colorada de Mauri. F. C.
- + θ *C. foliis oblongis*, petiolo brevi: calice coccineo: corolla violacea.
Habitat in Pan, et Faday prope civitatem Neo-Chonchenis, sub latitudine australi 2° 30', pressione 260 linn. Barom., et temperatura a 10 ad 16 Reaum. Vulgo Caranilla colorada de Faday. F. C.
- + ι *C. foliis obovatis*, apice attenuatis, brevibus: corolla roseo-violacea.
et vinctis una roseo sericeis notata.
Habitat in locis, temperatura et pressione precedenti vulgo Pata de Gallinazo. F. C.
- + κ *C. foliis sub-linearibus lanceolatis*, tuberculis axillaribus corolla zonata.
Habitat in nemorosus, frigidis, et nemorosus Lora provincie, in latitudine, pressione, et temperatura varietatis β. Vulgo Carpilla-hoja de Laguna, et Luzma, quod audit Cinchona spuzia, foliis Luzma, genus ex nomine reatulo a A. L. Jusso constitutum. F. C.
- + λ *C. foliis obovatis*, apice attenuatis, tuberculis axillaribus: corolla violacea.
Habitat in nemorosus, prope civitatem de la Plata, in Novo Regno Granadensi, sub latitudine boreali 2° 24', pressione 288 linn. Barom., et temperatura a 15 ad 19 Reaum. Vulgo Luzma de la Laguna benita. F. C.
- + μ *C. foliis oblongis*, petiolo brevi, tuberculis axillaribus corolla zonata.
Habitat in Lora sub latitudine, pressione, et
Habitat in Sualaco prope Neo-Chonchenis, sub latitudine ^{australis} 2° 40', temperatura, et pressione precedenti. Vulgo Caranilla negra. F. C.
- + ν *C. foliis ovato-ellipticis*, subtus villosis incanis: corolla zonata.
Habitat in locis, temperatura, latitudine, et pressione varietatis β. Vulgo Caranilla hoja de Almirante. F. C.

ros con sus caracteres elaborados sobre los manuscritos de Mutis y sobre las plantas vivas. El carácter genérico estará en la lengua predilecta de los naturalistas; esta lengua, que habló Plinio y que hoy es universal en Europa. La historia, sus usos económicos, médicos, dietéticos se presentarán en nuestro idioma en utilidad del común. De este modo se ha reunido la comodidad de los sabios y del vulgo.

Acordándonos que "*Nommen genericum ut pote non necessari significans arbitrarium idea dare potest*"; que el ilustre Linneo retuvo los nombres de los promovedores de la ciencia, y que religiosamente conservó los de los botánicos ilustres y laboriosos, hemos creído que podemos inmortalizar los nombres de los protectores de la flora de Bogotá y de los que han ayudado a recoger sus materiales. Jamás abusaremos, jamás consagraremos ninguna planta por interés y por adulación. Nuestro manos no ceñirán jamás laureles a la cabeza del poderoso sin mérito, laureles que sólo pertenecen al patriota y al sabio".

De la nota anterior podemos deducir que tanto Caldas como Sinforoso Mutis intentaron corregir la falta de producción escrita y trataron en la medida de sus posibilidades, de validar géneros y especies con la intención de que no se perdiera el acopio de información reunida en cerca de treinta años por el equipo de la Expedición; pero este esfuerzo se perdió. De los géneros descritos por Caldas en el Semanario durante 1810, sólo uno, *Ullucus*, taxón monotípico de las Chaenopodiáceas, quedó como testigo permanente de la actividad botánica del prócer payanés, en tanto que *Consuegria* y *Pombea*, dedicados en homenaje a Sinforoso Mutis Consuegra y a José Ignacio de Pombo, por las razones anotadas previamente, son considerados en la actualidad en la categoría de "Inserte sedis". Suerte similar tuvo el género *Amaria* propuesto por Sinforoso, el cual además resultó ser un sinónimo de *Bauhinia*. En un informe dirigido al Virrey y suscrito por Caldas, éste señala la autoría de un género bautizado con el mismo nombre como propio cuando dice:

"Me he apresurado a describir las pocas plantas que se han pintado de este bello herbario. Vuestra Excelencia verá con placer las plantas más caprichosas y las más bellas en esta pequeña muestra. Tengo muy adelantado el trabajo, y creo que en el discurso de este mes entregaré a Vuestra Excelencia la primera década de las plantas ecuatoriales colectadas desde 1802 hasta 1805 por F.J. de C. La que hace frente a todas ellas es un género nuevo, reconocido como tal por el profundo Mutis, y después confirmado muchas veces por mí. El lleva el ilustre nombre de Vuestra Excelencia.

Yo lo he llamado *amaría*; tiene dos especies: la una, con flores de color de oro, y he nombrado *amaría picta*; y la otra de flores de color violeta, que llamo *amaría violacea*"

Ignoramos si se trata del mismo taxón o si por razones políticas, Caldas cedió este nombre a Mutis-Consuegra para congratularse con el Virrey "inmortalizando el nombre de su protector". Aparentemente se trata de entidades diferentes.

Al producirse el movimiento de emancipación y lograrse la independencia colombiana, los intereses de Caldas pasaron del campo botánico al campo político y militar, y las nuevas actividades apagaron ese entusiasmo por dar a conocer las novedades de sus colecciones. Quedaba así trunco un esfuerzo loable por rescatar y publicar oportunamente los resultados científicos de la Expedición.

La "Geografía de las plantas" vs. la "Nivelación de las plantas".

En un informe presentado al gobierno en 1809 dice Caldas:

"En tercer lugar me ocupo de una fitografía o sea de una geografía de las plantas ecuatoriales, comparada con los productos vegetales de todas las zonas del mundo entero, basada en mediciones y observaciones que desde 1800 se han realizado en las regiones ecuatoriales. Este trabajo planeado a gran escala, se compone de tres partes principales así: la primera dedicada a las plantas medicinales, o sea a la geografía homeopática de las plantas; la segunda a las plantas útiles a la artesanía y la industria; la última al estudio de la geografía de todas las plantas que sirven a nuestra existencia y a la economía, o sea, la geografía general del mundo vegetal, que incluye aquellos productos todavía no aceptados como útiles. Antecede a estas tres partes, a manera de estudio introductorio, una disertación acerca de los grandes fenómenos de nuestra tierra, como son el límite de las nieves perpetuas, el límite de la vida vegetal, la influencia de la temperatura y de la electricidad y en general tantos otros conocimientos que se relacionan con la vegetación de nuestro planeta".

Los objetivos planteados por Caldas en el Semanario en lo que a botánica se refiere, eran los de determinar las zonas cultivables del país; investigar los bosques y llanuras herbáceas; detectar los productos útiles y valorar los productos de nuestra agricultura. A estos se añaden las inquietudes sobre la nivelación de las plantas, las cuales habían surgido a través de las observaciones realizadas durante los viajes y particularmente durante los ascensos a los páramos, así como de su interés por establecer mediciones barométricas. La combinación de estos dos puntos de interés le condujeron directamente al planteamiento de la nivelación. De este trabajo se alcanzaron a levantar nueve perfiles andinos, la mayoría orientados hacia la ubicación altitudinal de las especies útiles.

La nivelación de las plantas tal como la concebía Caldas es un antecedente interesante de la Geografía de las plantas de Humboldt pero no equivale exactamente a la geobotánica. Es más, Caldas no pretendía competir con Humboldt y de hecho había deducido antes del viaje de éste a la Nueva Granada la correlación entre la altitud y la distribución de las especies. Su concepción era diferente y estaba orientada hacia las plantas útiles, en tanto que la de Humboldt cubría la totalidad de los vegetales. Lo que sí podemos asegurar es que ambos naturalistas se sorprendieron al descubrir que otra perso-



Figura 7. Carátula del álbum de 27 láminas policromas realizado por Caldas y conservado en los archivos del Real Jardín Botánico de Madrid.

na investigaba tópicos similares. Quizás el primer sorprendido fue Caldas, quien no había dado mayor importancia a sus deducciones y observaciones, y el contacto con Humboldt le proporcionó una nueva dimensión de su trabajo, al punto de extender las observaciones a la totalidad de las plantas y hacer más sistemáticas sus anotaciones, como ocurre con el levantamiento del Imbabura, donde anotó cuidadosamente la ubicación de cada una de las especies y herboriza material testigo que guarda cuidadosamente numerado en sus herbarios. En el mapa correspondiente están registradas las especies por su nombre genérico y por el número de colección, número que aún se conserva en algunos de los exsiccados del que fuera el "Herbario de las plantas ecuatorianas" o herbario de Caldas.

La sorpresa de Humboldt también debió ser grande al descubrir que en el norte de los Andes, un aparente desconocido había realizado observaciones sobre la nivelación de las plantas y tenía mapas representativos de las mismas, constituyéndose así en un aparente rival de sus descubrimientos. Humboldt había iniciado sus observaciones geobotánicas en las montañas europeas y poseía datos originales tomados en las Islas Canarias durante su ascenso al Teyde, los cuales adquieren importancia al poder ser comparados con las observaciones llevadas a cabo en los Andes. Entre los motivos aducidos para escoger la ruta de Bogotá, era el primero, conocer a Mutis, famoso por su amistad con Linneo y examinar sus herbarios; el ascenso hacia Bogotá y el cruce de los Andes le proporcionan una nueva dimensión y permiten completar el cuadro de sus observaciones. La sorpresa de encontrar a Caldas y

conocer el cuadro de sus observaciones debieron ser motivos para acelerar la publicación de la Geografía de las Plantas, la cual aparecerá prontamente publicada (1807).

Humboldt había enviado a Mutis una versión preliminar de su Geografía en 1802; muerto Mutis en 1808, la misma salió a la luz en 1809 en traducción de Jorge Tadeo Lozano. La publicación se hizo en el Semanario y el propio Caldas se encargó de su presentación anunciándola como una obra importante, llena de datos basados en observaciones originales y que en conjunto mostraba un cuadro grandioso de los Andes. Tan sólo advirtió como, en honor a la verdad, debía añadirle unas cuantas notas explicativas. Es indudable que Caldas no se consideró desplazado en este campo ni adujo haber sido asaltado en sus datos o en su buena fe, aparte de no haber mostrado al geógrafo alemán la totalidad de sus observaciones durante el encuentro en Quito. Las observaciones de Caldas eran muy locales y carecían de las vastas miras filosóficas que él mismo había encontrado en la obra de Humboldt. De su parte, éste último aprendió de Caldas un novedoso — aunque no del todo original — sistema de determinación de la altitud utilizando como patrón la ebullición del agua, y valoró su iniciativa, su capacidad deductiva y su sed de conocimientos.

Pérez Arbeláez señala como la "Geografía de las Plantas" es la más original contribución a la ciencia hecha por Humboldt, y como ésta obra se debió a su paso por los Andes de la América Equinoccial y al intercambio de ideas con Mutis, con Caldas y con otros miembros de la Expedición. Su contexto,

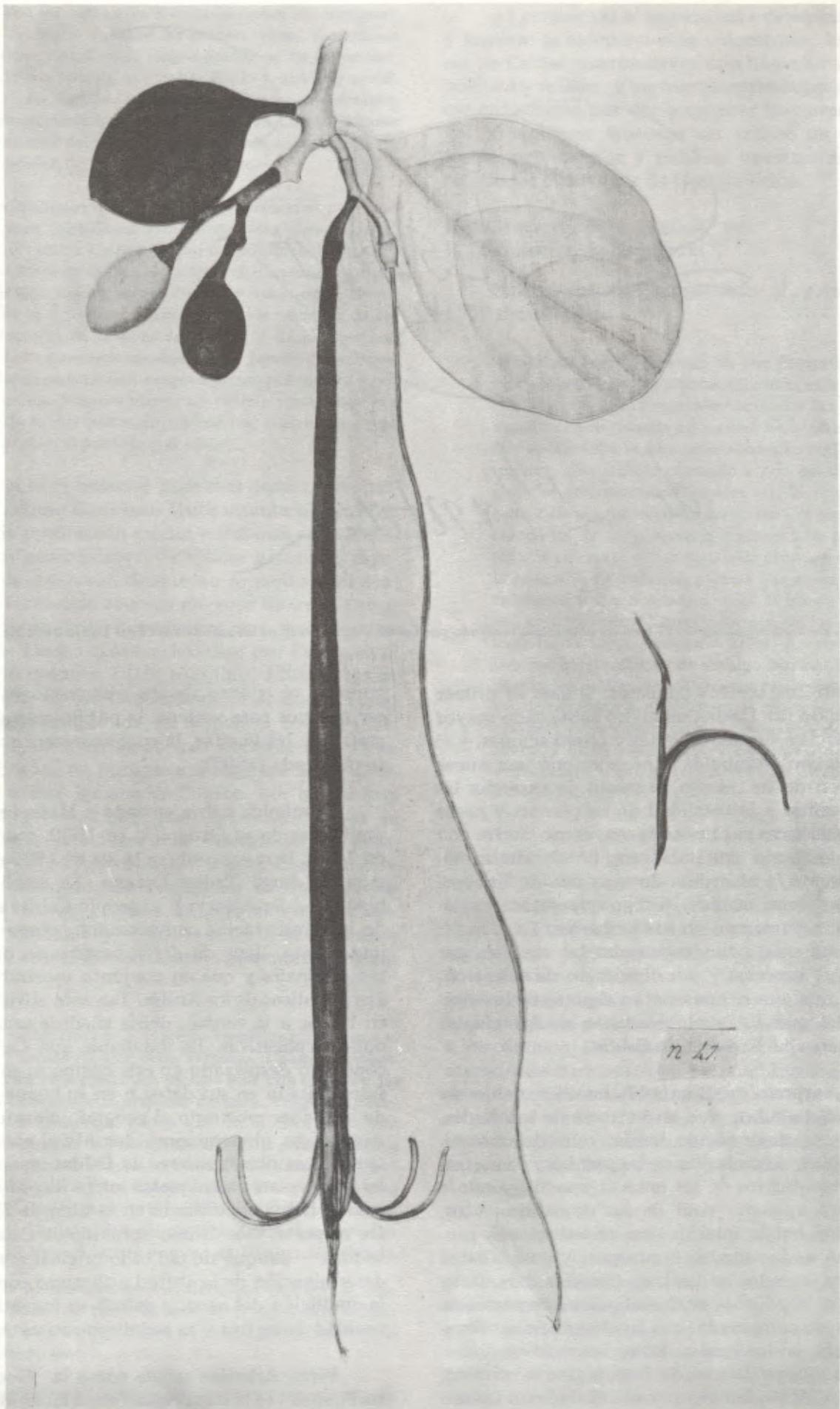


Figura 8. Lámina No. 47 del álbum de diseños de plantas elaborado por Caldas y correspondiente a *Aethanthus dichotomus*. El Original iluminado en colores se conserva en los archivos del Real Jardín Botánico de Madrid.

sus relaciones ideológicas ponen de presente que la obra nació en Santafé y que por eso fue dedicada al "patriarca de los botánicos", el Sr. Mutis. Existe pues un compenetramiento de ideas que llevó a Pérez a calificarla como la obra más colombiana de toda la bibliografía humboldtiana, por haber sido fruto de su paso por nuestra cordillera. Aceptando este acerto, podemos concluir que Humboldt, más universal en sus experiencias, menos cauto en sus abstracciones y razonamientos, más vinculado al mundo científico y con mayores facilidades editoriales terminó cosechando buena parte de los frutos del trabajo realizado entre 1783 y 1801 por los naturalistas neogranadinos.

El influjo del clima sobre los seres vivos, primeras observaciones de tipo ecológico

A esta obra de Caldas publicada en 1808 se le ha prestado menor importancia de la que realmente tiene. De su contenido podemos deducir que el prócer payanés fue un verdadero precursor de la ecología. Para él, clima y ambiente eran expresiones idénticas, y fue él el primero en nuestro medio en prestar tanta atención al medio ambiente, aunque tímidamente y como precursor del tema, restó importancia a algunas de sus observaciones. Claramente decía:

"Por *clima* entiendo, no solamente el grado de calor o frío de cada región, sino también la carga eléctrica, la cantidad de oxígeno, la presión atmosférica, la abundancia de ríos y lagos, la disposición de las montañas, las selvas y los pastos, el grado de población o los desiertos, los vientos, las lluvias, el trueno, las nieblas, la humedad etc. La fuerza de todos estos agentes poderosos sobre los seres vivientes, combinados de todos modos y en proporciones diferentes, es lo que llamo *influjo del clima* Si los hombres son diferentes, la vegetación de nuestros Andes parece que toca en los extremos. En el corto espacio de 10 leguas halla el botánico observador plantas análogas a las de Siberia, plantas semejantes a las de los Alpes, la vegetación de Bengala y la de Tartaria septentrional. Basta descender 5.000 varas para pasar de los musgos del polo a las selvas del Ecuador. Dos pulgadas de más en el barómetro hacen mudar la faz del imperio de la flora Nuestros animales están también distribuídos por el calor y el frío. ¡Que diferentes son los moradores de las selvas del Orinoco y del Chocó, comparados con los que habitan las faldas, y los de la cima de nuestra cordillera! Que se recorra el globo, que se suba a las cimas o se baje a los valles, que se examinen los bosques y se pase revista a todos los animales; que el hombre mismo se sujete a este examen: en todas partes, en todos los seres, se halla profundamente grabado el sello del calor y del frío; no hay especie, no hay individuo en toda la extensión de la tierra que pueda sustraerse al imperio ilimitado de estos elementos; ellos los alteran, los modifican, los circunscriben;"

Con estos planteamientos, Caldas estaba exponiendo los principios básicos o conceptos generales de la ecología, tal como se pueden aplicar en forma amplia y sin referirse a un grupo de organismos en particular. Son principios lógicos que abarcan el

complejo ambiental global, tras los cuales expone ideas y conceptos ya referidos a casos concretos.

No podemos afirmar categóricamente que Caldas descubrió lo que actualmente conocemos como ecología. Las obras de Aristóteles, Hipócrates y otros filósofos de la cultura griega contienen información que hoy calificaríamos como de carácter ecológico. Fue Haeckel en 1869 quien primero empleo la palabra ecología en su sentido actual, pero el desarrollo de esta rama de la biología apenas arranca con el presente siglo y es sólo a partir de su segunda mitad que dicha palabra entra a formar parte del vocabulario general. Lo que si podemos afirmar, es que Caldas, fue quizás el primero, o por lo menos uno de los primeros, en plantear seriamente las relaciones de los organismos con su medio ambiente, acercándose muchísimo a la concepción moderna de la ecología.

Las cortezas, Chinchografía vs. Quinología

Quizas el principal propósito de Mutis al hacer adjunto de la Expedición a Caldas durante su residencia en Ecuador, fue el de que realizara observaciones de primera mano en relación con las quinas y particularmente con las de Loja. El primer resultado de esta tarea es la "Chinchografía o geografía de los árboles de la quina" presentada oficialmente al Virrey; en ella se consideran las especies en relación con su medio y con su distribución altitudinal, tratando de resolver una serie de interrogantes relativos a sus lugares de desarrollo espontáneo, y a las zonas aptas para introducir o fomentar su cultivo.

A este trabajo siguieron otros más completos pero del mismo corte como los titulados "Reconocimiento de las quinas del Nuevo Reino de Granada y de Quito, lugares óptimos para el cultivo" y "Memoria sobre el estado de las quinas en general y en particular sobre las de Loja". Como ya se indicó, Caldas era quizás el único en haber visitado en casi su totalidad, las áreas de crecimiento y cultivo de las quinas, y tan sólo él había observado en vivo todas las especies. Ya en Bogotá se cuidó de que se ilustraran o concluyeran las que hacían falta dentro de los materiales de la Expedición.

Mutis nunca concluyó la quinología y tan sólo publicó en 1793 en el Papel periódico de Santafé bajo el título del "Arcano de la Quina" una primera parte cuyo contenido es exclusivamente botánico-químico y con alcances terapéuticos. Tras su muerte, su sobrino Sinforoso, tomó como suya la tarea de concluir la Quinología, obra en la que conservó la autoría de su tío y que fue presentada bajo el título de "Historia de los árboles de la Quina". Es necesario reconocer el mérito de Mutis-Consuegra, quien rehizo, completó y llevó a término esta obra, como también es necesario reconocer que Caldas participó activamente en esta labor, aportando valiosa información obtenida a lo largo de sus viajes, tanto al sur del Ecuador, como en las cercanías de Bogotá, Pandi y Fusagasugá. El prime-

ro en hacer este reconocimiento fue Triana, quien luego de estudiar cuidadosamente todos los materiales de la Expedición durante el proceso de redacción de sus "Nouvelles études sur les quinquinas" señala como la Quinología de Mutis, arreglada y completada por Sinforoso, lo fue con base en los datos de Caldas.

En el "Influjo del Clima", Caldas ratifica la existencia de las cuatro especies de quina señaladas por Mutis y en nota de pie de página indica lo siguiente:

"Bien sabemos que este número alarmará a los botánicos que se lisonjan de poseer ya sesenta especies en el género *cinchona*. Pero cuando Europa vea las observaciones profundas y detenidas del ilustre Mutis; cuando sienta la confusión y el desorden en la nomenclatura; cuando los labios se vean precisados a implorar con Vahl la ciencia de Edipo para distinguir las especies, estas especies formadas, no por la naturaleza, sino por la temperatura y por el nivel, entonces confesará que no existen sino cuatro primitivas, que los pelos, el tamaño y aun las formas de las hojas, las tintas, le escala, etc., que han deslumbrado a botánicos poco experimentados, no constituyen especies, y que esos sesenta individuos son la obra del calor, de la presión atmosférica, de la altura y en una palabra, del clima".

Caldas tenía razón en cuanto al número de especies y a la variación de las mismas como la tuvo Mutis, refiriéndose al género *Cinchona*, pero lamentablemente las cuatro especies (*C. lancifolia*, *C. oblongifolia*, *C. cordifolia* y *C. ovalifolia*) pasaron a la sinonimia por haber sido previa y validamente publicadas por Linneo en 1753 y por Vahl en 1790.

Evaluación final

Varios han sido los intentos realizados para reconocer los méritos de Caldas como botánico mediante la dedicación de un género que perpetúe su nombre. Todos han resultado fallidos. El género *Caldasia* Mutis ex Willdenow propuesto para las polemoniáceas resultó ilegítimo por ser sinónimo de *Bonplandia* previamente propuesto por Cavanilles; *Caldasia* Mutis in Caldas publicado en 1810 pasó a la categoría de "nómina regicienda" por carecer de tipo nomenclatural; este género de balanoforáceas lleva como nombre válido *Helosis* L.C. Richard, el cual fue publicado 12 años más tarde respaldado en lo que hoy denominamos "nomina conservanda". Un tercer género *Caldasia* para las umbelíferas fue propuesto por Lagasca en 1821 pero corrió con la mala suerte de estar ya invalidado. En 1944 Cuatrecasas en un deseo de hacer justicia al naturalista payanés propuso el género *Neocaldasia* con tan mala fortuna que escogió para sus propósitos una especie que pertenecía al género *Gongylolepis* Shomburk, invalidándose así el nombre *Neocaldasia*. Finalmente el mismo Cuatrecasas en 1968 logró perpetuar un nombre, esta vez *Floscaldasia*, para un género de la familia de las asteráceas. El Boletín del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, entidad conti-

nuadora de los trabajos de la Expedición aparece desde 1940 y se honra de llevar el nombre *Caldasia*. En octubre de 1986, al cumplirse 50 años de la creación del Instituto de Ciencias, se selló el ejemplar número 300.000 del Herbario Nacional Colombiano, escogiéndose para ello una de las plantas recolectadas por Caldas en las faldas del Imbabura.

Han sido los anteriores no simples convencionalismos para bautizar plantas o revistas, sino verdaderos homenajes para hacer justicia a un buen naturalista, un destacado botánico y un excelente observador de la naturaleza que aportó nuevos conocimientos, quizás sin valorar la importancia de sus contribuciones. Nos quedan como herencia científica de Caldas en el campo de la botánica, un herbario excelente, que para no constituir la excepción, no lleva la numeración de quien lo hizo, ni se distingue con su nombre. Algunas de las plantas por él colectadas pueden ser identificadas por algunos datos que se conservan en las etiquetas o por constituir endemismos propios de las zonas recorridas durante su permanencia en Ecuador, pero la totalidad está refundida con el resto de la "Colección Mutis" en herbario de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, el cual fue reenumerado en una secuencia indefinida por Killip en 1929.

Igualmente queda una serie de escritos originales, interesantes y en su tiempo novedoso, donde Caldas dejó testimonio de sus conocimientos, deducciones y razonamientos, muchas veces innovadores; infortunadamente, por no haberse difundido en forma oportuna, o por haber quedado relativamente perdidos, no ingresaron al mundo científico en forma adecuada con lo que perdieron su vigencia. De todos ellos, vale la pena destacar sus observaciones de primera mano sobre las quinas y sus escritos sobre la nivelación de las plantas y sobre la influencia del clima en los seres vivos. Su actividad como botánico, abandonada del todo en 1810, tan solo cubrió cerca de diez años; aparte de sus escritos, del herbario de plantas ecuatorianas y de cuidadosas observaciones sobre las quinas, a él se debe en buena parte la reorganización de las colecciones (herbarios, icones etc.) de la "Casa de la Botánica", la elaboración de muchas láminas de plantas y el empeño por dar a conocer las novedades y descubrimientos de la Expedición. Si Caldas hubiese sido tan sólo un botánico, si no se hubiera desempeñado con éxito en otros campos del saber o de la actividad política, sus aportes en la "ciencia amable de las plantas" habrían sido suficientes para ganarle un lugar destacado en la historia de nuestro país y en particular en el de su desarrollo científico.

Agradecimientos

Manifiesto mi agradecimiento a las directivas y al personal del Real Jardín Botánico de Madrid por la colaboración prestada y por autorizar la publicación de material a sus archivos.

Bibliografía

- Acad. Colomb. Cienc. (Eds.)** 19. Cartas de Caldas. Bogotá. 428 pp.
- Batemán, A.** 1969. Francisco José de Caldas. Síntesis biográfica. Colección Bolsilibros Academia Colombiana de Historia, Bogotá. 112 pp.
- Caldas, F.J.** 1966. en Obras Completas de Francisco José de Caldas, publicadas por la Universidad Nacional de Colombia como homenaje con motivo del sesquicentenario de su muerte. Bogotá, 532 pp.
- Colmeiro, M.** 1958. La botánica y los botánicos de la Península Hispano-Lusitana. Estudios bibliográficos y biográficos. Madrid. 220 pp.
- Díaz, S.** 1983. Mutis y la Botánica en Colombia en Pinto, P. & S. Díaz (Eds.) José Celestino Mutis 1732-1982. 155-172. Biblioteca José Jerónimo Triana 1, Univ. Nacional Bogotá.
- . 1984. José Celestino Mutis y la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 15 (59): 19-29.
- . 1986. Aspectos metodológicos de la actividad taxonómica adelantada por los integrantes de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1816). Anales Jard. Bot. Madrid 42 (2): 441-450.
- . 1990. Don José Triana y la obra de Mutis. Boletín de Historia y Antiquedades 77 (771): 973-1001.
- . 1991. Hermann Schumacher y la historia de la Ciencia en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 183-189.
- . 1991. La Botánica en Colombia, hechos notables en su desarrollo. Colección Enrique Pérez Arbeláez 6. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Santafé de Bogotá, 126 pp.
- Estrella, E.** 1988. José Mejía, primer botánico ecuatoriano. Colección Historia de la Ciencia 1. Quito. 100 pp.
- Humboldt, A.** 1982. Extractos de sus diarios en Alexander von Humboldt en Colombia. Acad. Colomb. Cienc. & Acad. Cienc. DDR. Bogotá, 142 pp.
- Humboldt, A. & A. Bonpland.** 1985. Ideas para una geografía de las plantas más un cuadro de la naturaleza de los países tropicales. Jardín Botánico José Celestino Mutis, Bogotá, 180 pp.
- Mendoza, D.** 1909. Expedición Botánica de José Celestino Mutis al Nuevo Reino de Granada y memorias inéditas de Francisco José de Caldas. Lib. Victoriano Suárez Madrid 300 pp.
- Mutis, J.C.** 1793. El Arcano de la Quina. Revelado a beneficio de la humanidad. Discurso que contiene la parte médica de la Quinología de Bogotá, y en que se manifiestan los yerros inculpalemente cometidos en la práctica de la Medicina por haberse ignorado la distinción de las cuatro especies oficiales de este género, sus virtudes eminentes y su legítima preparación: conocimientos que ofrecen el plan de reforma en la nueva práctica de esta preciosa corteza. Papel Periódico de Santafé de Bogotá. Edición facsimilar, Bogotá, Banco de la República. 3: 285-604.
- Pérez, E.** 1959. Alejandro de Humboldt en Colombia. Ed. Ecopetrol Bogotá, 270 pp.
- Pombo, L.** 1958. Francisco José de Caldas, biografía del sabio. Suplemento Rev. Acad. Colomb. Cienc. 9-49.
- Schumacher, H.A.** 1986. Caldas, un forjador de Cultura. Ecopetrol, Bogotá. 260 pp.
- Triana, J.** 1870. Nouvelles études sur les quinquinas d'après les matériaux présentés en 1867 à l'Exposition Universelle de Paris et accompagnés de fac-similés des dessins de la Quinologie de Mutis suivies de remarques sur la culture des quinquinas. Commission chorographique des Etats-Unies de la Colombie (Nouvelle Grenade). Paris (F. Savy).

SANTANDER Y LA ACADEMIA NACIONAL*

por

Javier Ocampo López**

Resumen

Ocampo López, J.: Santander y la Academia Nacional. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 383-388, 1992. ISSN 0370-3908.

Se analiza la obra del General Francisco de Paula Santander en pro de la ciencia, la educación y la cultura, destacando el proceso ideológico que condujo a la creación en 1826 de la Academia Nacional de Colombia, entidad destinada a fortalecer, fomentar y propagar en la naciente república el conocimiento, las artes, las ciencias, la moral y la política. En 1832 el propio General Santander reorganizó la Academia con la meta de establecer el imperio de la verdad e inculcar en las nuevas generaciones el espíritu de las ciencias y las humanidades.

Abstract

This paper analyzes the work of General Francisco de Paula Santander in fomenting science, education and culture in Colombia. The ideological process leading to the creation in 1826 of the National Academy of Colombia is highlighted. This entity was destined to strengthen, stimulated, and disseminate knowledge of the arts, sciences, moral precepts, and politics in the fledgling republic. In 1832 General Santander himself reorganized the Academy to establish the supremacy of truth and inculcate in future generations the spirit of inquiry in the sciences and humanities.

LA ACADEMIA NACIONAL de la Nueva Granada se organiza para "establecer el imperio de LA VERDAD en esta naciente República, afianzarlo y conservarlo perpetuamente" "... debemos marchar con el siglo, concurriendo a comunicar a nuestros compatriotas las verdades útiles, que hacen desarrollar la civilización intelectual, industrial y política ...".

Así hablo el Presidente del Estado de la Nueva Granada, General Francisco de Paula Santander, cuando instaló la Academia Nacional en el año de 1833, fortaleciendo la que se creó oficialmente mediante la ley del 18 de marzo de 1826.

* Conferencia pronunciada durante la sesión pública realizada el 22 de abril de 1992 como acto conmemorativo del bicentenario del natalicio del General Francisco de Paula Santander.

** Presidente de la Academia Boyacense de Historia, Tunja.

En la Historia de las Sociedades existen grandes personalidades cuyo pensamiento y acción se convierten en los pilares de la estructura sólida de la nacionalidad, y cuyas fuerzas de idea-acción, señalan el camino hacia la meta del progreso y la prosperidad, a las generaciones en su continuo devenir. Es el ejemplo del General Francisco de Paula Santander, el arquitecto de la nacionalidad colombiana, "el Hombre de las Leyes" y el organizador de la victoria y del Estado de Derecho en el nuevo Estado Nacional. Con inmensa emoción y gratitud patriota, los colombianos celebramos con orgullo, el BICENTENARIO DEL NACIMIENTO de nuestro prócer nacional. El alma colectiva de Colombia lo recuerda por su legado civilista y legalista, tan

necesario ahora en estos años de la CRISIS NACIONAL.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en su homenaje a nuestro prócer nacional, me ha encomendado la misión de disertar hoy sobre el tema: *Santander, Fundador de la Academia Nacional*. En su creación, que fue para él una verdadera obsesión, se manifiesta la culminación de un proceso ideológico en la estructura dinámica de su pensamiento y acción, y que es la micro-dinámica de su momento histórico: *la organización y culminación de la independencia; el ordenamiento jurídico y consolidación del Estado Nacional integrado*, que recoge el esfuerzo del "Hombre de las Leyes"; el establecimiento y conformación de *la Educación y la Cultura*, como la primera empresa del Estado; y la búsqueda de *la inter-americanidad* para mantener la paz, la solidaridad y la inter-relación de todos los países de Norte, Centro y Suramérica.

Para los libertadores era necesario *libertar a un pueblo y culminar la independencia* contra la opresión y la dependencia de tres siglos de coloniaje hispánico. La guerra se convirtió en el medio necesario para obtener la libertad y la independencia; en una década entre 1810 y 1819, Santander realiza una intensa vida militar que culmina en la Campaña Libertadora de 1819, en la cual se destaca como "el organizador de la victoria".

Para la consolidación de un nuevo Estado Nacional, era indispensable *institucionalizar* u ordenar, siguiendo las directrices ideológicas-políticas de una *Democracia republicana*. Un gobierno regido por la constitución y las leyes como fundamentos para la consolidación de la paz y la libertad. "Las armas os han dado independencia, las leyes os darán la Libertad"; es la idea del General Santander, que expresó en la proclama del 2 de diciembre de 1821. Y otras ideas santanderistas: "Las acciones sólo son legítimas cuando proceden de la LEY" (Carta a Bolívar, mayo 10 de 1824); y "Espantosa época para un pueblo donde no hay leyes, ni garantías, y donde la voluntad del magistrado ofendido es la ley suprema".

En esta etapa de la institucionalización y del ordenamiento, característica de *la Gran Colombia*, Santander se manifiesta como "El Hombre de las Leyes", cuyo ideario civilista, es la expresión de la "colombianidad": del espíritu de un pueblo que sigue los lineamientos de un "Estado de Derecho", regido por la constitución y las leyes y estructurado alrededor del *Demoliberalismo*, el sistema de ideas políticas de la Ilustración, con el cual se estimuló la Revolución de Independencia de los países americanos y el surgimiento y consolidación de los nuevos Estados Nacionales.

Este espíritu civilista del "Hombre de las Leyes" se proyectó en todos sus esfuerzos hacia la consolidación de *la Gran Colombia*, el estado inte-

grado con Venezuela, Nueva Granada y Ecuador, el de mayor poder en Hispanoamérica en la Década de los Veinte en el siglo XIX; quien administró los recursos necesarios que permitieron los grandes triunfos del Ejército Libertador en la liberación de Venezuela, Nueva Granada, Ecuador, Perú y Bolivia; quien organizó la Hacienda Pública, la Educación Pública, las Relaciones Exteriores; y en síntesis, quien con sus ideas y acciones señaló el camino civilista de Colombia hacia la consolidación nacional.

Una tercera fase en su pensamiento y acción, es la *consoliación de la educación y la cultura*, como primera empresa del Estado. Santander tuvo pasión por el fortalecimiento de la cultura; el consideraba que la prosperidad de los pueblos depende de un buen sistema de educación pública y de la proyección de *un espíritu cultural como filosofía nacional*. Según sus ideas cuando presentó el plan de estudios de 3 de octubre de 1826: "... Sin un buen sistema de educación pública y enseñanza nacional, no puede difundirse la moral pública y todos los conocimientos útiles que hacen prosperar a los pueblos"; y esta otra idea: "El triunfo sobre la ignorancia es muy brillante y glorioso y prepara la felicidad de los pueblos que cuando más ilustrados, conocen mejor sus derechos y se hacen más dignos de su libertad" (1).

El General Francisco de Paula Santander consideró que la educación pública, universal, libre y obligatoria y la consolidación de la cultura nacional, son los fundamentos para alcanzar la felicidad y el progreso de nuestros pueblos. Organizó la educación primaria, media y universitaria, la educación para los indígenas y eliminó la discriminación racial, social y de sexos para la educación en todos los niveles. Santander pensó en el fortalecimiento de la educación en las provincias para consolidar la nación; y consideró importante la organización de las Escuelas Normales para la formación de los Maestros. Estimuló la inclusión de las artes y las ciencias experimentales en los planes de estudios y el fortalecimiento de las carreras de jurisprudencia, medicina, filosofía y teología, tanto en las universidades centrales, como en las provinciales.

Santander estuvo siempre convencido de que un pueblo llega a la meta del progreso y el bienestar solamente por el camino sólido de la educación y la cultura. Por ello su interés en la creación y organización de la Academia Nacional de Colombia, que nació mediante la Ley del 18 de marzo de 1826; era la culminación de su proceso ideológico, que va desde la organización de la victoria, la institucionalización civilista y la consolidación de la educación y la cultura. Fue su interés, reunir lo más selecto de la intelectualidad grancolombiana de científicos, juristas, historiadores y letrados, en una *sociedad científica, literaria y educativa*, establecida con autoridad pública y creada a través de la ley nacional.

El Vice-Presidente de la Gran Colombia recordaba ese espíritu clásico de Grecia, cuando en el

jardín de Academio, el filósofo Platón reunió a sus discípulos, y entre ellos a Aristóteles, quien en su obra "Politeia" señaló a los dirigentes y caudillos de las sociedades, que "la primera empresa del Estado debe ser la Educación". Santander en su biblioteca particular consultó esa obra clásica del estagirita y la aplicó a su obra educativa para la formación integral de las nuevas generaciones. ACADEMIA para la cultura y la educación se convertiría según sus anhelos en la fuerza integradora de la intelectualidad gran colombiana y en la piedra angular para la formación de las nuevas generaciones.

El interés por la creación de las *Academias como sociedades oficiales* para la agrupación de los intelectuales, letrados, científicos y artistas aparece en Europa en el Renacimiento. Sus raíces históricas las encontraron en la Academia platónica de Grecia y en los círculos literarios de la Edad Media, que agrupaban a los escritores, en torno a sus Mecenas.

En los siglos XVI y XVII fueron creadas varias Academias en Italia. En Florencia se creó la Academia de Crusa en 1582, para la depuración de la lengua literaria. Las Academias de Linceos en Roma (1663) y Cimento en Florencia (1657) se dedicaron a la ciencia, en un siglo cuando los métodos científicos y la experimentación se difundieron en el mundo científico europeo.

La primera Academia Nacional oficial fue creada en Francia en el siglo XVII, cuando la política centralizadora y unificadora del Cardenal Richelieu convirtió la sociedad de científicos, intelectuales y letrados en la ACADEMIA FRANCESA; así mismo aparecieron las Académicas de Ciencias, Artes y Arquitectura. En 1657 fue fundada en España la llamada *Academia Natural Curiosorum*, que fue sustituida por la Academia de Ciencias Naturales y en el siglo XIX, por la *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.

En el siglo XVIII, las Academias se generalizaron en Europa, principalmente *las Academias de Ciencias*, precisamente en un siglo de la Ilustración, el racionalismo y la experimentación. En el año 1700 el Rey Federico I de Prusia fundó la *Academia de Ciencias* de Berlín; en el año 1714, el rey Felipe V fundó en Madrid la *Real Academia Española*; y en el año 1739, se creó la *Academia Real de Ciencias* en Estocolmo, y en el año 1786, Gustavo III fundó la *Academia Sueca*; y en Rusia, Pedro el Grande fundó la Academia de Ciencias de San Petersburgo en 1725.

En el Nuevo Reino de Granada, los orígenes académicos se encuentran en la Expedición Botánica y en las Tertulias Literarias que se organizaron en Santafé en los finales del siglo XVIII: *el Casino de Literatos* alrededor del Precursor Don Antonio Nariño; *la Tertulia Eutropélica*, fundada por don Manuel del Socorro Rodríguez y *la Tertulia del Buen Gusto*, presidida por doña Manuela Santama-

ría de Manrique. Estas tertulias unieron a los intelectuales granadinos, alrededor de sus intereses y aficiones.

En el año 1817, el Virrey Juan Sámano, en plena época del Terror ordenó que los médicos residentes en Santafé se reunieran cada mes "a conferenciar sobre medicina, cirugía, farmacia y química y a perfeccionar con la discreción, los conocimientos científicos que poseyeran; fue el origen realista de la Medicina. Fue el primer centro científico aprobado por el Gobierno, aunque su existencia fue fugaz y no hizo ningún trabajo científico (2).

El Congreso de Colombia, mediante la Ley del 18 de marzo de 1826 creó la Academia Nacional de Colombia. Fue el General Santander quien le dio el gran impulso a la Academia Nacional para su nacimiento y fortalecimiento. Este intelectual, político y estadista, formado en el espíritu ilustrado del Claustro de San Bartolomé, pensó en la alta cultura como etapa cumbre de la consolidación nacional, después de la victoria guerrera (3).

La Academia Nacional se creó teniendo en cuenta los siguientes objetivos: "establecer, fomentar y propagar en toda Colombia el conocimiento y perfección de las artes, las letras, las ciencias naturales y exactas y además, la moral y la política". Se estableció que su composición sería de 21 Miembros de número y de los corresponsales elegidos por la misma Academia, dentro y fuera de la República. El poder ejecutivo nombraría por primera vez los individuos que deberían componer la Academia; en lo sucesivo, las vacantes se llenarían por votación libre de los académicos.

En el Acta del Consejo de Gobierno que sesionó en forma extraordinaria el jueves 2 de noviembre de 1826, fueron nombrados los siguientes miembros de la Academia Nacional: Félix Restrepo, Vicente Azuero, José María del Castillo y Rada, José Manuel Restrepo, Andrés Bello, Pedro Gual, Estanislao Vergara, José María Salazar, José Rafael Revenga, Joaquín Olmedo, Cristóbal Mendoza, Francisco Javier Yanes, Jerónimo Torres, Francisco Soto, José Fernández Madrid, Manuel Benito Rebollo, José Lanz, Mariano Talavera, Fray Diego Páddilla, Santiago Arroyo y Pedro Acevedo (4).

En la sesión del Consejo de Gobierno, celebrada el 26 de enero de 1827, se informó sobre la renuncia a la Academia Nacional, de Fray Diego Páddilla. En dicha sesión se nombró como su reemplazo al doctor Benedicto Domínguez (5).

Las circunstancias de crisis que vivió el país entre los años 1827 a 1830, en un ambiente de disolución de la Gran Colombia, no permitieron la iniciación de la ACADEMIA NACIONAL en su primera etapa, como lo había pensado el Vicepresidente Santander. Sin embargo, su viaje a Europa cuando cumplió su injusta condena del destierro, le dio la oportunidad para conocer el movimiento

cultural en el Mundo Occidental, y especialmente, la labor de las Academias y las Sociedades científicas para el avance de la ciencia, las humanidades y la cultura. Tuvo contacto amistoso con varios académicos franceses, y entre ellos, el señor **Andrieux**, secretario perpetuo de la Academia Francesa; con **Juan Carlos Sismondi**, historiador y miembro de la Academia Francesa, **Domingo Francisco Arago**, célebre científico, miembro de la Academia de Ciencias de Francia y director del Observatorio de París y otros.

El Estado de la Nueva Granada, después de la desintegración de la Gran Colombia, pensó en el General **Francisco de Paula Santander**, como su estadista por derecho y ejemplo. Le devolvió sus derechos y honores y lo nombró Presidente de la República, de cuyo cargo se posesionó el 7 de octubre de 1832. Un mes después, el Presidente **Santander** restableció la *Academia Nacional*, mediante el decreto del poder ejecutivo del 15 de noviembre de 1832, el cual la creó “en los términos prescritos por la ley del 18 de marzo de 1826, la *Academia Nacional de la Nueva Granada*.”

El Presidente **Santander** nombró a los granadinos que pertenecieron a la Academia Nacional y entre ellos, a los académicos **Vicente Azuero**, **José Manuel Restrepo**, **Francisco Soto**, **José María del Castillo y Rada**, **Pedro Gual**, **Francisco Vergara**, **Benedicto Domínguez**, **Santiago Arroyo**, **Jerónimo Torres** y **Benito Rebollo**. Y fueron nombrados además: **Joaquín Mosquera**, **Diego Fernando Gómez**, **Rufino Cuervo**, **Joaquín Acosta**, el Obispo de Santa Marta, **Joaquín García**, **Lino de Pombo**, **Manuel María Quijano**, **Juan María Céspedes**, **José María Triana** y el General **José Hilario López** (6).

El 25 de noviembre de 1832 se instaló oficialmente la ACADEMIA NACIONAL DE LA NUEVA GRANADA, en la Casa de Gobierno. Ante 14 académicos, el Presidente **Santander** exhortó a la Academia, para que su trabajo fuera constante en favor de los progresos de la patria. En su discurso de instalación señaló sus objetivos: “establecer el imperio de la VERDAD en esta naciente República, afianzarlo y conservarlo perpetuamente”. “Vuestras luces y vuestro patriotismo — dijo a los académicos —, me inspiran la más fundada esperanza de que os dedicaréis asiduamente a corresponder el bello encargo que la patria os confía”. “. . . debemos marchar con el siglo, concurriendo a comunicar a nuestros compatriotas las verdades útiles, que hacen desarrollar la civilización intelectual, industrial y política . . . “Entrad, pues, señores en esta carrera de gloria para vosotros y para vuestro país; con la convicción íntima de que un día citarán los granadinos con respeto y gratitud a los que hoy vienen a fundar nuestra Academia Nacional. Os pregunto Señores — les dijo **Santander**: ¿Prometeis a la Patria cumplir fielmente vuestros deberes? — Si prometemos, contestaron los académicos. Y así culminó la instalación, el Presidente **Santander**: “Declaro, pues, que por autoridad de la ley,

queda instalada la Academia Nacional de la Nueva Granada” (7).

La nueva institución nació con un deber primordial en sus labores: “establecer el imperio de LA VERDAD” e inculcar el espíritu de las ciencias y las humanidades a las nuevas generaciones de la República. Este fue el pensamiento del “*Hombre de las Leyes*” y el “*Arquitecto de la Nacionalidad Colombiana*” sobre el paso de la guerra a la consolidación nacional a través de las instituciones políticas y del afianzamiento de la educación y la cultura.

La *Academia Nacional* organizada por el General **Santander** eligió al Obispo de Santa Marta, **José María Estévez**, como su primer presidente y al Teniente Coronel **Joaquín Acosta**, como su secretario; así mismo, se eligió la comisión para la redacción del reglamento interno.

El 6 de marzo de 1833 se realizó la primera sesión formal de la Academia Nacional; fueron nombrados sus dignatarios titulares: Presidente, **Don José Manuel Restrepo**; primer Vice-presidente, el Dr. **José María Castillo y Rada**; segundo vicepresidente, el Obispo de Santa Marta; primer secretario **Joaquín Acosta** y segundo secretario, don **Benedicto Domínguez**.

La segunda sesión de la Academia Nacional se realizó el 13 de marzo de 1833. En ella se aprobaron los estatutos y las comisiones especiales para estudiar los distintos trabajos que se presentaran. Después de esta segunda sesión, la Academia Nacional entró en receso por dos décadas, hasta cuando el poeta tunjano **José Joaquín Ortiz** la reactivó en el año 1856, alrededor del Liceo Granadino. En dicho año, fue llamado para la Presidencia, el prócer **José Manuel Restrepo**, ya muy anciano, quien la había dirigido en la etapa de la Década de los Treinta. Fueron los nuevos miembros activos: **José Joaquín Ortiz**, **Lino de Pombo**, **Ignacio Gutiérrez Vergara**, **Agustín Codazzi**, **Manuel Ancízar**, **Manuel Murillo Toro**, **José Caicedo Rojas**, **Pedro Fernández Madrid**, **Antonio Vargas Reyes**, **Lorenzo María Lleras** y **Justo Arosemena**.

En el año 1857, el representante a la Cámara, Dr. **José María Samper** presentó un proyecto de decreto al Congreso, mediante el cual se fusionaban a la Academia Nacional, las siguientes instituciones: el Observatorio Astronómico, el Gabinete de Historia Natural, el Museo mineralógico, la Biblioteca Nacional, el Laboratorio Químico perteneciente a la República, y los demás establecimientos culturales que existieran en la República. Este proyecto que salió en primer debate, no pudo aprobarse en los siguientes debates, por diversas circunstancias que no lo hicieron posible (8).

El interés por la creación de academias y sociedades científicas se intensificó en la segunda mitad del siglo XIX, cuando fueron creadas:

la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos, con su presidente Dr. Ezequiel Uricoechea; la Academia de Ciencias Naturales, creada por el Presidente Eustorgio Salgar, quien en su administración realizó la Reforma Educativa de los Setenta, siguiendo el ejemplo del Presidente Santander. En mayo de 1871 se instaló la Academia Colombiana de la Lengua, la primera correspondiente de la Española que se estableció en Hispanoamérica; fue nombrado Director, el escritor José María Vergara y Vergara, y secretario Don Jose Manuel Marroquín. Dos años más tarde, el 3 de enero de 1873, fue fundada la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales, que fue elevada a *Academia de Medicina Nacional*, mediante la Ley 71 del 22 de noviembre de 1890. Posteriormente, en 1902, José Manuel Marroquín y José Joaquín Casas, fundaron la Academia Colombiana de Historia (8).

La semilla académica que sembró el Presidente Francisco de Paula Santander, como fase culminante de su pensamiento y acción: Independencia y Libertad: el **Organizador de la Victoria**; institucionalización y orden constitucional y jurídico: el **Hombre de las Leyes**; y la educación y la cultura como la primera empresa del Estado: el **Educador y Académico**, organizador de la educación nacional y creador de la **Academia Nacional**, nos señala la profundidad de su obra y el legado a la posteridad. Según sus ideas:

“Con una constitución fuerte y con la propagación de la instrucción pública, creo que podemos mantenernos en paz y en orden y gozar de las dulzuras del sistema republicano” (Carta a Bolívar, sept. 21 de 1826).

“Sin un buen sistema de educación pública y enseñanza nacional no puede difundirse la moral pública y todos los conocimientos útiles que hacen prosperar a los pueblos”. Santander. Presentación del plan de estudios del 3 de octubre de 1826 (9).

Citas

1. **Javier Ocampo López:** *Santander y la Educación*. Los Colegios Santanderinos. Tunja, El Colegio de Boyacá, 1987.
2. **Pedro M. Ibáñez:** “Informe presentado por el Secretario Perpetuo de la Academia de Historia Nacional en su primera sesión solemne”. En: *Boletín de Historia y Antigüedades* (Bogotá). (Bogotá). 1 (1): 55-60. (1902).
3. **Ley del 18 de marzo de 1826.** En: *Historia de las Leyes Colombianas*. 1826.
4. *Acuerdos del Consejo de Gobierno de la República de Colombia. 1825-1827.* Bogotá, Biblioteca de la Presidencia de la República. Fundación Santander. pág. 220. 1988.
5. *Ibidem*, pág. 238.
6. **Pedro M. Ibáñez,** *op. cit.* pgs. 57-58.
7. **Presidente Francisco de Paula Santander:** “Discurso en la instalación oficial de la Academia Nacional”. En: *Boletín de Historia y Antigüedades* (Bogotá). 21 (239-240): 263-264.
8. **Roberto Botero Saldarriaga:** “Orígenes de la Academia Colombiana de Historia”. En: *Boletín de Historia y Antigüedades* (Bogotá). 21 (239-240): 265-292.
9. **Francisco de Paula Santander.** Presentación del Plan de Estudios del 3 de octubre de 1826.

SCIENTIFIC LITERATURE IN LATIN BY THE JESUITS In XVIIth-CENTURY CHINA

by

N. Golvers*

Resumen

Golvers, N.: Scientific Literature in Latin by the Jesuits in XVIIth-Century China. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (70): 389-402, 1992. ISSN 0370-3908.

El trabajo desarrolla el doble aspecto de la presencia de los jesuitas en la China de los siglos XVI y XVII: como transmisores de la ciencia occidental a la China, y como transmisores de la ciencia china a Europa. El estudio se restringe a los documentos escritos en latín durante el siglo XVII, pues ese siglo, que comienza con la llegada de Mateo Ricci a la Ciudad Imperial de Pekín, fue el verdadero comienzo de la misión china en su forma clásica, y porque en ese siglo todavía iba a ser excepcional para los jesuitas escribir sobre la ciencia china en lenguas distintas al latín. El trabajo recorre algunas obras de astronomía, matemáticas, mecánica, geografía de la China, historia natural y medicina que merecen el nombre de 'libros', y toca al final la masa documental de cartas y otros materiales no publicados que fueron enviados a Europa por los misioneros jesuitas. A través de estos documentos los jesuitas del siglo XVII se muestran como observadores competentes, abiertos a la nueva información y bien documentados en fuentes de alta calidad. Con estos documentos se establecieron los fundamentos de la sinología occidental.

Abstract

This article develops the twofold aspect of Jesuit presence in China in the XVIIth Centuries: as transmitters of Western science to China, as well as transmitters of Chinese science to Europe. The study is restricted to documents written in Latin during the XVIIth Century, because that Century, which begins with the arrival of Matheus Ricci to the Imperial City of Peking, was the real start of the Chinese mission in its 'classic' period, and because Jesuit books on science in China not written in Latin are exceptional. The article surveys a number of works on astronomy, mathematics, mechanics, Chinese geography, natural history, and medicine, which merit the name of 'books', and later addresses the documentary mass of letters and other unpublished materials sent to Europe by the Jesuit missionaries. Through those documents, XVIIth-Century Jesuits are revealed as competent observers, susceptible to new information, and well documented in high-quality Chinese sources. Those documents laid the foundations of Western sinology.

* Verbiest Foundation, Blijde Inkomststraat 21, B-3000 Leuven, Belgica (Belgio).

When in the night of 2 to 3 December 1552 Franciscus Xaverius died in Chang-ch' uan (South China), a remarkable life came to a premature end;

at the same time, it was the beginning of a new episode in the history of the missions, as well as a new chapter in the history of the relations between Europe and China: I refer to the infiltration, with varying intensity and success, of the Jesuits in the Middle Kingdom in the XVIIth and XVIIIth centuries. For more than two centuries, young men of high intellectual and moral standards, trained in the best European classical traditions, would come to China, with its 4000 year-old culture, would stay here for thirty or forty years, trying to understand Chinese culture and way of thinking, trying to establish a measure of communication with the highest stratum of society, with the ultimate aim of conversion. A gigantic undertaking, indeed, exceeding by far the normal human capacities, but carried by the strength of a never fading faith¹.

In this communication, *science* played a significant role, even becoming one of the most important 'human' resources they applied to achieve their missionary aim. This is partly because the Jesuits — as a consequence of their education — were particularly well-trained in all contemporary European sciences, 'aristotelic' as well as empirical², and because the Chinese, with whom they communicated, were 'literati', well-versed in Chinese classical traditions, and not seldom attracted to the 'new', 'western' science. Therefore, since the earliest times of the mission's history, Matteo Ricci (° 1552 — † 1610) had understood that demonstrating the superiority of European science (esp. mathematics and mechanics) was the most appropriate way to gain prestige for the mission in this so self-confident (*superbus*) country and, in consequence, for the Faith they preached³. But, on the other side, the Jesuits were to some extent receptive to Chinese science as well, at least in the fields of geography, natural history and medicine.

In general, their scientific presence in China thus displays a *twofold aspect*, as they were transmitters of western science to China⁴ as well as transmitters of Chinese science to Europe. Testimonials to this twofold process are: a large and varied bibliography of Chinese works on European science⁵; some written reports in Latin of their own scientific activity in the transmission of European knowledge; the presence of Chinese books and collections in Europe, and several publications on Chinese geography, natural science and medicine in European languages.

I will try, in this paper, to present a synoptic view of both aspects of this remarkable communication and mutual transfer process, insofar as it was expressed in Latin and took place within the limits of the XVIIth century. However arbitrary this definition may seem, it is not totally without historical justification: the beginning of the XVIIth century, with the entrance of M. Ricci in the Imperial City of Peking, was indeed the real start of the Chinese mission in its 'classic' and most glorious

form; on the other hand, Jesuit books on science in China not expressed in Latin are exceptional in the XVIIth century, a situation which would only change substantially with the arrival of the French Jesuits, who used mainly their mother tongue, at the end of the same century⁶.

1a. Astronomy

Within the particular context of China, astronomy and the related mathematical sciences attracted most of their attention: this was because of the extreme importance of the calendar, of calendar making, of eclipse prediction, etc. in Chinese society. In Ming China, up to 1644, native astronomy < . . . quae jam a quater mille annis et amplius ortus sui splendorem jactabat >⁷ went through a deep crisis, characterized a. o. by a shortage of competent calendar makers in the Imperial Astronomical Bureau; a loss of astronomical knowledge, and a declining prestige of the calendar making profession; this, in turn, resulted in many errors in the yearly promulgated calendars, with far-reaching social and political consequences⁸.

In order to re-establish Chinese calendrical methods on firm foundations, Ricci, in close collaboration with Hsü Kuang-ch' i, a very influential and high-ranking Chinese convert⁹, translated and revised, over several years, the first 6 books of Euclid's *Elementa Geometriae* into Chinese (1606-1619)¹⁰. Moreover, after the institution of a 'new' or western' bureau in 1629, an impressive effort was made by Hsü Kuang-Chi' i († 1633), the European Jesuit Nicolo Longobardo (° 1565 — † 1654), Johann Schreck, romanised Terrentius (° 1576 — † 1630), Giacomo Rho (° 1592 — † 1638) and Johann Adam Schall vol Bell (° 1592 — † 1666), with their staff of Chinese converts, to translate all the basic works on European mathematics and astronomy¹¹.

In this endeavour, the Jesuits were backed by a considerable library, installed in their western residence, called Hsi-t'ang in 1623¹², and also by a regular, albeit time-consuming and risky correspondence with European scholars, mainly in Latin¹³. An example in this respect is the correspondence of J. Terrentius, a. o. his letter of 1623 to the *Mathematici Ingolstadiensis*¹⁴. In this, the young Jesuit, a former member of the 'Accademia dei Lincei' and a devoted Galilean, after many negative answers from Galilei himself, contacted the famous Jesuit university in order to obtain some needed support for his astronomical investigations in China. This short letter illustrates the situation of the Jesuit scientists in China in many respects: it shows the young missionary, two years after his arrival, totally devoted to the study of the Chinese language; being absorbed in the study of Chinese history and astronomy; inquiring about very technical questions concerning astronomical matters, and asking for some fresh information: < . . . praeter ea quae sunt in 'Supplemento Magini'

> , published 9 years before in Venice¹⁵. The letter also insists on the sending of recently published books, such as Kepler's *Hipparchus*, or on epitomizing them in a letter, as the shipping of books was risky and time-consuming, and time was apparently short¹⁶. This letter was published with an extensive answer by J. Kepler in 1630 in Sagan-Silesia, and became a much sought-after bibliographical item, even in the XVIIth and XVIIIth century¹⁷.

Another example of this mutual scientific contact, in the opposite direction, is given by the *Observations cometarum anni 1618*, published in 1620 in Ursellis (Oberursel) by the young Bohemian Jesuit Wenceslas Pantaleon Kirwitzer (° 1588 — + 1626), and reporting on some unexpected comet observations made in Goa in 1618. This short treatise (only 24 pages in 8°) also illustrates well the Jesuit astronomers at work *in situ*, their zeal and their skill in unfavourable circumstances. This booklet is a bibliographical curiosum as well!¹⁸.

The continuous rise of western astronomy in late Ming China, confirmed by the incorporation of the so-called 'Western Rule' in the Imperial Astronomical Bureau in Peking in 1643, was not interrupted by the Manchu invasion of China and the capture of Peking in 1644, a dramatic episode which — thanks to Jesuit reports — echoed widely throughout XVIIth — century Europe¹⁹.

Moreover, after a brutal rupture during the persecution of 1664 — (early) 1669²⁰, the Flemish Jesuit Ferdinand Verbiest (° 1623 — + 1688), in a political context which had become favourable to a European come-back, succeeded, by some gnomon tests and other astronomical proofs in December 1668 — February 1669, in incontestably demonstrating the superiority of the western method. The latter was consequently re-established early in 1669 in its former position and prestige, and Verbiest was appointed as the acting Director of the Imperial Astronomical (or Mathematical) Bureau. On these proofs, Verbiest published a set of 12 drawings accompanied by a report in Chinese *Ts'e yen chi lüeh*), and later an even shorter description in Latin of only 6 pages in folio, a *Compendium* to his *Liber Observationum*²¹, limiting himself to a terse comment on the figures, not going into the details of the trigonometric and astronomical demonstration.

From 1669 until 1673, Verbiest and his staff worked to provide the old Peking observatory with six splendid instruments in the European way, after the Tychoonian model, with some concessions to the Chinese traditions of instrument building²². One year later, probably on the occasion of their solem inauguration in May 1674, he published 105 pages in folio, containing 117 drawings, mainly illustrating the six new instruments, their construction, their parts, etc., under the title *I Hsiang T' u* or *Liber Organicus*; besides the 14 vols. of Chinese

commentary (*I Hsiang Chih*), a much shorter version, on 11 folio pages, was published in Latin, the so-called *Compendium Libri Organici*. Apart from an introductory note and a Latin description of the instruments, it presents a long digression under the separate subtitle *Imperator ardenti studio and mathesim discendam rapitur*. While the instrument descriptions are again concise, the digression is a well-composed and truly charming picture of the mathematical interest of the then 21-year-old K'ang-hsi Emperor, who had been instructed by Verbiest during several months of 1675 in western mathematics, progressing gradually from Euclid's basic geometry to the secrets of trigonometry, square roots, etc.

For internal reasons, this *Compendium Libri Organici* must have been finished in the 3rd quarter of 1678 (*terminus ante quem* 24 August 1678). In the same period, this compendium, with the aforementioned *Compendium Libri Observationum* and the 2 sets of drawings, were bound together, maybe to facilitate shipment, into a single volume with the separate title: *Compendium Latinum proponens XII posteriores figuras Libri Observationum necnon prioris VII (I) figuras Libri Organici*. In this form, it circulated widely through Europe²³, and was commented on by Leibniz in his *Novissima Sinica*, who also praisefully quoted some passages from it²⁴.

Apparently not satisfied with the reports on the *astronomica revolutio* of early 1669 by which European astronomy had recovered her former positions, Verbiest published his own account, a veritable *compendium historicum*, called *Astronomia Europaea*²⁵, a text which, according to internal indications, was composed in 1679, with some later revisions in the first half of 1680²⁶. Its first part (ch. 1—11) not only deals with the events of December 1668/February 1669, but also contains many original, first-hand observations on the Chinese calendar, its distribution procedure, and the internal organization of the Imperial Astronomical Bureau.

Of other accounts on astronomical observations, or predictions in Latin, we may — for curiosity's sake — mention Verbiest's *Typus eclipsis lunae anno Christi 1671, Imperatoris Cam Hy decimo, die XVto lunae II . . .*²⁷, a unique specimen, in which are described the effects of this eclipse for each of the 17 (!) provinces of the Chinese Empire. Concerning the astronomical letters of Antonine Thomas (° 1644 — + 1709) — Verbiest's successor in the Astronomical Bureau, cfr. infra sub 5.

1b. Other mathematical and mechanical sciences/disciplines

The achievements of the Peking Jesuits in the other mathematical disciplines are dealt with in the second part of the aforementioned *Astronomia Eu-*

ropaea, i. e. in ch. 13—27. It presents a short and selective description of the achievements of F. Verbiest and his fellow fathers (the Portuguese Gabriël de Magalhães and Tomé Pereyra, the Italians Luigi Buglio and Filippo Grimaldi) in the decade 1669 — 1679, in the fields of *gnomonica* (ch. 14), *ballistica* (15), *hydragogica* (16), *mechanica* (17), *optica* (18), *catoptrica* (19), *perspectiva* (20), *statica* (21), *hydro-statica* (22), *hydraulica* (23), *pneumatica* (24), *musica* (25), *horolo-technia* (26), *meteorologia* (27) ! The sources are mainly found in contemporary Jesuit scientific publications, mentioned by name or not, such as: A. Kircher's *Magnes sive de arte magnetica opus tripartitum* (1641), his *Ars magna lucis et umbrae* (1646¹; 1671²), his *Musurgia* (1650); the works of G. Schottus, such as his *Technica curiosa* (1664), the works of Chr. Scheiner, M. Bettini, P. Casati, G. Riccioli, etc.

Apart from introducing to China all kinds of lenses and telescopes, tackles and pulleys, thermometer and hygrometer, perspective drawings etc., the Jesuits also developed several variants, or 'new' applications of current instruments. One example is the *hydrargyrolgium*, invented by F. Grimaldi ca. 1677; another, even more spectacular one, is Verbiest's steam-driven automotive vehicle (chariot or boat) which, according to experts in the field, was the very first prototype of the automobile ever built, anticipating Denys Papin's invention by about a decade!²⁸ Again, the instrument descriptions are rather short, in many respects incomplete and insufficient — as in the very case of the "auto-motive car" — so that any reconstruction or replica must necessarily be hazardous²⁹. We must conclude that the *Astronomia Europaea* is not primarily a scientific book, for experts, but a report on the application of science (and technology) for missionary aims, basically for non-experts, though occasionally giving hints to initiates. The real purpose, indeed, was to convince the authorities and benefactors in Europe of the 'advantages' of this scientific strategy of missionary work.

The Jesuits not only showed a lively intellectual interest in the study of the Heavens, but they also paid close attention to the *sublunary world*, and to the multiple forms of life on it. In the next part of this paper, I would like to present a short survey of Jesuit scientific literature concerning geography (2), natural history (3) and medicine (4).

2. Scientific literature concerning the geography of China

After a first attempt to produce a *cartographic representation* of the Chinese Empire at the end of the XVIIth century³⁰, it was Martino Martini who — on his remarkable propagandist journey to Europe (1652—1659) — brought another series of maps from China to Europe³¹, with Latin commentary, based on the Ming atlases *Kuan-yü-t' u*

(1555* 1) or *Kuang-yükao*³² Martini's *Novus Atlas Sinensis* was finally published in 1655 in Amsterdam by the famous Blaeu printing-house as the 6th volumen of the *Theatrum Orbis Terrarum*, and met with immediate and great success throughout Europe³³. Apart from an introduction and a general map of the Middle Kingdom, this 'Atlas' presents for each of the (then) 15 provinces: a map with Chinese and European scale; all relevant toponyms in romanized spelling; a continuous description in Latin with all important geographic and physical information concerning cities, inhabitants, rivers, mountains, etc. At last, it gives the geographic coordinates of the capitals of each province, and of the other mentioned places, always with reference to the Peking meridian. A comparison with the actual coordinates shows surprisingly little divergence of only 0,5° for the latitudes, and a slightly larger 0,7° for the longitudes³⁴.

This work not only considerably increased western knowledge of China and (esp.) of the Chinese interior, it also rectified at least two widespread misconceptions: first the location of Peking and the Great Wall which were both generally represented too far northwards; second, it settled once and for all the dispute concerning the old Cathay realm, proving unequivocally that it was the same as contemporary China³⁵. The latter demonstration was elaborated in a separate Appendix (*De regno Catayo additamentum*) by Jacob Golius on the basis of information provided by Martini³⁶.

Almost simultaneously, another atlas of China was compiled by the Polish Jesuit Michael Boym (1612—1659) during his sojourn in Europe (1652—1655)³⁷. It was neither finished nor published, but several manuscript maps and texts of M. Boym, preserved both in Rome and in Paris, are interpreted by B. Szczesniak as *membra disiecta* of a projected but aborted *Atlas Imperii Sinarum*. Apart from several maps, both synoptic and sectorial³⁸, the commentary, which may have been projected to be appended to the *Atlas*, has been identified by the same author³⁹ as the *Brevis Sinarum Imperii Descriptio*, a text of 75 pages, now in Rome (ARSI)⁴⁰, of which a digest of 24 pages, entitled *Rerum Sinarum compendiosa descriptio*, is in Paris⁴¹. Only the first 12 pages of the former are of a geographic character; the rest deal with contemporary Chinese history. Finally, a *Magna Tabula Chinensis* giving statistic information, the longitudes of Chinese cities, the sites of Jesuit residences, etc., is probably behind the *Geographiae et Hydrographiae Reformatae Libri XII* by G. Riccioli⁴², but the ms. itself is now apparently lost. A last item in this respect, also relying on Martini's material, is the *Paradigma XV Provinciarum et CLV urbium capitalium Sinensis Imperii* (1686), incorporated by Ph. Couplet in his most famous *Confucius Sinarum Philosophus* (Paris, 1687)⁴³.

In this context, we must also refer to the many *geodesic* operations consecutively underta-

ke by F. Verbiest and Antoine Thomas. The former described one of his achievements (related to the water supply of some Imperial lands near Peking) in the aforementioned *Astronomia Europaea* (ch. 16)⁴⁴. Another concerns measurements in Tartary, and is described at length in a letter of 1683, recently discovered in Antwerp⁴⁵: it deals with some goniometric problems, more precisely on how to determine the *angulus positionis* on a mountain top from a certain distance and how to find the 'meridian line' in difficult terrain circumstances. The text (of which we have only a *copie du temps*) is illustrated with some hand-drawn geometric figures, supporting the mathematic demonstration. This letter, by chance preserved, illustrates only one detail of Verbiest's scientific duties during the two famous journies through Tartary (Manchuria), in 1682 (East) and 1683 (West) respectively, on which two long written reports in Latin, containing many first-hand geographic and ethnographic details, have been preserved in the author's correspondence⁴⁶; because it was the very first European description of these remote areas, and because of the fresh observation they provided, these letters became very popular in contemporary Europe: they were published and re-published several times, separately or more often integrated in other works, and were translated into French, English and Dutch⁴⁷.

The investigations described were part of the preparations for a planned map of Tartary. Such a project for a new atlas of China and Tartary — with geographical coordinates — was indeed proposed to Verbiest, according to A. Thomas, by the *K'ang-hsi* Emperor, but its realisation was thwarted by the death of Verbiest and by the war against the Olöth⁴⁸. At the end of the XVIIth century, Verbiest's fellow countryman, Ant. Thomas, was charged with this responsibility, but his activities in the field, as well as those of his French successors, resulting in the so-called *K'ang-hsi Atlas* (ed. 1718), belong entirely to the XVIIIth century, and therefore fall beyond the scope of this survey.

3. Scientific literature concerning 'natural history'

Natural History, esp. botany and zoology, and, to a lesser degree, mineralogy, captured their scientific interest as well.

On the endemic flora and fauna of China, the Jesuits in the XVIIth, and even more in the XVIIIth century, accumulated and described a mass of new data, which once again can be discussed only briefly⁴⁹. Apart from some scattered information in travel accounts or in works of a more general character⁵⁰, systematic research started when J. Schreck/Terrentius — whom we have already met before — arrived in China, where he worked from 1619 until his premature death in 1630. Thanks to his five Latin letters from India and China to Europe⁵¹, we are able to follow the development of

his botanical work⁵². On his death, he had collected and described, according to the *Cheng chiao hsin ch'eng or Sanctae Doctrinae Sincerum Testimonium* (1641), 8000 (!) new sorts of plants⁵³. Enhanced by zoological observations, and illustrated by numerous drawing from his own hand, this treasure on the natural history of both (Eastern) India and China was compiled in 2 large volumes, appropriately entitled: *Plinius Indicus*, but it was never completed⁵⁴. What is more, the manuscript was never published. Although it was apparently still available in the middle of the XIXth century in the *libraria secreta* of the *Collegium Romanum*⁵⁵, it has since disappeared by the same accident by which the ms. of Verbiest's Manchu grammar was hit!

The restricted freedom of movement indicated by this author as a serious obstacle to further botanic investigations⁵⁶, was probably partly compensated by a huge collection of written sources from Imperial Archives, acquired by the Peking Fathers sometime in the course of the XVIIth century. For this important information, we are indebted to F. Grimaldi, who communicated it to Leibniz at their meeting in Rome in 1689⁵⁷. The former also refers to another obstacle to all scientific research in China by the Europeans: the deeply rooted suspicion on the part of the Chinese authorities towards any show of interest by the 'barbarians'. The Jesuits therefore preferred to transmit such new botanic data sparsely, and < ad modum literarum ex provinciis scriptarum >, i. e. by means of the famous *Litterae Annuae*⁵⁸.

Nevertheless, we possess still another Latin treatise on the matter, the *Flora Sinensis*, compiled in Europe by the Polish Jesuit Michael Boym, and published in Vienna in 1656⁵⁹. It was the very first systematic and illustrated representation of plants and animals from the Far East/China ever published in Europe; it was apparently also the first time that the term *flora* was used in this sense⁶⁰ which, maybe due to the great success of Boym's work in XVIIth-century Europe⁶¹, has since become generally accepted.

The botanical part proper has (partly) been translated from a Chinese botanical source⁶², and fills only 35 folio pages, with 17 coloured illustrations, the zoological part only 8 pages with 5 coloured figures. Both plants and animals were from the southern provinces — where Boym's mission was situated (Kuanghsi) — and from the surrounding countries. The book describes such plants as rhubarb, ginseng, lychea, papaya, etc., indicating their various names, geographical distribution, physical characteristics, flowering season, the fruit, and occasionally their virtues or (medical) qualities as well. Several of them originally belonged to . . . the American continent, and Boym is the very first testimony for their presence in Southern China⁶³. For all these reasons, it remains an important source for the (ethno) botany of the area⁶⁴.

Of course, botanic research by the Jesuits did not stop after Boym, on the contrary, it was intensified by the French missionaries⁶⁵; but as the works they composed belong to the XVIIIth century and were written in French, they fall beyond the scope of this conference.

4. Scientific literature concerning medicine

The Jesuits' interest in Chinese medicine was not confined to its botanical aspects. After J. Terrentius (Schreck) — by profession a physician — showed himself particularly receptive to Chinese medical botany, M. Martini in the mid-1650s expressed the Jesuits' admiration for Chinese medicine in the introduction of his *Novus Atlas*, referring a. to. to their use of plant extracts, cauterization, massage, etc.⁶⁶; an even more 'passionate' interest in the field is attributed to Ph. Couplet in the mid-60s⁶⁷. Most of all, their attention was attracted by pulse diagnostics.

This interest, through both study and translation of authentic Chinese works, resulted in the end in two distinct and influential books:

- (1) the *Specimen medicinae Sinicae, sive opuscula medica ad mentem Sinensium*, published in Frankfurt on the Main in 1682 by Andreas Cleyer⁶⁸. This is actually a collection of several short Latin treatises, compiled from various sources (cfr. infra), and apparently not complete⁶⁹;
- (2) the *Clavis medica ad Chinarum doctrinam de pulsibus*, published by A. Cleyer and Ph. Couplet in Nürnberg in 1686, but compiled by M. Boym⁷⁰.

The complex relationship between these two works has been much debated in the past: after P. Pelliot⁷¹ — and some authors after him⁷² — had denied any substantial relationship between the *specimen* and the *Clavis*, it has recently been argued — through a strong and well-documented but complex reasoning which cannot be reproduced here⁷³ — that the two editions are complementary *membra disiecta* of an originally indivisible work by M. Boym on Chinese medicine entitled *Medicus Sincicus*; this work was already projected in the early 50s of the XVIIth century⁷⁴, was gradually realised in Goa in 1657 and in Siam in 1658–1659, but was eventually — through a series of accidents published in Europe in separate parts.

These two publications, taken in their mutual connection, deal in various parts with three distinct topics:

- (a) with Chinese sphygmology, i.e. the 35 kinds of pulse discerned by Chinese medicine, or the basis of which an illness was diagnosed and even its future course predicted; see e.g.

such subtitles as: *de pulsibus libros 4 è Sinico translatos* (SM); *Tractatus de pulsibus ab erudito Europaeo collectos* (SM); *De explanatione pulsuum regulae et discursuum verorum* (SM), etc.

- (b) One chapter, the so-called: *Medicamenta simplicia quae a Chinensibus ad usum medicum adhibentur*, part of a more comprehensive *Receptarum Sinensium liber*⁷⁵, gives prescriptions for composite drugs, appropriate to curing diseases detected by the method of 'feeling the pulse'; in fact, this is a veritable pharmacopoea with 250 botanical, 25 animal and 22 mineral medicines.
- (c) Finally, there is a chapter called *de indicibus morborum ex linguae coloribus et affectionibus*.

In all these respects, the *Medicus Sincicus* — i.e. its published parts — is a truly meritorius introduction to a European public of specific non-European diagnostic, prognostic and curative methods, the more so as the author relies for this purpose on Chinese authors & authorities of the best conceivable tradition, whom he mentions by name, such as Hoam ty, the legendary Yellow Emperor and supposed author of the *Nei Ching*, or *Van Ho*', i.e. Wang Chou-huo (ca. 300 p. C. n.), author of the *Mo Ching* — and its popularizing summary *Mo Hsüeh*⁷⁶. Moreover, Boym's ms. apparently presented either the Chinese original or at least the Chinese terms in juxtaposition. In any event, the author has really tried to build a bridge between Chinese and European medical traditions: by the (first hand!) romanisation of so many Chinese phytonyms, by occasionally — where possible — proposing an identification with European plants, and — last but not least — by adapting some basic conceptions to European, Galenic terms⁷⁷.

So although they were not the only mediators to transmit Chinese medical lore to Europe, nor even the first — this merit must be awarded to the Danish-Dutch physician J. Bontius (° 1598 — † 1631) — the Jesuits were involved in this process from the beginning. Further medical information from China will be transmitted in the XVIIIth century by members of the French mission in Peking, but this need not be treated here.

5. Evaluation

In this synopsis we have included all the XVIIIth-century (Latin) titles which are physically identifiable as a 'book', published or not, preserved or lost. In quantitative terms, the harvest may not be quite impressive, but it must be remembered that the first duty of the Jesuits in China was of a missionary and pastoral nature, and that science — though instrumental to the mission — was only a secondary occupation for them.

However, the picture that issues from this overview must be corrected and complemented by a considerable number of letters and other unpublished material sent to Europe: the already mentioned letters on botany of J. Schreck (Terrentius); the letters by A. Thomas with astronomical information⁷⁸; others concerning the phenomena of magnetism by the same or by M. Martini⁷⁹, and many other which contain only some cursory information of a scientific nature. Although not published, their content and information enjoyed a certain diffusion because they were passed on — on a small scale, i.e. within the circuit of Jesuit scientists — and occasionally were copied for this purpose. In not a few cases, the materials they included were assimilated (sometimes in extensive quotations) in works of a much larger scope, dealing with China in an exclusive way or not; we refer in the first place to the *China Illustrata* by A. Kircher, composed in the *Collegium Romanum* and provided with the information which had arrived here in written form or 'viva voce', i.e. through the China missionaries on their visit to Rome (M. Martini; M. Boym; J. Grüber, H. Roth; Pr. Intorcetta; Ph. Couplet)⁸⁰. Another example is to be found in the *Geographiae et Hydrographiae Reformatae Libri XII* by G. Riccioli in which part of the unpublished Boym materials on Chinese geography are incorporated and preserved, including the abovementioned scientific information from Martini's letters.

Only when we put these data together with the literary production of the Jesuits concerning Chinese history (both ancient and contemporary), Chinese chronology, philosophy, linguistics . . . , we get a just appreciation of the high, various and continuous intellectual devotion by which they tried to understand their country of election.

The quality of these works, on the other hand, is the direct consequence of three facts: first the thorough education of the Jesuits which made them *competent* observers of a new world; second, their own intellectual curiosity by which they became *susceptible* for new information; finally, the excellent quality of the sources behind their information, either originating from their own experiences mostly acquired in uncomfortable conditions, or relying directly on authentic and good Chinese sources, of which several are translated and commented, or at least explicitly quoted. Only in the field of astronomy and the mathematical-mechanical sciences did they display a kind of western superiority, probably as a reflection of the obvious decadence of Chinese astronomy in late Ming — early Ch'ing China, and as an echo of Ricci's authoritative opinion concerning < Le cose absurde dell'astronomia Cinese > which had become a firm conviction in Jesuit circles⁸¹. With all this, they laid the scientific foundations of western sinology, which would become, both in substance and in depth, developed further in the next century, mainly by the contribution of the

French Jesuits. At the time, however, French had largely replaced Latin in the communication with Europe, though the contacts, for instance, with the Imperial Academy of St. Petersburg, still occurred in Latin⁸².

Notes

Note the following abbreviations:

ARSI: Archivum Romanum Societatis Jesu
 JS: ibd., Fondo Японо—Sinica
 BNP: Paris, Bibliothèque Nationale
 RVE: Roma, Bibliotheca Nazionale Vittorio Emanuele

1. Some general works on the Jesuit mission in the XVIIth—XVIIIth century are: G.H. Dunne, *The Jesuits in China in the last days of the Ming Dynasty*, Chicago, 1947; F. Bortone, *I Gesuiti alla Corte di Pechino*, Roma, 1969; Ch. E. Ronan & Bonnie B.C. OH. (eds.), *East meets West: the Jesuits in China 1582—1773*, Chicago, 1988. For the personalia of the missionaries, both bio- and bibliographical, see L. Pfister, S.J., *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine, 1552—1773* (Variétés Sinologiques, No. 59—60), 2 vols, Chang—Hai, 1932—1934, and J. Dehergne, *Répertoire des Jésuites de Chine de 1552 à 1800* (Bibliotheca Instituti Historici S.I., vol. XXXVII), Roma—Paris, 1973.
2. See St. J. Harris, *Jesuit Ideology and Jesuit Science: Scientific Activity in the Society of Jesus, 1540—1773*, Ph. D. diss. Wisconsin—Madison, 1988.
3. The conviction that the China mission was particularly well-suited to the Jesuits precisely because of the rationalistic (intellectual) character of both the Jesuit and the Chinese education, is e.g. well expressed in the following passage from the famous letter of F. Verbiest to his fellow-fathers in Europe, dated August 15, 1678 (cf. H. Jossen, S.I. & L. Willaert, S.I., *Correspondance de Ferdinand Verbiest de la compagnie de Jésus (Directeur de l'Observatoire de Pékin*, Bruxelles, 1938, pp. 245—246):

< Certe inter omnes utriusque Indiae Missiones nulla est alia quae hominibus Societatis nostrae videtur magis propria, et quae Instituto nostro videtur magis convenire quam haec Sinensis. Nam cum Societas litteras et omnis generis scientias singulari studio profiteatur tamquam aptissimum medium quo homines ex natura sua ratione praediti facilius ad veritatem et virtutem inducuntur, inter Orientales et Occidentales Indias nulla est

natio quae in litteris et omnis generis scientiis excolendis aestimandisque Sinis comparari possit, quaeque tam praeclare et distincte de virtute iudicet. Nam de omni re praesertim morali plurimos habent libros, et copiosas passim ostentant bibliothecas. Nullus est fere inter Sinas qui, licet sit infimae sortis, filios suos non applicet studiis. Nam in hoc Imperio homines etiam infimae sortis per litteras suas ascendunt ad magnas dignitates, ad magistratus inquam et munia publica gerenda; nec ulla alia via aperitur ad illa consequenda quam per litteras, compositiones et examina, quibus paulatim ascendunt ad gradus baccalaurei, licentiati, doctoris, plane sicut apud nos in Europa. Unde sine comparatione ulla maior est numerus studentium in una Sina quam in tota Europa. Atque hi omnes habent auctores suos classicos et interpretes eorum ab omni antiquitate per totum Imperium receptos, atque eosdem ubique, qui pleni sunt documentis moralibus et nihil continent contra fidem et bonos mores. Hos auctores magistri explicant, discipuli mandant memoriae; ex his desumunt themata compositionum, habent suas chrias, orationes, poemata, omnino sicut apud nos studiosi litterarum humaniorum, quae exhibent magistro corrigenda, etc. >

This text is immediately followed by a plea for the institution of Chinese < classes litterarum humaniorum >, with a < ratio studiorum > based on the 'Chinese classics', in the European fashion.

4. On the transfer of European science to China through the Jesuits, reference may be made to the biographies of some individual Jesuits, a.o. those of J. Terrentius, J.A. Schall von Bell, F. Verbiest in P.H. Couplet, *Catalogus Patrum Societatis Jesu* (. . .), s. l., 1686 and the bibliographies in Pfister; in addition, see: H. Bernard [-Maître], *L'apport scientifique du Père Matthieu Ricci a la Chine*, Tientsin, 1935; id., *Notes on the Introduction of the Natural Sciences into the Chinese Empire*, in: "Yenching Journal of Social Studies", vol. 3, 2, 1941, pp. 227-238; P. D'Elia, *Galileo in China. Reazione attraverso il Collegio Romano tra Galileo e i Gesuiti scienziati missionary in Cina (1610-1640)*, (Analecta Gregoriana, 37), Roma, 1947; id., *The spread of Galileo's discoveries in the Far East (1610-1640)*, in: "East & West", I, 1950, pp. 156-163; H. Bernard [-Maître], *La science européenne au Tribunal Astronomique de Pékin (XVII° - XIX° siècles)* (Les Conférences du Palais de la Découverte, Série D, nr. 9), Paris, 1951.
5. See esp. H. Bernard-Maître, *Les adaptations chinoises d'ouvrages européens. Bibliographie chronologique depuis la venue des Portugais à Canton jusqu'à la mission française de Pékin*, in "Monumenta Serica", 10, 1945, pp. 1-57; 309-388.
6. This is but a reflection of a more general shift in Jesuit publications, around the end of the XVIIth century, from a predominant use of Latin to a preference for the 'national languages', as demonstrated by ST. J. Harris, *Jesuit Ideology*, pp. 149-150:

< the measurement of yet another parameter of Jesuit publication in science, language, only reinforces the interpretation that 1700 marks an important watershed in the history of Jesuit science. By again dividing our pool of scientific publications into two groups, those works published before 1700 and those published after, we find that the proportion of works written in Latin drops from three quarters of the former period to one half in the latter . . . >
7. F. Verbiest, *Astronomia Europaea*, Dilingae, 1687, p. 46.
8. On the decline of Chinese astronomy and calendar making, see a. o. Ho Peng-Yoke, *The Astronomical Bureau in Ming China*, in "Journal of Asian History", III/2, 1969, pp. 137-157 (esp. p. 148 ff.); T.H. E. Deane, *The Chinese Imperial Astronomical Bureau: Form and Function of the Ming Dynasty Qintianjian*, Ph. D. diss. Seattle, 1988, pp. 401-441 deals more in detail with the problems which arose and the proposed solutions.
9. On Hsü Kuang-ch'i, by his Christian name 'Doctor Paulus', and the western calendrical academy, see a.o. J.C. Yang in: A.W. Hummel, *Eminent Chinese of the Ch'ing Period (1644-1912)*, Washington, 1943 [Taipei, 1970], pp. 316-318; M. Uebelhoer, *Hsü Kuang-ch'i (1562-1633) und die Einstellung zum Christentum* (. . .), in "Oriens Antiquus", 15, 1968, pp. 191-257; 16, 1969, pp. 41-74, and esp. K. Hashimoto, *Hsü Kuang-ch'i and Astronomical Reform* (. . .), Osaka, 1988.
10. On this translation, based on the Latin translation by CHR., Clavius (Roma, 1574& 1), see also L. van Hee, *Euclide en chinosis et en manchou*, in "Isis", 30, 1939, pp. 84-88; P. D'Elia, *Presentazione della prima traduzione cinese di Euclide*, in "Monumenta Serica", 15, 1956, pp. 161-202; K. Hashimoto, *Hsü Kuang-ch'i*, pp. 11-12.
11. This resulted in a real astronomical-calendrical encyclopaedia, perhaps an heir of the renaissance 'encyclopédismo', containing about 120 *chüan* (volumes) of which the original edition (1627-1635: see ARSI, JS 115, II, f. 323 v.) was called *ch'ung-cheng li-shu* ("Treatise on the [astronomical and] calendrical science of the Ch'ungchen reign"). This *encyclopaedia* is described by its editor, J.A. Schall von Bell, s. j., in the following terms:

- < Totum opus in tres classes divisimus, quarum prima omnia introductoria et quomodolibet astronomian adjuvantia contineret, altera theoriam planetarum, eclipsium ac fixarum eorumque omnium tam calculandi quam dimetiendi methodum; tertia pro facilitando calculo omnia ad confectas tabulas referret, ita ut nulla opus esset solutione triangulorum vel labore qui mathematicos a studio novae regulae posset detertere. Haec omnia centum quinquaginta libellis comprehensa quinque plus minus annorum spatio assiduo labore a nobis composita ac tum a Doctore Paulo correctata et stylo elegantiori ornata in lucem dedimus >.
- (cf. *Relation Historique*. Texte latin avec traduction française du P. Paul Bornet S.J. Tientsin, 1942, p. 17).
12. The original nucleus of this library was collected by N. Trigault in the first decades of the 17th century and was installed in Peking in 1623. Steadily expanded, esp. by means of gifts, its capacity amounted to about 3000 vols. in 1644, when the library miraculously escaped a potential disaster during the Manchu invasion of Peking (see: A. Vaeth, *J.A. Schall von Bell*, Köln, 1933, p. 148, from *Tsou Shu*, II, 1-3). Always growing, merged with other local Jesuit collections, a.o. the library of the French mission Pei T'ang, partially damaged in many dramatic circumstances, a collection of 4100 titles (5133 vols.), of which 2038 (= 50%) in Latin, was still preserved in 1949 at the dawn of Maoist times; they were rediscovered only by accident some years ago by J.S. Cummins, having been incorporated, in alphabetical order, into the Rare Books Section of the Peking Municipal Library (Peiching T' ushukuam) (see J.S. Cummins, *The present Location of the Pei T'ang Library*, in: "Monumenta Nipponica", 22, 1967, pp. 482-487). Though no longer existing as a separate entity, it is surely one of the most remarkable 'renaissance libraries' still existing (in which 757 titles, or 629 vols., of the oldest nucleus survive !), an unexploited testimony to the Jesuit scientific (and mis- siologic) presence in China for centuries ! The catalogue of this library has been made up by H. Verhaeren, *Catalogue de la Bibliothèque du Pe- t' ang*, Pékin, 1949, which has a long history of the collections on pp. V-XXXV. See further a.o. J. Laures, *Die alte Missions- bibliothek in Peit- t'ang zu Peking*, in: "Monumenta Nipponica", 2, 1939, pp. 124-139; H. Bernard, *Une bibliothèque médicale de la Renaissance conservée à Péking*, in: "Bulletin de l' Université l' Aurore", 8, 1947, pp. 99-118; A. Retif, *Une bibliothèque de la Renaissance en Chine*, in: "Bulletin de l' Association Guillaume Budé", 1953, pp. 113-123.
 13. On Jesuit correspondence from China to Europe, the distinct ways and the respective duration of the mailing, both depending on the various shipping routes, see esp. C.W. Essels, *Iets over het briefverkeer in de XVIIe en XVIIIe eeuw, in't bijzonder met de mis- siegebieden in O. - Indië en China*, in: "Studiën. Tijdschrift voor godsdienst, wet- enschap en letteren", 116, 1931, pp. 221-233; E. Lamalle, in "Archiva Ecclesiae", XXIV-XXV, 1981/1982, pp. 99-100; T.B. Duncan, *Navigation between Portugal and Asia in the 16th and 17th centuries*, in C.K. Pullapilly & E.J. van Kleij, *Asia and the West- Encounters and Exchanges, from the Age of Explorations. Essays in honor of D.F. Lach*, Notre Dame, Indiana, 1986, pp. 3-25.
 14. The 5 Terrentius letters from the Far East (1619-1623) were published by G. Gabrieli: *Giovanni Schreck Linceo Gesuita e Mission- ario in Cina e le sue lettere dall' Asia*, in "Rendiconti dell'Accademia dei Lincei (Clas- se Scienze Morali)", 1936, pp. 564-514, and esp. pp. 490-511; a German translation is to be found in: H. Walravens, *China Illustrata. Das Europäische Chinaverständnis im Spiegel des 16. bis 18. Jahrhunderts*, Weinheim, 1987, pp. 22-35.
 15. I. e. the *Supplementum Ephemeridum, ac Tabularum Secundarum Mobilium* (. . .), Venetiis, 1614. Three copies of this book are preserved in the Peit-t' ang Library, of which at least two were contemporary with Ter- rentius (H. Verhaeren, *Catalogue, nrs. 2152-2153*); one (Ibidem, nr. 2152) was the private copy of Jacob Rho ("Jacobi Rhadensis - in nomine Dni"), who succeeded Terrentius upon his death in 1630 (May, 11). There are many handwritten references in its margins, which proves these tables were intensively consulted in Peking indeed (we owe this remark to H. Bernard in: "Monumenta Serica", 3, 1939, p. 67.
 16. < Eos libros exspectare nimis longum est, facillime detinentur aut pereunt, quod non mittantur pluribus viis: charta facilius et citius huc pertingit nimirum intra tres annos > G. Gabrieli, *Giovanni Schreck Linceo*, p. 510. This demand for up-to-date information from Europe is a recurrent theme in Jesuit letters, as we will show on another occasion; suffice it to underline here that this fact alone refutes the often-heard accusation that the Jesuits had - intentionally - transmitted old- fashioned European science to China.
 17. The exact title is: *R.P. Ioannis Terrentii è Societate Jesu Epistolium ex regno Sinarum ad mathematicos Europaeos missum: cum commentatiuncula Joannis Kepleri mathemati- ci. Ejusdem ex ephemeride anni MDCXXX*,

- de insigni defectu solis, apotelesmata calculi Rudolphini, Sagani Silesiae* (P. Cobius & J. Wiske), MDCXXX. A recent description has been given by H. Walravens, *China Illustrata*, p. 245 ff. Especially the correspondance suivie between Leibniz and the French Jesuits in China proves how much—sought this little volume (of 13 pages) was in the XVIIth/XVIIIth century (see R. Widmaier, *Leibniz korrespondiert mit China*, Frankfurt a/M, 1990, pp. 17-18; 65; 130; 141; 176; 206; 215; 218; 235; 238).
18. W.P. Kirwitzer, *Observationes cometarum anni 1616 (sic !) in India Orientali factae a Societatis Jesu mathematicis in Sinense regnum navigantibus* (. . .), Ursellis, 1920. The same comets have been commented on by other scientists as well, a.o. in a treatise, published by E. Bovarro Frances, and extensively quoted in Peking by F. Verbiest in 1661 (H. Josson, S.I. & L. Willaert, S.I., *Correspondance*, pp. 98-100).
 19. On this theme, see E.J. van Kleij, *News from China; Seventeenth-century European Notices of the Manchu Conquest*, in "Journal of Modern History", 45, 1973, pp. 561-582; a particularly well-composed first-hand report on this period is given by J.A. Schall von Bell, s. j., in his *Historica Narratio de Initio et Progressu Missionis Societatis Jesu apud Sinenses*, Vienna, 1665.
 20. See on this painful period, a. o. G. Gabiani, *Incrementa Sinicae Ecclesiae* (. . .), Vienna, 1673, which is based on both the written and oral eyewitness report of F. Verbiest and on the diary kept by L. Buglio and G. De Magalhaes.
 21. The title *Compendium Libri Observationum*, although very plausible, is not attested as such. The author refers to it in his *Astronomia Europaea* (cf. n. 25), p. 16: < Cum de observationibus singulis . . . compendium Sinicum a me editum sit, et hujus compendij aliud brevissimum latino idiomate postea scriptum sit, quod in fine hujus tractatus subijcio . . . >. All the bibliographical, philological and historical aspects of this and the following astronomical writings of F. Verbiest will be treated in the introduction to my forthcoming edition of the *Astronomia Europaea (Monumenta Serica, Monograph Series)*.
 22. For a comparative study of these instruments see a.o.: A. Chapman, *Tycho Brahe in China: the Jesuit Mission to Peking and the Iconography of European Instrument-Making Processes*, in: "Annals of Science", 41.5, 1984, pp. 417-443; I. Iannaccone, *From Tucho Brahe to Isaac Newton: Ferdinand Verbiest's Astronomical Instruments in the Ancient Observatory of Beijing*, in: "Memorie della Società Astronomica Italiana", 60, 1989, pp. 889-906.
 23. Copies are e.g. in Brussels (Koninklijke Bibliotheek, V.H. 31075), Paris (BNP, Rés. V. 710).
 24. It concerns Leibniz's comment, entitled *Relatio de Libro Sinico Latino R.P. Verbiestii*, of which the ms. has been preserved in the Leibniz Archiv (Niedersächsische Landesbibliothek, Lbz. 306 ff. 18-19) and which is edited in the *Novissima Sinica*, Leipzig 1699², pp. 144-155, with 'passim' several other references to Verbiest.
 25. Its full title is: *Astronomia Europaea sub imperatore Tartaro—Sinico Cam Hy appellato ex umbra in lucem revocata à P. Ferdinando Verbiest Flandro—Belga e Societate Jesu Academiae Astronomicae in Regio Pekinensi Praefecto*, Dilingae (J.C. Bencard), 1687. Copies of this rare book are now present e.g. in Brussels, Koninklijke Bibliotheek (VH 8307 A/LP), in Gent (Universiteitsbibliotheek, Acc. 1339 (8)), in München (4 copies, a.o. one in the Bayerische Staatsbibliothek, 4 Astr. 4-152), in Paris (BNP 8225), in Leiden (Rijksuniversiteit).
 26. All the evidence available is given in the aforementioned edition of the *Astronomia Europaea* (see n. 21).
 27. Now preserved in Chantilly (Fonds Brotier, 111, f^o 89r. 89v); according to J. Dehergne in his *Inventaire de la Mission de Chine aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Chantilly, [1974], p. 27, it would only be a copy.
 28. Among the rich literature on this topic, I mention only the contributions by L.L. Thwing, *Automobile Ancestry*, in "Technology Review (MIT)", Febr. 1939, pp. 169-170; J. Bouman, *Oude auto's en hun makers*, Bussum, 1964, p. 24; J.D. Scheel, *Peking Precursor. A Monograph (Extracts first published in Automobile Quarterly, XXIII. 3, 1985)*.
 29. Some complementary information can be found, however, in several *Litterae Annuae*, esp. those of 1677-1680 (ARSI, JS 116 f^o 214 ff.) and of 1678-1679 (ARSI, JS 117, ff. 161-182; 183-188r).
 30. In 1589, M. Ruggieri brought some maps from China to Rome which remained unpublished: cfr. H. Bernard, *Les sources mongoles et chinoises de l'atlas Martini (1655)*, in "Monumenta Serica" 12, 1947, p. 132. They are found again in the 'Archivo di Stato' in Rome, or 78 folio pages (57 x 43 cm.) which clearly constitute the preparatory stage to a — never

- achieved — atlas: cf. E. Lo Sardo, *Il primo atlante delle Cina dei Ming. Un inedito di Michele Ruggieri*, in: "Bollettino della Società geografica italiana", series XI, vol. 6, 1989, pp. 423-447.
31. An overview of the European cartography of China in the XVIIIth century is given by B. Szczesniak, *The Seventeenth Century Maps of China. An Inquiry into the Compilations of European Cartographers*, into "Imago Mundi" 13, 1956, pp. 116-136.
 32. On the sources digested in the Martini atlas, see the note by N. Witsen in 1648 in his copy of the Martini-Atlas, preserved in the Museum Meermano—Westreenianum in The Hague (115 B 1), of which an English translation is given by C. Koeman, *Joan Blaeu and his Grand Atlas*, London—Amsterdam, 1970, p. 85. Cfr. also: H. Bernard, *Les sources mon-goles*, pp. 127-144. TH.N Foss, *A Western Interpretation of China: Jesuit Cartography*, in *East meets West* (see n. 1), p. 216 also refers to the < late Ming dynasty local gazetteers >, but many other Chinese sources still remain unidentified. Cfr. also G. Melis (ed.), *Martino Martini, geografo, cartografo, teologo. Trento 1614 — Hangzhou 1661*, Trento, 1983, pp. 138-139 and M. Martini, *Novus Atlas*, pp. 3-4.
 33. On this *Novus Atlas Sinensis*, published simultaneously in Latin, Dutch, French and German, see a.o. F. von Richthofen, *China*, 1877, I, pp. 674-677; J.J.L. Duyvendak, *Early Chinese Studies in Holland*, in "T' oung Pao", 32, 1936, pp. 305-313; O. Baldacci, in: G. Melis (ed.), *Martino Martini, geografo*, pp. 60-66.
 34. Martini's coordinates are indicated on his maps, and within the text on 19 unnumbered pages following p. 171. An interesting comparison between the coordinates on Chinese maps, these by M. Ricci and by M. Martini is made in the dissertation of L. Vanderpooten, *Martino Martini's Novus Atlas Sinensis*, Leuven, 1985. See also O. Baldacci and G. Staluppi, in: G. Melis (ed.), *Martino Martini, geografo*, pp. 68-70 and 141 resp.
 35. See on these points the Introduction; cfr. H. Walravens, *China Illustrata* (cf. n. 14), pp. 112-113.
 36. See the *Novus Atlas Sinensis*, Amstelodami 1655 (12 separately numbered pages), and J.J.L. Duyvendak, *Early Chinese Studies*, pp. 302-303.
 37. On Boym's life and work see, apart from L. Pfister, *Notices*, I, spp. 269-277 and J. Debergne, *Répertoire*, pp. 34-35 (nr. 107): R. Chabrie, *Michel Boym, jésuite polonais et la fin des Ming en Chine*, Paris, 1934, with the critics by P. Pelliot, in: "T' oung Pao", 31, 1935, pp. 95-150; the contributions of B. Szczesniak, esp. his *The writings of Michael Boym*, in: "Monumenta Serica", 14, 1949-1955 pp. 481-536; E. Kajdanski, *Michael Boym ostatni wyslannik dynstii Ming* ("M. Boym, The Last Envoy of the Ming Dynasty"), Warsaw, 1988 (cfr. "China Mission Studies (1550—1800) Bulletin", 10, 1988, pp. 69-71).
 38. I.e. the *Sinarum Universalis Mappa* (copies in Rome and Paris), and a collection of 17 maps of the 15 provinces. plus one, preserved in the Bibliotheca Vaticana (F. Borgia Chinese 531): see B. Szczesniak, *The Atlas and geographic description of China: a manuscript of Michaël Boym (1612—1659)*, in: "Journal of the American Oriental Society", 73, 1953, pp. 65-77; id. *The Mappa Imperii Sinarum of Michael Boym*, in "Imago Mundi", 19, 1965, pp. 113-115.
 39. See B. Szczesniak, *The Atlas*, pp. 72-74; *The Mappa*, 19, 1965, p. 113.
 40. Roma, ARSI, JS 77, f° 33r. — 71r.
 41. Chantilly, Fonds Brotier 118, f° 66—77 (copy); f° 78—80 (autograph).
 42. G. Riccioli, *Geographiae et Hydrographiae Reformatae Libri XII*, Bononiae, 1661* 1, Venetiis, 1672* 2, pp. 315-316 and p. 306 resp.
 43. Cf. on this *paradigma* a.o. B. Szczesniak, *The Seventeenth Century Maps*, pp. 130-133 and TH. N. Foss in: *East meets West* (cf. n. 1, p. 219).
 44. F. Verbiest, *Astronomia Europae* (cf. n. 25), pp. 69-72.
 45. Antwerp: Musaeum Plantin—Moretus, nr. 323 (now = M30), f° 17r. — 19v.
 46. See H. Josson, S.I. & L. Willaert, S.I., *Correspondance* (cf. n. 3), pp. 380-403 and pp. 422-435 resp.
 47. The bibliography is collected by R. Streit, *Bibliotheca Missionum*, V. Rom-Freiburg-Wien, 1964², nr. 2504 and 2507, and by H. Josson, S.I. & L. Willaert, S.I., *Correspondance*, pp. 380-381 and p. 422.
 48. < Cum Imperator Tartaro-Sinicus Cam Hi, a Sinensibus et Tartaris secundum dimensa fune intervalla totam Chinam et Tartariam sibi subjectam in mappis sibi delineari curasset, postmodum cogitare coepit, eo quod crassis erroribus abundarent, de illis reformandis et

addendis gradibus longitudinis et latitudinis, qui in illis deerant. Consilium suum olim aperuit P. Ferdinando Verbiest incipiendi primo a regno Sinarum. Verum eo paulo post vita functo et superveniente bello Erutano contra Caldanum, admodum periculoso, nihil amplius Imperator de eo tractavit (. . .) > See the edition of this text by H. Bosmans, in "Annales de la Société Scientifique de Bruxelles", 46, 1926, pp. 160-161.

49. Cf. on this topic E. Bretschneider, *Early European Researches into the Flora of China*, in: "Journal of the North-China Branch of the Royal Asiatic Society", New Series, XV, 1880, pp. 1-37; 119-128.
50. Cf. J. González de Mendoza, *Historia de las cosas, ritos y costumbres del gran reyno de la China*, Antwerp, 1596 (for the botanical part in it, see E. Bretschneider, *Early European Researches*, p. 4); A. Smedo, *Relatione della Grande Monarchia della China*, Roma, 1643 (cf. E. Bretschneider, *ibidem*, pp. 4-7); M. Martini, *Novus Atlas* (cf. E. Bretschneider, *ibidem*, pp. 7-21).
51. See the reference in n. 14.
52. In 1619, he reports from Goa: < inveni quingentas plantas, paucos pisces, quosdam lapides, paucas etiam serpentes, aves nullas, sic floh mir zuhoh; nunc in earum viribus labaro. Si mansissem hic integro anno procul dubio dedissem vobis mille plantas, omnes novas cena cum suis viribus >. After his arrival in China, however, the opportunities for scientific work in the field much decreased, a.o. by the restricted freedom of movement and by the linguistic problems. Yet in 1622, he disappointedly reports: < Hucusque nihil in naturalibus promovi: a nostris non possum, a Sinis non licet ob linguat ignorantium . . . Curo iam aliquoties deferri aliquas herbas ex campo ut discam illarum nomen, sed nondum attigi unam centuriam . . . > (G. Gabrieli, *Giovanni Schreck Linneo* [cf. n. 14], p. 492 and p. 507 resp.).
53. Quoted by Gabrieli, *ibidem*, p. 484. The exclamation in this Chinese text, that it was < peccato che questo erbario non sia stato tradotto > (Italian translation from G. Gabrieli) is the only — implicit — indication that this work was composed in Latin.
54. The clearest source on this somewhat 'mysterious' text, though apparently not relying on personal knowledge, is found in A. Kircher, *China Illustrata*, Amstelodami, 1667, pp. 110-111:

< (. . .) Indicam expeditionem petit, quam et haud magno labore obtinuit; et quemad-

modum Naturae arcanorum indefessum exploratorem semper se exhibuerat, ita modo opportunitate oblata, per vasta Oceani itinera, non more otiosorum aut dormientum, aut aliis occupationibus tempus terentium (ed. Terentium), nihil sive littorum promontoriumque (ed. promontorium) naturalem institutionem ventorumque origines, sive maris pisciumque occurrentium proprietates spectes, inexploratum reliquit. In Indican vero delatus, in campis sylvisque — erat enim herbariae rei peritissimus — nullum plantae genus obvium fuit, quod non quam exactissime examinatum in praeparatos a se prius chartaceos pugillares palimpsestosve una cum singularum figuris genuinis referret. Hinc tolius Indiae, Bengalae, Malacae, Sumatrae, Concinnae (= Cocinnae) littoribus rebusque Naturae consideratione dignioribus exploratis, Macaum et inde Chinam tandem finem desideriorum sourum appulit, quam universam recto, transverso obliquoque itinere peragravit. Et quoniam innumera rerum in triplici Naturae Regno elucescentium arcana in peregrinis hujusmodi Coeli climatibus, in lapidibus, plantis, animalibus, hominumque moribus et institutis ei sese sistebant, nil intactum reliquit, quod non examinaret, virtutesque singulorum philosophando experiretur, et uti erat pictoriae artis haud imperitus, singula propriis manibus ad vivum naturae prototypum delineata, magna Sinarum admiratione, duobus tomin ingentibus exhibebat, quem et Plinium Indicium, digno tanto opere titulo insignivit >. The title *Plinius Indicus* is repeated on p. 120 as well.

55. The scanty evidence has been checked — without any success — by G. Gabrieli, who reports on it in: "Archeicon", 10, 1979, p. 242, and in *Giovanni Schreck Liceno*, pp. 483-486.
56. The same experience was expressed about 2 centuries later by E. Bretschneider, *Early European Researches*, p. 3: < travellers or naturalists of the present time, who are looked upon with suspicion, constantly watched and often molested by the people >.
57. See G.W. Leibniz in 1689, quoted in R. Widmaier (cf. n. 17), p. 8: < Habent patres ingentia volumina rerum Chinae naturalium ex Imperatoris archivio quae paulatim communicabunt Europaeis >.
58. Leibniz, *ibidem*: < Ne videatur ex Archivio descriptum. Metuendum enim est ne ea res ad Sinenses per Hollandos delata, suspiciones aboriantur. Itaque ad modum literarum ex provinciis scriptarum dabunt. Ibi pleraque de plantis, animalibus et lapidibus regni >.
59. According to B. Szczesniak, *The Atlas* (cf. n. 37), p. 76 (n. 63), the only 2 complete copies

- are in Cracow (Bibl. Jagell.) and in London; other copies are listed by the same in *The Writings* (cf. n. 37), p. 492, n. 40. A recent description is given by H. Walravens, *China Illustrata*, p. 248 (nr. 190). A German translation of most of the text is presented *ibidem*, pp. 57-66.
60. This statement, made by B. Szczesniak, *The Writings*, p. 492 seems to be confirmed by F. Von Wartburg, *Fransözisches Etymologisches Wörterbuch*, III, Berlin 1934, s.v. flos, p. 673.
61. A French translation was published by M. Thevenot in his *Relations de divers voyages curieux* (. . .), vol. 2, Paris, 1664 (reprint, Paris 1674 and 1696).
62. It contains excerpts from the *Pen-ts'ao kang-mu* (1596), a herbal compiled by Li Shich-chen; Boym's copy of it is now in Berlin (Staatsbibliothek Preussischer Kulturbesitz), where it arrived through (Boym ->) Cleyer -> Menzel: B. Szczesniak, *The Atlas*, p. 76 (n. 62).
63. See H. Walravens, *Eine Anmerkung zu Michael Boyms Flora Sinensis (1656) — Einer wichtigen naturhistorischen Quelle*, in: "China Mission Studies (1550—1800) Bulletin", I, 1979, pp. 16-20.
64. Another title: *Fructus et arbores qui in regnum Sinarum (. . .) reperiuntur, depicti cum brevi descriptione suarum proprietatum*, and attributed to M. Boym, is probably nothing but an inaccurate reference to the botanic part of the *Flora Sinensis*.
65. Cfr. on this topic E. Rochat de la Vallee, *La transmission de l'herbier chinoise en Europe au XVIIe siècle*, in: *Actes du 3ième colloque international de Sinologie*, Paris, 1983, pp. 177-192.
66. M. Martini, *Novus Atlas*, p. 7: < In medica arte, si praxim spectes, nos omnino superant >.
67. Cfr. D. de Navarrete in 1659 in: J.S. Cummins (ed.), *The Travels and Controversie of Friar Domingo Navarrete, 1618—1686*, Cambridge, 1962, p. 156: < Father Coplet (sic) is a passionate assertor of the Chinese Physicians, and here and there one is of his opinion; he is about translating some of their Books for the improvement of Europe >.
68. Cfr. H. Cordier, *Bibliotheca Sinica*, vol. 2, Paris 1905—1906² [Taipei, 1966], col. 1470—1471; H. Walravens, *China Illustrata*, pp. 260-262 (nr. 204). The ms. is preserved in Berlin, Staatsbibliothek Preussischer Kulturbesitz.
69. The titles on the title—page are:
- (I) De pulsibus libros iv è Sinico translatos.
 - (II) Tractatus de pulsibus ab erudito Europaeo collectos
 - (III) Fragmentum operis medici ibidem ab erudito Europaeo conscripti.
 - (IV) Excerpta literis eruditi Europaei in China.
 - (V) Schemata ad meliorem praecedentium intelligentiam.
 - (VI) De indicis morborum ex linguae coloribus & affectionibus.
- In fact. they constitute 4 independently paginated parts.
- A complete listing of the separate sub—titles is given by B. Szczesniak, *The Writings* (cf. n. 37), pp. 508-513. This listing of titles and chapters is in accordance with the composition of the copy in Paris (BNP, Td. 16.19), but the copy which I inspected in the Ecole Sainte-Geneviève (T4° 312; Inv. 744 Rés). gives the same pieces in a totally different sequence, as the copy in the British Library (54. c. 26) does (described by E. Kajdanski, *Michael Boym's Medicus Sinicus* (cf. n. 70), p. 168.
70. Cfr. H. Cordier, *Bibliotheca*, col. 1471; H. Walravens, *China Illustrata*, pp. 262-265 (nr. 205).
71. P. Pelliot, *Michael Boym*, in: "T'oung Pao" 31, 1935, pp. 95-15r.
72. See M.D. Grmek, *Les reflets de la sphygmologie chinoise dans la médecine occidentale*, in: "La Biologie Médicale", 51, 1962 ("Numéro hors série"), pp. LIX., and J. Needham, *Celestial Lancets. A History and Rationale of Accupuncture and and Moxa*, Cambridge, 1980, p. 285 ff.
73. See E. Kajdanski, *Michael Boym's Medicus Sinicus*, in "T'oung Pao" 73, 1987, pp. 161-189.
74. Cfr. the impressive editorial 'program' of the author, published during his sojourn in Europe and mentioned a.o. by B. Szczesniak, *The Writings*, p. 486: < VI. Medicus Sinicus seu singularis ars explorandi pulsuum & praedicendi & futura symptomata, & affectiones aegrotantium a multis ante Christum soeculis tradita, & apud Sinas conservata. Quae quidem ars omnino est admirabilis & ab Europaea divisa > .
75. This title is mentioned in the *Clavis Medica*, pp. 10-12; 13; 14 etc.
76. Other Chinese authors explicitly mentioned are (in the original transcription):

Kie Ku (p. 17, 25, 39 etc.);
 Pie Ko (p. 41);
 Chum Kim (p. 17, 18 etc.);
 Yum Ki (p. 31);
 Se Veu (p. 28).

An unidentified < mandarinus medicorum Christianus > is the source of the 16 page-long *Tractatus de indiciis morborum ex linguae coloribus et affectionibus*.

77. So M.D. Grmek, *Les reflects de la sphygmologie*, p. LXXVI.
78. Copies of two Latin letters (a third apparently is lost), dated 29 June 1682 (< Ex mare Sinarum >) and 7 October 1685 have survived; they are now deposited with the archives of the Paris Jesuit Province in Chantilly (Fonds Brotier, 117, f^o 49; 50–57 and 58–63 respon.). The original of the first letter was in the papers of the Duchess d' Aveiro, and is now in the Tenri University (Japan): see the photographic edition in *The Far Eastern Catholic Missions 1663–1711. The original Papers of the Duchess d' Aveiro*, Tokyo 1975, vol. II, pp. 3-36. For a comment on these letters, cfr. H. Bosmans, *L'oeuvre scientifique d' Antoine Thomas de Namur, S.J. (1644–1709)*, in "Annales de la Société Scientifique de Bruxelles", 44, 1924-1925, pp. 179-208.
79. The *Litterae ad P. Athanasium Kircher, in quibus plures observationes magneticae adnotantur* are signalized by L. Pfister, *Notices*, I, p. 262; H. Bernard, *Les sources mongoles* (cf. n. 30), pp. 135-136 refers to some letters of 1639–1640, quoted by A. Kircher, *Magnes sive de arte magnetica, Coloniae Agrippinae 1643²* (pp. 316–317 and) pp. 348-350, and by G. Riccioli, *Geographiae et Hydrographiae liber VIII*, pp. 348a-348b; the last one is also quoted by B. Szczesniak, *A Note on the Studies of Longitudes made by M. Martini, A. Kircher and J.N. Delisle from the Observations of Travellers to the Far East*, in: "Imago Mundi", 15, 1960, pp. 89-93, esp. pp. 89, the former by the same, *ibidem*, p. 91; still other items, dating back from 1640 and 1642, are preserved in Kircher's correspondence, according to J. Wicki, *Die 'Miscellanea Epistolarum' des P. Athanasius Kircher S.J. in missionarischer Sicht*, in "Euntes Docete", 21, 1968, pp. 240-241.
80. A short evaluation of this work is given by B. Szczesniak, *Athanasius Kircher's China Illustrata*, in "Osiris", 10, 1952, pp. 385-411.
81. See on the development of this topic: F. D' Arelli, *P. Matteo Ricci S.J.: le 'cose absurde' dell' astronomia cinese. Genesi, eredità ed influo di un convincimento tra i secoli XVI–XVII*, in: *Dall'Europa alla Cina: contributi per una storia dell' astronomia*, a cura di L. Iannaccone e A. Tamburello, Napoli, 1990, pp. 85-123.
82. For a partial publication, see F. Rodriguez, *Jesuitas Portugueses astronomos na China (1583–1805)*, Porto, 1925, pp. 83-125.

PERFILES ISOENZIMATICOS DE SUPEROXIDO DISMUTASA EN CAFETO

por

Martha Daza*, Virginia Montes de Gómez**, Marco Quijano-Rico***,
& L.A. Del Río****

Resumen

Daza, M., V. Montes, M. Quijano & L. Del Rio: Perfiles no enzimáticos de superóxido dismutasa en Cafeto. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 403-408, 1992. ISSN 0370-3908.

Se determinaron los perfiles (SOD; EC 1.15.1.1) presentes en extractos crudos de hojas de cafeto. Las metaloenzimas se identificaron con base en su sensibilidad diferencial a los inhibidores KCN 2mM y peróxido de hidrógeno 5mM. En la variedad Caturra, *Coffea arabica* L., (susceptible a la roya del cafeto) se encontraron al menos tres bandas con actividad SOD: la más anódica posiblemente una Mn-SOD, una banda intermedia con actividad Cu, Zn-SOD, y una banda catódica, probablemente una Fe-SOD.

En el híbrido de Timor (*C. arabica* x *C. canephora*) y en la var. Colombia (*C. arabica* x Híbrido de Timor), resistentes a la roya se detectaron al menos 5 bandas con actividad SOD: la más anódica, probablemente una Mn-SOD, 3 bandas intermedias, posiblemente Cu, Zn-SODs y una banda catódica, probablemente una Fe-SOD. En *C. liberica* se encontraron 2 isoenzimas Cu, Zn-SODs. La presencia de isoenzimas parece estar relacionada genéticamente con las especies analizadas. La Fe-SOD ha sido detectada en pocas familias de plantas superiores.

Palabras clave: Superóxido dismutasas, Fe-superóxido dismutasa, Mn-superóxido dismutasa, Cu, Zn-superóxido dismutasa, cafeto.

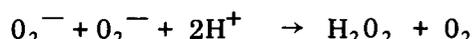
Abstract

The isoenzymatic profiles of superoxide dismutase (SOD; EC 1.15.1.1) present in crude extracts of leaves of *Coffea arabica* and *Coffea liberica*, were determined. The different metalloenzymes were identified according to their differential sensitivity to the inhibitors KCN 2 nM and H₂O₂ 5mM.—In the Caturra variety, (susceptible to the rust) at least 3 electrophoretic bands with SOD were found: The most anodic, possibly a Mn-SOD; an intermediate band with Cu-Zn-SOD activity, and a cathodic band, probably Fe-SOD. In the Timor hybrid (*C. arabica* x *C. canephora*) and the Colombia variety (*C. arabica* L x Timor hybrid), both resistant to coffee rust, at least five bands with SOD activity were detected: The most anodic, probably Mn-SOD; 3 intermediate bands with SOD activity, possibly Cu-Zn-SOD, and a cathodic band, probably Fe-SOD.

In *C. liberica* only 2 isoenzymes Cu-Zn-SOD were found. The presence of the different isoenzymes apparently is related genetically with the two species that were analysed. The Fe-SOD has been found in few families of higher plants.

Introducción

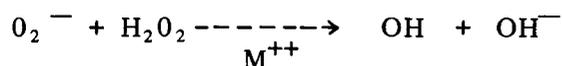
Las superóxido dismutasas (SOD; E.C. 1.15.1.1) constituyen una familia de metaloenzimas que catalizan la dismutación de los radicales libres superóxido (O_2^-) según la siguiente ecuación:



Esta actividad enzimática fue descubierta por McCord y Fridovich en 1969.

Los radicales superóxido en células vegetales pueden generarse en: cloroplastos, Asada (1984); mitocondrias, Boveris (1984) y en membranas microsomales, Mayak et al, (1983).

Los radicales superóxido pueden causar daño directamente a los tejidos biológicos, Tepperman et al (1990) o a través de la generación de especies activadas del oxígeno como el radical hidroxilo (OH), Halliwell y Gutteridge, (1985) mediante una reacción Haber-Weiss, catalizada por metales, así:



M^{++} puede ser Cu, Fe o Ti.

Estas metaloenzimas se presenta en tres formas moleculares que difieren entre sí, según su grupo prostético metálico ligado a la enzima. Una clase contiene Cu, Zn y a ella pertenecen la primera superóxido dismutasa aislada por McCord y Fridovich en 1969 de eritrocitos bovinos y las dos restantes contienen Fe y Mn respectivamente.

En general la toxicidad del oxígeno esta determinada por tres procesos: 1) inactivación de enzimas por oxidación de grupos tiol o de los metales en el sitio activo, 2) hidroxilación de compuestos aromáticos y 3) peroxidación de lípidos, Frank, (1985).

Las superóxido dismutasas son un componente esencial de los sistemas de detoxificación del oxígeno en todos los organismos.

Las Fe-SODs han sido detectadas en pocas familias de plantas superiores (tabla 1) Salin y Bridges, (1982) detectaron la presencia de Fe-SODs tan solo en un total de tres familias (Gingkoaceae, Nymphaeaceae y Cruciferae) de 43 analizadas.

Las distintas SODs se identifican con base en su sensibilidad diferencial a los inhibidores KCN 2mM y H_2O_2 5mM, (tabla 2).

En desarrollo del presente trabajo se identifican las distintas isoenzimas superóxido dismutasas presentes en extractos crudos de hojas de cafeto de las variedades Caturra y Colombia de la especie *C. arabica* L., del Híbrido de Timor (*C. canephora* x *C. arabica* L.) y de la especie *C. liberica* Bull sobre geles de poliacrilamida al 10% empleando el método fisicoquímico de Weissiger y Fridovich (1973) y su sensibilidad diferencial a los inhibidores KCN 2mM y H_2O_2 5mM.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Se emplearon hojas (segundos pares y bien desarrollados) de cafeto de las variedades Caturra (*C. arabica* L.) y Colombia (*C. arabica* L. x Híbrido de Timor), de la especie *C. liberica* Bull, provenientes de la finca "Misiones" (Viotá, Cundinamarca); lo mismo que del Híbrido de Timor (*C. canephora* x *C. arabica* L.), proveniente de la finca "Naranjal" (Chinchiná, Caldas).

Preparación de los extractos crudos de hojas de cafeto

Las hojas se lavaron con abundante agua desmineralizada, se secaron con papel absorbente y se mantuvieron en la nevera durante 5 minutos, con el objeto de evitar los cambios bruscos de temperatura. Posteriormente se les retiró la nervadura central, se pesaron y se cortaron en pequeños pedazos y se homogeneizaron en el medio indicado en la tabla 3, (relación peso/volumen, 1/4) empleando un homogenizador Sorvall a velocidad máxima durante 2-3 minutos. El homogeneizado se filtró a través de dos capas de una tela de algodón previamente con agua desmineralizada y se centrifugó a 12000 g durante 10 minutos, en una centrifuga refrigerada a 4°C, recojiéndose los sobrenadantes para los ensayos correspondientes.

Determinación de actividad isoenzimática SOD

Las distintas isoenzimas de superóxido dismutasa se individualizaron mediante electroforesis en gel de poliacrilamida utilizando la técnica vertical en geles cilíndricos, Davis (1964). Se emplearon geles al 10% en acrilamida y 0.53% en bisacrilamida. A cada gel se aplicaron aprox. 90µg de proteína vegetal. Tampon Tris Gly-HCl 38 nM. 3,5 mA/Gel 1 cm φ.

La actividad SOD fue localizada por el método fisicoquímico de Weissiger y Fridovich (1973), basado en la reducción del azul del nitrotetrazolio (NBT) por los radicales libres superóxido generados por la acción de la luz sobre una solución de riboflavina y tetrametiletilendiamina (TEMED).

* Investigador Becario Laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café y los Productos Naturales (LIQC).

** Profesor Asociado Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

*** Director LIQC. Calle 26A No. 37-28 Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

**** Director de Unidad de Bioquímica Vegetal, Estación Experimental del Zaidín, Granada, España.

Tabla 1
Distribución de Fe-SODs en plantas superiores

Familia	Especie	Referencia
Ginkgoaceae	<i>Ginkgo biloba</i>	(1)
Nymphaeaceae	<i>Nuphar luteum</i>	
	subsp. <i>macrophyllum</i> (Small) Beal	(2)
	<i>Nympha odorata</i> Ait.	(3)
Cruciferae	<i>Brassica campestris</i> L.	(3)
	<i>Brassica rapa</i> L.	(3)
	<i>Brassica oleracea</i> L.	(3)
	<i>Raphanus sativus</i> L.	(3)
	<i>Rorippa sessiflora</i> (Nutt) Hitchcock	(3)
Rutaceae	<i>Citrus limonum</i>	(4)
Solanaceae	<i>Lycopersicum sculentum</i>	(5)
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	(5)

(1) Duke y Salin, 1985, (2) Salin y Bridges, 1982, (3) Bridges y Salin, 1981, (4) Sevilla et al, 1984, (5) Kwiatowski y Kaniuga, 1984.

Tabla 2
Identificación de las distintas isoenzimas superóxido dismutasas con base en su sensibilidad diferencial al KCN y al H₂O₂

Isoenzima	Inhibidor	
	KCM 2 mM	H ₂ O ₂ 5 nM
Cu, Zn-SOD	sensible (1) (2)	sensible (3) (4) (5)
Mn-SOD	insensible (1) (2)	insensible (1) (2) (6)
Fe-SOD	insensible (1) (2)	sensible (7) (8) (9)

(1) Fridovich, 1986, (2) Asada et al, 1973, (3) Hodgson y Fridovich, 1973, (4) Rigo et al, 1986, (5) Bray et al, 1974, (6) Bridges y Salin, 1981, (7) Yakamura et al, 1986, (8) Salin y Bridges, 1982, (9) Salin, 1985.

Tabla 3
Medio de estracción para superóxido dismutasas de hojas de cafeto

Compuesto	Concentración
Buffer Tris-HCl, pH 7.2	50 mM
Dititreititol	5 mM
Metabisulfito de potasio	10 mM
EDTA-Na	1 mM
Polivinilpolipirrolidona (PVPP)	1 %
Albúmina sérica bovina (ASB)	0.5 %
Tritón X-100	0.2 %

En estas condiciones los geles se tiñen uniformemente de violeta excepto en aquellas zonas donde hay actividad SOD, que aparecen incoloras. Para ello los geles se incubaron en oscuridad a 25°C en una solución de NBT 2.45 x 10⁻³ M en buffer fos-

fato 50 mM pH 7.8, durante 20 minutos. A continuación se eliminó el NBT por medio de un lavado rápido con buffer fosfato 50 mM, pH 7.8 y se adicionó una solución de TEMED 0.28 mM y riblofavinina 2.8 x 10⁻⁵ M en el buffer anterior, manteniéndose a 25° C durante 15 minutos. Seguidamente se lavaron los geles con buffer fosfato 50 mM, pH 7.8 y se iluminaron con dos lámparas fluorescentes Sylvania hasta alcanzar el máximo contraste entre las zonas acromáticas y la coloración de fondo del azul de formazan.

La identificación de las diferentes bandas con actividad SOD se efectuó mediante el uso de inhibidores KCN 2 mM y H₂O₂ 5 mM. Una vez terminada la electroforesis, los geles se incubaron en buffer fosfato 50 mM, pH 7.8 en presencia y en ausencia de KCN y 2 mM y H₂O₂ 5 mM durante 45 minutos a 25°C. Una vez lavados los geles con buffer 50 mM, pH 7.8, se llevó a cabo el revelado

fotoquímico de actividad superóxido dismutasa por el método del NBT descrito anteriormente.

Después de reveladas las distintas bandas con actividad SOD, los geles se registraron densitométricamente mediante un fotómetro-integrador Vernon Mod PHI-6.

Resultados y Discusión

Al someter los extractos crudos de hojas de diferentes variedades de café a electroforesis en gel de poliacrilamida al 10% y posterior tinción con NBT e identificación de las distintas bandas con actividad SOD, empleando como criterio su sensibilidad diferencial a los inhibidores: KCN 2 mM y H₂O₂ 5 mM, se encontró:

En la variedad Caturra (*C. arabica* L.), susceptible a la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) la presencia de al menos 3 bandas con actividad SOD, (Fig. 1). La banda más catódica, probablemente una Mn-SOD por su insensibilidad a ambos inhibidores empleados, la banda intermedia sensible tanto al cianuro como al peróxido, atribuible de ser una Cu, Zn-SOD y la banda más anódica, posiblemente una Fe-SOD por su sensibilidad al peróxido de hidrógeno más no al cianuro.

Las Fe-SOSs han sido detectadas en pocas familias de plantas superiores, (tabla 1). La identificación de una Fe-SOD en la especie *C. arabica* L., familia Rubiaceae, aumenta el pequeño número de familias de plantas superiores en las cuales ha sido encontrada esta isoenzima.

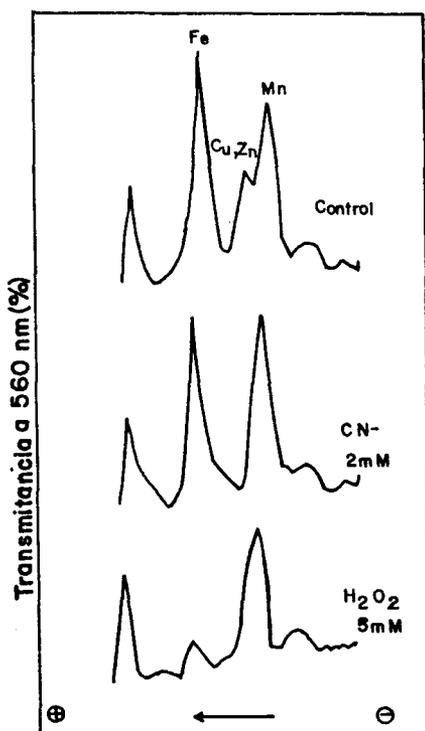


Figura 1. Perfil isoenzimático de SOD presentes en extractos crudos de hojas de café (*C. arabica* L.; var. Caturra, Viotá). Basado en electroforesis sobre poliacrilamida (10% acrilamida 0,53% Bisacrilamida) pH 8,2 Tampon Tris-Gly-HCl 38 mM.

La identificación de las Fe-SODs en extractos crudos de otras fuentes: *Escherichia coli*, Yost y Fridovich (1973); *Brassica campestris*, Salin y Bridges (1981) y *Nuphar luteum*, Bridges y Salin (1982) basada en su sensibilidad al H₂O₂ sobre geles de poliacrilamida ha sido confirmada por estos mismos autores trabajando con la enzima purificada y por análisis del contenido en metal por espectroscopía de absorción atómica, (tabla 4).

Bray et al (1974) demostraron que la exposición de la Cu, Zn-SOD (eritrocitos bovinos) a concentraciones de H₂O₂ 1 mM ocasionaba una inactivación completa de la enzima antes de 1 minuto.

Tabla 4
Contenido en metales de la Fe-SOD de *Nuphar luteum* (lirio de agua) y de *Brassica campestris* (mostaza).

Metal (átomos dímero)	N. luteum ¹ ppm	B. campestris ² ppm
Fe	1.6 + 3	0.75 + 0.2
Mn	— 0.3	— 0.07
Cu	— 0.1	—
Zu	—	— 0.3

(1) Salin y Bridges, 1982, (2) Salin, 1985.

En la inactivación de la Fe-SOD por H₂O₂, Yakamura et al, (1986) encontraron una modificación en los aminoácidos histidina, triptófano y cisteína y propusieron que la inactivación ocurre cuando el hierro férrico es reducido a ferroso.

Observamos además, un banda con aparente actividad SOD, localizada exactamente en el frente de migración electroforética, cianuro y peróxido resistente, (Fig. 1). Creemos que esta es un artefacto probablemente debido a los compuestos fenólicos presentes en los extractos crudos de las hojas de café, ya que no se tiñó con azul de Coomassie y por tanto no corresponde a peptidos.

Há sido demostrado por Robak y Gryglewski, (1988) en un sistema "in vitro" que los flavonoides son capturadores de radicales superóxido y por tal razón presentan una actividad similar a la de la enzima superóxido dismutasa.

Al comparar los perfiles isoenzimáticos presentes en extractos crudos de hojas de café provenientes de plantas adultas de la variedad Caturra (aprox. 5 años de edad) desarrolladas en el campo con los presentes en extractos crudos de hojas de plántulas de aprox. año y medio de edad, se observó en estos últimos la carencia de la isoenzima Cu, Zn-SOD, (Fig. 2).

Hassan y Moody, (1986) plantean que el aumento de la actividad SOD en procariontes en respuesta a cambios específicos en el crecimiento,

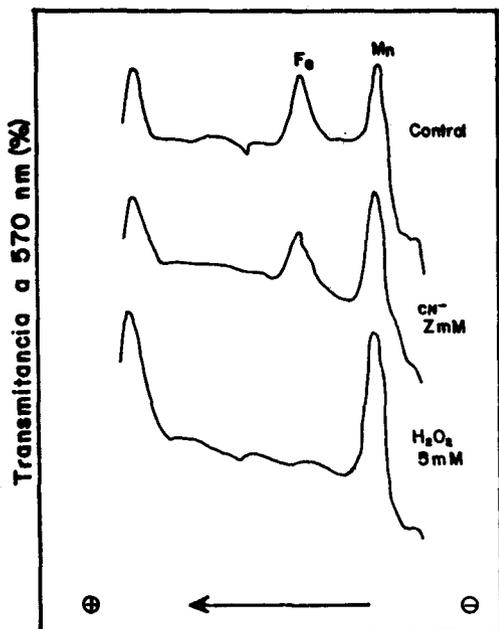


Figura 2. Perfil isoenzimático de SOD presentes en extractos crudos de hojas de Cafeto (*C. arabica* L. var. *Caturra*, Invernadero). Basado en electroforesis sobre poliacrilamida (10% acrilamida 0,53% Bisacrilamida) pH 8,2 Tampon Tris-Gly-HCl 38 mM.

puede ser explicado teniendo en cuenta que a ratas de crecimiento altas corresponden altas ratas de respiración y por lo tanto altas ratas de producción de radicales superóxido.

Es importante resaltar el hecho de la expresión diferencial de estas isoenzimas en etapas tempranas del desarrollo (plántulas) donde se encontraron únicamente dos metaloenzimas SOD (Mn-SOD y Cu, Zn-SOD) y en estadio adulto, el cual presentó tres isoenzimas (Mn-SOD, CU, Zn-SOD y Fe-SOD).

Tanto en el Híbrido de Timor, el cual es un híbrido natural que se originó en la isla de este nombre por el cruzamiento espontáneo entre las especies *C. arabica* L. y *C. canephora* y que posee el mismo número de cromosomas correspondientes al arábigo, Moreno y Castillo, (1984) como en la variedad Colombia (*C. arabica* L x Híbrido de Timor), se detectó la presencia de al menos 5 bandas con actividad SOD, (Fig. 3).

La banda más catódica, atribuible de ser una Mn-SOD por su insensibilidad a los inhibidores empleados; 3 bandas con actividad Cu, Zn-SOD por su sensibilidad tanto al cianuro como al peróxido de hidrógeno y una banda anódica, posiblemente una Fe-SOD.

A diferencia de las variedades de cafeto que poseen genes de la especie *C. arabica* L., las cuales presentaron en sus perfiles isoenzimáticos SOD, las tres isoenzimas SOD (Mn-SOD, Cu, Zn-SOD y Fe-SOD), en la especie *C. liberica* Bull se detectó, únicamente la presencia de dos bandas con actividad SOD, atribuibles de ser Cu, Zn-SOD por su sensibilidad tanto al cianuro como al peróxido de hidrógeno, (Fig. 4).

Sobresale el hecho que los cafetos resistentes a la roya: variedad Colombia, Híbrido de Timor y *C. liberica* Bull posean una mayor proporción de isoenzimas Cu, Zn-SODs que la variedad susceptible, Caturra. El Híbrido de Timor y la variedad Colombia poseen tres isoenzimas Cu, Zn-SODs; *C. liberica* dos, mientras que la variedad Caturra una.

Acorde con los resultados obtenidos se puede concluir que las variedades de cafeto estudiadas que poseen genes de la especie *C. arabica* L., como: Híbrido de Timor, Colombia y Caturra presentan en su perfil isoenzimático SOD, la Fe-isoenzima.

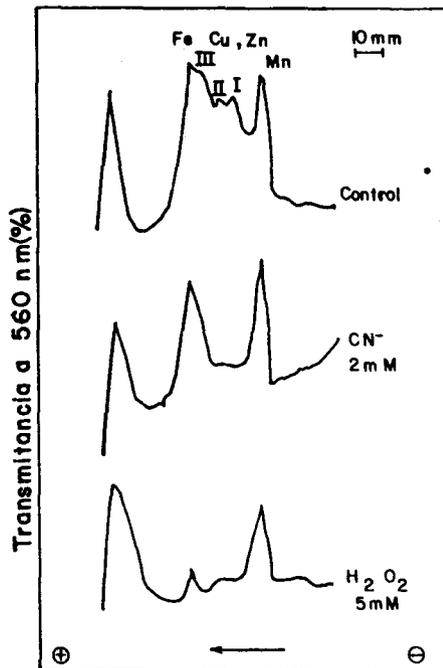


Figura 3. Perfil isoenzimático SOD de extractos crudos de hojas de Cafeto (*C. canephora* x *C. arabica* L.: Híbrido de Timor, Chinchina). Basado en electroforesis sobre poliacrilamida (10% acrilamida y 0,53% Bisacrilamida) pH 8,2 Tampon Tris Gly HCl 38 mM.

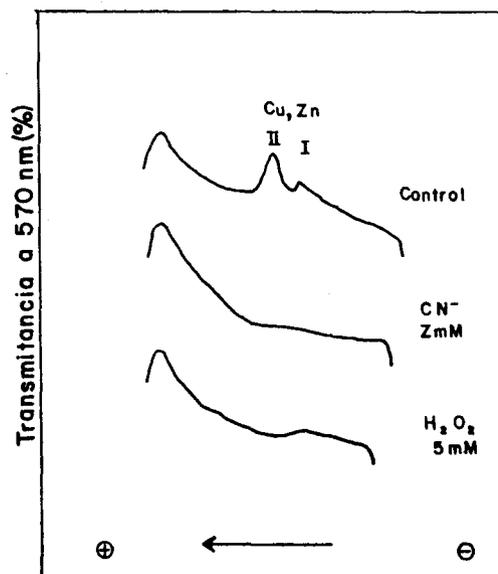


Figura 4. Perfil isoenzimático Superóxido Dismutasa en extractos crudos de hojas de cafeto (*C. liberica* Bull). Electroforesis en poliacrilamida. Tampon Tris Gly-Gly-HCl 38 mM Acrilamida 10%, Bisacrilamida 0,53%.

Es importante resaltar que las Fe-SODs se consideran propias de procariotes. La familia a la cual pertenece el cafeto (Rubiaceae) junto con las familias Leguminosae y Solanaceae son las más avanzadas evolutivamente en las que se ha detectado esta isoenzima.

También se puede plantear que exista una posible regulación dependiente del estadio de desarrollo del cafeto sobre la expresión de las diferentes isoenzimas SOD. En el estadio de desarrollo vegetativo se observó únicamente la presencia de una Mn y una Fe-SOD, en la variedad Caturra, mientras que en el estadio adulto se encontró, además, la presencia de una Cu, Zn-SOD.

La caracterización molecular y la localización subcelular de estas isoenzimas en diferentes especies y variedades de cafeto proveerá más información al respecto.

Esta familia (Rubiaceae) constituye una excelente fuente de material para la investigación acerca de la evolución de estas metaloenzimas y de los posibles mecanismos de regulación de su expresión. Esto debido a la presencia de las tres isoenzimas (Mn-SOD, Cu, Zn-SOD y Fe-SOD) en una sola especie (*C. arabica* L.), la presencia únicamente de Cu, Zn-SOD en otra (*C. liberica* Bull) y la variación de la expresión con la edad de la planta.

Bibliografía

- Asada, K., M. Urano, & M. Takahashi 1973. Subcellular Localization of Superoxide Dismutase in Spinach Leaves and Preparation and Properties of Crystalline Superoxide Dismutase. *Eur. J. Biochem.*, 36: 257.
- Asada, K. 1984. Chloroplasts Formation of Active Oxygen and its Scavenging. *Meth. Enzymol.*, 105: 422.
- Boveris, A. 1984. Determination of the Production of Superoxide Radicals and Hydrogen Peroxide in Mitochondria. *Meth. Enzymol.*, 105: 429.
- Bridges, S. & M. Salín 1981. Distribution of Iron-containing Superoxide Dismutase in Vascular Plants. *Plant Physiol.*, 68: 275.
- Davis, R. 1964. Dis Electrophoresis-II. Methods and Application to Human Serum Proteins. *Am. N.Y. Acad. Sci.*, 121: 404.
- Duke, M. & M. Salín 1985. "Purification and Characterization of an Iron-containing Superoxide Dismutase from Eukaryote *Ginkgo biloba* Arch. Biochem. Biophys., 243: 305.
- Frank, L. 1985. Oxygen Toxicity in Eukaryotes in Superoxide Dismutase, 3: 1. Oberley, L. (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Fridovich, I. 1986. Superoxide Dismutases. *Advances in Enzymology and Related Area of Molecular Biology*, 58: 61. Meister, A. (ed.). John Wiley and Sons, Inc.
- Halliwell, B. & J. Gutteridge 1985. The Role of Transition in Superoxide-mediated Toxicology in Superoxide Dismutase, 3: 45. Oberley, L. (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Hassan, H. & C. Moody 1986. Regulation of the Biosynthesis of Superoxide Dismutase in Prokaryotes in Superoxide and Superoxide Dismutase in Chemistry, Biology and Medicine. Rotilio, G. (ed.). Elsevier, p. 274.
- Hodgson, E. & I. Fridovich 1975. The Interaction of Bovine Erythrocyte Superoxide Dismutase with Hydrogen Peroxide: Inactivation of the Enzyme. *Biochem.*, 14: 24.
- Kwiatowski, J. & Z. Kaniuga 1984. Evidence for Iron-containing Superoxide Dismutase in Leaves of *Lycopersicon sculetum* and *Phaseolus vulgaris*, cultivar Piekny-Jas. *Acta Physiol. Plant.*, 6: 197.
- Mayak, S., R. Ledge & J. Thompson 1983. Superoxide Radical Production by Microsomal Membranes from Senescing Carnation Flowers. An Effect on Membrane Fluidity. *Phytochem.*, 22: 1375.
- McCord, J. & I. Fridovich 1969. Superoxide Dismutases, an Enzymic Function for Erythrocyte. *J. Biol. Chem.*, 244: 6049.
- Moreno, C. & J. Castillo 1987. La variedad Colombia, un nouveau cultivar de *Coffea arabica*, de type composite, résistant a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. ASIC, 12^o Colloque, Montreux, p. 657.
- Rigo, A., P. Viglino, M. Scarpa & G. Rotilio 1966. Reduction and Oxidation of Bovine Superoxide Dismutase by H₂O₂ in Superoxide and Superoxide Dismutases in Chemistry, Biology and Medicine. Rotilio, G. (ed.). Elsevier Science Publishers, p. 184.
- Robak, J. & R. Gryglewski 1988. Flavonoids are Scavengers of Superoxide Anions. *Biochem. Pharmacol.*, 37: 837.
- Salín, M & S. Bridges 1982. Isolation and Characterization of an Iron-containing Superoxide Dismutase from Water Lily, *Nuphar luteum* in Oxy Radical and their Scavenger Systems. Cohen, G. & R. Greenwald (eds), 1: 344. Elsevier Publishing Co., Inc., N.Y.
- Salín, M. 1985. Preparation of Iron-containing Superoxide Dismutase from Eukaryotic Organisms. *Handbook of Methods for Oxygen Radical Research*. Greenwald, R. (ed.). CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, p. 9.
- Sevilla, F.L., del Río & E. Hellin 1984. Superoxide Dismutases from *Citrus* Plant: Presence of two Iron-containing Isoenzymes in Leaves of Lemon Trees, (*Citrus limonum* L.). *J. Plant Physiol.*, 116: 381.
- Tepperman, J. & P. Dumnair 1990. Transformed Plants with Elevated Levels of Chloroplastic Superoxide Dismutase are not resistant to Superoxide Toxicity. *Plant Mol. Biol.*, 14: 501.
- Weissiger, R. & I. Fridovich 1973. Superoxide Dismutase. *J. Biol. Chem.*, 248: 3582.
- Yakamura, F., D. Ohmori & R. Zuzuki 1986. Inactivation of Iron Superoxide Dismutase by Hydrogen Peroxide in Superoxide and Superoxide Dismutases in Chemistry, Biology and Medicine. Rotilio, G. (ed.), p. 212. Elsevier Science Publishers.
- Yost, F. & I. Fridovich 1973. An Iron-containing Superoxide Dismutase from *Escherichia coli*. *J. Biol. Chem.* 248: 4905.

ESTUDIO BIOECOLOGICO DE LA ICTIOFAUNA DEL LAGO DE TOTA (Boyacá-Colombia), CON ENFASIS EN LA TRUCHA ARCO IRIS, *Oncorhynchus mykiss*

por

Gilberto Mora, Luz Stella Téllez,
Plutarco Cala & Gabriel Guillot*

Resumen

Mora, G., L.S. Téllez, P. Cala & G. Guillot: Estudio bioecológico de la ictiofauna del Lago de Tota (Boyacá, Colombia), con énfasis en la trucha "arco iris", *Oncorhynchus mykiss*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 409-422, 1992. ISSN 0370-3908.

Se analiza el efecto de la introducción de la trucha *Oncorhynchus mykiss* sobre las poblaciones nativas del Lago de Tota de acuerdo con las condiciones tróficas actuales del ecosistema. Se presentan datos relativos a la adaptación de la trucha en el ambiente lacustre altoandino (ocupación de nichos vacíos causados por la invasión de la vegetación sumergida (*Egeria densa*) y por la eutroficación antrópica). Las especies ícticas del lago, (*O. mykiss*, *Eremophilus mutisii* y *Grundulus bogotensis*) cohabitan; *Rhizosomichthys totae* posiblemente está extinguido. Quedan por establecer la capacidad productora de alimento y la capacidad de carga del lago en relación con su estado trófico.

Palabras clave: Ecología, Ictiofauna, Lagos altoandinos, Colombia.

Abstract

This paper discusses the bioecology of the fish community of the lake Tota, Colombia, and the effect of the introduction of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, upon other fish populations in the lake. All three introduced fish species in the lake (*O. mykiss*, *Eremophilus mutisii*, *Grundulus bogotensis*) coexist apparently without mutual disturbance. We could not confirm that the introduction of these fishes was responsible for the possible extinction of the only native and endemic fish (*Rhizosomichthys totae*); no specimen of this species was found during this study.

Introducción

Los ambientes acuáticos de baja productividad natural como los lagos tropicales altoandinos, presentan en general una fauna íctica pobre en especies. El lago de Tota es un ejemplo típico de tales ambientes, en el cual, el pez graso (*Rhizosomichthys totae*) ha sido, además de endémico, su único habitante.

R. totae se considera una especie posiblemente extinta por el transplante del capitán (*Eremophilus mutisii*), pero especialmente por la introducción de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Rodríguez, 1984; INDERENA, 1969 y Hernández, 1971; en Hernández-Camacho, 1971). Tal argumento se ha reforzado con hechos similares ocurridos en lagos de Norteamérica (Miller, 1950; citado por Hernández-Camacho, op cit.), en donde el transplante de la trucha arco iris produjo la desaparición de especies nativas. Bustamante (1975; en Bonetto & Castello, 1985) sostiene que la trucha

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia.

arco iris, por sus hábitos carnívoros, también ha ejercido fuerte presión sobre la ictiofauna autóctona del lago Titicaca.

En el mismo sentido, MacArthur (1955; en Hutchinson, 1962) sostiene que durante la evolución de una comunidad puede suceder que especies eficientes, reemplacen a otras menos eficientes; es posible también la ocupación de nichos vacíos, creándose un nuevo eslabón que aumentaría la estabilidad del sistema. De hecho, en la historia temprana de las comunidades es posible suponer nichos vacíos que son ocupados lentamente; éste proceso se dificulta a medida que aumenta la diversidad y la especialización (Elton, op. cit) haciendo más difícil cualquier manipulación, como introducción de especies.

Los argumentos expuestos en los estudios colombianos provienen más de situaciones puntuales que de seguimientos o estudios profundos. Por tal motivo se planteó el estudio bioecológico de la ictiofauna del lago de Tota, en donde la trucha ha mostrado buen desarrollo, compartiendo el hábitat con peces nativos transplantados.

Area de estudio

El lago de Tota está localizado al centro-oriente del departamento de Boyacá en una área interandina de la Cordillera Oriental, a $5^{\circ} 28'13''$ — $5^{\circ} 39'14''$ latitud norte y $72^{\circ} 50'38''$ — $73^{\circ} 00'00''$ longitud oeste; hacia la parte superior de la zona térmica fría (3015 msnm).

Por su origen y ubicación geográfica, el lago de Tota presenta características oligotróficas (baja productividad natural) y es el reservorio natural más grande de Colombia (60 km² de espejo de agua, 61 m de profundidad máxima, 31.6 m de profundidad media), en donde se almacenan 1900 millones de metros cúbicos de agua (Hidroestudios, 1978).

Por su buena calidad, las aguas del lago son utilizadas para consumo humano por varios municipios, para refrigeración industrial, recreación, turismo y pesca deportiva de trucha. Desafortunadamente, el lago es también el receptor de abonos orgánicos y agroquímicos de los cultivos de cebolla y de las aguas residuales de la cabecera municipal de Aquitania y de la población dispersa en su cuenca.

En los sectores este y noreste del lago, la zona litoral es plana, y se utiliza para cultivos intensivos de cebolla. En estas zonas la línea de costa es menos evidente acentuándose los procesos de sucesión o terrización, hacia donde se observa mayor invasión de vegetación sumergida, *Egeria densa*.

La vegetación autóctona de la cuenca ha sido talada o reemplazada por pastos, cultivos de papa y cebolla y por plantaciones forestales de *Pinus* sp. y

Eucaliptus sp. Solamente en los costados oriental y suroriental quedan vestigios de bosques de *Polylepis* sp. y *Weinmannia* sp.

La región presenta un régimen de lluvias biesacional con un promedio de precipitación multi-anual de 894 mm, una temperatura media de 10.9°C, muy afectada por los vientos alisios del sureste, y de gran importancia en la circulación y oxidación de la columna de agua.

Metodología

Se eligieron tres épocas de muestreo teniendo como base el análisis climático de la cuenca, así: noviembre, transición entre las épocas de mayor precipitación y de sequía, febrero, período de baja precipitación y por tanto de baja escorrentía, y mayo, transición entre las épocas seca y de máxima precipitación.

Se registró igualmente el desarrollo o estadio gonadal, de los peces con base en la escala de Mota (1977) así:

Estadio I: Indiferenciado, Estadio II: Gonadas maduras, Estadio III: Maduración, Estadio IV: Madurez, Estadio V: Postdesove. Para la caracterización de los hábitos alimenticios se seleccionaron al azar cerca de 15 ejemplares por rangos de longitud pre-establecidos, cada 5 cm, en cada época de muestreo. Los tractos digestivos se extrajeron y preservaron, de acuerdo con lo expuesto por Prejs & Colomine (1981). El análisis de los contenidos estomacales, se efectuó mediante el uso de estereoscopio, diferenciando el material vegetal o animal y determinando los organismos o restos de organismos de difícil digestión, en lo posible hasta nivel de familia. Los organismos ubicados en las categorías alimentarias fueron contados y pesados, utilizando una balanza analítica con aproximación a diezmilsimas.

Para el análisis de la fecundidad se tomaron hembras en estado gonadal IV, las que fueron sometidas a extrusión. El recuento de los huevos se hizo pesando tres réplicas de un número conocido de éstos y extrapolando el valor, al peso de la gónada, el cual se obtuvo tomando el peso de la hembra antes y después del desove.

Los datos registrados se agruparon en clases de longitud, cada 2 cm y en clases de peso cada 50 g; por sexos y por épocas de muestreo, para determinar su distribución frecuencial.

La determinación de la edad de los peces se basó en el método integrado propuesto por Pauly (1983). El incremento en longitud se calculó mediante la fórmula de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF): $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$.

Se calcularon los parámetros de crecimiento (L_{∞} y k) a partir del cálculo de edad por el méto-

do integrado y el ploteo de Ford-Walford. Para el parámetro se usó la ecuación de Pauly (1979, en Pauly, 1983):

$$\text{Log } 10 (-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \text{ Log } 10 L_{\infty} - 1.038 \text{ Log } 10 K.$$

El grado de asociación entre las variables longitud-peso, longitud-número de huevos, y peso-número de huevos, se determinó mediante análisis de regresión y correlación.

El análisis de la dieta natural de la trucha se basó en los métodos revisados y discutidos por Hynes (1950, en Rickar, 1971) y por Hyslop (1980).

Composición de la fauna íctica

La comunidad íctica del lago de Tota está constituida por una especie endémica, y posiblemente extinta, *Rhizosomichthys totae*, por dos especies transplantadas, *Eremophilus mutisii* y *Grun-dulus bogotensis* y por una especie introducida, *Oncorhynchus mykiss*; esta última es la más importante económicamente. No se incluye *Trichomycterus bogotensis* por no ser habitante directo del lago sino de sus afluentes. Las especies más representadas por el número de capturas fueron *O. mykiss* y *G. bogotensis*; de *E. mutisii*, cuya población puede ser grande, dados el método captura y sus hábitos bentónicos, tan solo se capturaron 4 especies. De *R. totae* no se han logrado capturas con posterioridad a su descripción.

Aspectos bioecológicos de *Oncorhynchus mykiss*

O. mykiss es un salmónido originario de la vertiente pacífica de Norteamérica. Desde su introducción al lago de Tota en 1939 (Pérez-Preciado, 1976), la población se ha mantenido mediante un programa de repoblamiento con juveniles, obtenidos por fertilización manual de adultos que remontan la quebrada Los Pozos. No se ha determinado si la trucha logra desovar en el sistema del lago, aunque si se ha observado un comportamiento reproductivo típico en hembras y machos sexualmente maduros.

Descripción de la población

El arte de pesca empleado (redes con ojo de malla de 7 cm), no permitió capturar juveniles menores de 11 cm, como tampoco adultos mayores de 50 cm, frecuentes aguas arriba de las bocas de los caños.

En términos generales, la estructura de la población de *O. mykiss*, no presentó variaciones significativas en el tiempo (Tabla 1), ya que el lago de Tota es un ambiente que no está sometido a fluctuaciones marcadas durante un ciclo hidrológico.

No se presentó un dominio significativo de uno de los sexos durante los tres períodos de mues-

treo (Figura 1), con una relación hembra-macho de 1: 1.4.

La longitud mínima a la cual se diferenciaron hembras y machos fue 16.3 cm y 13 cm, respectivamente. Tales longitudes son similares a las reportadas por Ríos (1973) en la laguna de La Cocha, pero superiores a las reportadas por Díaz et al. (1984) para el embalse del Neusa.

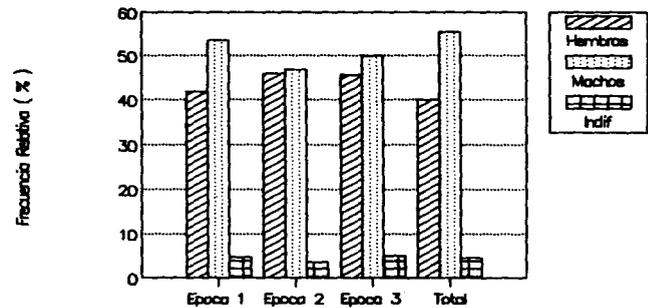


Figura 1. Distribución de sexos de la población de *Oncorhynchus mykiss*, en el lago de Tota. Nov/89-May/90.

En cuanto a la distribución de la población muestreada según longitud y peso, se observó concentración de ejemplares entre 18 y 30 cm (L E) y entre 150 y 250 gramos (peso eviscerado), sin presentar diferencias entre machos y hembras. Este comportamiento está fuertemente determinado por la selectividad del arte de pesca; por tanto, no se obtuvo una representación real de la población.

Relación longitud-peso

A partir de la relación longitud-peso es posible determinar la velocidad de incremento en peso de la población y se puede utilizar como una manera de ver el ritmo de crecimiento de los ejemplares. La ecuación de la curva de crecimiento, permite conocer el peso de un animal cuando sólo se conoce su longitud y viceversa.

Mediante análisis de regresión se obtuvo la ecuación de la curva de crecimiento para la población de trucha muestreada (Fig. 2), en donde el valor de r indica alto grado de asociación entre las variables. En general, el coeficiente de regresión b en peces oscila entre 2.5 y 4.0, cuando el crecimiento es isométrico. El valor encontrado de 2.889 muestra que la población de trucha en el lago de Tota mantiene un desarrollo normal, con un crecimiento en longitud ligeramente mayor; este valor es similar al reportado para la trucha en la laguna de la Cocha (Ríos, 1978). Zambrano-León (1991), obtuvo un valor para b de 2.98 para cultivos de trucha en jaulas, con dieta complementada con concentrado, en el mismo lago.

Los análisis de regresión calculados según el sexo y para cada época de muestreo, no indican diferencias significativas en la relación longitud-peso de machos y hembras. Así, la ecuación de regresión para la población total fue $P = 0.01962L^{2.889}$ (Fig. 2).

Tabla 1.
Distribución general de la población de *Oncorhynchus mykiss* en el Lago de Tota, según la longitud estándar (L E) y la proporción de sexos. Primer muestreo (noviembre de 1989). f% = frecuencia relativa, fAc = frecuencia relativa.

L E cm	HEMBRAS		PRIMERA EPOCA				TOTAL	
	No.	f%	MACHOS		INDIF.		No.	f%
			No.	f%	No.	f%		
14.1-16			1	0.7			1	
16.1-18	9	8.5			3	25	12	
18.1-20	3	2.8	2	1.5	2	16.7	7	
20.1-22	16	15.1	3	2.2	4	33.3	23	
22.1-24	15	14.2	3	2.2	2	16.7	20	
24.1-26	17	16.0	11	8.1			28	
26.1-28	23	21.7	22	16.2			45	
28.1-30	11	10.4	28	20.6			39	
30.1-32	4	3.8	25	18.4	1	8.3	30	
32.1-34	6	5.7	16	11.8			22	
34.1-36	2	1.9	11	8.1			13	
36.1-38			3	2.2			3	
38.1-40			4	2.9			4	
40.1-42			3	2.2			3	
42.1-44			1	0.7			1	
44.1-46			2	1.5			2	
46.1-48			1	0.7			1	
TOTAL	106	100	136	100	12	100	254	

Segundo muestreo (febrero de 1990)

L E cm	HEMBRAS		SEGUNDA EPOCA				TOTAL	
	No.	f%	MACHOS		INDIF.		No.	f%
			No.	f%	No.	f%		
12.1-14					1	12.5	1	0.9
14.1-16			3	5.9	2	25.0	5	4.6
16.1-18	4	8.0	5	9.8	1	12.5	10	9.2
18.1-20	5	10.0	8	15.7			13	11.3
20.1-22	3	6.0			1	12.5	4	4.0
22.1-24	8	16.0	3	5.9			11	10.1
24.1-26	11	22.0	13	25.5	2	25.0	26	24.0
26.1-28	10	20.0	14	27.5	1	12.5	25	23.0
28.1-30	3	6.0	3	5.9			6	5.5
30.1-32	1	2.0					1	0.9
32.1-34	1	2.0					1	0.9
34.1-36								
36.1-38	2	4.0	2	3.9			4	3.8
38.1-40								
40.1-42								
42.1-44								
44.1-46								
46.1-48	2	4.0					2	1.8
TOTAL	50	100.0	51	100.0	8	100.0	109	100.0

Tercer muestreo (mayo de 1990)

L E cm	HEMBRAS		TERCERA EPOCA				TOTAL	
	No.	f%	MACHOS		INDIF.		No.	f%
			No.	f%	No.	f%		
14.1-16					2	50.0	2	1.8
16.1-18	2	4.2			1	25.0	3	2.7
18.1-20	2	4.2	6	10.2	1	25.0	9	8.1
20.1-22	6	12.5	12	20.3			18	16.2
22.1-24	12	25.0	17	28.8			29	26.1
24.1-26	11	22.9	9	15.3			20	18.0
26.1-28	8	16.7	9	15.3			17	15.3
28.1-30	6	12.5	2	3.4			8	7.2
30.1-32	1	2.1					1	0.9
32.1-34			3	5.1			3	2.7
34.1-36			1	1.7			1	0.9
36.1-38								
38.1-40								
40.1-42								
42.1-44								
44.1-46								
46.1-48								
TOTAL	48	100.0	59	100.0	4	100	111	100.0

Población total (noviembre de 1989 mayo de 1990)

L E cm	HEMBRAS		MACHOS		INDIF.		TOTAL		fAc
	No.	f%	No.	f%	No.	f%	No.	f%	
12.1-14			1	0.4	1	4.2	2	0.4	0.4
14.1-16			3	1.2	4	16.7	7	1.5	1.9
16.1-18	15	7.4	9	3.7	5	20.8	29	6.0	7.9
18.1-20	10	4.9	17	6.9	3	12.5	30	6.4	14.3
20.1-22	23	11.3	19	7.7	4	16.7	46	9.7	24.0
22.1-24	33	16.2	33	13.4	3	12.5	69	14.6	38.6
24.1-26	39	19.1	53	21.5	2	8.3	94	20.0	58.6
26.1-28	40	19.6	55	22.4	1	4.2	96	20.3	78.9
28.1-30	22	10.8	22	8.9			44	9.3	88.2
30.1-32	9	4.4	11	4.5	1	4.2	21	4.4	92.6
32.1-34	7	3.4	8	3.3			15	3.2	95.8
34.1-36	2	1.0	6	2.4			8	1.6	97.4
36.1-38	2	1.0	3	1.2			5	1.0	98.4
38.1-40			2	0.8			2	0.4	98.8
40.1-42			2	0.8			2	0.4	99.2
42.1-44			2	0.8			2	0.4	99.6
44.1-46									
46.1-48	2	1.0					2	0.4	100.0
TOTAL	204	100.0	246	100.0	24	100	474	100.0	100.0

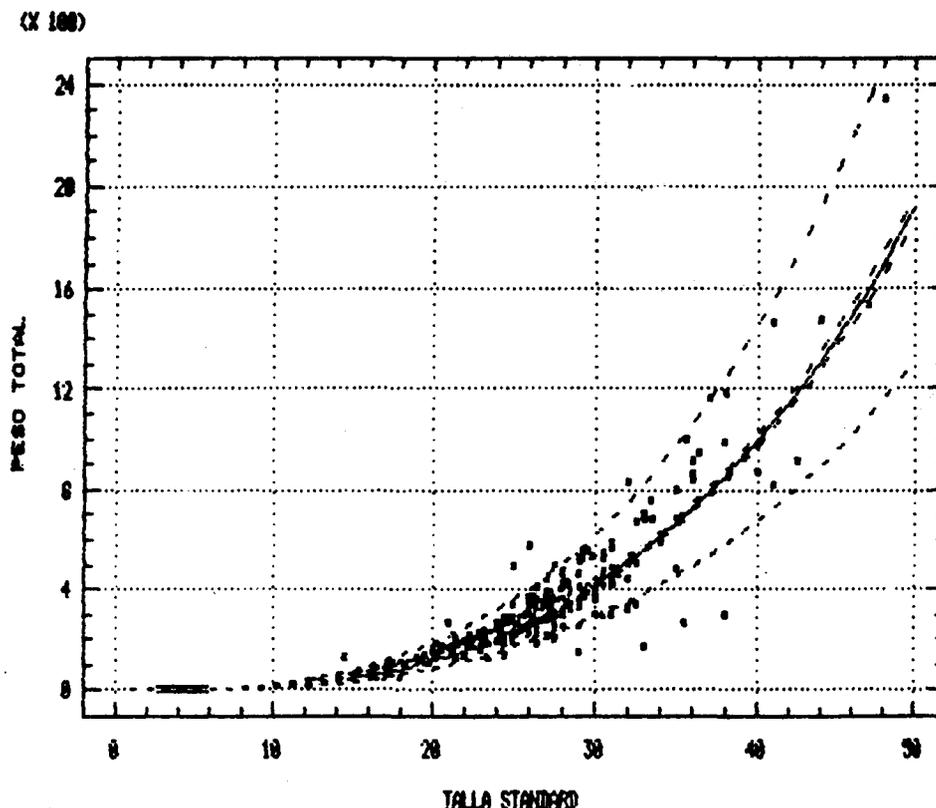


Figura 2. Relación longitud estándar-peso total para *Oncorhynchus mykiss*, en el lago de Tota. Nov/89-Mayo/90.
 $P = 0.019622 * L^{2.009}$, $r = 0.996$.

Determinación de la edad

Con base en la relación longitud-peso, que no mostró diferencias en el ritmo de crecimiento entre machos y hembras, se tomó toda la población muestreada para el cálculo de la edad. A partir de ésta información, se obtuvo la distribución por edades, en la cual el 24.4% de la población correspondió a ejemplares menores de un año, el 71.8% entre 1 y 2 años, el 3.4% entre 2 y 3 años, el 0.4% entre 3 y 4 años y en igual proporción los ejemplares entre 4 y 5 años (Fig. 3).

Teniendo en cuenta que la trucha arco iris en el lago de Tota se encuentra bajo explotación pesquera y que se está ejerciendo mayor presión sobre los ejemplares entre 18 y 30 cm, se puede inferir que la población está constituida en su mayoría por jóvenes menores de 18 cm.

Para determinar el incremento en longitud en un tiempo determinado, se calcularon los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy (VBGF) con base en la Fig. 3, obteniéndose la Fig. 4.

Por tanto: $LT = 52.192188 (1 - e^{-0.520923(t - 0.675923)})$. La longitud máxima calculada L_{∞} , corresponde sólo a la población muestreada, pues en realidad *O. mykiss* en el lago de Tota alcanza longitudes cercanas a 80 cm. El coeficiente de crecimiento $K = 0.5209$ encontrado en el presente estudio, y comparado con el valor registrado por Pauly (1978) para *O. nerica* en lagos de Canadá ($L_{\infty} = 69$ cm y $K = 0.58$) indica que el desarrollo de la trucha en Tota es bueno, mostrando así una buena adaptación a este ambiente.

La determinación de la edad de la trucha arco iris en forma teórica, permitió establecer que su ritmo de crecimiento está cerca de 1.49 cm/mes, entre el primero y el segundo año de vida. Este valor comparado con 1.62 cm/mes para medios de cultivo (Zambrano-León, 1991; Blanco-C, 1984), confirma el buen crecimiento de la especie en el lago de Tota.

Desde el punto de vista pesquero, al repoblar con juveniles de 5 cm, al cabo de tres años se tendrá una población con una longitud estándar de alrededor de 35 cm. En consecuencia, la población de trucha debe explotarse al cumplir el tercer año, ya que a partir de dicha edad desciende su ritmo de crecimiento y por tanto la conversión de alimento.

Factor de condición (K)

El factor de condición (K) en un pez no es una constante, sino un valor que cambia a través del tiempo. Para la población de trucha total estudiada en el lago de Tota, se determinó un valor medio de $K = 1.59$, con un valor máximo de 2.28 y un mínimo de 0.58. El índice de robustez calculado por sexo presentó ligeras variaciones, sin reflejar una tendencia clara que indique mejor condición para uno de los sexos, o en una época del año. K, para los juveniles mayores de 12 cm no diferenciados sexualmente fue 1.52 en tanto que para los menores de 8 cm fue de 1.73.

El valor K para los salmónidos en su medio original, lagos oligotróficos, es 1 (Brown, 1967). Los resultados obtenidos sugieren que la trucha en el lago de Tota presenta sobrealimentación; esto

se manifiesta en la acumulación de grasa, en especial en la población adulta. Como puede observarse, el mayor valor K lo presentó la población más joven, contrario a lo expuesto por Rodríguez (1962), quien afirma que tal comportamiento debe corresponder a los adultos, que tienden a acumular grasa.

Desarrollo gonadal

El mayor número de individuos de la población se encontró en el estadio III (maduración), en tanto que en el estadio II (en madurez) se registró el menor número de ejemplares. La mayoría de machos se encontraron en el estadio IV (madurez) (Tabla 2). En general, no se observó una época de reproducción marcada, ya que se registraron peces en todos los estadios de desarrollo gonadal a lo largo del tiempo; sin embargo, fueron pocas las hembras en estadio de madurez, hecho atribuible al método de captura.

El predominio de individuos en estadio III está determinado por la selectividad del arte de pesca y por los lugares de muestreo. El bajo número de ejemplares en madurez es atribuible al compor-

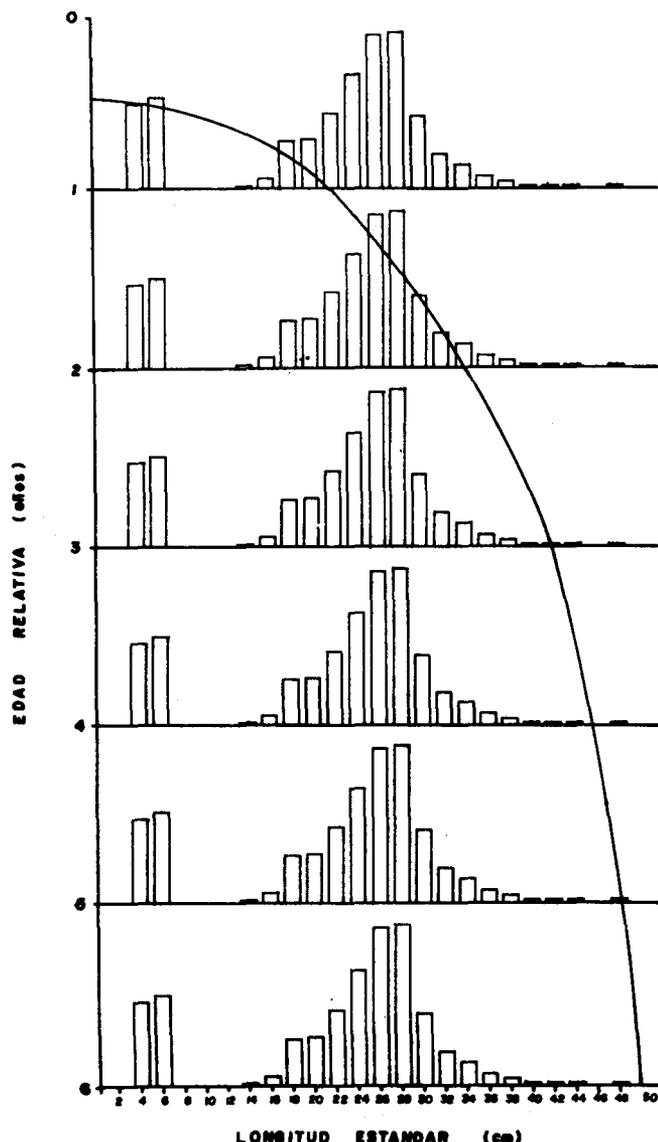


Figura 3. Cálculo de edades para la población de *O. mykiss* en el lago de Tota, según el método integrado de Pouly.

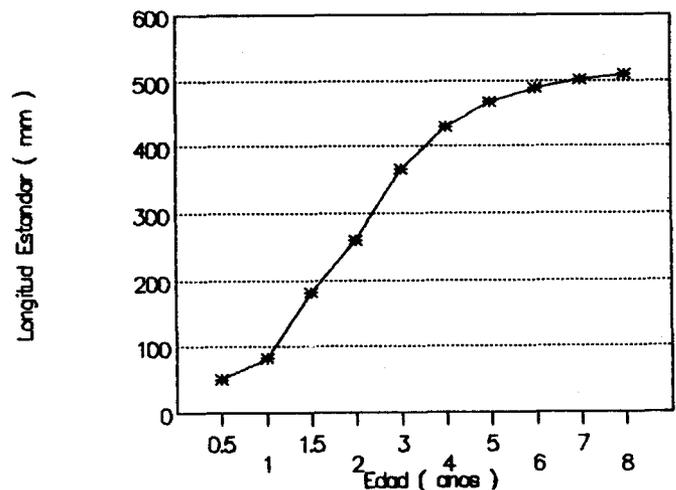


Figura 4. Incremento en longitud de *O. mykiss* en el lago de Tota, con respecto a la edad, según el método integrado y la ecuación de Von Bertalanffy. $L_{\infty} = 52.192188$, $K = 0.520923$, $t_0 = 0.675923$.

Tabla 2

Distribución de la población de *Oncorhynchus mykiss* en el lago de Tota, según el desarrollo gonadal. EG = Estado gonadal, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa (noviembre de 1990).

	Hembras			Machos		Indif.
	EG	FA.	FR.	FA.	FR.	
Epoca 1	I					12
	II	26	24.5	16	11.6	
	III	80	75.5	81	58.7	
	IV			36	26.1	
	V			5	3.6	
TOTAL		106	100	138	100	12
Epoca 2	I					8
	II	8	16.0	5	9.8	
	III	36	72.0	27	52.9	
	IV	3	6.0	19	37.3	
	V	3				
TOTAL		50	100	51	100	8
Epoca 3	I					4
	II	8	16.7	9	15.3	
	III	40	83.3	39	66.1	
	IV			11	18.6	
	V					
TOTAL		48	100	59	100	4
Población	I					24
	II	42	20.7	30	12.2	
	III	156	76.8	147	59.8	
	IV	3	1.5	66	26.8	
	V	2	1.0	3	1.2	
TOTAL		203	100	246	100	24

tamiento reproductivo de la especie (migración reproductiva) y se corrobora con la presencia continua de estos en la quebrada los Pozos, con mayor abundancia en septiembre-octubre. Un comportamiento similar fue reportado por Ríos (1973) y por Díaz et al. (1984).

Fecundidad

La fecundidad se expresa como el número promedio de huevos por desove que produce una especie, siendo una medida de su capacidad reproductora. En el presente estudio se encontró que la fecundidad de la trucha en el lago de Tota está directamente relacionada con la longitud y el peso; pero se presenta una disminución proporcional al lograr cierto tamaño (Fig. 5). El comportamiento de la fecundidad con respecto al peso se mantuvo constante hasta ejemplares de 2900 g, a partir del cual la relación fue irregular (Tabla 3).

Con base en el análisis de regresión entre las variables longitud-número de huevos y peso-número de huevos, se establece que una hembra de 1000 g produce alrededor de 2300 huevos (Fig. 5).

Con respecto a la longitud, la ecuación de fecundidad fue:

$$\text{No. de huevos} = 1.150705232 * L^{2.046018863}$$

$$r = 0.818$$

Ya que una hembra de trucha arco iris puede producir un promedio de 1500 a 2000 huevos por kilogramo de peso (Huet, 1983; Arrignon, 1984), dicho resultado mostraría que las condiciones ambientales promedio que mantiene el lago de Tota (OD 7.6, t °C 15, pH 7.1, NH₄ 0.85, NO₃ 0.3, conductividad 71.8) y alimento abundante, son adecuadas para el desarrollo de la especie, garantizando buena reproducción (Brown, 1967; Blanco-Cachafeiro, 1984). Los niveles de amonio fuera del rango establecido como normal, no afectan el desa-

rollo de la trucha, dadas las condiciones de pH que mantiene el sistema.

Tabla 3.
Fecundidad promedio de *O. mykiss*, según rangos de longitud y peso promedios, en el lago de Total (noviembre-mayo de 1990).

LE cm	Peso g	Hembras No.	f%	Huevos
0.0-18	75	1	0.4	502
18.1-20	95	1	0.4	473
20.1-22	106	4	1.7	596
22.1-24	152	11	4.7	730
24.1-26	196	20	8.5	885
26.1-28	242	28	11.9	1013
28.1-30	318	17	7.2	1421
30.1-32	385	15	6.4	1515
32.1-34	481	13	5.5	1733
34.1-36	572	16	6.8	2046
36.1-38	714	14	5.9	2101
38.1-40	830	14	5.9	2036
40.1-42	1050	9	3.8	1902
42.1-44	1181	12	5.1	2451
44.1-46	1442	9	3.8	3116
46.1-48	1780	11	4.7	3077
48.1-50	1993	10	4.2	4106
50.1-52	2060	12	5.1	4298
52.1-54	2404	6	2.5	4556
54.1-56	2630	5	2.1	4300
56.1-58	2541	3	1.3	4797
58.1-60	3300	3	1.3	6000
60.1-62				
62.1-64	5075	2	0.8	6268

(X 1000)

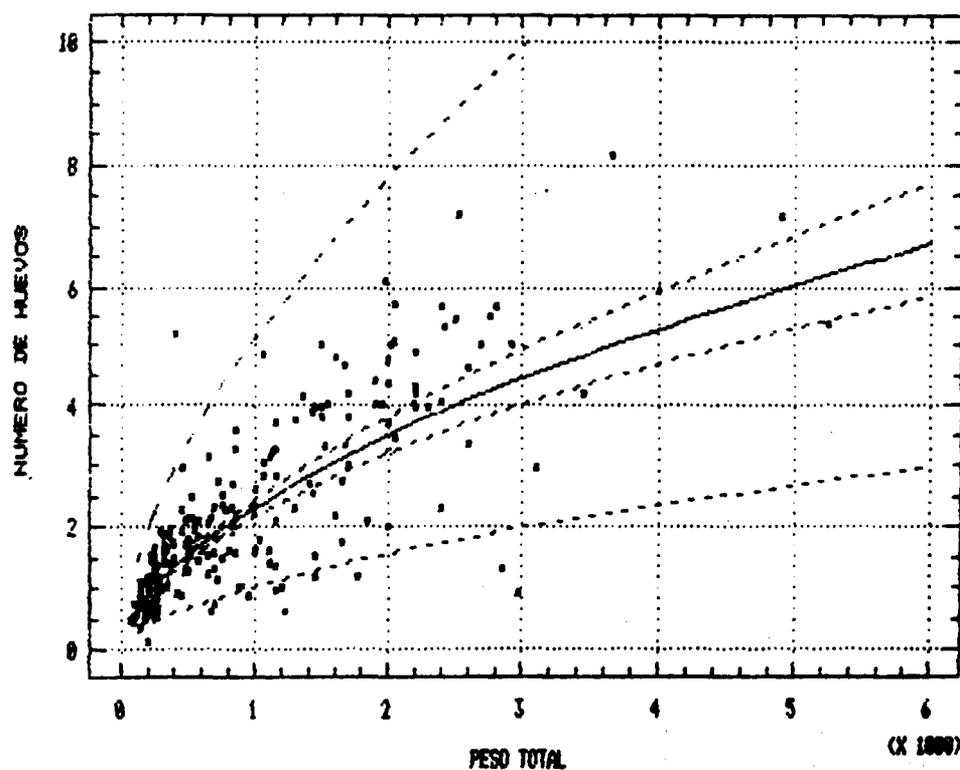


Figura 5. Relación peso total - número de huevos para *O. mykiss* en el lago de Tota. Nov/89-May/90. $F = 57.97264 + P^{0.0596203}$, $r = 0.815$.

Composición de la dieta de la Trucha

A partir del examen de 188 tractos digestivos, se determinó que *O. mykiss* mantiene una dieta variada (62 formas diferentes de organismos) y netamente proteínica (Tabla 4). De acuerdo con la importancia presentada por el aporte a la dieta, los contenidos estomacales (organismos) se agruparon en 19 categorías alimentarias (números 1—19 en la Tabla 4).

Tabla 4.
Ubicación taxonómica de los organismos que aportan a la dieta de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en el lago de Tota. Nov.—Mayo de 1990

Turbellaria	
Tricladida	
1.	Planariidae
	<i>Dugesia</i> sp.
3.	Crustacea (restos)
	Cladocera
	Daphnidae
2.	<i>Daphnia</i> sp.
	<i>Simocephalus</i> sp.
	Ostracoda (morfoespecie 1)
	Copepoda
	Boeckellidae
4.	<i>Boeckella gracilis</i>
5.	Cyclopidae
	Amphipoda
	Talytridae
6.	<i>Hyaella</i> sp.
	Decapoda
	<i>Neostrengeria boyacensis</i>
7.	Mollusca (restos)
	Bivalvia
	Pelecypoda
	Sphaeridae
	<i>Pisidium</i> sp.
	Gastropoda
	Basommatophora
	Physidae
8.	<i>Physa</i> sp.
	Lymnaeidae
	<i>Lymnaea</i> sp.
	Lancydae (morfoespecie 1)
	Planorbidae
9.	<i>Tropicorbis</i> sp.
17.	Insecta (varios)
	Ephemeroptera
	Ephemeridae (morfoespecie 1)
10.	Odonata
	Aeshnidae
	<i>Aeshna</i> sp.
	Coenagrionidae
	<i>Ishnura</i> sp.
	<i>Acanthagrion</i> sp.
	Thysanoptera
	Thripidae (morfoespecie 1)
	Hemiptera
	Notonectidae (morfoespecie 1)
	Lygaeidae (morfoespecie 1)

	Hebrydae (morfoespecie 1)
	Miridae (morfoespecie 1)
	Corixidae (morfoespecie 1)
	Homoptera
	Afididae (morfoespecie 1)
	Cercopidae (morfoespecie 1)
12.	Coleoptera (varios)
	Scarabidae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	(morfoespecie 3)
	Chrysomelidae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	Curculionidae (morfoespecie 1)
	Anobiidae (morfoespecie 1)
	Chantharidae (morfoespecie 1)
11.	Staphylinidae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	(morfoespecie 3)
	(morfoespecie 4)
	Familia 7 (morfoespecie 1)
	Neuroptera
	Corydalidae
	c f. <i>Neohermes</i>
	Trichoptera
	Leptoceridae (morfoespecie 1)
	Familia 2 (morfoespecie 1)
	Familia 3 (morfoespecie 1)
	Familia 4 (morfoespecie 1)
16.	Diptera
	Asilidae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	Cecidomidae (morfoespecie 1)
13.	Chironomidae
	<i>Pentaneura</i> sp.
	<i>Chironomus</i> sp.
14.	Pupa sp. 1
15.	Pupa sp. 2
	Dixidae (morfoespecie 1)
	Drosophilidae (morfoespecie 1)
	Empididae (morfoespecie 1)
	Sciaridae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	Simulidae (morfoespecie 1)
	Tipulidae (morfoespecie 1)
	Familia 10 (morfoespecie 1)
	Hymenoptera
	Braconyidae (morfoespecie 1)
	(morfoespecie 2)
	Pteromatidae (morfoespecie 1)
	Ichneumonidae (morfoespecie 1)
	Pisces
	Characiformes
	Characidae
	18. <i>Grundulus bogotensis</i>
19.	Otros restos

El análisis de la importancia de las categorías alimentarias según los métodos gravimétrico, numérico y frecuencia de ocurrencia, tiene significados diferentes. Cada uno da relevancia a cierto tipo de alimento de acuerdo con los atributos que designe el tipo de medición (Hyslop, 1980). Por lo tanto los resultados obtenidos según frecuencia de

ocurrencia para el total de la población, muestran que el espectro alimentario está dominado por Pupas de Diptera, Daphnidae, *Hyaella* y larvas de Chironomidae (Fig. 6a.).

No hubo diferencias cualitativas en la composición de la dieta entre los períodos de muestreo, aunque se observó variación en la frecuencia de las categorías dominantes. Se destaca el cambio significativo en la frecuencia de Daphnidae (65%) para el último período y la disminución de Pupas y Larvas de Diptera y *Hyaella* sp. Esta variación puede deberse a la disponibilidad de las categorías y tal disponibilidad puede corresponder con el pico de su reproducción, aunque queda sujeto a determinación. Tal variación, igualmente está sujeta a la mayor o menor captura de ejemplares de ciertas longitudes que tienen preferencia por determinado tipo de alimento, lo cual se puede apreciar en el análisis trófico por rangos de longitud.

La valoración de las categorías alimentarias por el método numérico, indicó la importancia de la selección y captura de organismos de Daphnidae que presentaron el 56.7% del total de organismos de la dieta, seguido por *Boeckella gracilis* con 21.8% y *Hyaella* sp. con el 16%. Se destacó el dominio de Daphnidae en el último período, durante el cual alcanzó el 85% del total (Fig. 6b).

Los análisis del contenido estomacal por gravimetría determinan el aporte de biomasa a la dieta, aunque sin considerar su aporte energético. Muchas categorías u organismos pueden presentar peso alto, pero buena parte de éste corresponde a estructuras poco o no digeribles, como caparazón de cladóceros y gastrópodos y cabezas de larvas de insectos. Aún así, el análisis gravimétrico es un método que proporciona una idea razonable de la biomasa y de las presas favoritas.

La categoría dominante según el método gravimétrico fue la Guapucha (18) que además es la presa de mayor tamaño consumida por la trucha. Esta categoría superó en 30% a las categorías que le siguieron, Daphnidae y *Hyaella*, destacables por su significativa contribución en biomasa, teniendo en cuenta su tamaño reducido. *Tropicorbis* y *Physa* (Gastropoda), fueron frecuentes y con aporte considerable en biomasa, aunque buena parte corresponde a material no digerible (Fig. 6c).

El patrón de dominancia de estas categorías para los tres períodos de muestreo fue similar al presentado para el total de la población; se destacan las Daphnias que alcanzaron valores muy cercanos a la categoría dominante (guapucha), en el último período.

Muchas de las categorías registradas estuvieron presentes con poco significado por su contribución alimentaria, pero pueden considerarse como un alimento potencial de *O. mykiss*. Sin embargo, se observó que *Boeckella* (4), Cyclopidae (5),

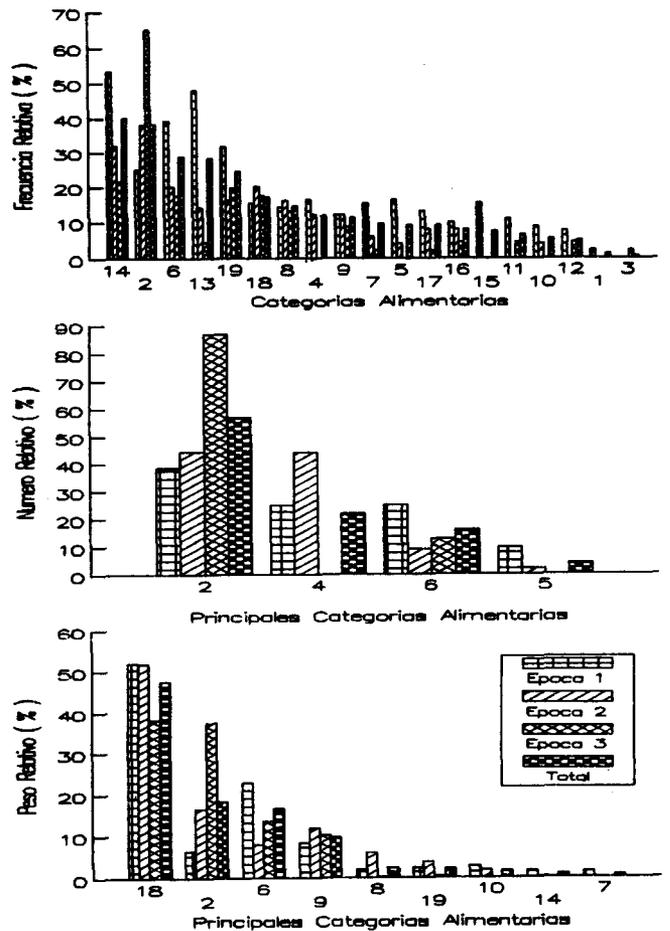


Figura 6. Principales categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss* en el lago de Tota. Métodos: (a) Frecuencia de ocurrencia, (b) numérico y (c) gravimétrico. Números tabla 5.

Daphnia (2), *Hyaella* (6) y Guapucha (18) fueron las categorías más importantes en la alimentación de la trucha en el lago de Tota (Fig. 7). La importancia de éstas se observa al comparar el crecimiento de la misma especie en la laguna de Chingaza (Rodríguez, 1981), en donde no se registran éstos organismos y las truchas exhiben crecimiento menor.

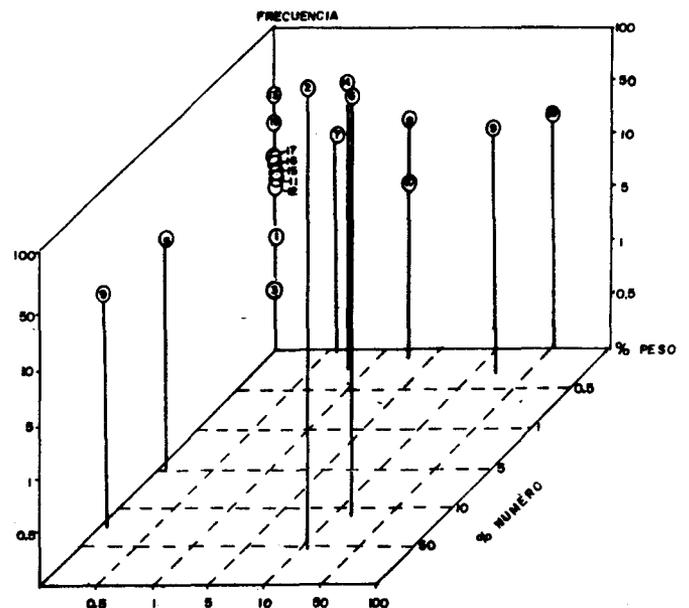


Figura 7. Relación de las categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss* en el lago de Tota, valorada por los métodos: Frecuencia de ocurrencia, Numérico y Gravimétrico.

Hidroestudios (1978) y Rodríguez (1984) reportan una dieta cualitativamente semejante a la registrada en el presente estudio para *O. mykiss*, pero incluyen además canibalismo de juveniles.

La caracterización de los hábitos alimenticios en las diferentes etapas del desarrollo de una especie, es muy importante para la cualificación y cuantificación de sus posibilidades de sostenimiento, en un ecosistema determinado. Por tanto, la disponibilidad en el tipo y tamaño de los alimentos necesarios para cada etapa del desarrollo, repercute en la magnitud del reclutamiento, en el comportamiento reproductivo, en la reproducción y en la supervivencia de la especie; influyendo finalmente en el desarrollo poblacional.

Según las categorías de la dieta alimenticia, se establecieron tres grupos de peces en la población estudiada (Fig. 8).

Juveniles, entre 3.2 y 6.4 cm (L E), que tienen como base de su alimentación al copépodo rojo *Boeckella gracilis* (4) y otros Cyclopidae (5).

El segundo grupo, entre 10.3 y 32.3 cm, es el grupo que presenta la dieta más variada, aunque consumen principalmente Daphnidae (2) y *Hyaella* (6).

Por último, se agrupan los ejemplares mayores de 32.4 cm que son exclusivamente piscívoros, se alimentan de guapuchas (18).

Daphnia y *Hyaella*, son las categorías más importantes en la dieta de *O. mykiss*, ya que son la base de la alimentación de las truchas menores de 32 cm en el Lago de Tota. Estos organismos deben tener una tasa de reproducción alta para lograr satisfacer tal demanda de consumo; son además propias de ambientes litorales y asociados con macrofitas.

La alternancia en el dominio de las categorías alimentarias principales, muestra que no se presentan problemas por escasez de alimento; lo cual se corrobora con el reducido número de tractos digestivos vacíos y con el relativamente alto factor de condición K.

El análisis de la dieta de *O. mykiss* sugiere condiciones alimentarias adecuadas o por lo menos muy semejantes a las requeridas por esta especie en su medio natural. Se podría pensar que en la actualidad el lago brinda un ambiente propicio para su desarrollo, resaltándose la disponibilidad de alimento en términos cualitativos; pero queda sujeto a investigación, determinar la capacidad productora de alimento y la capacidad de carga de trucha y demás especies ícticas en el lago de Tota.

Aspectos bioecológicos de *Grundulus bogotensis*

G. bogotensis es un pez endémico de la sabana de Bogotá y del valle de Ubaté; es la única de las

tres especies propias del altiplano Cundiboyacense que posee escamas, por tanto es la excepción a la regla de que los últimos en desaparecer con la altura son los peces sin escamas (Eingenman, 1922; Miles, 1947; citados por Forero & Garzón, 1974).

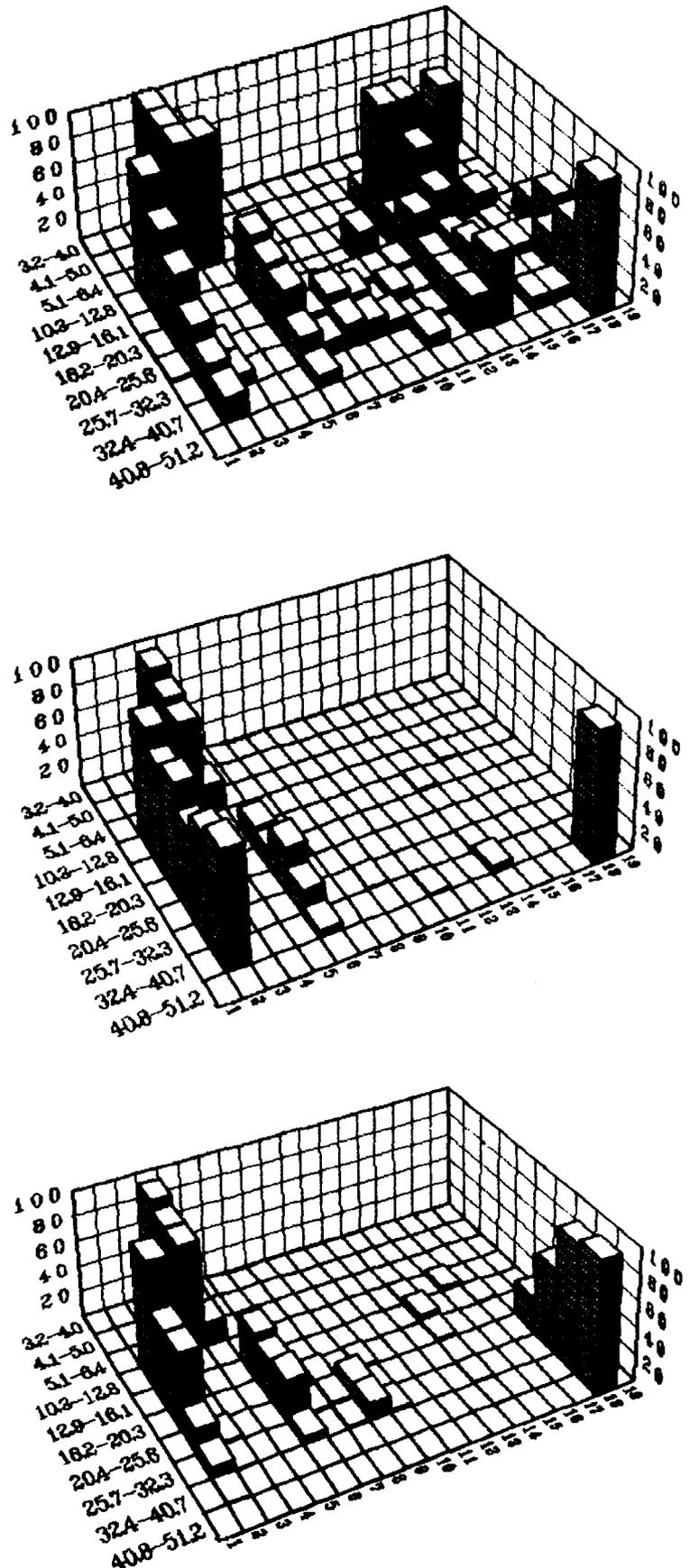


Figura 8. Importancia de las categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss*, por rangos de longitud. Lago de Tota. Métodos: (a) Frecuencia de ocurrencia, (b) numérico y (c) gravimétrico.

Solamente hasta 1974 se conocieron algunos aspectos de la biología y ecología de esta especie (Forero & Garzón, op. cit.).

G. bogotensis es abundante en el lago de Tota; habita cerca a la vegetación acuática, pero principalmente hacia las bocas de los afluentes y canales de drenaje de los cultivos. Se estudiaron 57 ejemplares, capturados en el mes de noviembre de 1989.

La máxima longitud que se registró fue 7 cm y la mínima 1.4 cm (L E), con pesos de 10.81 y 0.75 g, respectivamente. El mayor tamaño registrado fue inferior al reportado para el embalse del Neusa (Forero & Garzón, 1974), aunque el promedio general, 6.5 cm es similar.

La proporción de hembras y machos para la población muestreada es normal. La mayoría de hembras se encontró en estadio gonadal de madurez (IV), indicando una posible época reproductiva para comienzos de año. Aunque Forero & Garzón (op. cit.) encontraron los picos de reproducción en marzo-abril y septiembre-noviembre, anotan que la especie tiene la capacidad de reproducirse permanentemente, con dos desoves al año.

Se hizo el conteo de huevos en 5 hembras, encontrándose un mínimo de 266 y un máximo de 3449 huevos. Son valores que aunque muy variables se acercan a los registrados para Neusa (Forero & Garzón, op. cit.). Ya que la fecundidad no es muy elevada, la especie ha desarrollado cuidado parental, mediante la construcción de nidos entre la vegetación, garantizando alta supervivencia, aun cuando está sometida a predación por parte de *Oncorhynchus mykiss*.

Debe resaltarse que aunque *G. bogotensis* está sometida continuamente a predación, su tasa de reproducción y supervivencia es tan alta que muchos ejemplares alcanzan el final de su ciclo, lo cual se manifiesta con la presencia de ejemplares muertos sin causa aparente durante todo el año. Al respecto, los autores mencionados determinaron que el ciclo de vida de la guapucha alcanza dos años, y que muere luego de cumplir su cuarto período reproductivo.

A partir del análisis de 13 tractos digestivos, se terminó que la dieta de *G. bogotensis* está dominada por el calanoide *B. gracilis* (95%), aunque la población adulta consume con preferencia el anfípodo *Hyaella* sp. y los cladóceros *Eurycercus*, *Neobosmina*, *Graptoleberis* y *Chidorus*, así como larvas de Chironomidae, pupas de Díptera y el bivalvo *Pisidium*.

Aspectos bioecológicos de *Eremophilus mutissi*

La familia Trichomycteridae es típica del Neotrópico, sus especies habitan en su mayoría las cordilleras, mostrando gran resistencia a los climas de páramo. *Eremophilus mutissi*, el Capitán de la

sabana, es una especie endémica de Colombia y tiene como centro de distribución la sabana de Bogotá, los valles de Ubaté y Chiquinquirá, y la región de Tundama, a donde pudo haber sido transplantada (Lara et al., 1985).

Se estudiaron 5 ejemplares, tres adultos colectados con red agallera y dos juveniles capturados dentro de la vegetación sumergida. La baja captura se atribuye al tipo de muestreo, ya que *E. mutissi* habita generalmente entre arena o bajo troncos o vegetación acuática (Eingenmann, 1919; Miles, 1947; en Lara et al., 1985). El hábito bentónico se corrobora de un lado, con la reducción de la vejiga natatoria, que le proporciona flotabilidad negativa, y de otro con la actividad nocturna (fotofobia) (Cala, 1985), que es facilitada con la presencia de barbicelos que tienen función receptora (Chirivi, 1982). En consecuencia, lo anterior demuestra, como lo anota Cala (op. cit.), que *E. mutissi* tiene hábitos completamente diferentes a *O. mykiss*, contradiciendo la posible competencia entre ellas.

Entre los ejemplares capturados, la máxima longitud estándar fue 32.5 cm, con un peso de 287 g. Es un tamaño similar al que reportan Miles (1947) y Dahl (1971), citados por Lara et al. (1985) y Amaya (1975). Es así mismo mayor a la que reportan Cala (1982), Forero & Sarmiento (1984) y Flórez & Sarmiento (1989), para otros ambientes de la región.

El factor de condición K para *E. mutissi* en el lago fue 1.09, valor que según las tablas de Williams (1964; en Amaya, 1975) refleja sobrealimentación; sin embargo puede estar influido por el estado de desarrollo gonadal. De igual forma, es un valor ligeramente superior al reportado por el mismo autor, para el lago de Tota.

Los tres adultos colectados (febrero-marzo), fueron hembras próximas a desovar (IV), lo que coincide con el período de desove reportado por Cala & Sarmiento (1982) y por Flórez & Sarmiento (1989), entre marzo-mayo. La fecundidad promedio para estos ejemplares (26–29 cm) es de 78000 huevos, muy superior a la reportada por Amaya (Op. cit.) en el mismo lago, y Flórez & Sarmiento (op. cit.). Estos resultados podrían indicar una excelente capacidad reproductiva de *E. mutissi* en el lago de Tota.

Con respecto a los hábitos alimenticios, se observó que los adultos de *E. mutissi* consumen con preferencia *Hyaella* sp. y *Tropicorbis* sp. En tanto que los juveniles consumen además de *Hyaella* sp, oligoquetos, larvas de Chironomidae y varios cladóceros. Amaya (1975) reitera los hábitos carnívoros de esta especie, señalando una dieta similar a la encontrada en el presente estudio.

El consumo de algunos organismos de fondo y la presencia de fango en los tractos digestivos, sumados a la capacidad de respiración aérea (Cala,

1987; Cala et al., 1990), confirman sus hábitos bentónicos. Por lo tanto, *E. mutisii* puede permanecer dentro de la vegetación (*Egeria densa*) sin que se afecte por la disminución del oxígeno durante la noche (Pineda, 1983; Lara et al., 1985).

Síntesis

Es posible que la comunidad íctica actual del lago de Tota (*O. mykiss*, *E. mutisii* y *G. bogotensis*), en los momentos iniciales de su introducción y trasplante, haya ejercido fuerte presión sobre las poblaciones propias, desplazando o induciendo la extinción del pez graso, *Rhizosomichthys totae*, seguramente como una consecuencia del proceso de adaptación. Flórez & Sarmiento (1989), registran en los ambientes fluviolacustres del Altiplano Cundiboyacense, al igual que en el lago de Tota, la presencia de *O. mykiss*, cohabitando con especies autóctonas (i.e. *E. mutisii* y *G. bogotensis*), sin efectos negativos para ninguna población.

Las tres poblaciones de peces en el lago mostraron un desarrollo bueno, comparado con el que se señala para otros ambientes acuáticos en donde habitan. Cada población ocupa hábitats diferentes, aunque se presente cierta sobreposición en la dieta entre los juveniles de *O. mykiss* y *G. bogotensis* y entre adultos de *O. mykiss* y *E. mutisii*; sin embargo, no se genera competencia, dadas la gran disponibilidad de alimento y las distintas formas de vida.

La proliferación de las macrofitas sumergidas, en especial *Egeria densa*, ha inducido el desarrollo de una importante biomasa de invertebrados, a través de la cual se lleva a cabo un gran flujo de materia a otros compartimientos del sistema, principalmente a la comunidad íctica.

La base principal de la alimentación de estas poblaciones son los crustáceos *Daphnia* sp., *Hylalella* sp., *B. gracilis* y el pez *G. bogotensis* para *O. mykiss* en etapas avanzadas de su desarrollo.

La fauna íctica del lago de Tota constituye un elemento fundamental para su regulación y balance, dado el control que ejercen principalmente en el crecimiento de las poblaciones inferiores. La ausencia de verdaderos peces planctófagos y la relativamente baja población de los directos consumidores del zooplancton, como *Grundulus bogotensis* (guapucha) y los juveniles de *Oncorhynchus mykiss*, permite que se presente un crecimiento incontrolado de la población de copépodos lo cual conlleva cambios en el nivel trófico del sistema (Mora & Téllez, 1991).

Los cambios de dieta en las diferentes etapas del desarrollo de las especies ícticas hace que ocupen varios nichos, controlando diferentes poblaciones. Este comportamiento es más evidente en las especies que alcanzan mayores tamaños, como *O. mykiss* y *E. mutisii*, y más aún para la primera, la cual controla la población de *G. bogotensis* (pisci-

voría). Tal control parece insuficiente, ya que la pesca y selectividad de las redes han determinado que las truchas apenas alcancen los 30 cm, siendo pocos los individuos que sobrepasan dicha longitud y que cumplen con su función. A pesar de todo, la pesca también constituye un elemento regulador del lago, ya que con ella se exportan del sistema, los nutrientes acumulados en la biomasa de los peces.

Bibliografía Citada

- Amaya, R.I. 1975. Contribución al estudio biológico del capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt 1805) en el Lago de Tota. Divulgación Pesquera 9 (3): 1-57. INDERENA. Bogotá.
- Arrignon, J. 1984. Ecología y piscicultura de aguas dulces. Segunda edición. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
- Bonneto, A. & H. Castello. 1985. Pesca y Piscicultura de las aguas continentales de América Latina. O.E.A. Serie de Biología. Monografía No. 31.
- Blanco-Cachafeiro, M.C. 1984. La trucha: cría industrial. Ed. Mundi-prensa, Madrid. 238 p.
- Brown, M. (ed.). 1967. The physiology of Fishes. Vol. 1 Academic Press, New York.
- Caddy, J.E. & G.D. Shard 1988. Un marco ecológico para la evaluación pesquera. FAO. Doc. Tec. de Pesca No. 283.
- Cala, P. 1987. Aerial respiration in the catfish *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae, Siluriformes), in the Río Bogotá basin, Colombia. J. Fis. Biol. 31, 301-303.
- Cala, P., B. del Castillo & B. Garzón. 1990. Air-breathing behavior of the Colombian Catfish *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae, Siluriformes). Exp. Biol. No. 48, 357-360.
- Cala, P. & N.G. Sarmiento 1982. Cambios histomorfológicos en el ovario del pez capitán, *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805 (Pisces: Trichomycteridae), durante el ciclo reproductivo anual, en la Laguna del Muña, Sistema Río Bogotá. Colombia. Acta Biológica Colombiana. 1 (1): 9-30.
- Chirivi, M. & C. León 1982. Descripción de una nueva especie troglobia del género *Trichomycterus* (Osteichthyes: Siluriformes, Trichomycteridae) de la Cordillera Oriental de Colombia. Tesis Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Díaz, W., S. Duque, J.I. Mójica, J.A. Molina & J.Y. Romero 1984. La trucha en el embalse del Neusa. Junio - julio de 1984. Informe estudio convenio C.A.R. (Inédito).
- Flórez, F. & N.G. Sarmiento 1989. Observaciones ecológicas sobre el pez capitán *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805 (Pisces: Trichomycteridae) en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 1 (5): 99-115.
- Forero, J.E. & M.R. Garzón 1974. Ciclo Biológico de la Guapucha, *Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821) (Pisces: Characidae), de la sabana de Bogotá. Trabajo de grado, Depto. de Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Forero, J.E. & N.G. Sarmiento 1984. Biometría del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii*. Rev. Asoc. Col. Cienc. Biol. 2 (1): 45-56.
- Hernández-Camacho, J. 1971. Aspectos sobre la introducción de especies exóticas. Primer seminario sobre la piscicultura en Colombia. Manizales. INDERENA.

- Hidroestudios 1978.** Estudio de conservación y manejo de lago de Tota y su cuenca. Apéndice A: Estudios topográficos y batimétricos. Apéndice C: Estudios ecológicos. Informe CAR.
- Huet, M.** 1983. Tratado de piscicultura. Tercera edición. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
- Hutchinson, G.E.** 1962. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? Yale University Press.
- Hyslop, E.J.** 1980. Stomach contents analysis — a review of methods and their application. *J. Fish.* 17: 411-429.
- Lara, M.C., B. Garzón & B. del Castillo** 1985. Cultivo experimental del capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805). Primera etapa. Informe INDERENA. 121 pp.
- Margalef, R.** 1983. Limnología. Primera edición. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Mora-M.C. & L.S. Téllez-B.** 1991. Estudio Limnológico del Lago de Tota, Boyacá-Colombia. Trabajo de grado, Depto. de Biología, U. Nal. de Col. Bogotá.
- Mota, M.G.** 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto Aripuama, MT. *Acta Amazônica*, 9 (2): 325-352.
- Pauly, D.** 1978. A Preliminary compilation of Fish length growth parameters. Institut for Meereskunde. No. 55.
- . 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pesca (234): 49 pp.
- Pérez-Preciado, A.** 1976. Tota . . . más que un Lago es un conflicto. Agrupación Piramidal. Bogotá.
- Pineda, J.** 1983. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805, a diferentes temperaturas de aclimatación. Trabajo de grado, Depto. de Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Prejs, A. & G. Colomine.** 1981. Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Zoología Tropical. Caracas.
- Ricker, W.E. (Ed.)** 1971. Methods for assesment of fish production in fresh-waters. IBP. Handbook 3. Segunda edición. Blacwell Sci. Publ. Oxford.
- Ríos, C.E.** 1973. Algunos aspectos biológico pesqueros de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) en la laguna de La Cocha. Proyecto para el desarrollo de la pesca continental en Colombia (PNUD-FAO-INDERENA). Divulgación Pesquera 1, 2. INDERNA. Bogotá.
- Rodríguez, P.Z.** 1962. Estudios estadísticos y biológicos sobre la biajalba (*Latianus synagris*). Centro de Investigaciones Pesqueras del Departamento de Pesca del Instituto Nacional de Reforma Agraria. Nota sobre investigaciones. No. 4. Cuba.
- Rodríguez, H.** 1984. Análisis sobre los efectos causados con la introducción de especies exóticas al medio acuático de Colombia. INDERENA. Subgerencia de Pesca y Fauna terrestre. Unidad Investigativa Federico Medem. P. IND. 383.
- Thrower, F.** 1978. Informe preliminar sobre la Biología pesquera y piscicultura de la trucha en la laguna de Tota. P. IND. 186. Bogotá.
- Wetzel, G.R.** 1981. Limnología. Primera edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Zambrano, H.** 1991. Crecimiento de juveniles de trucha, *Oncorhynchus mykiss*, sometidos a diferentes densidades de siembra y cultivados en jaulas flotantes, Lago de Tota, Boyacá. Trabajo de grado, Depto de Biología. U. Nal. de Col.

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FATORES BIÓTICOS DE MORTALIDADE NATURAL DE *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE), NA REGIÃO DE CAMPINAS, SP. BRASIL

por

Ivo Pierozzi Jr.* & Mohamed E.M. Habib**

Resumen

Pierozzi, I. Jr. & M. E.M. Habib: Levantamento e análise de eficiência de fatores bióticos de mortalidade natural de *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) na região de Campinas, SP. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 423-432, 1992. ISSN 0370-3908.

A partir de 1983 y durante 4 años consecutivos se estudiaron los factores bióticos de mortalidad natural de *A. grandis* en un área comprendida entre las coordenadas 22° 35' y 23° 05' de latitud sur y 46° 55' y 47° 35' de longitud oeste. Tanto el inventario de los enemigos naturales como la evaluación de su eficacia abarcaron las épocas de cosecha de algodón y los períodos de intervalo, teniendo en cuenta diferentes condiciones de cultivo y distintos métodos de control de plagas. Entre los predadores figuran arañas que atacan los adultos del picudo del algodón y hormigas en su mayoría del género *Solenopsis* que atacan larvas y pupas en sus lugares de desarrollo. Cuatro especies de Hymenoptera actúan como ectoparásitos de los estadios inmaduros (*Eupelmus cushmani*, *Catolaccus grandis* y dos especies de *Bracon*. Las últimas son responsables de un 20% del parasitismo durante el ciclo del algodón y del 70% luego de la aplicación de insecticidas. Durante el invierno se capturaron en trampas adultos del picudo del algodón parasitados por el taquírido *Hyalomyodes brasiliensis*. Entre los patógenos figuran el hongo *Isaria* sp. que ataca larvas y adultos de *A. grandis* y la bacteria *Serratia marcescens* que actúa a nivel epizootico en campos altamente parasitados. El impacto ejercido por los enemigos naturales de *A. grandis* en términos de control de la población debe ser tenido en cuenta para el manejo de esta plaga.

Abstract

A. grandis natural biotic mortality factors were investigated in Campinas region, State of Sao Paulo, Brazil, in an area located between the geographical coordinates 22° 35' and 23° 05' latitude S and 46° 55' and 47° 35' longitude WGr, during four consecutive years from 1983. Surveys of natural enemies and their efficiencies were carried in crops with different types of cotton cultivation and pest control methods. Among the predators spider attacks were observed on boll weevil adults and ant attacks, mainly *Solenopsis* spp., on larvae and pupae in their sites of development. Four species of ectoparasitic Hymenoptera were observed attacking *A. grandis* immature stages: *Eupelmus cushmani* (Crawford), *Catolaccus grandis* (Burks) and two species of *Bracon*, which were responsible for parasitism varying between 20%, during the cotton cycle and 70% after the end of insecticide applications. Boll weevil adults captured in traps during the winter were parasitized by the tachnid *Hyalomyodes brasiliensis* Townsend. Among the pathogens, the fungus *Isaria* sp. was detected on larvae and adults of *A. grandis*; the bacterium *Serratia marcescens* Bizio, occurred in epizootic levels in fields with elevated parasitism. Natural enemies impact on the boll weevil populations must be considered in I.P.M. programs of this pest.

Introdução

Nas primeiras seis décadas da presença de *A. grandis* nos Estados Unidos, grande atenção era dada aos fatores naturais de mortalidade do curculionídeo. As medidas de combate à praga, desenvolvidas pelos entomologistas norteamericanos, procuravam tirar o máximo proveito destes fatores, integrando-os às técnicas culturais (Walker, 1986), uma vez que os inseticidas disponíveis na época tinham uma eficiência limitada (Parencia, 1986).

No início dos anos 50, com o surgimento dos inseticidas químicos organo-sintéticos, a questão do combate a este inseto parecia ter sido definitivamente solucionada e por quase duas décadas o controle químico, não só do bicudo como também de outras pragas, desenvolveu-se bastante (Kogan, 1988; Parencia, 1986).

Em meados dos anos 70, depois do reconhecimento a nível mundial dos problemas causados pelo uso intensivo dos inseticidas químicos, foram retomados os estudos de levantamento e avaliação de eficiência dos fatores de mortalidade natural, atuando sobre insetos prejudiciais, em agroecossistemas.

Em relação a *A. grandis*, das três categorias de inimigos naturais de insetos (predadores, parasitas e patógenos), a menos documentada é a de predadores, possivelmente pela dificuldade de observação inerente ao ato de predação. Mesmo assim, ataques por pássaros e formigas, principalmente, têm sido relatados (Agnew & Sterling, 1981; Burke 1976; Hunter & Pierce, 1912).

Em compensação, a lista de artrópodes que parasitam o curculionídeo ultrapassam 40 espécies segundo Cross & Chesnut (1971), que registram 33 Hymenoptera, 6 Diptera e 1 Coleoptera, entre os insetos e mais 2 espécies de Acarina, além de relacionarem seus hospedeiros e distribuição geográfica. Chesnut & Cross (1971) discutem e comparam a importância destes inimigos naturais nos Estados Unidos, cobrindo um período de trinta e cinco anos.

A biologia e o comportamento de um dos parasitos mais importantes do bicudo nos Estados Unidos, *Bracon mellitor*, foi tratada por Folsom (1936), Adams et al. (1969), que realizaram também testes de liberação deste braconídeo, Bradleigh et al. (1976) e Henson et al. (1977). *B. kirkipatricki*, também foi estudada (Cross et al., 1969), sendo considerada promissora e tendo sido igualmente objeto de estudos na Colômbia (Jiménez et al., 1982).

Outro parasito importante, principalmente na América Central, é *Catolaccus* (= *Heterolaccus*)

grandis (Cross & Mitchell, 1969; De Coss et al., 1981; Quant, 1980).

Registram-se, ainda, um nematódeo parasitando adultos de praga (Cleveland, 1981), uma nova espécie de *Bracon* parasitando larvas (Wharton, 1983) e avaliações de parasitismo em condições naturais (Meinke & Slosser, 1981; 1982; Roach & Leggett, 1979).

Em relação aos patógenos, são poucos os registros de microorganismos causadores de epizootias em populações de *A. grandis*, sob condições naturais (Cross, 1973). Em Campinas, SP, Habib et al. (1984) detectaram adultos com micose causada por *Isaria* sp.

Em condições de laboratório, no entanto, foram registrados vários microorganismos patogênicos, detectados em criações do bicudo nos Estados Unidos, tendo que ser controlados (Gast, 1966; Jenkins et al., 1970; McLaughlin, 1966a.). Mereceram atenção especial os protozoários *Mattesia grandis* e *Glugea gasti* (McLaughlin, 1969; McLaughlin & Bell, 1970; Vavra & McLaughlin, 1970) que, associados a estimulantes de apetite, foram avaliados para a utilização no controle biológico do curculionídeo (Bell & McLaughlin, 1970; McLaughlin 1966b; 1967; McLaughlin et al., 1968; 1969).

O mecanismo de patogenicidade de bactéria *Serratia marcescens*, em adultos de *A. grandis*, foi estudado por Slatten & Larson (1967). O efeito de aflatoxinas foi estudado por Moore et al. (1970) apud Roberts, 1981, que observaram terem as toxinas, dependendo da dose, efeito letal ou esterilizante.

Martignoni & Iwai (1981) registram ainda a ocorrência de vírus iridescente e vírus de poliedrose nuclear em *A. grandis*.

Na região de Campinas, SP, desde 1983, têm sido realizados esforços de levantamento, avaliação de eficiência e potencial de utilização dos inimigos naturais desta praga do algodão (Andrade et al., 1984; Pierozzi Jr. 1985; Pierozzi Jr., et al., 1984; Pierozzi Jr. & Queiroz, 1985; Pierozzi Jr., et al., 1985; Pierozzi Jr. & Habib, 1986a; 1986b). O presente trabalho tem como objetivo reunir o máximo de informações referentes à ocorrência e a eficiência de fatores naturais de mortalidade do bicudo na região de Campinas, SP, durante um período de quatro anos consecutivos de coleta de dados.

Material e Métodos

Os inimigos naturais de *A. grandis* foram levantados na região de Campinas, SP, numa área compreendida entre as coordenadas geográficas 22° 35' e 23° 05' de latitude S e 46° 55' e 47° 35' de longitude WGr, durante quatro anos consecutivos a partir de 1983, incluindo os ciclos de algodão e os períodos entre safras.

* NMA/EMBRAPA - Campinas, SP

** Depto. de Zoologia/IB/UNICAMP - Campinas, SP

As avaliações foram realizadas em lavouras que apresentaram condições variadas de cultivo do algodão bem como de controle das pragas e, neste particular, puderam ser consideradas (1) lavouras com utilização de medidas de Manejo Integrado de Pragas (M. I. P.), elaboradas pelos presentes autores, tais como plantas iscas, inseticidas de ação seletiva, monitoramento da densidade populacional dos insetos e (2) lavouras com utilização de programas de controle químico convencional.

Nos dois primeiros anos, as avaliações basearam-se apenas no exame de frutos do algodoeiro, na fase final da cultura. A partir de 1985, as avaliações passaram a ser realizadas semanalmente desde o início do cultivo e, no ciclo 1986-87, botões florais e frutos recém formados e caídos no chão, devido ao ataque da praga, também foram examinados durante a fase de florescimento das plantas.

As avaliações levaram em consideração a ataque tanto aos estágios imaturos de *A. grandis*, presentes no interior de seus sítios de reprodução, como aos insetos adultos observados sobre as plantas ou capturados pelo sistema armadilha-feromônio.

No caso dos predadores a constatação de ocorrência dependeu sempre de observações diretas ou de evidências do ataque, em condições de campo. Os aracnídeos foram enviados para identificação ao Dr. Benedito A.M. Soares do Departamento de Zoologia, IBBMA, UNESP, em Botucatu, SP, e as formigas foram identificadas pelo Dr. Woodruff W. Benson do Departamento de Zoologia, IB, UNICAMP, em Campinas, SP.

Para a avaliação dos fatores de mortalidade natural atuantes sobre os estágios imaturos procedeu-se a coleta de frutos verdes, apanhados das plantas segundo estratégia de amostragem aleatória simples que, posteriormente, eram examinados em laboratório, estabelecendo-se para cada agente atuante um índice de abundância relativa.

O mesmo procedimento de coleta e avaliação foi adotado para botões florais e pequenos frutos do algodoeiro atacados por *A. grandis* e caídos no chão, durante o ciclo de algodão 1986/87.

As estruturas contendo larvas do bicudo parasitadas foram levadas ao laboratório para obtenção dos adultos dos parasitos. Alguns exemplares, posteriormente, foram enviados ao "Biossystematics and Beneficial Insects Institute", órgão do "USDA", em Beltsville, Maryland, EUA, para identificação. Os parasitos coletados no campo em seus estágios imaturos, foram levados ao laboratório e mantidos em uma sala climatizada (temperatura de $25 \pm 2^\circ$ C e $70 \pm 10\%$ U.R.), com fotoperíodo natural.

Larvas e adultos do curculionídeo com sintomas de doenças também foram coletadas, sendo o diagnóstico realizado em laboratório, através da

descrição dos sintomas e do isolamento, purificação e identificação dos agentes etiológicos, utilizam-se técnicas básicas de microbiologia. Como etapa final, os postulados de Koch foram sempre empregados.

Bicudos adultos capturados sobre as plantas e nas armadilhas, durante as entressafas de 1985 e 1987 e durante o ciclo 1986/1987, foram separados pelas datas de coleta e mantidos em laboratório em frascos de vidro transparente (8 cm de diâmetro por 15 cm de altura), com o fundo forrado com papel de filtro e alimentados com pequenos pedaços de maçã ou banana, trocados de três em três dias. Os frascos foram mantidos em local bem iluminado, com temperatura e umidade relativa ambientes. Este procedimento facilitava a obtenção de adultos dos parasitos emergidos.

Para fins de análise estatística dos dados referentes aos ciclos 1985/86 e 1986/87, foram comparados os valores dos índices de frutos infestados pelo bicudo com a presença de *Bracon* spp. ou com a presença de indivíduos do curculionídeo mortos. Utilizou-se um programa específico para esta finalidade, elaborado em linguagem Pascal, empregando-se o Teste Xc para detectar diferenças significativas entre os dias de avaliação no mesmo campo e, quando encontradas, o Teste de Igualdade de Proporções para determinar quais os dias correspondentes à diferença.

Resultados e Discussão

O levantamento realizado no presente trabalho revelou que pelo menos 10 espécies de inimigos naturais de *A. grandis* puderam ser detectados na região de Campinas, SP. Entre elas encontram-se predadores, parasitos e patógenos os quais, no conjunto, atacam praticamente todos os estágios de desenvolvimento do curculionídeo, com exceção do ovo.

Predadores

Devido a características inerentes à predação, como a agilidade dos predadores e o consumo praticamente imediato das suas presas, foi possível registrar apenas a atuação de aranhas e formigas atacando tanto os adultos de praga como seus estágios imaturos, em botões florais e frutos do algodoeiro.

A ação desses predadores foi relativamente fácil de ser constatada — pelo menos do ponto de vista qualitativo — examinando-se as teias de aranhas construídas nas plantas, observando-se o forrageamento de formigas ou mesmo flagrando um ataque eventual.

Em relação às aranhas, apesar da ocorrência de várias espécies nos algodoais, as quais pelo porte poderiam preda o curculionídeo, foi constatado apenas ataque por *Latrodectus geometricus* Koch

(Theridiidae). Esta espécie é de distribuição cosmopolítica (Dr. B.A.M. Soares, comunicação pessoal) e nas observações do presente trabalho, mostrou-se especialmente freqüente em campos adjacentes a matas naturais.

Algumas formigas, sobretudo do gênero *Solenopsis*, foram observadas entrando em frutos infestados e atacando larvas e pupas do curculionídeo no seu interior. *Camponotus sericeiventris* (Guérin) foi também freqüentemente observada, atacando adultos capturados em armadilhas, durante o período entre safras.

Sterling et al. (1984) acreditam que as formigas sejam os principais predadores de *A. grandis*, nos Estados Unidos. Sterling (1978) e Jones & Sterling (1979) verificaram que *Solenopsis invicta* Buren pode impedir o crescimento populacional da praga em situações específicas, no Texas, mas para que isso aconteça é necessário alta densidade de formigueiros na lavoura. Outros estudos também têm sido realizados na lavoura. Outros estudos também têm sido realizados com o objetivo de avaliar o potencial de *Solenopsis* spp. como agentes naturais de controle das populações do curculionídeo nos Estados Unidos (Agnew & Sterling, 1981; Fillman & Sterling, 1983; 1985).

Na verdade, acredita-se que a predação por formigas seja muito mais comum do que os registros indicam, pois larvas e pupas do bicudo, no interior de botões florais ou frutos, na planta ou no chão, são bastante vulneráveis ao ataque por estes insetos (Burke, 1976; Marin, 1981).

No entanto, é importante destacar que vários predadores, especialmente aranhas, pássaros (Howell, 1907 *apud* Rummel & Curry, 1986; Sturm & Sterling, 1986) e outros vertebrados podem desempenhar um papel significativo no controle das populações de *A. grandis* sob condições naturais a este potencial necessita ser melhor investigado, inclusive no período entre safras.

A freqüente ocorrência de aranhas predadoras revelam a alta potencialidade que tais artrópodes podem ter, junto com outros predadores generalistas, na supressão natural de populações dessa praga. Além disso, os pássaros devem ser responsáveis por altos índices de predação de adultos da praga. Através do exame do conteúdo estomacal, Hunter & Pierce (1912) puderam registrar 53 espécies de pássaros alimentando-se de *A. grandis*.

Parasitas

É conveniente fazer aqui uma consideração a respeito da identificação das duas espécies de braconídeos encontradas no presente trabalho. Desde 1984, tem-se enviado a especialistas estrangeiros exemplares dos parasitos mas, até o presente momento, apenas os sistematistas norte-americanos enviaram resposta. No entanto, eles explicam que

o gênero *Bracon* está sendo revisto, razão pela qual vêem-se impossibilitados de fazer a identificação das espécies encontradas no presente trabalho. Embora confirmem que se trata de duas espécies diferentes, os pesquisadores consultados mencionam serem próximas a *B. vulgaris* Ashmead, conhecido parasito de *Pectinophora gossypiella* (Saund.) (Santis, 1980). Deste modo decidiu-se mencioná-las como *Bracon* sp. 1 e *Bracon* sp. 2, mantendo-se o critério adotado por Pierozzi Jr. (1985).

No final de março de 1984, em uma lavoura no Município de Raffard, SP, onde a população do curculionídeo era altíssima (cerca de 60% de frutos verdes atacados) foram observadas larvas de *A. grandis* parasitadas. *Bracon* sp. 1 ocorreu em altos níveis populacionais, mas também puderam ser detectados *Bracon* sp. 2 e *Eupelmus cushmani* (Crawford) (Hymenoptera, Eupelmidae). Na primeira avaliação nesta lavoura, em 27.03.84, onde foram examinados 1.026 frutos, a porcentagem destas estruturas contendo *Bracon* sp. 1, entre aquelas atacadas por *A. grandis*, foi de 71.2%. Foram encontradas, em média, 3.1 ± 0.3 larvas do parasito/larva do hospedeiro (mínimo de 1 e máximo de 8 larvas/larva do hospedeiro). Foram também observadas larvas do braconídeo de diferentes idades atacando a mesma larva hospedeira, indicando a ocorrência de mais de uma oviposição no mesmo recurso. Em 13.04.84, durante a segunda avaliação na mesma lavoura, foram coletados 218 frutos do baixeiro que apresentavam 7% de ataque pelo curculionídeo. De 23 larvas de *A. grandis* encontradas, 18 delas (78.3%) estavam parasitadas.

A ocorrência desta mesma espécie de parasito pôde igualmente ser detectada durante o mesmo ciclo em uma lavoura no Município de Campinas, SP. No entanto, tal lavoura estava sendo submetida a um programa de M. I. P., com a utilização de plantas iscas e inseticidas seletivos para o controle de *A. grandis*. Deste modo, devido aos baixos índices populacionais do curculionídeo, o parasito foi observado apenas no começo do mês de abril, bem depois da colheita, no interior das poucos frutos atacados ainda presentes nas plantas. Num total de 50 frutos avaliados, 11,8% mostraram a presença de larvas de *A. grandis* parasitadas e, um mês mais tarde, em 200 botões florais de rebrotamento examinados, foi detectado um índice de 15,8% de larvas do curculionídeo parasitadas.

No ciclo do algodão 1984/85, na mesma área da lavoura avaliada no ano anterior, em Campinas, novamente baixos índices de ocorrência dos parasitos foram detectados. Aplicações de inseticidas seletivos somente durante a fase de florescimento da cultura, mantiveram as populações da praga sob controle e somente no final de março, depois da colheita, foram observadas larvas do curculionídeo parasitadas: metade dos 50 frutos avaliados em 21.03.85 apresentaram a presença do parasito.

Nos ciclos do algodão seguintes, 1985/86 e 1986/87, foram realizadas avaliações sistemáticas semanais nas lavouras estudadas e os índices de parasitismo são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Constata-se que os índices de mortalidade foram bastante variáveis de local para local e de ano para ano. Tais índices cresceram a medida que a população do curculionídeo cresceu chegando a valores superiores a 50% somente depois da cessação das aplicações de inseticidas químicos o que, na região estudada, acontece normalmente de meados de março em diante, época em que a maioria dos frutos nas lavouras já amadureceram.

Tabela 1

Índices de parasitismo por *Bracon* spp. e de outras causas de mortalidade de *A. grandis*, em frutos verdes, durante os ciclos do algodão 1985/86.

Data	Nº de frutos verdes		Parasitismo		Outras causas de mortalidade (*)	
	Examinados	Infestados por <i>A. grandis</i>	Frutos verdes com parasito		Nº de indivíduos	
			Nº	%	Examinados	Mortos %
Lavoura 4						
Mar. 14	100	18	1	5,6 a	22	1 4,5 b
20	100	30	4	13,3 a	35	7 20,0 a
27	100	27	1	3,7 a	32	3 9,4 b
Abr. 03	100	18	3	16,7 c	21	13 61,9 d
09	25	2	1	50,0 c	2	1 50,0 d
Lavoura 5						
Mar. 05	80	26	3	11,5 b	28	1 3,6 a
14	80	12	3	25,0 b	11	3 27,3 a
Lavoura 6						
Abr. 02	100	16	1	6,3 a	21	1 4,7 a
10	100	23	5	21,7 b	22	3 13,6 c
17	174	39	27	69,2 c	25	5 20,0 c
23	134	22	12	54,5 b	11	6 54,5 b

(*) Doenças, causas fisiológicas ou interrupção do desenvolvimento pela inadequabilidade do sítio de reprodução

Porcentagens seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($\chi^2_{0,05}$ e Igualdade de Proporções $\alpha_{0,05}$).

As avaliações dos sítios de reprodução de *A. grandis* coletados do chão foram realizadas nas lavouras estudadas durante o ciclo do algodão 1986/87, todas no município de Cosmópolis, SP. Os resultados mostraram que os parasitos puderam ser detectados nos campos desde o início da cultura, sendo os braconídeos os parasitos mais frequentes (Tabela 3). O índice total de mortalidade entre todos os estágios do inseto variou grandemente de semana para semana não chegando a ultrapassar 30%, havendo certa tendência em se localizar entre os 10 e 20%. O estágio que apresentou índices mais altos de mortalidade foi o larval, seguido pelos estágios de pupa e adulto, nesta ordem.

No período de 23 de janeiro a 5 de fevereiro de 1987, choveu praticamente todos os dias. Grande parte das larvas encontradas mortas (Tabela 3) apresentavam-se putrefeitas, ao contrário do que se tinha observado até então, onde a maioria delas apresentavam sintomas de morte por dessecação.

Acredita-se que a alta umidade do solo tenha contribuído bastante para a elevação da mortalidade das larvas no interior das estruturas caídas no chão, uma vez que estas devem ter apodrecido mais rapidamente, não dando condições para que o curculionídeo completasse seu desenvolvimento.

Tabela 2

Índices de parasitismo por *Bracon* spp. e de outras causas de mortalidade de *A. grandis*, em frutos verdes, durante os ciclos do algodão 1986/87.

Data	Nº de frutos verdes		Parasitismo		Outras causas de mortalidade (*)	
	Examinados	Infestados por <i>A. grandis</i>	Frutos verdes com parasito		Nº de indivíduos	
			Nº	%	Examinados	Mortos %
Lavoura 7						
Mar. 05	100	45	7	15,6 a c	69	1 1,4 d
12	100	33	1	3,0 b	78	1 1,3 c
19	100	30	5	16,7 c	48	12 25,0 a
26	90	33	8	24,2 c	33	14 42,4 b
Lavoura 8						
Jan. 21	50	4	0	0 a	5	1 20,0 a
Fev. 04	70	20	0	0 a	28	1 3,6 a
11	60	17	0	0 a	28	2 7,1 a
18	50	5	0	0 a	5	0 0 a
25	50	7	1	14,3 a	8	1 12,5 a
Mar. 05	50	9	0	0	13	3 23,1 a
12	50	15	2	13,3 a	20	7 35,0 a
19	60	13	2	15,4 a	13	4 30,8 a
26	50	16	3	18,8 a	15	5 33,3 a
Lavoura 9						
Jan. 21	60	15	0	0 cdef	21	1 4,8 a cde
Fev. 04	50	12	0	0 a	20	0 0 e
11	50	22	1	4,5 ef	30	2 6,7 de
18	50	22	0	0 ef	30	0 0 cde
25	46	21	2	9,5 def	24	5 20,8 b
Mar. 05	50	1	0	0 c ef	25	5 20,0 b
12	50	4	1	25,0 bcdef	26	8 30,8 b
19	50	3	2	66,7 ab de	8	1 12,5 ab d
26	15	3	2	66,7 a d	3	0 0 a cde
Lavoura 10						
Fev. 25	80	11	0	0 a	19	2 10,5 a
Mar. 05	80	19	1	5,3 a	28	1 3,6 a
12	40	11	0	0 a	23	1 4,3 a
19	90	32	2	6,3 a	32	4 7,7 a
26	80	19	4	21,1 b	22	5 22,7 a
Abr. 02	80	30	8	26,7 b	30	4 13,3 a
09	80	36	16	44,4 b	30	8 26,7 a

(*) Doenças, causas fisiológicas ou interrupção do desenvolvimento pela inadequabilidade do sítio de reprodução

Porcentagens seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($\chi^2_{0,05}$ e Igualdade de Proporções $\alpha_{0,05}$).

A quarta espécie de ectoparasito das fases imaturas do bicudo levantada neste trabalho foi *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera, Pteromalidae). Esta espécie é monófaga e, embora em baixos índices populacionais, também pôde ser detectada nas lavouras do ciclo 1986/87 desde o início, assim como *Bracon* spp. (Tabela 3). Johnson et al. (1973) registram que este parasito prefere ovipôr em botões florais caídos no chão e contendo o curculionídeo, a colocar seus ovos nas estruturas ainda presas às plantas. Este fato explica porque nos frutos verdes examinados não foi registrada a ocorrência de larvas ou pupas da praga parasitadas por este himenóptero encontrando-se, ao contrário, grande número de larvas parasitadas por *Bracon* spp.

Tabela 3

Índices de abundância relativa de parasitismo e outras causas de mortalidade natural de *A. grandis* em botões florais e pequenos frutos atacados e caídos no chão, durante o ciclo do algodão 1986/87.

Data	Estruturas examinadas				
	Lavoura	Nº	com <i>Bracon</i> spp (%)	com <i>Catolaccus grandis</i> (%)	com insetos mortos(*) (%)
23.12.86	09	610	0	0	10,8
03.01.87	09	679	0	0,1	28,1
07.01.87	09	413	0,2	0	10,0
	11	360	1,7	0	12,0
20.01.87	11	605	1,8	0,3	16,7
	12	324	2,2	0	16,7
23.01.87	09	816	0,2	0	13,0
	10	616	0,6	0,2	13,5
	11	712	0,7	0	21,8
28.01.87	09	956	0,9	0	30,2
	11	867	2,9	0	20,0
05.02.87	09	407	0	0,2	14,0
	11	990	0,3	0,1	20,2
	12	429	0	0	19,6
25.02.87	09	251	0	0	11,2
	10	263	0,8	0	3,4
	11	345	0,9	0	7,0
	12	358	0	0	12,0

(*) Outras causas de mortalidade excluindo-se o parasitismo

Adams et al. (1969), estudando *Bracon mellitor* Say, considerado o principal parasito de *A. grandis* nos Estados Unidos, observaram que este braconídeo prefere atacar seu hospedeiro em sítios ainda presos à planta àqueles caídos no chão. Além disso, as larvas de *B. mellitor* apresentam comportamento canibalístico, enquanto que *Bracon* sp. 1 é gregária na fase larval sendo que, em média, três adultos do parasito são produzidos por larva do hospedeiro (Pierozzi Jr. 1985). Outros aspectos comportamentais destas espécies de parasitos devem ser melhor estudados sob condições de campo no Brasil.

O levantamento de inimigos naturais, assim como a avaliação da sua eficiência no controle natural das populações de *A. grandis*, foram dificultados no período entre safras, pois nesta época é difícil localizar o próprio curculionídeo. Mesmo com um índice de ocorrência extremamente baixo — 15 adultos parasitados em 1.572 coletados (0,9%) — foi possível constatar o ataque de *Hyalomyodes brasiliensis* Townsend (Diptera, Taquinidae), examinando-se adultos do coleóptero capturados sobre as plantas e em armadilhas com feromônio. Depois de se desenvolverem, as larvas deste endoparasito abandonam o interior do corpo de seus hospedeiros para empupar. Desta maneira foi possível detectar sua presença tanto através da dissecação de bicudos adultos como, mais simplesmente, observando as pupas do taquinídeo sobre o papel absorvente que forrava o fundo dos frascos onde os adultos da praga eram mantidos. Sempre foi constatada a presença de uma larva do taquinídeo por hospedeiro (parasito solitário).

Os dados aqui apresentados levam a crer que os himenópteros parasitos parecem ser a categoria de inimigos naturais do curculionídeo mais expressiva, principalmente quando se considera os índices de parasitismo em larvas do curculionídeo, alcançados por *Bracon* spp. (Tabelas 1 e 2). Eles podem ser detectados nas lavouras desde o início

do ciclo do algodão (Tabela 3). No entanto, o aumento das suas populações acompanha, obviamente, o aumento de população do hospedeiro; A atuação dos braconídeos, no final do ciclo do algodão merece atenção. Foi observado que, depois que as aplicações de inseticidas deixam de ser realizadas, as populações daqueles himenópteros, notadamente *Bracon* sp. 1, puderam estabelecer-se no campo. Os altos índices de larvas do curculionídeo parasitadas, observadas nos frutos verdes a partir de fevereiro e março, comprovam este fato.

Em termos de importância, no entanto, deve-se considerar também os outros parasitos, que embora em índices populacionais bem mais baixos, em relação a *Bracon* sp. 1, puderam ser observados em quase todos os campos estudados.

Patógenos

Adultos e larvas do curculionídeo mumificadas e cobertas por micélio branco foram encontrados também no município de Raffard, SP, em 27.03.84, no interior de frutos de algodoeiro atacados pelo bicudo.

O exame microscópico do fungo, em culturas de lâminas, possibilitou a identificação do material como sendo pertencente ao gênero *Isaria*, idêntico ao material isolado por Habib et al. (1984), da mesma espécie de inseto. Aplicando-se os postulados de Koch, a infecção de 55 adultos de *A. grandis*, no laboratório, resultou em manifestação dos mesmos sintomas detectados no campo, levando os insetos a morte após aproximadamente cinco dias, com 31% de mortalidade.

Finalmente, foi constatada no presente trabalho a ocorrência de larvas do curculionídeo com coloração avermelhada e com lentas respostas aos toques. Também na mesma lavoura de Raffard, foram observadas larvas e pupas mortas, de coloração marrom escura. Um total de 72 larvas coletadas mostrou, no laboratório, sintomas de falta de apetite, relativa flacidez e aquisição de coloração avermelhada chegando a marrom escura, com a morte das mesmas.

O agente etiológico foi isolado, inoculado e purificado em meio de Agar Nutriente. Baseando-se nos sintomas exibidos pelos insetos doentes, entre eles presença de pigmento vermelho (Prodi-giosina) característico do microrganismo, no exame microscópico e nas descrições de Breed et al. (1957), Bucher (1981), Poinar Jr. & Thomas (1978) e Steinhaus (1963), chegou-se a conclusão que se tratava da bactéria *Serratia marcescens* Bizio.

Nas avaliações realizadas nos ciclos seguintes, larvas e pupas com os mesmos sintomas de doença descritos acima, puderam ser detectadas, embora os índices de ocorrência tenham sido sempre baixos. Por esta razão, os insetos mortos por doença foram somados àqueles cuja morte ocorreu por outras

causas, tais como problemas fisiológicos ou inadequabilidade do sítio de desenvolvimento, nos resultados constantes das Tabelas 1 e 2.

De acordo com Steinhaus (1963), *S. marcescens* é uma bactéria gram negativa, móvel e em forma de pequenos bastonetes, é especialmente patogênica para larvas de insetos holometábolos. Até 1963, 72 espécies de insetos foram registradas como susceptíveis a este patógeno. No entanto, é um microrganismo amplamente distribuído, ocorrendo ainda na água, no solo, no leite e em outros alimentos (Breed et al., 1957).

O mecanismo de patogenicidade desta bactéria, para adultos de *A. grandis*, foi estudado, por Slatten & Larson (1967). A infecção foi conseguida tanto por ingestão como por injeção do patógeno, porém como o nível de 100% de mortalidade nunca foi alcançado, os autores concluíram que o adulto de *A. grandis* possui certo grau de resistência ou tolerância a este microrganismo, nos Estados Unidos.

Vale a pena ressaltar, ainda, a relação entre altos índices de larvas doentes e a presença de grandes populações de parasitos que na procura de seus hospedeiros, ao introduzirem seus oviposidores nas câmaras de desenvolvimento dos estágios imaturos do bicudo, nos botões florais ou, frutos, podem disseminar eficientemente os patógenos entre a população do hospedeiro, potencializando sua ação (Pierozzi Jr., 1985).

Embora alguns pesquisadores tenham revelado atuação natural ineficiente dos inimigos naturais de *A. grandis* (Adams et al., 1969; Cross, 1973; Jiménez, 1981; Jiménez et al., 1982), o presente trabalho revela a atuação muito promissora de inimigos naturais, principalmente em áreas submetidas a programas de M.I.P. e no final do ciclo do algodão.

Alguns trabalhos no México e América Central mostram que o parasitismo, sob condições naturais, alcança níveis ao redor de 50% (Aquino, 1981; Quant, 1978; 1980). Nos Estados Unidos, testes de liberação de parasitos alcançavam níveis satisfatórios de controle (Adams et al., 1969; Cross et al., 1969).

A riqueza de insetos entomófagos; nos campos de algodão, é bem conhecida (Andrade, 1981; Brader, 1979; Habib, 1976; 1983; Reynolds et al., 1982; Whitcomb & Bell, 1964). O potencial de controle que esses insetos e outros patógenos podem desempenhar estimulam a continuação de trabalhos para a verificação da ocorrência natural de parasitos, predadores e patógenos do curculionídeo, além de possíveis avaliações de suas eficiências.

Literatura Citada

- Adams, C.H.; W.H. Cross, & H.C. Mitchell 1969. Biology of *Bracon mellitor*, a parasite of the boll weevil. J. Econ. Entomol., 62: 889-896.
- Agnew, C.W. & W.L. Sterling 1981. Predation of boll weevils in partially opened cotton bolls by the red imported fire ant. Southwest Entomol., 6: 215-219.
- Andrade, C.F.S. 1981. Estudios ecológicos e patológicos da polidrose nuclear de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera, Noctuidae). Tese de Mestrado. UNICAMP, Campinas SP. 153 p.
- Andrade, C.F.S.; I. Pierozzi Jr. & M.E.M. Habid 1984. Ocorrência natural de doenças infecciosas em populações do "bicudo", *Anthonomus grandis* Boheman 1843. In: IX Congresso Brasileiro de Entomologia, Londrina, PR. Resumos. p. 154.
- Aquino, G.V. 1981. Estudios preliminares para el establecimiento del control de la calidad del *Bracon kirkipatricksi* (Wilkinson) y de *Ephestia kuniella*. IX Reunión de Control Biológico. Oaxaca, México. p. 210-220.
- Bell, M.R. & R.E. McLaughlin 1970. Influence of the protozoan *Mattesia grandis* McLaughlin on the toxicity to the boll weevil of four insecticides. J. Econ. Entomol., 63: 266-269.
- Brader, L. 1979. Integrated pest control in the developing world. Ann. Rev. Entomol., 24: 225-254.
- Bradleigh, U.S.; R.D. Henson, & L.S. Barfield, 1976. Ovipositional behavior of *Bracon mellitor* Say (Hymenoptera, Braconidae) a parasitoid of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boh.): I. Isolation and identification of a syntetic releaser of ovipositor probing. J. Chem. Ecol., 2: 431-440.
- Breed, R.S., E.G.D. Murray & N.R. Smith 1957. Bergey's Manual of determinative bacteriology. 7 ed. The Williams & Wilkins Company, Baltimore. 1094 p.
- Bucher, G.E. 1981. Identification of bacteria found in insects. In: Burges, H.D., ed. Microbial control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. p. 7-33. Academic Press, London.
- Burke, H.R. 1976. Bionomics of the Anthonomine weevils. Ann. Rev. Entomol., 21: 283-303.
- Chesnut, T.L. & W.H. Cross 1971. Arthropod parasites of the boll weevil, *Anthonomus grandis*: 2. Comparisons of their importance in the United States over a period of thirty-eight years. Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 549-557.
- Cleveland, T.C. 1981. A parasitic nematode of the boll weevil (*Anthonomus grandis grandis*). J. GA. Entomol. Soc., 16: 122-125.
- Cross, W.H. 1973. Biology, control and eradication of the boll weevil. Ann. Rev. Entomol., 18: 17-46.
- Cross, W.H. & H.C. Mitchell 1969. Distribution and the importance of *Heterolaccus grandis* as a parasite of the boll weevil. Ann. Entomol. Soc. Am., 62: 235-236.
- Cross, W.H.; W.L. McGovern & H.C. Mitchell 1969. Biology of *Bracon kirkipatricksi* and field releases of the parasite for control of the boll weevil. J. Econ. Entomol., 62: 448-454.
- Cross, W.H. & T.L. Chesnut 1971. Arthropod parasites of boll weevil, *Anthonomus grandis*: 1. An annotated list. Ann. Entomol. Soc. Am., 64: 516-527.
- De Coss, M.E.F.; P.R. Bodega & R. Flores 1981. Some observations about the parasite *Catolaccus grandis* (equals *Heterolaccus*

- grandis*) in the region of Socomiscas, Chiapas, Mexico. Southwest Entomol., 6: 312-315.
- Fillman, D.A. & W.L. Sterling, 1983. Killing power of the red imported fire ant (Hym.: Formicidae): a key predator of the boll weevil (Col.: Curculionidae). Entomophaga, 28: 339-344.
- . 1985. Inaction levels for the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hym.: Formicidae): a predator of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Col.: Curculionidae). Agric. Ecosys. Environ., 13: 93-102.
- Folsom, J.W. 1936. Observations on *Microbracon mellitor* (Say) in relation to the boll weevil. J. Econ. Entomol., 29: 111-116.
- Gast, R.T. 1966. Control of four diseases of laboratory reared boll weevils. J. Econ. Entomol., 59: 793-797.
- Habid, M.E.M. 1976. Estudos biológicos e anatômicos sobre *Alabama argillacea* Hubner, 1818 (Lepidoptera, Notctuidae). Tese de Doutorado. UNICAMP, Campinas, SP. 117 p.
- . 1983. O potencial biótico na lavoura algodoeira no Brasil. Anais do 1o. Simposio Hoechst Fitossanidade do Algodão, R.J. p. 77-81.
- Habib, M.E.M.; W.D. Fernández, A. Favaro Jr., & C.F.S. Andrade, 1984. Eficiência do feromônio de agregação e inseticidas químicos no combate ao bicudo, *Anthonomus grandis* Boheman. Rev. Agric., 59: 239-251.
- Henson, R.D.; S.B. Vinson, & C.B. Barfield 1977. Ovipositional behavior of *Bracon mellitor* Say, a parasitoid of boll weevil (*Anthonomus grandis* Boheman): III. Isolation and identification of natural releasers of ovipositor probing. J. Chem. Ecol. 3: 151-158.
- Hunter, W.D. & W.D. Pierce. 1912. The Mexican boll weevil: a summary of the investigations of this insect up to Dec. 31, 1911. U.S. Dep. Agric. Bur. Entomol. Bull. 114.
- Jenkins, J.N., R.E. McLaughlin; W.L. Parrot & C.J.J. Wouters, 1970. Eliminating *Glugea gasti* from genetic stocks of the boll weevil. J. Econ. Entomol. 63: 1638-1639.
- Jiménez, N.C. 1981. Control cultural, químico y biológico del picudo del algodónero (*Anthonomus grandis* Boheman) en la zona algodonera del Sinú. Revista El Algodonero, febrero, p. 9-11. Colombia.
- Jiménez, J.A., E. Bustamante & G. Carrero 1982. Cria y adaptación del himenoptero *Bracon kirkipatricksi*, parásito del picudo del algodónero, en condiciones de Colombia. Instituto Colombiano de Agropecuario, Bogotá. 12 p.
- Johnson, W.L.; W.H. Cross; W.L. McGovern & H.C. Mitchell 1973. Biology of *Heterolaccus grandis* in a laboratory culture and its potential as an introduced parasite of the boll weevil in the United States. Environ. Entomol., 2: 112-118.
- Jones, D. & W.L. Sterling 1979. Manipulation of red imported fire ants in a trap crop for boll weevil suppression. Environ. Entomol., 8: 1073-1077.
- Kogan, M. 1988. Introdução ao conceito de manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas. In: Anais do I Simpósio Internacional de Manejo Integrado de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas. CATI, Campinas, SP. p. 109-120.
- Marín, C. 1981. El picudo del algodónero. Treinta años de existencia en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín Técnico No. 81. 19 p.
- Martignoni, M.E. & P.J. Iwai 1981. A catalogue of viral diseases of insects, mites and ticks. In: Burges, H.D., ed. Microbial control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. p. 897-911. Academic Press, London.
- McLaughlin, R.E. 1966a. Laboratory techniques for rearing disease-free insect colonies: Elimination of *Mattesia grandis* McLaughlin and *Nosema* sp. from colonies of boll weevils. J. Econ. Entomol., 59: 401-404.
- . 1966b. Infection of the boll weevil with *Mattesia grandis* induced by a feeding stimulant. J. Econ. Entomol., 59: 909-911.
- . 1967. Development of the bait principle for boll weevil control. II. Field-cage tests with a feeding stimulant and the protozoan *Mattesia grandis*. J. Invert. Pathol., 9: 70-77.
- . 1969. *Glugea gasti* sp. n., a microsporidian pathogen of the boll weevil, *Anthonomus grandis*. J. Protozool., 16: 84-92.
- McLaughlin, R.E., R.J. Daum & M.R. Bell, 1968. Development of the bait principle for boll weevil control. III. Field-cage tests with a feeding stimulant and the protozoans *Mattesia grandis* and a microsporidian. J. Invert. Pathol., 12: 168-174.
- McLaughlin, R.E.; T.C. Cleveland, R.J. Daum & M.R. Bell 1969. Development of the bait principle for boll weevil control. IV. Field tests with a bait containing a feeding stimulant and the sporozoans *Glugea gasti* and *Mattesia grandis*. J. Invert. Pathol., 13: 429-441.
- McLaughlin, R.E. & M.R. Bell 1970. Mass production in vivo of two protozoan pathogens, *Mattesia grandis* and *Glugea gasti*. J. Invert. Pathol., 16: 84-88.
- Meinke, L.J. & J.E. Slosser 1981. Boll weevil (*Anthonomus grandis grandis*) parasite surveys in the Rolling Plains of northern Texas, USA. J. Econ. Entomol., 74: 506-509.
- . 1982. Fall mortality of the boll weevil (*Anthonomus grandis grandis*) in fallen cotton squares with emphasis on parasite induced mortality. Environ. Entomol., 11: 318-323.
- Parencia, P.G. 1986. Controle químico do bicudo In: Barbosa, S.; Lukefahr, M.S. & Braga Sobrinho, R. ed. O Bicudo do algodoeiro. Dept. de Difusao de Tecnologia, Embrapa, Brasília, DF. p. 185-200.
- Pierozzi Jr. I. 1985. Ecologia Aplicada de *Anthonomus grandis grandis* Boh., 1843 (Coleoptera, Curculionidae), na região de Campinas, SP. Tese de Mestrado. UNICAMP, Campinas, SP. 155 p.
- Pierozzi Jr. I., M.E.M. Habib & C.F.S. Andrade 1984. Ocorrência natural de parasitismo e predação em populações do bicudo *Anthonomus grandis grandis* Boheman. 1843. In: IX Congresso Brasileiro de Entomologia, Londrina, P.R. Resumos. p. 163.
- Pierozzi Jr. I., & M.C.V. Queiroz 1985. Comportamento de reprodução em fêmeas de *Bracon* sp. (Hymenoptera, Braconidae). In: XII Congresso Brasileiro de Zoologia, Campinas, SP. Resumos. p. 134.
- Pierozzi Jr. I. M.E.M. Habib & C.F.S. Andrade 1985. Primeiro registro de ocorrência no Brasil de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera, Pteromalidae), parasito de *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera, Curculionidae). In: XII Congresso Brasileiro de Zoologia, Campinas, SP. Resumos. p. 135.
- Pierozzi, Jr. I. & M.E.M. Habib 1986a. Estudos preliminares de criação em grande escala de *Bracon* sp. (Hymenoptera, Braconidae), parasito de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera, Curculionidae). In: X Congresso Brasileiro de Entomologia, Rio de Janeiro, RJ. Resumos. p. 223.
- . 1986b. Primeiro registro de parasitismo em adultos de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera, Curculionidae) por

- Hyalomyodes brasiliensis* Tow. (Diptera, Tachinidae). In: X Congresso Brasileiro de Entomologia, Rio de Janeiro, RJ. Resumos. p. 241.
- Poinar Jr., G.O. & G.M. Thomas 1978. Diagnostic manual for the identification of insect pathogens. Plenum Press, New York. 218 p.
- Quant, G.L. 1978. Investigación práctica en el manejo del picudo del algodonero, *Anthonomus grandis* Boheman, en Nicaragua XII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. p. 1-14.
- . 1980. Algunos aspectos claves en el manejo integrado del picudo del algodonero, *Anthonomus grandis* Boheman. Separata Memorias del VII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología - "SOCOLEN". Bucaramanga, Colombia. 6-8 de agosto. 26 p.
- Reynolds, H.T.; P.L. Adkisson, R.F. Smith & R.F. Friesbie 1982. Cotton insect pest management. In: Metcalf, R.L. & Luckmann, W.H., ed. Introduction to insect pest management. 2 ed. John Wiley & Sons, Inc. New York and London. p. 375-441.
- Roach, S.H. & J.E. Leggett 1979. Boll Weevil parasites: emergence from squares in the Florence, SC area. J. Econ. Entomol., 72: 162-164.
- Roberts, D.W. 1981. Toxins of Entomopathogenic Fungi. In: Burgess H.D., ed. Microbial control of Pests and Plant Diseases 1970-1980. p. 441-464. Academic Press, London.
- Rummel, D.R. & G.L. Curry 1986. Dinâmica populacional e níveis da dano econômico. In: Barbosa, S.; Lukefahr, M.S. & Braga Sobrinho, R. ed. O Bicudo do Algodoeiro. Departamento de Difusao de Tecnologia, Embrapa, Brasília, D.F. p. 201-220.
- Santis, L. 1980. Catálogo de los himenopteros brasileños de la Serie Parasitica incluyendo Bethyloidea. Editora da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 395 p.
- Slatten, B.H. & A.D. Larson 1967. Mechanism of pathogenicity of *Serratia marcescens*. I. Virulence for the adult boll weevil. J. Invert. Pathol., 9: 78-81.
- Steinhaus, E.A. 1963. Insect pathology - an advanced treatise. Academic Press, New York. Vol. 1, 661 p.; Vol. 2, 689 p.
- Sterling, W.L. 1978. Fortuitous biological suppression of the boll weevil by red imported fire ant. Environ. Entomol., 7: 564-568.
- Sterling, W.L.; D.A. Dean; D.A. Fillman & D. Jones, 1984. Naturally occurring biological control of the boll weevil. Entomophaga, 29: 1-9.
- Sturm, M.M. & W. Sterling 1986. Boll weevil mortality factors within flower buds of cotton. Bull. Entomol. Soc. Am., 32: 239-247.
- Vavra, J. & R.E. McLaughlin 1970. The fine structure of some developmental stages of *Mattesia grandis* McLaughlin, a parasite of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman J. Protozool, 17: 483-496.
- Walker Jr., J.K. 1986. Controle cultural do bicudo. In: Barbosa, S.; Lukefahr, M.S. & Braga Sobrinho, R. ed. O Bicudo do Algodoeiro. Departamento de Difusão de Tecnologia, Embrapa, Brasília, D.F. p. 159-184.
- Wharton, R.H. 1983. New species of Illidops and Bracon (Hymenoptera, Braconidae) of potencial use in biological control. Can. Entomol., 115: 667-672.
- Whitcomb, W.H. & K. Bell 1964. Predaceous insects, spiders and mites of Arkansas cotton fields. Arkansas Agr. Exp. Sta. Bull. 690.

NOTAS

EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL Y SU POSIBLE IMPACTO EN LAS INDUSTRIAS PETROLERA Y CARBONERA*

por

Hernando Dueñas J.

La quema de combustibles fósiles (petróleo, Carbón) junto con la deforestación, es sindicada de ser la fuente principal de Gases de Invernadero, los cuales han logrado cambiar la composición química de la atmósfera y podrían llegar a producir, de seguir acumulándose al ritmo actual, un Cambio Climático Global de consecuencias impredecibles.

Como respuesta preventiva, se ha propuesto adoptar a nivel mundial medidas que involucran; — La reducción del consumo de combustibles fósiles. — El incremento en la eficiencia con que se utilizan estos combustibles. — La utilización de Gas Natural como sustituto energético del Petróleo y del Carbón. — El incremento del uso de energías “más limpias” como la atómica y la solar.

Aunque la teoría del Cambio Climático Global, no es aceptada por una parte de la Comunidad Científica Internacional, ha logrado inquietar a los estamentos políticos y se ha convertido en un nuevo ingrediente que debe ser tenido en cuenta en los futuros planes Petroleros y Carboneros.

Introducción

La Tierra es un planeta dinámico, es un ente en permanente movimiento, en constante evolución y los seres que en ella habitan, deben adaptarse a estos continuos cambios. Los que no se adaptan, perecen. Esta ha sido una invariable ley de causa y efecto intrínseca a la historia del Planeta.

El clima, que es la respuesta del sistema terrestre (Tierra, Mar Atmósfera) a la radiación solar, ha sido uno de los factores que más ha influido sobre la evolución de las especies. Variaciones climáticas se han presentado desde la formación misma del Planeta. Evidencias de glaciaciones por ejemplo, han sido reconocidas desde el Precámbrico (2.300 millones de años).

Las variaciones climáticas más conocidas, por haber sido las mejor estudiadas y de las cuales se tienen registros completos, son aquellas que se presentaron en los últimos millones de años (Cuaternario). El registro más completo sobre los cambios climáticos Cuaternarios se encuentra en la Sabana de Bogotá, en donde con base en

estudios paleontológicos de las arcillas lacustres que forman el relleno de esta cuenca y a estudios radiométricos de las capas de cenizas volcánicas que se encuentran intercaladas entre estas arcillas, se ha podido determinar en forma continua las variaciones climáticas (Glaciales, Interglaciales) ocurridas en los últimos 3 millones de años.

Las causas de las variaciones climáticas Cuaternarias son motivo de investigación y de controversia. Para tratar de explicar este fenómeno se han formulado teorías que involucran aspectos cósmicos, galácticos, solares, planetarios, atmosféricos, hidrosféricos y litosféricos. Hoy en día los científicos trabajan en una teoría que tenga en cuenta todos estos aspectos. Sin embargo, debido al aspecto cíclico de estas variaciones climáticas, la mayoría de los científicos se inclinan hoy en día por la teoría astronómica propuesta por el astrónomo yugoslavo Milutin Milankovitch en 1920 y cuyas bases son los cambios en la inclinación del eje de rotación de la Tierra y los cambios en la excentricidad de la órbita terrestre.

En lo que todos los científicos están de acuerdo, es en que no hay evidencia alguna que permita sugerir que estas variaciones climáticas que empezaron hace millones de años hayan finalizado. El último cambio climático ocurrió hace aproximadamente 10.000 años, cuando después de un muy prolongado período glacial, un aumento en la temperatura global produce el retroceso de los casquetes de hielo, permitiendo al género humano su mayor expansión (período interglacial holocénico). Durante los últimos 10.000 años, la temperatura no ha sido constante.

En los últimos 1.000 años, de los cuales se tienen registros históricos e instrumentales, se han presentado períodos muy cálidos (1.000 a 1.200 años, período Medieval cálido) y períodos muy fríos (1.600 a 1.800 años. Pequeña edad de Hielo). A partir del año 1.850, la temperatura global ha estado en constante aumento. Es importante resaltar el hecho, de que las variaciones climáticas globales que dieron origen a los apelativos de “Período Cálido Medieval” y “Pequeña Edad de Hielo”, no sobrepasaron un grado centígrado. Esto nos está indicando que el clima reacciona al menor desequilibrio de cualquiera de las variables que en él intervienen.

La radiación solar llega a la Tierra calentándola e iluminándola. Mucha de la radiación solar es reflejada por la atmósfera, pero parte de ella es absorbida por la misma atmósfera, por la hidrosfera, por la litósfera y por la biósfera. Todos estos cuerpos al calentarse emiten energía en forma de radiación infrarroja o calor. Esta radia-

* Ponencia presentada en el Simposio del Pacífico para recursos energéticos, marinos y minerales realizado en Quito — Ecuador, en febrero de 1992.

ción infrarroja se libera al espacio en cantidades significativas y la parte que no es liberada, es reciclada en otros procesos pero siempre manteniéndose un equilibrio entre la radiación recibida, la reciclada y la devuelta al espacio. Para que la Tierra mantenga constante su temperatura media, las emisiones infrarrojas (calor) deben compensar la radiación solar recibida.

En 1896, el químico sueco Svante Arrhenius, reconoció que el dióxido de carbono en la atmósfera producía un efecto similar al que produce el vidrio de un invernadero, el cual permite libremente el paso de la radiación solar, pero evita que el calor (radiación infrarroja) escape, impidiendo al mismo tiempo, que el aire calentado en este sistema pueda mezclarse con el aire del exterior. Los llamados gases de invernadero (heat-trapping gases) tales como el CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC-11, el CFC-12 y el vapor de agua entre otros, permiten el libre paso de las radiaciones solares hacia la superficie terrestre, pero retienen parte de la radiación infrarroja emitida por ella, produciendo un aumento en la temperatura de las capas de aire cercanas a la superficie (tropósfera) y un enfriamiento en las capas altas (estratósfera). Este comportamiento es conocido como Efecto Invernadero.

Con un modelo matemático simple, Arrhenius estimó que si se duplicaba la concentración atmosférica de dióxido de carbono, la superficie del planeta podría llegar a incrementar su temperatura media en cinco grados centígrados. La idea de Arrhenius, menospreciada a finales del siglo pasado, ha sido reconsiderada en los foros científicos desde 1960 y ha sido confirmada por los modernos Modelos Climáticos de Circulación General. En 1939 G.S. Callender al analizar el calentamiento progresivo de la Tierra entre 1880 y 1939 consideró que era debido al incremento del CO_2 en la atmósfera producido por la quema de combustibles fósiles (carbón) y material vegetal.

La idea de considerar a la quema de combustible fósiles como principal causante de un calentamiento global, fue retomada por G.N. Plassen en 1952 y desde esta época, abiertamente se vincula a las Industrias Petrolera y Carbonera de ser las causantes del desequilibrio que han sufrido la atmósfera y el clima.

Desde comienzos de siglo, se ha observado un aumento en la temperatura global de 0.5°C . Siete de los años más cálidos del siglo se registraron en la década de los ochenta. En orden descendente de temperatura estos años fueron: 1989, 1988, 1987, 1983, 1981, 1980 y 1986. Durante 1989, se registró en Estocolmo el invierno más cálido de los últimos 230 años y en Francia el mes de mayo fue el más cálido del que se tenga noticia. En los últimos veinte años se ha registrado un aumento en la temperatura promedio en los lagos canadienses así como una disminución en la extensión máxima de los casquetes polares y un retroceso de los glaciales. Todos estos hechos son evidencias de un calentamiento global progresivo.

Con anterioridad a la denominada Revolución Industrial (año 1800) los cambios climáticos tuvieron causas naturales. Posterior a ella, algunos de estos cambios pueden ser atribuibles a la acción del hombre (fenómenos antropogénicos). La posibilidad de que las actividades humanas de quema de combustibles fósiles, junto a la deforestación en gran escala, incrementen el contenido de CO_2 atmosférico hasta niveles que afecten seriamente el clima global, mantiene en alerta a la comunidad científica internacional.

Es por lo tanto necesario cuantificar el efecto antropogénico sobre el clima y para ello es importante conocer en detalles las variables que influyen sobre el clima global actual, así como las variaciones que experimentó el clima durante el pasado geológico y el pasado histórico para poder deducir tendencias futuras de corto, mediano y largo plazo. Si el presente es la llave del pasado (ley del Uniformitalismo), el pasado debe ser considerado como la clave del futuro. Si nos enfrentamos a un nuevo cambio climático global de origen natural no nos queda otro recurso más que utilizar de nuevo nuestra capacidad adaptativa. Si el cambio es de origen antropogénico, hay que buscar rápidamente un consenso sobre las medidas que deben ser adoptadas por atajar, atenuar o desviar la contaminación y a sus efectos.

Parte de la controversia sobre el calentamiento global se centra en los potenciales efectos compensatorios que puedan proporcio-

nar las nubes, los vientos y el océano. Pero aún si el incremento de la nubosidad pudiera contrarrestar en parte el calentamiento global al aumentar la cantidad de radiación solar reflejada, este incremento influiría en forma impredecible en los otros elementos climáticos (precipitación, corrientes de aire, etc.). Cualquiera que sea el desenlace de esta controversia, el planeta evoluciona hacia un nuevo régimen climático determinado en parte por la actividad humana. Este cambio esta en marcha y no existe hoy en día una tecnología para revertirlo.

El CO_2 es producido por la quema de combustibles fósiles así como por la descomposición y quema de material vegetal. La mayor parte del CO_2 es reciclado por la acción fotosintética de los vegetales. En la terminología actual se designa a los bosques como sumideros de CO_2 y a las zonas agrícolas e industriales como manaderos. Experimentos en invernaderos, han probado que en una atmósfera saturada de CO_2 la acción fotosintética de las plantas se incrementa. Sin embargo, sería muy atrevido pensar que los bosques reaccionen de igual manera que las plantas experimentales. Hasta el momento no conocemos si existe un punto en el cual la capacidad fotosintética de las plantas se sature y también desconocemos si por "stress" las plantas presentan un punto de quiebre en su capacidad de absorción de CO_2 . En lo que toda la comunidad científica está de acuerdo, es en que el manejo adecuado de los bosques y la reforestación masiva, son factores que pueden reducir la contaminación atmosférica.

Aportes importante de CO_2 también pueden provenir de los océanos, de los cuales aún desconocemos la manera como interaccionan con la atmósfera. Los océanos contienen unas sesenta veces más de CO_2 que la atmósfera.

Se ha planteado la posibilidad de que los océanos absorban parte del CO_2 atmosférico convirtiéndolo en carbonatos y bicarbonatos. Esta teoría, aunque atractiva, no ha podido ser confirmada y hasta el momento no se ha reportado un incremento en la precipitación de carbonatos.

En 1896 la concentración atmosférica de dióxido de carbono era de 280 ppm. Con la tendencia actual de acumulación de dióxido de carbono, el punto de duplicación ($2 \times \text{CO}_2$) podría ser alcanzado hacia el año 2050. En la actualidad la concentración de este gas es de 354 ppm (ver Tabla 1).

Las gráficas de Temperatura y de Concentración de CO_2 presentan una excelente correlación a través del tiempo geológico lo cual permite plantear una relación directa entre estos dos valores. Al mismo tiempo, que permite plantear un gran interrogante: ¿Es la temperatura la que controla la producción y acumulación de CO_2 ? ¿o es el CO_2 quien controla la temperatura?

En los últimos 100 años la curva de acumulación del CO_2 presenta una tendencia ascendente mientras que la temperatura, aunque en forma general ha aumentado 0.5 grados centígrados, lo ha hecho en forma fluctuante. De 1890 a 1920 el aumento de la temperatura fue pequeño. De 1920 a 1940 el calentamiento fue acelerado. De 1940 a 1970 la tendencia ascendente de la temperatura se pierde y hasta se invierte. De 1970 al presente el aumento de temperatura es considerable considerándose la década de los 80 como la más cálida del siglo. ¿Por qué, en un período de constante incremento de CO_2 (1940-1970) se presenta un enfriamiento del planeta?

El vapor de agua, es un eficaz absorbente de radiación infrarroja al mismo tiempo que se convierte en un factor de retro-alimentación del sistema invernadero. El aumento de temperatura media global produce un calentamiento del aire y una mayor evaporación. El aire caliente puede contener mayor cantidad de vapor de agua el cual, al absorber radiación infrarroja proveniente de la Tierra, eleva la temperatura media del sistema.

El Metano (CH_4) se produce por la quema de combustibles fósiles así como por la descomposición de la materia orgánica en pantanos, zonas agrícolas y zonas ganaderas. Comparado con el CO_2 , el CH_4 retiene por molécula, treinta y dos veces más de radiación infrarroja. Los suelos húmedos, en donde el Metano se produce por la degradación anaeróbica, representa la principal fuente global de este gas. Desde el comienzo de la era industrial, la presen-

cia de este gas en la atmósfera se ha venido incrementando notoriamente (ver tabla 1).

Los Clorofluorocarbonos, son gases eminentemente industriales utilizados en los aerosoles y en los refrigerantes principalmente. Estos gases, fuera de tener un potencial de absorción varias veces mayor de calor que el Metano, actúan directamente sobre la capa de ozono destruyéndola.

El N_2O es un gas que llega a las capas atmosféricas principalmente como subproductos de la descomposición de fertilizantes minerales.

El efecto más directo que producirá el atrapamiento del calor que irradia la tierra, es un calentamiento global. El incremento en la temperatura dependerá en alto grado del incremento en la producción de los gases de invernadero. Aún si pudiéramos eliminar por completo la emisión de estos gases, la concentración existente de ellos en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura global.

Los modelos matemáticos predicen un incremento en la temperatura entre 0.3 y $0.5^\circ C$ por década, si se continua incrementando los gases de invernadero a la rata actual. Esto implica que para el año 2.050 el incremento de temperatura podría estar entre 1.5 y $2.5^\circ C$. Este valor excede, las más altas temperaturas globales registradas en los últimos 10.000 años.

La mayor parte de la emisión de gases de invernadero ha provenido y proviene de las Naciones Industrializadas. Sin embargo, es probable que los efectos más catastróficos de este calentamiento global se presenten en Naciones en desarrollo. Todas las Naciones necesitan de un crecimiento económico, pero este crecimiento debe darse sobre una base ecológica sólida.

Los modelos matemáticos también predicen aumentos de temperatura moderados en las regiones tropicales mientras que en las regiones polares el aumento en la temperatura sería por lo menos el doble de la que se presente en el trópico.

Un incremento en la temperatura de 1.5 a $2.5^\circ C$ podría producir una elevación en el nivel de los mares entre 0.5 y 2.5 metros como consecuencia directa del deshielo de los casquetes polares y de los glaciales, afectando en una forma catastrófica las costas y los deltas, regiones estas en donde se encuentran localizadas las dos terceras partes de los asentamientos humanos.

Un aumento de la temperatura global producirá cambios hasta el momento impredecibles en las precipitaciones, los vientos, las corrientes marinas, la evaporación, la humedad relativa, la nubosidad, el nivel de los mares, la erosión de los ríos y de los mares y el deshielo de los nevados entre muchos otros. Cualquiera de estos cambios, repercutirá en nuestra agricultura, ganadería, piscicultura, etc. En pocas palabras, repercutirán en la producción y distribución de alimentos así como en la relación entre las diferentes Naciones.

La preocupación de la Comunidad Internacional ante la posibilidad de un nuevo cambio climático global se refleja en el gran número de documentos publicados que son el resultado de numerosas reuniones de trabajo regionales y locales. Todas estas reuniones "ambientales" de una u otra manera están relacionadas con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que se celebrará en Río de Janeiro en junio de 1992 (Eco-Brasil 92).

Sólo esperamos que toda esta preocupación sea canalizada para fortificar la Cooperación Internacional que permita a todos los países alcanzar lo que se ha dado en llamar el desarrollo sustentable, el cual ha sido definido como "El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad que las generaciones futuras puedan también satisfacer sus necesidades". Este aspecto es de capital importancia en la Industria Petrolera puesto que todos los que participamos de ella, somos conscientes de que lo que hoy utilizamos como combustible, las generaciones futuras podrían llegar a necesitarlo como alimento.

Las declaraciones Internacionales de alto nivel en los últimos tres años, contienen referencias explícitas al deterioro ambiental haciendo énfasis en el carácter universal de sus consecuencias. Por primera vez la humanidad reconoce sin distinciones de razas, políticas, religiones o grado de desarrollo, que tiene un punto en común, su gran vulnerabilidad ante el deterioro ambiental.

Desde 1987 el IGBP (International Geosphere Biosphere Programme) auspiciado por la ICSU (International Council of Scientific Unions) en sus publicaciones y reportes internos, ha manifestado que el Efecto de Invernadero es producto directo de la quema de combustibles fósiles: "La quema de combustible fósiles libera dióxido de carbono a la atmósfera. Este dióxido de carbono se acumula y forma capas de gases que atrapan calor cerca a la superficie, calentando el planeta y en últimas cambiando el clima terrestre. Este es el Efecto de Invernadero".

La relación Quema de Combustible Fósiles - Efecto de Invernadero fue ampliamente discutida en las Reuniones Internacionales sobre Cambio Climático llevadas a cabo en Villach, Austria (1985, 1987); Bellagio, Italia (1987) y Toronto, Canadá (1988).

En la reunión llevada a cabo en New Delhi, en abril de 1989 se menciona:

"Teniendo en cuenta que el Cambio Climático es ciertamente un problema Global, requiere de soluciones Globales. El incremento de la polución atmosférica es causado por una gran variedad de actividades humanas entre las cuales se incluyen:

- 1) Quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón).
- 2) Otras actividades industriales.
- 3) Deforestación.

G A S	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CALOR (INFRARROJO) COMPARADA CON EL CO_2	CONTRIBUCION AL EFECTO INVERNADERO % 1990	CONCENTRACION ANTERIOR AL PERIODO INDUSTRIAL	CONCENTRACION ACTUAL
CO_2	1	55	280	354
CH_4	32	15	0.8	1.7
N_2O	160	4	288	310
CFC_{11}	14.000	7	0	280
CFC_{12}	17.000	12	0	484
Otros CFC	----	2	0	---
O_3 Troposféro	----	2	---	---
Otros Gases	----	3	---	---

Es necesario por lo tanto:

- Incrementar drásticamente la eficiencia con que los combustibles fósiles son usados. La tecnología necesaria esta disponible hoy en día.
- Introducir energías no relacionadas con combustibles fósiles. Los candidatos disponibles son la energía Nuclear y Energías Renovables (solar).
- Como combustible fósil transicional es preferible el uso de Gas Natural sobre el uso de Petróleo y Carbón”.

Una de las principales conclusiones de la declaración de Nairobi, Kenya (mayo 1990) fue:

“Esta Conferencia ha considerado las potenciales consecuencias del continuo incremento de los gases de Invernadero como muy serias. Por lo tanto, la comunidad Mundial debe estar preparada a finales de siglo para reducir las emisiones del equivalente global de dióxido de carbono entre un 60 y 80% por debajo de los niveles de 1990”.

En la reunión de Sao Paulo, Brasil (1990), se solicitó:

- “ - Reducción inmediata del uso de combustibles fósiles por medio de aumento de la eficiencia de su uso y la utilización de energías alternativas.
- Reducción para el año 2000 de por lo menos un 60 a 80% de las emisiones de dióxido de carbono tomando como base los niveles de 1990 como única alternativa para estabilizar la atmósfera.
- Parar en forma inmediata la deforestación de Bosques”.

En la reunión de Bangkok, Thailandia (junio 1991) se menciona:

- “ - Teniendo en cuenta que el sector energético es el mayor productor de gases de invernadero, los planes de desarrollo económico deben enfatizar la eficiencia en la producción y el uso de la energía como parte integral de una estrategia energética general.
- Adicionalmente, todas las naciones deberían utilizar las tecnologías de energías renovables a medida que estén comercialmente disponibles.

- La causa principal del Efecto Invernadero es el patrón de consumo energético de los países Industrializados. Cualquier solución por lo tanto, debe tener en cuenta la reducción de sus consumos energéticos. Hasta que nuevas tecnologías sean desarrolladas, todos los esfuerzos deben enfocarse hacia la conservación energética y reducción de la demanda”.

El documento Sustainable Development A guide to Our Common Future de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1990) refiriéndose al uso de combustibles fósiles menciona “En términos de riesgos de polución, el Gas Natural es por muy lejos el combustible más limpio, el petróleo está en segundo lugar y el carbón esta en última posición”.

El Eco-Brasil 92, el tema de la quema de combustibles fósiles será analizado por las Naciones Unidas, así como las propuestas sobre reducción del uso de combustibles fósiles a nivel mundial. Una Declaración de las Naciones Unidas sobre reducción del consumo de combustibles fósiles podría afectar los precios de Petróleo y Carbón al afectar la demanda.

La información disponible hasta el momento, es suficiente para empezar a tomar medidas preventivas. En aspectos ecológicos, nunca es demasiado pronto para actuar, puesto que un medio ambiente intervenido nunca recupera sus características originales por más esfuerzos que se hagan. Las medidas que se adopten, deben ser analizadas y evaluadas en forma prudente por cada nación para no cometer un error histórico ya bien sea por exageración o por omisión.

El Manejo adecuado de los bosques, la reforestación, el incremento en la eficiencia del uso de los combustibles fósiles, el estudio detallado de los fenómenos climáticos y el monitoreo permanente del clima entre otras, son medidas beneficiosas y que pueden ser adoptadas aún si el Efecto de Invernadero no se presenta.

Independiente de si la teoría del Cambio Climático Global sea cierta o no, de si estamos o no viviendo los efectos de Invernadero, lo real es que todos los aspectos ecológicos que se mezclan en esta teoría se han convertido en un nuevo elemento que debe ser analizado y tenido en cuenta en los futuros planes petroleros y carboneros.

THE PALEO ENSO RECORD IN THE LOWER MAGDALENA BASIN, COLOMBIA

by:

Hernando Dueñas J.*

The Lower Magdalena Flooding Basin is a vast low-plain area located in the Caribbean region of Colombia with an average altitude of 20 meters above sea-level, this being where the two most important Colombian rivers, the Cauca and the Magdalena rivers join. The, apparently cyclic, flooding periods of this basin are caused more by the increasing rains in the mountain areas of the Western, Central and Eastern mountain ranges, which are drained by the Cauca

and Magdalena rivers, than by those taking place within the Flooding Basin, as such. Due to its extension it is considered as one of the large fluvial flooding areas in the world, and has come to be known as the "Interior Magdalena Delta" (Fig. 1).

This Flooding Basin has displayed constant subsidence phenomena over the last 10,000 years, and it is due to this that it accumulated a thick sequence of Quaternary sediments. The calculated subsidence for this region varies between 2.92 mm./year and 6.13 mm./year (HIMAT, 1977).

* Colombian Academy of Science

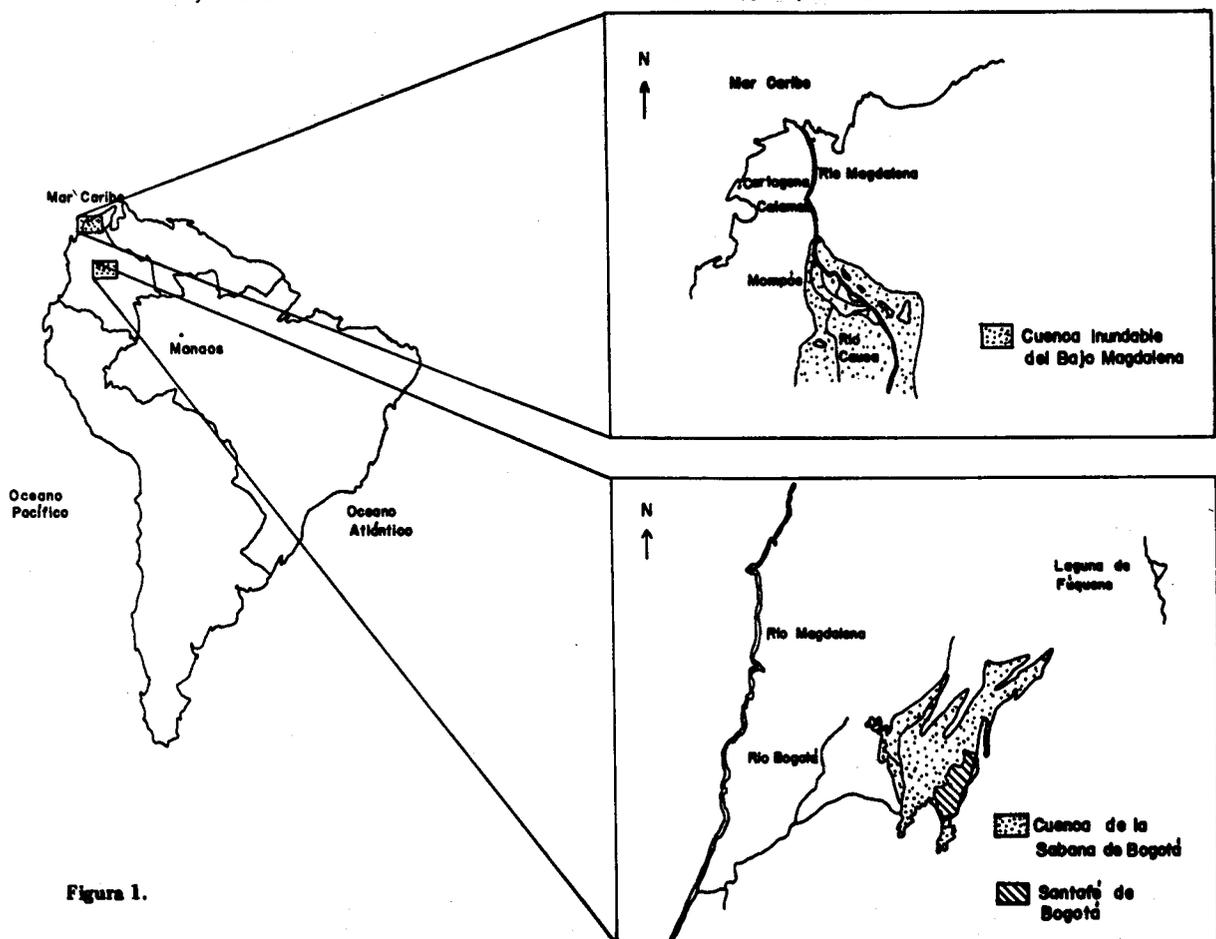


Figura 1.

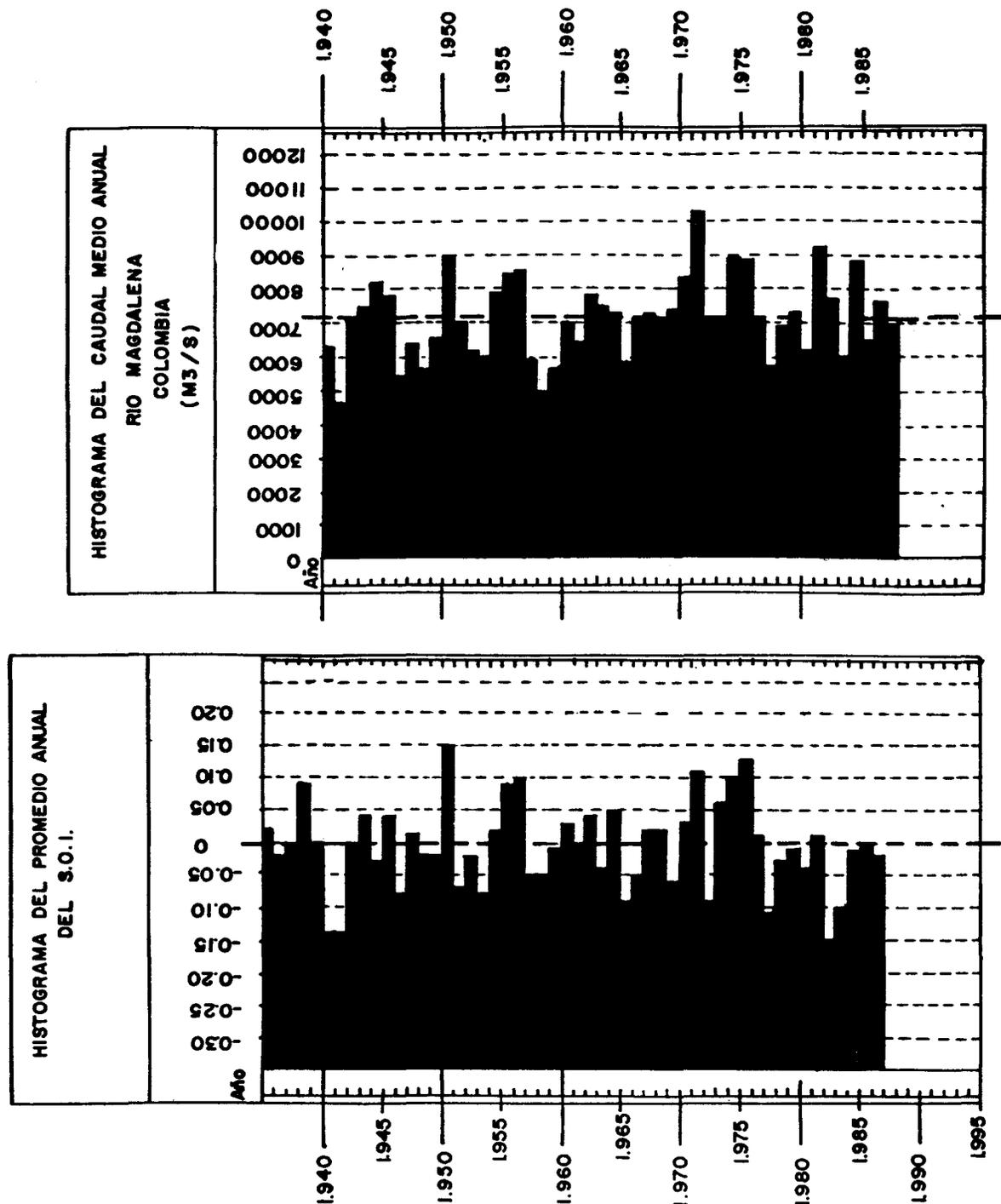


Figura 2.

The HIMAT meteorological station in the town of Calamar (Department of Bolívar) is the one that best registers the periods of maximum and minimum water volumes for the Magdalena River, which are coincidental with the flooding and dry period of the Flooding Basin. The monthly hydrological data for the Magdalena River has been continually registered as of 1940 (HIMAT, 1991).

When comparing the (monthly and anual) records for the Magdalena River of the Calamar station with the (monthly and anual) records of the Southern Oscillation Index (C.A.C.) published by the World Climate Programme, a good correlation can be observed between the low-volume periods for the Magdalena River (dry periods for the Flooding Basin) and the lower-value periods for the Southern Oscillation Index; which also correspond to the presence of the "el Niño" phenomenon. (Fig. 2).

The relationship between dry periods and the presence of the "El Niño" phenomenon has also been established for Indonesia, Australia, and the Peruvian Highlands.

Eight stratigraphic wells were drilled in the Lower Magdalena Flooding Basin during 1970 and 1971; the deepest of these reaching 51.40 m (Sucre). Within the sequence of continental lagunar clays making up the upper part of the sedimentary infill, it is possible to identify different peat layers which are a clear indication of the fact that the lake partially dried up and turned into swamps.

The Law of Uniformitarianism (valid for the Holocene) allows us to suggest that a relationship exist between these peat layers and the Paleo-ENSO phenomena. Carbon 14 datings have enabled us to register dry periods in the Flooding Basin toward

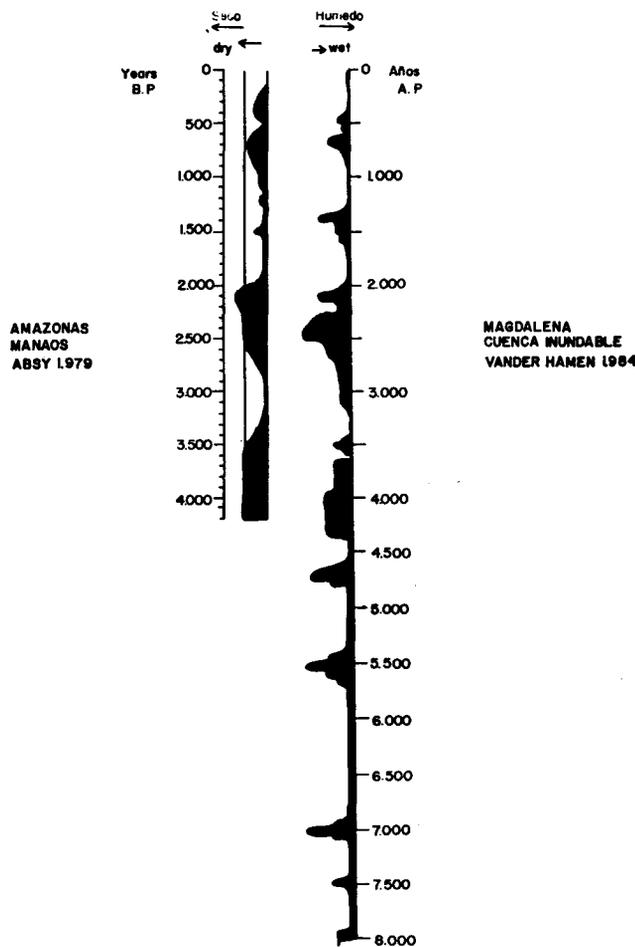


Figura 3. Bajos y altos niveles de inundación de los ríos Amazonas y Magdalena.

7,000 B.P., 5,500 B.P., 4,700 B.P., 4,000 B.P., 2,500 B.P., 2,300 B.P., 1,400 B.P., and 700 B.P.; and it is precisely for these dates that we propose the presence of the Paleo-ENSO phenomena.

Taking into account the extension of the peat-layers in the Flooding Basin Van der Hammen (1986) set up the water level curve for the last 8,000 years. By comparing this curve with the one presented by Absy (1979) for the water-levels of the Amazon River, in Manaus (Brazil), it is observed that the periods with high and low floodinglevels of both the Amazon and the Magdalena Rivers do correlate to one another, thus, extending the coverage of the Paleo-dry periods, or the Paleo-ENSO phenomenon through out the northern part of the South American Continent. (Fig. 3).

The presence of these "Paleo-ENSO" could have brought about cyclic droughts or dry periods during the Pleistocene which could have favored the savannization of the Amazonia along with

the development of forest refugia which, thereby favored the diversification and specialization of tribes fauna and flora (Haffer 1969, Vanzolini & Williams 1970, Brown 1977, Brown & Sheppard 1974, Mullar 1972, 1973, Meggers 1977, Prance 1977, among others). According to Kromberg (1990) these dry periods could go as far back as + /- 50,000 years.

References

Absy, M.L. 1979. A Palynological study of Holocene sediments in the Amazonas basin. Tesis U. of Amsterdam: 103 pp. Amsterdam.

Brown Jr., K.S. 1977. Centros de evolucao, refugios Cuaternarios e conservacao de patrimonios geneticos na regio neotropical: padroes de diferenciacao em Ithoniinae (Lepidoptera: Nymphalidae). Acta Amazonica, 7 (1): 75-137.

Brown Jr. K.S., Sheppard, P.M. & Turner, J.R.G., 1974. Quaternary refugia in Tropical America: Evidence form Race Formation in Heliconius Butterflies. Proc. Royal Soc. London. 187: 369-378.

Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonas forest birds. Science, 165: 131-137.

Himat, 1977. Proyecto Cuenca Magdalena-Cauca. Proyecto Colombo Holandes V.1. Bogotá.

----- . 1991. Registro Anual de Caudales del Río Magdalena. Estación Calamar. Bogotá.

Meggers, B.J., 1977. Vegetational fluctuations and Prehistoric cultural adaptation in Amazonia: Some tentative correlations. World Archaeology, 8 (3): 287-302.

Muller, P. 1972. Centres of dispersal and evolution in the Neotropical region. Studies on the Neotropical Fauna, 7: 173-185.

----- . 1973. Dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical Realm. A study in the evolution of the Neotropical Biota and its native landscapes. The Hague, Junk, Biogeographica Vol. 2: 244 pp.

Prance, G.T. 1973. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refugia in the Amazon basin, based on evidences from distribution patterns in Caryocaraceae, Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae, and Lecythydaceae. Acta Amazonica, 3 (3): 5-26.

Van der Hammen, T. 1986. Fluctuaciones Holocénicas del nivel de inundación en la Cuenca del Bajo Magdalena-Cauca-SanJorge (Colombia). Geología Norandina, No. 10.

Vanzolini, H.P., & Williams, E.E., 1970. South America Andes: the Geographic differentiation and evolution of the Anolis chrysolepis species group (Sauria Iguanidae). Arg. Zool. S. Paulo, 19: 1-240.

HERBICIDAS Y MEDIO AMBIENTE

por

Lorenzo Panizzo Durán*

*"Todas las cosas por un poder inmortal,
Cercano o lejano,
Ocultamente
Una a la otra tan unida están,
Que es imposible tocar una flor
Sin que se estremezca una estrella"*

Francis Thompson, Poeta inglés.

Plaguicidas

El aumento creciente de la población humana es inherente al requerimiento de alimentos, con ello van creciendo las exigencias hacia una agricultura cada vez más productiva. Por otra parte, el hombre al introducir la agricultura modificó los procesos ecológicos; esta desestabilización indujo la pérdida de multiformidad que alteró los principios de control y compensación que producen el equilibrio autosostenido. En otras palabras, muchas poblaciones de organismos que en su ambiente original estaban controladas por la presencia de competidores o depredadores, en el medio transformado por el hombre, crecen incontroladamente.

Con el objeto de restablecer el equilibrio ecológico y combatir los animales y plantas perjudiciales hasta restringir su tamaño, se ideó el control químico que se inició formalmente en la década de los cuarenta con el desarrollo y uso generalizado de insecticidas organoclorados y de herbicidas a base de ácido fenilacético.

Aunque han resultado efectivos en el control de plagas no ofrecen una solución permanente a los numerosos problemas que originan las plagas que aquejan la humanidad.

En el momento actual y a nivel mundial se emplean más de medio centenar de plaguicidas orgánicos en 15.000 fórmulas distintas. Un número tan elevado de compuestos se debe clasificar según su objetivo o su composición química. Sin embargo, antes de clasificarlos conviene establecer una definición que se aproxime a sus objetivos:

Los plaguicidas pueden ser definidos como productos químicos empleados por el hombre para eliminar o inhibir formas de vida que él considera perjudiciales desde el punto de vista de su bienestar.

Según el objetivo a que están destinados, los plaguicidas pueden clasificarse de la forma siguiente:

1. Insecticidas. Como indica su nombre estos productos químicos están destinados a la destrucción de insectos.
2. Fungicidas. Son tóxicos para hongos y ayudan a prevenir las enfermedades de las plantas.
3. Herbicidas. Eliminan las malas hierbas u otras plantas indeseables.

Otros plaguicidas específicos. Incluyen los rodenticidas: efectivos contra ratas, ratones, etc.; moluscicidas: contra caracoles, y nematocidas: para el control de gusanos microscópicos.

Clasificación de Plaguicidas

Los plaguicidas se pueden agrupar en diferentes categorías si se consideran la composición química y la estructura:

1. Hidrocarburos clorados
2. Clorofenoxiácidos
3. Organofosforados
4. Carbamatos
5. Misceláneos

Más recientemente la Organización Mundial de la Salud ha desarrollado una nueva clasificación orientada a ordenarlos según el grado de peligrosidad para el ser humano, refiriéndose a las dosis letales medias de cada plaguicida (DL50). LA DL50 corresponde a aquella dosis o cantidad de sustancia administrada por unidad de peso corporal a la que muere el 50% de los animales expuestos. Se trata de una prueba de toxicidad aguda que corresponde a estudios toxicológicos que se efectúan para determinar la cantidad de sustancia que pueda ser peligrosa o directamente mortal cuando se la admi-

* Profesor de Facultad de Ciencias. Adscrito al Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia.

nistra en una o varias veces en 24 horas más o menos. Se utilizan ratas, ratones y cobayos. Las DL50 varían según la forma de presentación del tóxico (sólido, líquido, etc.) y según las vías de ingreso (dérmica, oral, etc.).

Esta clasificación considera cuatro categorías como se muestra a continuación, según la toxicidad del plaguicida expresada en DL50 para rata (mg/Kg):

1. Clase IA
Extremadamente peligrosos (DL50: = 40)
Ej.: Dieldrín, Paratión, Cloruro de Mercurio

2. Clase IB
Altamente peligrosos (DL50: 5-400)
Ej.: Aldrín y Diclorvás

3. Clase II
Moderadamente peligrosos (DL50: 50-2000);
Ej.: Clordano

4. Clase III
Discretamente peligrosas (DL50: 500-4000)
Eje.: Malatión

Se han ilustrado estas categorías con ejemplos; sin embargo, en la medida en que se reúnan pruebas, un plaguicida puede cambiar de categoría según sea el caso.

La agricultura es el principal usuario de los plaguicidas. Se ha informado que la reducción en la producción de alimentos a partir de cultivos en los Estados Unidos es del orden del 30%, debido a enfermedades de las plantas, insectos y principalmente a las malas hierbas.

El uso de los insecticidas ha causado preocupación debido a que compuestos como el DDT son altamente persistentes y se concentran en los tejidos grasos de los animales. Se define la persistencia de un plaguicida como el tiempo necesario para que pierda al menos 95% de su actividad, bajo condiciones ambientales y tasas de aplicación normales. La pérdida de actividad es completa cuando el plaguicida se ha descompuesto (degradado) o bien se ha inactivado merced a procesos químicos o biológicos. Los productos químicos no persistentes permanecen en el ambiente de una a tres semanas, los de persistencia moderada de uno a dieciocho meses, y los persistentes pueden durar dos o más años. La mayoría de los hidrocarburos clorados se clasifican como compuestos persistentes.

Los fungicidas provocan una considerable inquietud, ya que algunos de ellos contienen metales pesados tóxicos. Los herbicidas no han causado tanta preocupación debido a que parecen ser relativamente no permanentes y no son utilizados con tanta frecuencia como los insecticidas o los fungicidas.

Los herbicidas y otros productos relacionados se pueden concebir como medios protectores de las plantas, incluyendo las hormonas para crecimiento. De este modo no sólo aparece los residuos de estas sustancias químicas en las cosechas destinadas al consumo alimenticio, sino que eventualmente también ejercen una influencia sobre el equilibrio biológico del ambiente, con menoscabo de la biocenosis.

Los plaguicidas no ofrecen soluciones fáciles. Ha habido y continuará habiendo tantos beneficios como peligros en su uso. El balance de los beneficios y peligros requiere de juicios responsables basados en la mayor evidencia científica existente.

Herbicidas

En esta nota se hace énfasis en los herbicidas, los cuales se definen como un producto capaz de alterar la fisiología de la planta durante un período suficientemente largo como para impedir su desarrollo normal o causar su muerte.

Los herbicidas incluyen un grupo vasto de sustancias con diferentes fórmulas y propiedades fisicoquímicas, que poseen un modo de actuar y unos mecanismos de acción que los caracteriza. El

modo de actuar está relacionado con la suma total de las respuestas anatómicas, fisiológicas y bioquímicas que constituyen la acción fitotóxica de un químico, así como su localización física y degradación molecular del herbicida en la planta. El mecanismo de acción se refiere al proceso fisiológico donde actúa el herbicida para causar la muerte de la planta.

Los síntomas más característicos de toxicidad causados por los herbicidas en las plantas son entre otros: Clorosis, necrosis, enanismo, reducción en la población del cultivo, encebollamiento y torcimiento.

Clasificación de los Herbicidas

Los herbicidas se pueden clasificar según el enfoque de estudio: fisiológico y químico.

De acuerdo con el proceso fisiológico afectado por influencia del herbicida se reconocen seis categorías.

I. Herbicidas que afectan la fotosíntesis. Pertenecen a esta categoría tres grupos:

Grupo i:
Triazinas (Atrazina)
Ureas sustituidas (Diuron)
Uracilos (Bromacil)

Grupo ii:
Bipiridilos (Paraquat)

Grupo iii:
Triazoles (Amitrol)

II. Herbicidas que afectan la respiración:

A. Fenoles (Dinoseb y Pentaclorofenol)
B. Nitritos (Ioxinil)

III. Herbicidas que afectan las membranas celulares:

A. Propanil

IV. Herbicidas que afectan la síntesis de los ácidos nucleicos y llamados hormonales:

A. Fenóxidos (2, 4-D)
B. Benzóico (Dicamba)
C. Derivados del ácido picolínico (Picloram)

V. Herbicidas que afectan la germinación, la brotación y el crecimiento de las raíces y del coleóptilo.

Grupo i:
Tiocarbamatos (Vernolate)
Ditiocarbamatos (Metan y CDC)

Grupo ii:
Dinitroanilinas (Trifuralina)

Grupo iii:
Acetanilidas (Alaclor)
Amidas (CDA)

VI. Herbicidas que afectan las proteínas:

Alifáticos (Dalapon)
Orgánicos no cíclicos y nitrogenados (Glifosato)

La clasificación química se hace teniendo en cuenta si los herbicidas son inorgánicos u orgánicos.

Dentro de los inorgánicos se utiliza una gran variedad de compuestos: Trióxido de arsénico, arsenito de sodio, arsenato de calcio, todos ellos no selectivos y que actúan en forma sistémica sobre la planta, sin embargo, últimamente han sido reemplazados por arsenicales orgánicos que son más selectivos y menos tóxicos a los mamíferos.

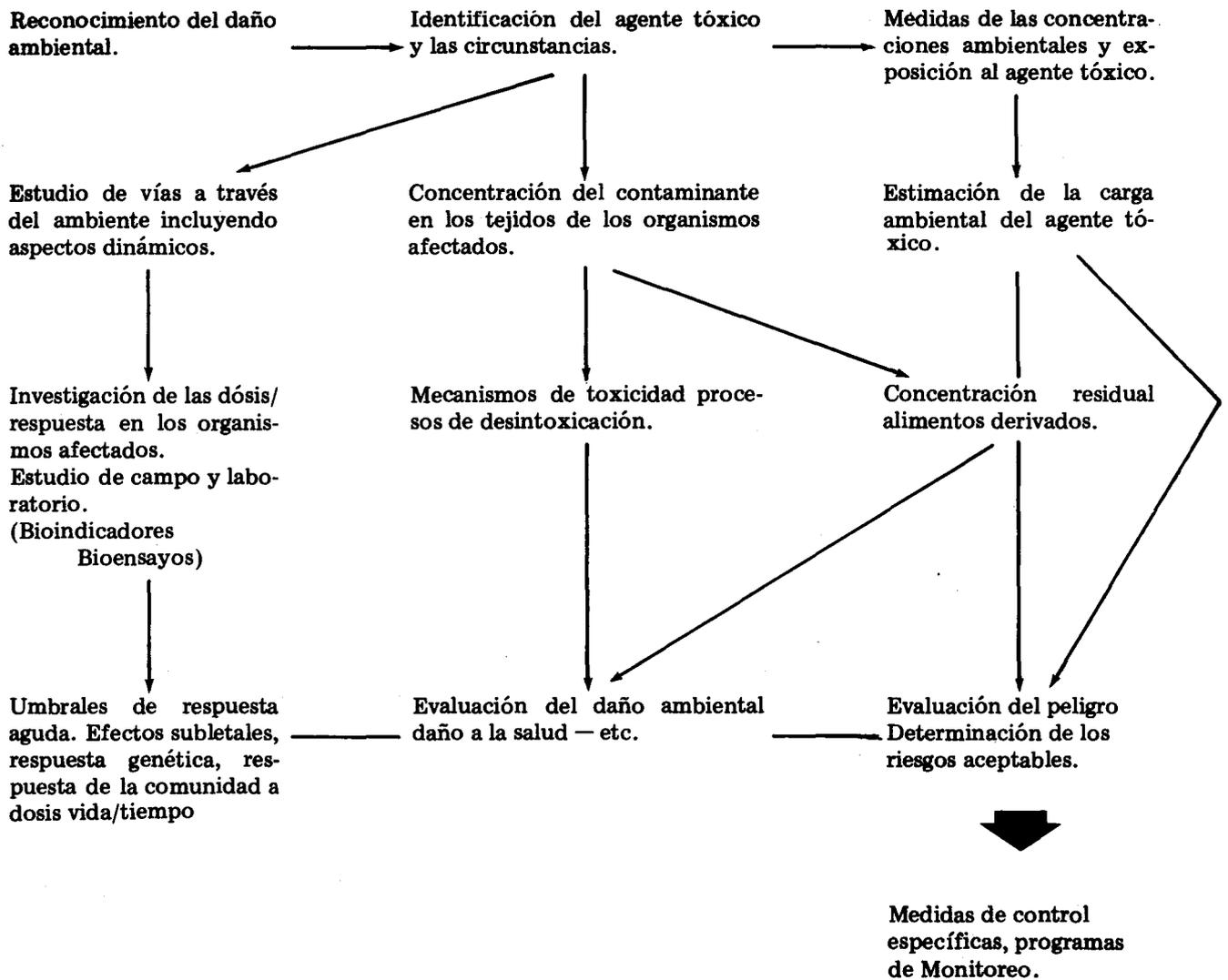


Figura 1. Etapas en la investigación y evaluación de la contaminación ambiental.

El clorato de sodio empleado para la destrucción de plantas perennes es un oxidante fuerte y su uso como herbicida es muy peligroso. Se acostumbra a mezclar con boratos y úreas sustituidas, ambas decrecen su combustibilidad incrementan su capacidad herbicida. Los compuestos de boro (bórax) son muy tóxicos a las plantas y persisten en el suelo por tiempo considerable.

La cianamida de calcio es un fertilizante defoliante y herbicida.

Dentro de los herbicidas orgánicos se destacan los siguientes grupos químicos:

- Ácidos cloroalifáticos (Dalapon)
- Ácidos clorofenoxi y clorobenzóicos (2, 4-D)
- Amidas (Propanil)
- Ureas (Diurun)
- Carbamatos (Metan)
- Triazinas (Simazida)
- Bipiridilos (Paracuat)
- Toluidinas (Dipropalin)
- Fenoles sustituidos (Donoseb)
- Miscelaneos (Bromacil, glifosato)

Ácidos Cloroalifáticos: Las sales sódicas han sido usadas por muchos años en el tratamiento de suelos para controlar los pastos. Son de baja toxicidad para los animales y se degradan rápidamente en el suelo.

Clorofenoxiácidos: y sus derivados han sido utilizados en forma extensiva. Son más tóxicos para las plantas de hojas grandes que

para las herbáceas; característica que conduce a su gran consumo contra las malas hierbas que se encuentran a lo largo de autopistas, carreteras, vías férreas, línea de conducción eléctrica, así como en prados y jardines.

Las plantas leñosas pueden resultar afectadas, pero el resultado suele ser una defoliación temporal y no la muerte. Sin embargo, la defoliación reiterada puede acabar con un árbol al agotarse sus reservas nutritivas almacenadas.

Como se vio en la clasificación fisiológica de los herbicidas, los grupos fenoxi son activos debido a su capacidad de imitar a las hormonas de crecimiento vegetal. En consecuencia, tiene lugar un crecimiento anormalmente rápido que elimina la energía almacenada por la planta. Esta crece literalmente agotándose hasta morir.

Los dos fenoxiácidos más empleados son el 2,4-D y el 2, 4, 5-T. Ambos son sólidos cristalinos a temperatura ambiente, se convierten en derivados para aumentar la facilidad de su aplicación así como su eficacia.

La toxicidad de las 2, 4-D y 2, 4, 5-T es relativamente baja para los animales, pero la degradación fotoquímica, como lo demostró el autor en 1967 en un estudio de salud ocupacional, produce compuestos clorofenólicos altamente peligrosos y productores de una afección epidérmica conocida como cloracné.

La persistencia en los suelos es de una a cuatro semanas, pero ésta depende de las condiciones medio ambientales como tipo de suelo, humedad, temperatura, grado de aireación y fórmula del herbicida utilizado.

En términos generales la formulación se entiende por la forma sólida, líquida o gaseosa como viene preparado un producto químico para su uso práctico. En un herbicida formulado se distinguen tres componentes básicos:

- La sustancia o ingrediente activo: Es el compuesto que tiene actividad herbicida.
- El solvente o vehículo: Este material generalmente no tiene acción fitotóxica, puede ser sólido o líquido.
- El coadyuvante: Normalmente no fitotóxico, aumenta la acción o modifica las propiedades del ingrediente activo.

Por supuesto las formulaciones dependen de varios factores entre ellos:

- Las propiedades físicas y químicas del herbicida. El uso. El área donde va a usarse. La disponibilidad de materiales. Factores económicos. Factores ambientales.

En experiencias de laboratorio los ingredientes activos 2,4-D y 2, 4, 5-T han resultado ser teratógenos en animales experimentales. Las concentraciones empleadas fueron muy superiores a las que se encuentran en el ambiente, pero los resultados despertaron preocupación sobre la conveniencia de proseguir usando estas sustancias como herbicidas. Parte de las inquietudes son resultado del descubrimiento de una impureza en el 2, 4, 5-T. Esta impureza el TDD (Dioxina), se forma en pequeñas cantidades durante la síntesis del 2, 4, 5-T, a consecuencia de una reacción lateral. Se sabe que, es teratógeno y muy tóxico. La degradación del 2, 3, 7, 8-Tetracloro dibenzo-p-dioxina o TDD es muy lenta en el suelo, por consiguiente, se plantea la posibilidad de su acumulación en las cadenas tróficas, análogas a los hidrocarburos clorados persistentes como el DDT y los BPC (Bifenilos-policlorados).

Las mezclas de clorofenoxiacidos fueron muy utilizadas como agentes defoliantes en Vietnam. El "agente naranja" estaba constituido por una mezcla en partes iguales de 2, 4-D y 2, 4, 5-T. Los daños ocasionados a la vegetación han sido descritos por los biólogos de irreversibles en muchos casos.

Los Acidos Clorobenzóicos (Dinoben). Son más persistentes que los clorofenoxiacidos y son por consiguiente muy útiles para controlar las plantas perennes de raíces profundas.

Amidas. La mayor parte de los compuestos desarrollados son las anilidas (derivados de la acetamida) tales como el Propanil. Todas funcionan como inhibidoras de la fotosíntesis y tienen bajas toxicidades frente a los mamíferos.

Ureas. Las más importantes corresponden a los derivados fenólicos tales como el Momeuron y sus análogos. Algunas ureas son muy persistentes, pueden permanecer activas por varios años. Son de uso muy delicado puesto que pueden inutilizar los suelos por períodos largos.

Carbamatos. Estos herbicidas incluyen ésteres del ácido carbámico y tiocarbámico. Son inhibidores del crecimiento celular y de la fotosíntesis. Poseen baja toxicidad a los mamíferos.

Triazinas. Estos compuestos fueron sintetizados en 1855, pero como herbicidas solo se introdujeron en 1955. Inhiben la fotosíntesis, son muy útiles como herbicidas preemergentes y son muy persistentes.

La selectividad del herbicida en general se logra atendiendo a la época de aplicación y al estado de desarrollo del cultivo en el cual el principio activo no le es tóxico. La aplicación del herbicida se puede efectuar antes o después de la emergencia del cultivo o de las malezas (pre y post emergencia).

Bipiridilos. Los dos más conocidos son el Paracuat y el Diquat. Sus moléculas son iónicas, afectan el proceso fotosintético y por consiguiente no son selectivos a ningún cultivo. No afectan los troncos de los árboles ni ningún otro tejido vegetal que carezca de cloroplastos. La luz aumenta la velocidad con que se manifiesta la

fitotoxicidad. Otras importantes características son la resistencia a ser lavados por la lluvia o el agua de riego, y ser retenidos por las partículas del suelo volviéndose inactivos. Tienen aplicación pre y postemergente. Controlan muy bien las malezas anuales y perennes.

Toluidinas. Compuestos representantes de este grupo son la Diprolina y la Trifluralina. Ambos son herbicidas con baja toxicidad a los mamíferos y extremadamente persistentes, por esta razón se usan en sistemas de protección para períodos prolongados.

Misceláneos. Dentro de esta categoría se pueden mencionar el Dalapan y el contravertido Glifosato, ambos alifáticos, siendo el segundo un producto orgánico nitrogenado no cíclico. Las moléculas de estos herbicidas son muy sencillas y afectan las proteínas de las plantas destruyendo su estructura terciaria, causando su degradación a aminoácidos, los cuales posteriormente se degradan a aminoácidos.

El Dalapon es sistémico, se usa en pre y postemergencia, controla las gramíneas perennes. El Glifosato que deriva del aminoácido glisina (el más sencillo) es un herbicida no selectivo de uso postemergente, de acción sistémica, no deja residuos en el suelo debido a su fácil degradación por parte de los microorganismos presentes en el suelo que lo utilizan ávidamente para sus requerimientos energéticos, metabolizándolo hasta anhídrido carbónico, amoníaco y fosfatos; debido a su naturaleza polar forma complejos organometálicos con los elementos presentes en el suelo. Controla en dosis específicas la gran mayoría de las malezas, tanto monocotiledoneas (gramíneas) como dicotiledoneas (malezas de hojas anchas). Este herbicida interfiere en la biosíntesis de la fenilalanina.

Distribución y destino de los Herbicidas en el Ambiente

La distribución y persistencia de los herbicidas en el medio ambiente es una función compleja de variables físicas, químicas y biológicas. Los factores que contribuyen al destino de los herbicidas en el suelo, agua y aire son internos y externos. Los primeros están relacionados con la solubilidad, polaridad, volatilidad, distribución de cargas (fuerzas coulombicas), tamaño de la molécula y constante de disociación. Los extremos se refieren a movimientos de agua y aire, absorción, temperatura, pH, diferentes tipos de acciones biológicas y luz.

Bajo las condiciones del campo la desipación es muy rápida, sin embargo, si un herbicida es resistente a alguna o a todas las fuerzas que tienen efecto atenuante, éste será persistente por largo períodos. Entonces la distribución de los herbicidas en el aire o el agua puede ser medida mejor a escala global que en una local. Además, el transporte de herbicidas por los animales y plantas puede ser un factor determinante en la distribución geográfica de un compuesto en particular.

Suelos. En el caso de los suelos, el comportamiento de los herbicidas está determinado por los fenómenos de absorción. Por ejemplo, la inmovilización de un herbicida sobre la superficie de un suelo puede:

Retardar la degradación biológica a través de la separación espacial de sustratos (herbicidas y enzimas). Estimular la degradación microbiológica por concentración de enzimas y sustratos. Demorar la lixiviación del suelo y la volatilización. Presentar degradación catalítica de origen no biológico. Marcada influencia fitotóxica.

Aguas. En aguas, la contaminación de lagos, ríos y ambientes marinos suele ser atribuida a la aspersión de herbicidas, lluvias y movimiento de aguas en canales de riego, así como descarga de residuos procedentes de industrias que elaboran herbicidas.

A propósito de contaminación y sin detenernos en una definición técnica puede decirse: "Lo que hace que una sustancia se convierta en un contaminante es su concentración en cantidad excesiva, en un lugar indebido, y en un momento inoportuno".

La detección y seguimiento de herbicidas en el medio acuático es difícil debido a los efectos de dilución y fraccionamiento del

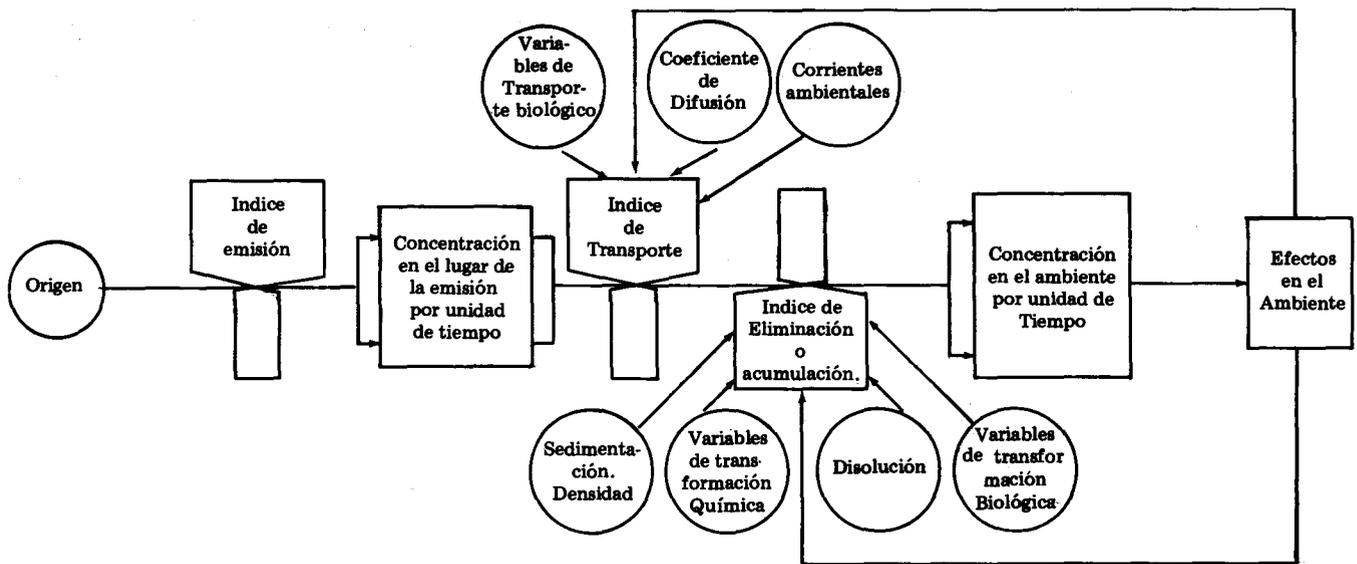


Figura 2. Trayectoria general seguida por los agentes contaminantes (De Hologate 1979).

producto en diferentes especies químicas que pueden, así como el producto inalterado, transferirse a la atmósfera, a la biota o a los sedimentos, siguiendo el ciclo hidrológico, sin olvidar que tanto los herbicidas como el agua reaccionan complejamente con las superficies del suelo dentro de los límites establecidos por las características fisicoquímicas del producto activo, el agua y las variables ambientales.

Como puede observarse la evaluación química, que de ser posible a esos microniveles de concentración, encuentra una difícil pero posible interpretación ambiental que evidentemente constituye un desafío para el investigador.

Aire. En el aire y mediante métodos cromatográficos (de separación selectiva) es posible detectar varios niveles de concentración de herbicidas. Es muy probable que solo se encuentren cantidades significativas de herbicidas en el aire en áreas muy próximas a los centros de aplicación. Por ejemplo, se ha estimado que después de una aspersión aérea se encuentra menos del 50% del herbicida y una gran proporción como se deduce es transportada por corrientes aéreas que van a contaminar áreas vecinas no incluidas como objeto del herbicida, afectando de esta manera plantas, animales y ecosistemas.

Ecología

Debemos considerar ahora los aspectos ecológicos. Los herbicidas pueden influenciar las poblaciones microbiológicas en forma directa a través de los cambios en sus actividades metabólicas y fisiológicas, o indirectamente afectando las plantas, los animales y otros microorganismos. El consenso entre los investigadores es que los niveles de concentración en que los herbicidas llegan al suelo, en aplicaciones normales varían muy poco las estructuras de las comunidades microbiológicas. Solo cuando se aplican en cantidades importantes y a intervalos frecuentes pueden presentarse signos de cambios más o menos permanentes.

Las actividades microbiológicas evaluadas como indicadores de las respuestas a los herbicidas incluyen: Producción de dióxido de carbono, consumo de oxígeno, nitrificación y tasas de nodulación en leguminosas.

El estímulo o inhibición de cualquiera de estas características se debe registrar cuidadosamente con el objeto de ser interpretadas para ver si existe alguna relación entre experimento in vivo e in vitro, de otra parte, deben considerarse las condiciones in situ. Algunas de las dificultades más obvias son:

- Diferente respuesta microbiana del cultivo in vitro a la observada en un sistema tan heterogéneo como el suelo.
- En experiencias in vivo con columnas de suelo, éstas no reflejan las condiciones micro y macro climáticas, ni las activida-

des de crecimiento de las plantas y de las actividades de los animales.

- La distribución del herbicida en el suelo, los sistemas acuáticos, las plantas y los animales es diferente.
- La formación de altas zonas de concentración es más la regla que la excepción.
- La baja solubilidad de algunos herbicidas requiere el uso de solventes orgánicos, el efecto de estos compuestos pueden enmascarar la verdadera respuesta.
- Muchas veces las compañías manufactureras de las formulaciones de herbicidas no revelan la composición exacta en cuanto a agentes humectantes, rellenos y otras que de una u otra manera ejercen alguna actividad sobre las comunidades biológicas y hacen difícil desagregarlas de las del herbicida.

A pesar de los usos benéficos de los herbicidas existen importantes amenazas al hombre y a la vida silvestre. Algunos productos químicos de alta toxicidad y sus productos de degradación persisten en el ambiente por períodos considerables y pueden movilizarse en corrientes acuáticas, ríos y mares o ser transportadas por la atmósfera. Tal es la movilidad de algunos plaguicidas que no existe en el planeta un espacio libre, de al menos algún nivel de contaminación, incluyendo las zonas antárticas, situadas muy lejos de las áreas de aplicación.

Los herbicidas siempre presentan sus efectos colaterales los cuales son difíciles de predecir debido a que todos son potencialmente peligrosos. Los herbicidas pueden perjudicar directamente organismos no involucrados en los objetivos de la aplicación, como ocurre cuando un animal come plantas tratadas o rociadas accidentalmente, y si a esta situación se aplica uno de los principios básicos de la ecología, de la cadena alimenticia, se comprenderá mucho mejor los alcances de estos eventos.

En todo caso la supervivencia del hombre dependerá de su habilidad para cambiar su ambiente sin causar efectos adversos que podrían llegar a serle autodestructivos.

¿Qué hacer?

En nuestro medio el uso de plaguicidas, incluidos los herbicidas se hace en forma masiva. Ello amerita la introducción del concepto de control integral que incluye aspectos tales como el conocimiento profundo de la botánica de los cultivos, de la biología y ecología del herbicida, de las condiciones ambientales favorables o no para la diseminación de las malas hierbas y para la resistencia de las plantas, etc.

Como áreas prioritarias de investigación en este campo pueden señalarse:

- Evaluación sistemática de los daños directos y secundarios del uso de herbicidas químicos.
- Mejorar el conocimiento de la biología y la ecología de los agentes dañinos dentro del contexto de los métodos de la dinámica de sistemas, con el fin de investigar las posibilidades de utilizar a sus enemigos naturales, ensayando, además, técnicas de control biológico.
- Estudios de diversificación de cultivos que fomenten la diversidad del agroecosistema sin causar reducción de la productividad.

Mientras la tan anhelada solución del control biológico de las plagas se alcanza, se continuarán utilizando los herbicidas y productos químicos sintéticos, por lo cual se hace necesaria la vigilancia y control. Un programa adecuado de investigación y evaluación de la contaminación ambiental que incluya las etapas visualizadas en el esquema de la (Fig. 1), debería constituir la base para las decisiones gubernamentales.

Es indispensable conocer la trayectoria general que siguen los contaminantes, desde su origen al punto final. En forma esquemática se presenta una visión simplificada (Fig. 2) de los diferentes eventos que se suceden en la evolución del alterógeno en el medio ambiente. Hay tres factores importantes que determinan el proceso:

- El índice de emisión de la fuente contaminante.
- El de transporte que caracteriza el ecosistema en cuestión.
- El de eliminación o acumulación del contaminante a lo largo de su camino.

El factor transporte depende del índice de difusión del contaminante y de otras variables ambientales, así como de las propiedades relativas al transporte de los organismos que el agente contaminante se encuentra en su camino. El índice de eliminación o acumulación depende de la velocidad de disolución o sedimentación y de las transformaciones química y biológicas que en conjunto determinan la dosis que llega a los organismos al final de la trayectoria. Los procesos que aquí se verifican llevarán el contaminante al lugar donde ejerce su efecto, o lo eliminará. Es fácil ver como este camino se repite a lo largo de una cadena alimentaria.

Como se puede colegir de las implicaciones dadas en un Programa de Investigación y Evaluación de la Contaminación Ambiental y de las trayectorias seguidas por un contaminante, la prevención de la contaminación y la alteración de los recursos naturales requieren de:

- Una tecnología básica. Consideraciones económicas. Ajuste del comportamiento social.

Sobresale en nuestro medio ambiente colombiano una necesidad de carácter perentorio: La organización y puesta a punto de un Ente investigativo que involucre los tres puntos enunciados anteriormente y que posea un soporte que se ha dado en llamar Laboratorio de Parametrización Ambiental que incluye no solamente la medida de los parámetros fisicobióticos sino también los sociales, económicos y de calidad de vida.

Actualmente el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional (IDEA) trabaja seriamente en esta posibilidad, a partir de las experiencias logradas en programas de asesoría ambiental, la participación al interior de un grupo de profesores especializados en diferentes campos ambientales que en asocio con sus Facultades tendrá la misión de encarar la solución de los problemas ambientales con un enfoque holista.

VIDA ACADEMICA

I - PALABRAS DEL PRESIDENTE DE LA ACADEMIA CON OCASION DE UN NUEVO ANIVERSARIO

Resulta para mí, sobremanera grato dirigirme a los honorables Miembros de la Academia y al público que nos honra con su presencia, esta tarde y en esta fecha, cuando nuestra Institución cumple un nuevo aniversario en su ya larga y meritoria existencia.

Coincide la celebración de este nuevo aniversario con la aparición de signos que auguran mejores días para el desenvolvimiento de las ciencias en nuestro país. Tal el reconocimiento de la necesidad de tomar en cuenta el punto de vista científico en la adopción de las políticas de planeación, como pareciera desprenderse de los decretos y disposiciones recientes por los cuales se reorganiza COLCIENCIAS y el sistema de ciencia del país. Así mismo, desde algunas de nuestras universidades mayores, soplan vientos favorables, con las anunciadas reformas académicas, tendientes a aclimatar la investigación científica en su seno, sin que la calidad de la docencia sufra menoscabo; sino por el contrario, en busca de su fortalecimiento, en la medida que deje de ser la trasmisión pasiva de información, el estudiante se torne en protagonista dinámico de su propia capacitación y la universidad, en su conjunto, configure el ambiente de estímulo para que tal situación pueda darse en la práctica. De esta manera, el cuerpo docente y, en particular, los profesores de mayor trayectoria y experiencia, podrán cumplir su función de "maestros", en el más alto sentido de la palabra; y, en razón de su calidad humana, de sus propias realizaciones y logros científicos serán los paradigmas de las nuevas promociones académicas y profesionales.

Así mismo, se siente, cada vez con mayor intensidad y urgencia, la necesidad de aumentar los contactos y aún la integración en torno a programas concretos, de las comunidades de científicos colombianos de las diferentes áreas del conocimiento, con las respectivas comunidades internacionales; de tal modo que se abra a nuestros científicos y, en particular, a los jóvenes, la oportunidad de participar en el adelantamiento de programas internacionales de investigación científica como aquellos que promueven las Uniones y los Comités Científicos Internacionales, confederados en el Consejo Internacional de las Uniones Científicas (ICUS) o los recientemente anunciados por la Academia de Ciencias del Tercer Mundo o los de más antigua data de la UNESCO. Mal podría Colombia aferrarse al aislamiento o limitar su participación al nivel diplomático y político durante las conferencias o simposios que se convocan para impulsar tales programas.

Del mismo modo, Colombia no podrá permanecer a espaldas del movimiento científico en busca de evaluar las causas y efectos de los cambios que están ocurriendo en la Geófera y Biófera de la tie-

rra, en el nivel local y posiblemente global. Lo cierto es que el hombre tendrá que recurrir a la ciencia, a título de ser la herramienta más eficaz con que cuenta, ya sea para moligerar los impactos negativos causados por el modelo de desarrollo preponderante o con el fin de diseñar un nuevo modelo, que al menos tienda a restablecer el equilibrio con la naturaleza, de ser ello posible todavía.

El próximo 18 de junio de 1992, pocos meses antes de cumplirse el primer medio milenio del Descubrimiento de América, tendrá lugar en Río de Janeiro, la Primera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Vastos sectores de la opinión mundial han cifrado en este evento grandes expectativas, sobre todo si se adoptan medidas encaminadas a preservar y respetar la diversidad cultural de los pueblos y a fortalecer la opción de las diferentes culturas de crear sus propios modelos, que favorezcan el surgimiento de nuevas racionalidades, según lo exijan las condiciones del respectivo entorno. De ser así, la trascendencia histórica de este certamen quizás resulte equiparable, a la que tuviera en su momento el encuentro de los europeos con el Nuevo Continente.

Durante el período que hoy culmina, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ha participado activamente a través de sus representantes y delegados, cuando quiera que se ha presentado la oportunidad, en los debates efectuados sobre los temas a los cuales he hecho referencia; concientes como es nuestra institución, de la importancia que ellos tienen para el país y para el desarrollo de la ciencia en nuestro medio.

Desde luego, sabemos que la conquista de nuevos espacios que permitan ampliar el radio de acción de la Academia, dependerá de nuestros propios esfuerzos y de todo cuanto hagamos en el intento de fortalecerla y habilitarla, para abordar las nuevas tareas y compromisos con Colombia. Es decir, en la medida que realice contribuciones concretas al mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las ciencias en nuestro medio, o estimule y promueva la investigación científica; y contribuya a acrecentar el respeto de parte de la sociedad colombiana y su dirigencia por la ciencia y el reconocimiento como actividad imprescindible en el proceso de nuestro ascenso cultural, y en la consolidación de nuestra independencia como nación soberana en todos los órdenes.

Con la creación, en este año, de la Secretaría Ejecutiva, la Academia ha dado un gran paso tras éstos altos propósitos, y en el de habilitarse para el desempeño de nuevas tareas en el ámbito

nacional e internacional, como lo demuestran las experiencias recogidas en el corto lapso transcurrido desde que se iniciara labores bajo la responsabilidad del Correspondiente Don **José Lozano**. Sin descuidar desde luego, las tareas tradicionales de la Academia. A este respecto es justo destacar las realizaciones obtenidas en el Programa de Publicaciones que con tanta dedicación y entusiasmo dirige el Director de la Revista, Académico de Número Don **Santiago Díaz**. De ello dan fe los números publicados de la Revista, los nuevos títulos de obras aparecidas en este período y los que hoy se entregan al pleno de la Academia.

Sin detenerme en la consideración detallada de las tareas cumplidas por las directivas y por los Miembros de nuestra entidad,

permítaseme mencionar los avances obtenidos, en la consecución de un presupuesto de ingresos cada vez más adecuado a la trascendental tarea que corresponde cumplir a la Academia en favor de toda la sociedad colombiana; en la organización y operación de la Biblioteca y en la consecución de una sede propia para nuestra entidad.

Señores Miembros de la Junta Directiva de la Academia, señores Académicos Honorarios, de Número y Correspondientes permítanme expresarles, en nombre de la entidad, el reconocimiento más profundo por la labor cumplida en este período, la misma que nos permite mirar con optimismo hacia el futuro.

Santafé de Bogotá, D.C., 21 de agosto de 1991

II - PALABRAS DEL PRESIDENTE CON MOTIVO DE LA EXALTACION A LA CATEGORIA DE ACADEMICO HONORARIO DEL DOCTOR GERARDO REICHEL-DOLMATOFF

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en su última reunión plenaria decidió por unanimidad exaltar a su Miembro de Número Don **Gerardo Reichel Dolmatoff**, a la categoría de Miembro Honorario, la más alta que confiere la institución; teniendo en cuenta su brillantísima trayectoria científica y humanística: así como sus servicios a Colombia, ora al frente de la cátedra y de instituciones científicas que bajo su dirección alcanzaron renombre internacional, ora como autor de quince libros especializados y de más de un centenar de artículos científicos, algunos de ellos en colaboración con su esposa la Académica Correspondiente, **Alicia Dussán de Reichel**. No es del caso, referirse en esta oportunidad a cada uno de ellos, en cuanto son ampliamente conocidos en los ámbitos nacional e internacional.

Desde muy temprana edad, se dedicó a los estudios de Arqueología y Etnología. En el campo de la Antropología se le debe el Descubrimiento de la Etapa Formativa; fase de desarrollo cultural que presidió a la de los casicazgos. Sus investigaciones etnológicas se concentraron en los indios Kogi de la Sierra Nevada de Santa Marta y los Tucano del Vaupés; tribus en las cuales estudió ante todo problemas de chamanismo, cosmovisión y ecología, haciendo en estos aspectos contribuciones internacionalmente reconocidas.

El doctor **Reichel Dolmatoff** es Miembro de la Real Academia de Ciencias de España, de la National Academy of Sciences, de

la American Academy of Arts and Sciences. Miembros fundador de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, ha recibido la Gran Cruz al Mérito del Gobierno de Austria, la Medalla Thomas Henry Huxley del Royal Anthropological Institute de Inglaterra, el Ordre National du Merite, Ordre des Arts et lettres y las Palmes Académique, de Francia.

En nuestra patria ha sido distinguido con el Premio Nacional de Ciencias, la Medalla Francisco de Paula Santander, la Gran Cruz Rodrigo de Bastidas y el Doctorado Honoris Causa de la Universidad Nacional de Colombia. Desde 1974, hasta la fecha, es profesor adjunto de la Universidad de California, los Angeles.

Señor doctor **Gerardo Reichel Dolmatoff**, al conferirle esta nueva distinción, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ha querido confirmarle una vez más el hondo aprecio que tiene por una obra científica, por sus calidades de humanista; en otras palabras, por sus méritos eximios; los mismos que le permiten a nuestra Academia señalar a las nuevas generaciones de colombianos, el ejemplo de su vida, como paradigma de nuestra cultura.

Santafé de Bogotá, D.C. 21 de agosto de 1992

III - PALABRAS DEL PRESIDENTE CON MOTIVO DEL OTORGAMIENTO POR PARTE DE LA ACAC DEL PREMIO "A LA VIDA Y OBRA DE UN CIENTIFICO" AL DOCTOR REICHEL-DOLMATOFF

En un medio en el cual, por lo común, el investigador científico no cuenta con el reconocimiento y prestigio que otras sociedades dicianen a quienes han dedicado sus vidas a la no fácil tarea de ensanchar el conocimiento científico, ni de las facilidades institucionales y económicas que el desempeño de tales tareas implica, la vida y la obra de **Gerardo Reichel Dolmatoff**, constituyen un ejemplo extraordinario de todo cuanto es capaz la vocación, el talento, la voluntad y la reciedumbre del carácter de un hombre, dedicado por entero al cultivo de una disciplina científica y al mismo tiempo

a la creación de espacios institucionales para que otros conciudadanos de generaciones contemporáneas y futuras, pudieran disfrutar de medios más propicios para el desarrollo de sus actividades científicas.

Desde su llegada a Colombia, después de sus estudios en Munich y en la Sorbona, hace ya más de 52 años, **Gerardo Reichel Dolmatoff** ha luchado con decisión y fortaleza singulares, en uno y otro frente.

Primero, como investigador en el Instituto Etnológico Nacional y luego como Director-Fundador del Instituto Etnológico del Magdalena, en la ya lejana década de los años cuarenta.

Años más tarde, como Miembro-Fundador y profesor del Instituto Colombiano de Antropología en las décadas de los años 50 y 60 y posteriormente, como Fundador y profesor del Departamento de Antropología de la Universidad de los Andes.

Pero la entrega con profunda dedicación a estos empeños nunca resultó incompatible con la realización simultánea de una de las más brillantes tareas de investigación científica en los campos de Etnología, la Antropología y la Arqueología, en las cuales participó y participa con igual brillo y entusiasmo su digna esposa Doña Alicia Durán de Reichel, a quien sea la oportunidad de rendir homenaje de reconocimiento, por sus eximias calidades humanas y científicas.

De modo alguno, pretendo hacer un recuento pormenorizado de la colosal obra científica de Gerardo Reichel Dolmatoff. Permítaseme sin embargo, destacar aquellas contribuciones que en su momento y ahora mismo, han producido el mayor impacto en las comunidades científicas nacionales e internacionales y el reconocimiento que se ha hecho a su obra, con la distinción que hoy le confiere la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC), "Premio al Mérito Científico, 1991".

En el campo de la Arqueología

En el campo de la Arqueología Gerardo Reichel Dolmatoff, fue el primero en descubrir en suelo colombiano la existencia de una etapa formativa de las culturas indígenas y pudo correlacionar las manifestaciones de esta etapa en Colombia, con las de Mesoamérica y las de los Andes centrales en Suramérica. Ello a la vez, le permitió formular el desarrollo cronológico de la prehistoria de Colombia y enmarcar tal desarrollo dentro del contexto americano. A lo largo del Canal del Dique, en el Departamento de Bolívar, descubrió la cerámica más antigua de América, signo de la más arcaica cultura sedentaria del continente.

Con base en estudios realizados en excavaciones estratigráficas en San Agustín, pudo comprobar que aquel no fue sólo un lugar ceremonial, sino un centro densamente poblado a través de mucho tiempo. Realizó, por primera vez, sistemáticamente, excavaciones estratigráficas en la Sierra Nevada de Santa Marta, en las cuencas de los ríos César, Sinú, San Jorge, Ranchería y Atrato de la vertiente atlántica; y en el trayecto Buenaventura-Tumaco, en la costa pacífica.

Las contribuciones a la Etnología han merecido los más altos elogios de parte de destacados tratadistas en el ámbito universal. Refiriéndose a los resultados de los trabajos de Gerardo Reichel Dolmatoff, sobre los indígenas Desana del Vaupés, aparecidos en su primera monografía, decía el profesor Claude Lévi Straus: "He examinado su libro con apasionado interés y estoy maravillado ante las riquezas de aquel universo que usted nos revela en él. A partir de esta obra la etnografía suramericana nunca será la misma, ya que usted la ha hecho entrar en una nueva era. Después de las pesquisas superficiales que satisfacían hasta ahora, no se puede agradecerle suficientemente por la brillante demostración que usted nos proporciona en cuanto a las posibilidades insospechadas de la investigación en profundidad" (1968).

A manera de síntesis, en referencia a las contribuciones de Reichel Dolmatoff, en el campo de la Etnología, cabe decir que sus trabajos amén de constituir un aporte singular a la teoría y metodo-

logía antropológica, han contribuido en nuestro medio a restituir a los pueblos indígenas la dignidad de sus logros intelectuales y culturales. Por otra parte, sus estudios sobre los contenidos y los procesos mentales subyacentes a las instituciones formales, han abierto una nueva perspectiva que obliga a reconsiderar muchos conceptos simplistas o equívocos en que se ha basado la Etnología americanista.

En el campo de la Antropología social, cabe destacar, la voluminosa monografía de los esposos Reichel Dolmatoff publicada en inglés por la Universidad de Chicago, bajo el título: "La personalidad cultural de una aldea colombiana", que ha sido considerada internacionalmente como una de las obras fundamentales sobre los campesinos de América Latina.

Ya he señalado la extraordinaria labor de Gerardo Reichel Dolmatoff como fundador e impulsor de instituciones y su ejemplar labor como maestro. No quisiera, sin embargo, dejar de mencionar la labor que cumpliera, conjuntamente con el equipo de profesores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cartagena, cuando introdujo los conceptos básicos de la Antropología médica; es decir, las actividades culturales hacia la salud, la higiene y la alimentación y que, entre otras consecuencias, redundó en la investigación y acción para elevar el nivel de vida en un barrio de bajos ingresos de Cartagena.

Gerardo Reichel Dolmatoff, es Doctor Honoris Causa de la Universidad Nacional de Colombia, de la Universidad de los Andes y de la Universidad del Atlántico.

En 1973, recibió el Premio Nacional de Ciencias, Francisco José de Caldas, otorgado por COLCIENCIAS. En 1975, el Consejo de Santa Marta le entregó la Gran Cruz Rodrigo de Bastidas. La Academia Colombiana de Ciencias en 1991, lo promovió a Miembro Honorario. El gobierno nacional de Colombia en este año le confirió la Orden Nacional al Mérito; la Presidencia de Francia, en 1966, la Orden Nacional al Mérito en grado de CABALLERO y el Ministerio de Educación de la misma nación, la Orden de las Palmas Académicas, en 1967.

El Instituto Real de Antropología de Londres, en 1975 le otorgó la medalla Tomás Henry Huxley. El gobierno de Austria en 1973, La Gran Orden del Mérito de la República de Austria y en 1990 La Cruz de Honor a la Ciencia y al Arte, de primera clase.

Es miembro de numerosas asociaciones, academias y organizaciones científicas. A la Academia Colombiana de Ciencias le ha prestado invaluables servicios como Miembro Correspondiente y Numerario, a través de sus contribuciones a la Revista que publica la entidad.

Señoras y señores:

Nada más justificado entonces, que la Asociación para el Avance de la Ciencia (ACAC) otorgue el premio al Mérito Científico 1991, a Gerardo Reichel Dolmatoff, figura eximia de la ciencia colombiana. Si bien, sus ancestros se remontan a antiguas familias de Austria y de Rusia, entre quienes se cuentan figuras notables de la ciencia, cuyo ejemplo contribuyó a forjar su vocación para el estudio científico, la disciplina, la tenacidad y el rigor en el trabajo, poco tiempo después de su llegada a Colombia y apenas cumplidos los 27 años de edad, adoptó la nuestra como patria definitiva. A la causa de su engrandecimiento cultural y científico entregó los mejores años de su vida, y al estudio de sus orígenes y de nuestros antepasados americanos, todo lo que es capaz su talento y sus inmensas ejecutorias de trabajador creativo de la ciencia.

IV – PALABRAS DEL PRESIDENTE AL INAUGURAR EL "SEMINARIO KONRAD LORENZ SOBRE ETIOLOGIA"

Entre las actividades que adelanta la Academia Colombiana de Ciencias, en cumplimiento de la tarea de promover la ciencia en

nuestro país: en particular, entre las nuevas generaciones, se destaca la realización de Seminarios y Simposios sobre un tema particular

de actualidad o sobre la obra científica de una figura relevante de la ciencia.

El Seminario que hoy nos congrega, tiene un tema central de Etología o Ciencia del Comportamiento Animal, cuyos avances en las últimas décadas han sido sorprendentes, merced a las contribuciones de investigadores de la talla de Nicolás Tinbergen o de un Charles Otis Whitman, de un Wallace Craig, o del gran Karl von Friesch "le maitre des abeilles", entre otros, y desde luego, de Konrad Lorenz; personalidad bajo cuyo nombre se desarrolla este seminario.

Sin duda la figura de Konrad Lorenz se destaca entre las de sus coetáneos por su originalidad, por su riqueza de ideas y por haber contribuido a establecer la conexión entre dos campos tradicionalmente considerados totalmente iconexos: el comportamiento animal y el comportamiento humano. La idea de Lorenz de la existencia de factores endógenos determinantes del comportamiento animal y humano, creó las bases para la construcción de tal conexión, a contra pelo de la amplia audiencia de opositores y de críticos que siempre encontraron sus planteamientos; como es además lo natural y lo propio de la ciencia.

Los hombres visionarios que sobrepasan su propio tiempo y ponen a tambalear el paradigma preponderante, siempre serán los más controvertidos, pero también aquellos que dejan la más honda huella en la historia de la ciencia.

Al igual de lo que ocurriera sobre los componentes endógenos del comportamiento, fue ardúa también la lucha que hubo de librar en defensa de sus planteamientos sobre la naturaleza de la agresión, concebida como instinto, aún para el caso de los seres humanos. Lo propio ocurrió así mismo con su teoría de la "Impronta" o "Troquelado". Para intuir la trascendencia de las implicaciones de esta teoría quizás resulte apropiado transcribir lo que el propio Lorenz dijera de sí mismo a raíz de la celebración de su septuagésimo (70) cumpleaños: "Lo que no advertí es que yo había sido también troquelado por los patos y aún lo sigo estando. Estoy convencido de que en muchos casos, todo el comportamiento de una vida está fijado por una experiencia decisiva en la infancia y eso al fin y al cabo, es la esencia del troquelado o impronta".

Pero el trabajo de Lorenz que produjera mayor controversia, fue quizás aquel que llevaba por título: "Los desórdenes causados por la domesticación del comportamiento propio de las especies". En él Lorenz defendían la idea según la cual la cría de los animales domésticos no solamente produce el cambio de su forma física, sino también de su comportamiento; los cambios que inexorablemente conducen al fortalecimiento de aquellas características de comportamiento y de forma que menguan la posibilidad de supervivencia en el estado silvestre.

Transferida esta misma idea al caso humano, según Lorenz, significaría que la civilización de la que tanto nos ufamamos, a la postre implica procesos comparables con la domesticación; o mejor dicho, la autodomesticación del hombre por el hombre, como Lorenz solía referirse a tal situación.

Al hablar de Lorenz, no podría dejarse de destacar un hecho, por cierto, poco común en la historia del desenvolvimiento de una disciplina científica. Me refiero, a la complementariedad que tras superar los años de distanciamiento, surgió a la postre, entre Konrad Lorenz y Nicolás Tinbergen; a raíz de su publicación conjunta, acerca de "La liberación del huevo". Complementariedad entre dos eminencias, cada uno en su propio campo y métodos, que más tarde habría de perdurar, a través de otros trabajos elaborados de consumo, como aquel que se refiere al comportamiento que se desata en los gansos ante la presencia amenazante de aves rapaces.

Así mismo, no se podría dejar de mencionar su contribución a la divulgación del conocimiento sobre el comportamiento animal, en particular aquella que contribuyó poderosamente a popularizar entre los niños la obra de este gran Maestro de la Etología y que llevaba por título: "El Anillo del Rey Salomón", que de manera original y perspicaz permite a los inexpertos lectores adentrarse en el extraordinario mundo del comportamiento animal.

A juzgar por lo que afirma Nirbett en su biografía de Lorenz, fue también a través de este libro que muchas personalidades del mundo científico, que habían permanecido renuentes a aceptar los hallazgos de Lorenz o simplemente los desconocían, se percataron de la obra de este científico tan original y sobresaliente.

Así el Maestro y Director del Instituto Zoológico de Munich, Karl von Frisch, quien en su juventud se dedicaba, sobre todo, al adelantamiento de estudios relacionados con la capacidad sensorial de los animales, en un momento dado, viró su interés y actividad hacia la investigación del comportamiento, en particular de las abejas, hasta llegar a ser, con el correr de los días uno de los etólogos más grandes, al lado de Tinbergen y de Lorenz; los mismos que en el año de 1973, fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina. En este mismo año, Lorenz fue distinguido con "El Anillo de Paracelso", concedido por la ciudad austriaca de Villach y publicó dos de sus obras más conocidas: "La cara del espejo" y "Los ocho pecados mortales de la humanidad civilizada".

Finalmente, quisiera referirme, así sea someramente, al valioso aporte de nuestro homenajeado a la Teoría Evolucionista del Conocimiento o "Realismo hipotético", como él solía llamarla en sus escritos filosóficos y que podría enunciarse, así: La supervivencia de los animales en un determinado ambiente requiere necesariamente el acoplamiento con una información que los animales deben tener sobre ese ambiente. Por ejemplo, como lo explica Wuketits un primate arborícola tiene que, necesariamente, tener una representación correcta de su biotipo. Si a título de conjetura, suponemos que el primate en un momento dado presumiera la existencia de una rama, donde realmente no existe; tal error le acarrearía consecuencias desastrosas y si ello llegara a suceder frecuentemente y con numerosos individuos de las poblaciones de la especie, de hecho se limitarían drásticamente las probabilidades de supervivencia de la especie ya tomada en conjunto.

Por supuesto, si tal rama del árbol existiera solamente como "representación" o "idea" y el animal nunca intentara utilizarla en sus recorridos, no se produciría, desde luego, consecuencia negativa alguna; pero, si todos los individuos de una especie de primates intentarían trepar a sus ramas imaginarias de árboles de cierta altura, probablemente la especie correría el riesgo de extinguirse, víctima de la Selección Natural. Como afirma Lorenz disponer de información correcta sobre el ambiente es criterio "sine-quantum" para la supervivencia de los animales. Por otra parte, en el caso de los animales, la vida misma ha erigido barreras insondables en el comportamiento; de la misma manera que al hombre le han sido impuestos límites para la realización de sus ideas, imaginaciones y fantasías. Concluyendo, puede afirmarse que todos los organismos llevan consigo, incluida en su propio ser, una hipótesis sobre el mundo que les permite aceptar que dicho mundo, de facto, está construido de la misma manera como es percibido.

Con este breve resumen sobre las contribuciones de Lorenz el avance de la Etología o Psicología Animal, como se la llamó inicialmente, ha querido mostrar, así sea someramente, la trascendencia de la obra de este eminente médico zoólogo y pensador austriaco, nacido en Altenberg, el 7 de noviembre de 1903 y fallecido el 4 de marzo de 1989.

Justo es entonces, que la Academia Colombiana de Ciencias haya organizado este Seminario bajo la insignia de su nombre. A juzgar por la calidad de los Conferencistas y la elevancia de los temas objeto de sus contribuciones, estoy seguro que los altos objetivos que se propone la Academia de Ciencias, obtener con este certamen, se cumplirán plenamente.

En nombre de la Academia de Ciencias y en el mío propio, quiero presentar a cada uno de ellos mis reconocidos agradecimientos por haber aceptado participar en este evento. De la misma manera, al Comité organizador que no ahorró esfuerzos para asegurar su realización.

Que esta experiencia resulte para todos fructífera y alentadora, es mi mejor deseo.

INFORME PRESENTADO POR LA PRESIDENCIA SOBRE EL DESARROLLO DE LAS XXVII Y XXVIII REUNIONES DEL COMITE GENERAL Y DE LA XXIII ASAMBLEA GENERAL DE LA ICSU

El 29 de septiembre viajé a Sofía, Bulgaria, con el fin de participar en la XXIII Asamblea General del Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) y en las XXVII y XXVIII Reuniones del Comité General de la misma Institución.

A la ciudad de Sofía llegué al día siguiente, 30 de septiembre en las horas de la noche.

De acuerdo con la programación el 1o. de octubre tuvo lugar la XVII Reunión del Comité General de la ICSU. La reunión se inició a las 9:00 a.m. y concluyó a las 4:30 p.m. Asistieron todos los Miembros del Comité, que está integrado de la siguiente manera: Comité Ejecutivo de la ICSU, Representantes de las 20 Uniones Científicas y por 13 Representantes de los 83 países afiliados a ICSU.

La reunión estuvo presidida por el Profesor M.G.K. Menon, Presidente de la ICSU, quien después de saludar a los participantes presentó un informe sobre la ejecución de las decisiones adoptadas durante la XXVI Reunión del Comité, en la ciudad de Lisboa (11-14 octubre 1989). Entre otros, el Comité Ejecutivo creó el grupo ad-hoc con el objeto de atender los asuntos relacionados con la distribución de la información científica y el diseño de políticas sobre esta materia para ICSU.

El Comité Ejecutivo encargó a CODATA de diseñar un plan para el desarrollo de la informática, como Ciencia independiente y como herramienta de trabajo en los distintos programas de ICSU. El Comité Ejecutivo creó también un grupo ad-hoc para estudiar las contribuciones de ICSU al estudio sobre reducción de los Desastres Naturales y la creación de los grupos interdisciplinarios que fueron necesarios.

El informe del Presidente fue aprobado por el Comité. Después de un amplio intercambio de ideas, el Comité General se puso de acuerdo en que su papel no se agotaba en la revisión de propuestas de actividades científicas, sino que además podría proponer nuevos Programas u otras actividades científicas nuevas.

En cuanto a la función de revisión de las actividades científicas de ICSU, el Comité aprobó llevar a cabo tal revisión de manera sistemática y permanente y no solamente cuando se presentasen problemas.

Y se propuso y aprobó además, la intervención de los Representantes de los países afiliados a ICSU en tal revisión. Los Repre-

sentantes de los países revisarían las actividades de PSA, FIP y FID. Se destacó, enseguida los avances logrados por el Programa Internacional Geosfera - Biosfera (IGBP) y se decidió que ICSU participe en los preparativos de la "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo" que tendrá lugar en 1992, aceptando la invitación recibida por la ICSU por parte de la Secretaría General de las Naciones Unidas encargada del Comité General, aceptó también la invitación del Comité de Desarrollo del medio ambiente de las Naciones Unidas (UNCEP), en el sentido de que ICSU actúe como Consejero Científico principal de la organización de la Conferencia. Probablemente, habría antes una Conferencia preparatoria sobre la Ciencia y su status. Finalmente, se hizo énfasis en hacer contactos con las Comunidades Científicas de los países afiliados a ICSU y Miembros de las Ciencias Sociales.

El suscrito intervino para hacer ver la necesidad de apoyo requerida por los países en desarrollo en esta materia. Hubo acuerdo en que la Comunidad Científica Internacional de cada país debe jugar un papel predominante en estas materias, de guía y asesoría a los respectivos Gobiernos.

El Comité General, estuvo también de acuerdo en que se acepte la invitación de las Naciones Unidas, para llevar adelante programas conjuntos financiados por el PNUD en los países en desarrollo.

Cabe recordar al respecto que de acuerdo con lo decidido en la XXII Asamblea General del ICSU, que tuvo lugar en Pekín del 11 al 16 de septiembre de 1988, se hizo énfasis en incluir dentro de la propuesta que se haría al PNUD, el Programa dedicado al Fomento de la Investigación Científica básica o fundamental para el Desarrollo. Tanto en aquella ocasión como en la XXV Reunión del Comité General, en la misma ciudad, varios de los participantes, entre otros el suscrito hicieron énfasis en promover la investigación básica dirigida al avance del conocimiento humano, al desarrollo cultural, y al económico y social así como a la protección del ambiente. Se solicitó al Comité Ejecutivo de la ICSU promover la presentación de propuestas de investigación básica con la colaboración de las Uniones y de los Comités que conforman la ICSU. Se daría especial prioridad a los Proyectos de alto nivel científico, cuyos contenidos se refirieran a prioridades regionales o locales para el desarrollo sostenido. El suscrito, a solicitud de la Mesa Directiva de la Asamblea, expuso su experiencia en la Coordinación Regional del Proyecto de Botánica Amazónica, financiado por el PNUD, en su primera y segunda etapas.

En seguida, se trató sobre la organización de COSTED. Se propuso convertir a este Programa en un mecanismo de asesoría del Comité Ejecutivo de la ICSU sobre asuntos que tengan que ver con el desarrollo, en el sentido más amplio.

A continuación el Comité General se ocupó de la revisión de las actividades de las Uniones, los Comités y de otros Cuerpos Constitutivos de la ICSU. Se aprobó elevar a la categoría de Comité Científico el Comité Especial para la Organización del IGBP. Se decidió dar por terminadas las actividades de SCAP de revisión y fijación de prioridades, cuyas funciones serán asumidas por el Comité General.

En cuanto a las funciones de este Comité, en relación con el estudio de problemas éticos de la Ciencia CEPS, presidido por el Profesor Sir John Kendrew, se decidió que el Comité Ejecutivo se encargue de coordinar directamente estas actividades; así mismo, se informó sobre la realización en Suecia, en 1991, del Congreso Internacional sobre Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia. Ya en la Reunión de Lisboa se había acordado que el ICSU asuma la tarea de plantear problemas particularmente relacionados con la Bioética y el Proyecto sobre el Genoma Humano, problemas que serían tan presentados en este Congreso.

Por otra parte, se recomendó que cada uno de los Miembros del Comité y en general de la ICSU presenten al estudio de las Asambleas de ICSU problemas éticos que considere relevantes.

Más adelante, se decidió que el Servicio de Publicaciones e Imprenta de la ICSU se convierta en un "Comité Permanente" y que el "Comité ad-hoc sobre Desastres Naturales sea elevado a la categoría de "Comité Especial". Así mismo, se informó que el Comité Ejecutivo había creado un grupo ad-hoc para estudiar el Problema del acceso a las informaciones y publicaciones científicas. Se creará también un Comité Asesor que se ocupe del estudio de las interconexiones entre la Ciencia, la Tecnología y la Industria. Este Comité estará formado por personalidades no pertenecientes a la familia de Instituciones ICSU, siguiendo las recomendaciones adoptadas en la Conferencia sobre "International Science and Its Partners", que tuvo lugar en Visegrad, Hungría del 2-5 de mayo de 1990.

Luego, el Comité se dedicó a tratar lo relacionado con la agenda de la Asamblea General XXIII de la ICSU que debería comenzar al día siguiente. Se procedió a nombrar el Comité de Resoluciones y el Comité de Nominaciones de la Asamblea General, al igual que los relatores.

Se acordó celebrar una reunión corta del Comité General, la No. XXVIII, en la noche del día 4 de octubre, con la participación de los nuevos Miembros que resultaron elegidos en la Asamblea. Esta Reunión tendría por objeto elegir los nuevos Miembros Ordinarios representantes del Comité General ante el Comité Ejecutivo de la ICSU. La lista de los Candidatos sería presentada por el Presidente del Comité.

La XXVIII Reunión del Comité general, se llevó a cabo en la fecha y hora previstas y se volvió a ocupar de los métodos de evaluación de los cuerpos que integran la ICSU, por parte del Comité General.

En esta misma reunión No. XXVIII del Comité General se habló del Programa COSTED, el suscrito aprovechó la oportunidad para insistir sobre la necesidad de organizar un Centro Operativo de este Programa para América Latina y el Caribe, y sobre la necesidad de constituir un Comité Regional para orientar las actividades del Centro, en el cual estuvieren representados los países Miembros de ICSU de la región.

Ya desde la Reunión XXVI del Comité General en Lisboa el Secretario Ejecutivo, explicó que el Comité General de ICSU estaba preocupado por lograr la articulación de las actividades de varios cuerpos de la ICSU, relacionadas con los países en desarrollo, para lo cual se contaría con el apoyo financiero del PNUD. Se recordó que COSTED existía desde 1966 y que su misión principal era coordinar las acciones en los países en desarrollo.

La XXVIII Reunión del Comité General, puso particular énfasis en la necesidad de reorganizar el Programa COSTED, con el ob-

jeto de convertirlo en un cuerpo de ayuda eficaz al desarrollo de la investigación científica en los países en desarrollo. El suscrito hizo énfasis en que COSTED debía prestar una ayuda eficaz a los países en desarrollo en materias tales como Enseñanza de la Ciencia y participación en los Programas internacionales de la ICSU, ayuda en la formulación de Proyectos de investigación, en colaboración con varios países, todo en concordancia con lo que se había acordado ya en la Reunión en Lisboa el año pasado.

La Secretaría Ejecutiva recordó el Proyecto de establecer un Centro para la Ciencia, que estaría situado en Trieste y que tendría una organización similar a la del Centro Internacional de Física Teórica que funciona también en dicha ciudad.

Al respecto se mencionaron también las numerosas actividades que desarrolla ICSU, en colaboración con la Academia de Ciencias del Tercer Mundo; tales como: Programas de distribución de Libros y Revistas científicas y el Programa de Conferencias, con participación de prestantes personalidades científicas en el nivel mundial. Para este Programa se cuenta también con la colaboración de UNESCO y el Consejo Científico de la Comunidad Británica.

La XXIII Asamblea General de la ICSU, cuyas reuniones se realizaron entre el 2 y el 5 de octubre, ratificó todas las decisiones del Comité General a las cuales ya se ha hecho referencia en este Informe. Por otra parte, se creó un Comité ad-hoc para que se ocupe de estudiar el "Estado de la Ciencia en la Europa Central y Oriental". Se volvió a destacar los avances del programa IGBP, así como el Programa de Investigaciones sobre el Clima mundial, que trabaja mancomunadamente con el anterior. Se recomendó al Programa COSPAR continuar sus estudios sobre las perturbaciones que implica para la Investigación Científica Espacial, la presencia de fragmentos de naves espaciales en los estudios astronómicos y el Programa de la contaminación de la Base Electromagnética Natural, especialmente se hizo énfasis en la polución por las interferencias que ocasionan las ondas de radio.

Se recomendó, como punto muy especial, estrechar cada vez más y más las relaciones entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales y del Comportamiento.

En cuanto al Programa COSTED, la XXIII Asamblea General de la ICSU aceptó su reorganización y la necesidad de convertirlo en un cuerpo eficaz de coordinación, formulación de políticas y ayuda al proceso de desarrollo con la ayuda de la Ciencia y la Tecnología. El Programa consiste, entre otros, en Becas para la formación de científicos del Tercer Mundo, entrenamiento intensivo de jóvenes del Tercer Mundo en Instituciones de alto nivel científico e intercambio de científicos del Tercer Mundo dentro de su propia región.

Se aprobó también la reorganización del COSTED tanto en lo que se refiere a su Comité Central, como a los Centros Regionales y el fortalecimiento del Secretariado en Madras para lograr la efectiva colaboración de los Programas de la ICSU en los países en desarrollo.

Se acordó aumentar en un 5% a partir de 1992 las cuotas de afiliación a ICSU a los Miembros Nacionales. Se invitó a los países Miembros de la ICSU escoger su nivel de suscripción teniendo en cuenta el Producto Interno Bruto de cada país. Se aceptó acoger como Miembro Asociado a la Asociación de la Ciencia y la Industria, de acuerdo con la filosofía discutida y aprobada en la reunión de Visegrad y el establecimiento de un Comité asesor sobre asuntos Industriales. El Concepto de Socio de ICSU debería extenderse no solamente a la Industria sino a los Gobiernos, a las Asociaciones Intergubernamentales y a otras organizaciones no gubernamentales.

En vista del creciente desinterés por la Ciencia, por parte de las nuevas generaciones, se recomendó poner atención a este punto para adoptar medidas tendientes a solucionar el problema que se alcanza a vislumbrar sobre la insuficiencia de recursos humanos para la Ciencia y la Tecnología en el Siglo XXI.

Por unanimidad y aclamación se acogió a Santiago de Chile, como la sede de la XXIV Asamblea General de ICSU y a Oslo como la sede de la XXIX Reunión del Comité General.

CONSTITUCION DE LA ACADEMIA

JUNTA DIRECTIVA

Período 1990 – 1992

Presidente: LUIS EDUARDO MORA-OSEJO
Vicepresidente: JOSE RAFAEL ARBOLEDA
Secretario: VICTOR ALBIS-GONZALEZ
Tesorero: INES BERNAL DE RAMIREZ
Bibliotecario: CARLOS EDUARDO CALDERON-GOMEZ
Director de la Revista: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

MIEMBROS HONORARIOS

Ancízar Sordo, Jorge — Bogotá
Caro Caycedo, Eduardo — Bogotá
Cuatrecasas, José — Washington
Chapin, Edward — Washington

Federici, Cassa, Carlos — Bogotá
Herkrath Müller, Juan — Bogotá
Reichel-Dolmatoff, Gerardo — Bogotá
Van der Hammen, Thomas — Amsterdam

MIEMBROS DE NUMERO

1. † Jorge Acosta Villaveces
† Eduardo Acevedo Latorre
Eduardo Calderón Gómez
2. † Jorge Alvarez Lleras
Alfonso Tribín Piedrahíta
3. † Antonio María Barriga Villalba
Lorenzo Panizzo Durán
4. † Alberto Borda Tanco
† Hernando Franco Sánchez
Manuel del Llano Buenaventura
5. † José Joaquín Casas
† Julio Carrizosa Valenzuela
Eduardo Caro Cayzedo (H)
Vacante
6. † Hermano Apolinar María
† Víctor E. Caro
Jorge Arias de Greiff
7. † Luis Cuervo Márquez
Daniel Mesa Bernal
8. † Federico Lleras Acosta
† Andrés Soriano Lleras
Gabriel Toro González
9. † Ricardo Lleras Codazzi
Luis Duque Gómez
10. † Rafael Torres Mariño
Hernando Groot Liévano
11. † César Uribe Piedrahíta
Clemente Garavito Baraya
12. † Darío Roza Martínez
Luis Guillermo Durán Solano
13. † Calixto Torres Umaña
† José María Garavito Baraya
Víctor Albis González (E)
14. † Luis María Murillo
† Hermano Daniel González
Vacante
15. † Enrique Pérez Arbeláez
Gerardo Reichel-Dolmatoff (H)
16. † Luis López de Mesa
Luis Eduardo Mora-Osejo
17. † Luis Patiño Camargo
Guillermo Castillo Torres
18. † Daniel Ortega Ricaurte
Alberto Morales Alarcón
19. † Julio Garzón Nieto
† Gustavo Perry Zubieta
Hernando Dueñas Jiménez
20. † Ernesto Osorno Mesa
Luis E. Gaviria Salazar
21. † Armando Dugand G.
Alvaro Fernández Pérez
22. † Alfonso Esguerra Gómez
† Carlos Paéz Pérez
Santiago Díaz-Piedrahita
23. † Jesús Emilio Ramírez
Julio Carrisoza Umaña
24. † Fabio González Tavera
† Antonio Olivares
José Rafael Arboleda C.
25. † Eduardo Lleras Codazzi
† Eduardo Rico Pulido
Carlos E. Acosta A.
26. † Marcelino de Castelví
Sven Zethelius
27. † Manuel J. Casas M.
María Teresa Murillo
28. † Belisario Ruiz Wilches
† Francisco Lleras Lleras
Alvaro Torres Barreto
29. † Guillermo Muñoz Rivas
Vacante
30. *Jorge Ancízar Sordo (H)*
Vacante
31. † Alfredo Bateman
Vacante
32. † Jorge Bejarano
† Gabriel Sanín Villa
Jaime Ayala Ramírez
33. † Luis Augusto Cuervo
† Santiago Triana C.
Gonzalo Correal Urrego
34. † Vicente Pizano Restrepo
Vacante
35. *José Ignacio Ruiz*
36. † Lorenzo Uribe U.
Inés Bernal de Ramírez
37. † Carlos Ortiz Restrepo
Eduardo Brieva Bustillo
38. † Augusto Gast Galvis
José Luis Villaveces Cardoso
39. † Kalman C. Mezey
Vacante
40. *Hernando J. Ordóñez*

MIEMBROS CORRESPONDIENTES ACTIVOS

Arboleda, Luis Carlos — Bogotá
Botero Restrepo, Gilberto — Bogotá
Cadena García, Alberto — Bogotá
Cala Cala, Plutarco — Bogotá
Dussan de Reichel, Alicia — Bogotá
Espinosa, Armando — Popayán
George, Jaime F. — Bogotá
Hernández Camacho, Jorge — Bogotá
Hoenigsberg, Hugo F. — Bogotá
Lesmes Camacho, Jaime — Bogotá
Lozano, José A. — Bogotá
Mójica Corzo, Jairo — Bogotá
Montes de Gómez, Virginia — Bogotá
Muñoz de Hoyos, Paulina — Bogotá

Ospina Hernández, Mariano — Bogotá
Patiño, Víctor Manuel — Cali
Perea Dallos, Margarita — Bogotá
Pérez, Gerardo — Bogotá
Poveda Ramos, Gabriel — Medellín
Posada, Eduardo — Bogotá
Quijano Rico, Marco — Bogotá
Quintero Quintero, Josue — Bogotá
Reynolds Pombo, Jorge — Bogotá
Rivera Umaña, Augusto — Bogotá
Rodríguez Murcia, Humberto — Bogotá
Shuk Erdos, Tomás — Bogotá
Vasco Uribe, Carlos E. — Bogotá
Wasserman Lerner, Moisés — Bogotá

MIEMBROS CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS

ARGENTINA

Cernuschi, Félix
Sahade, Jorge — Buenos Aires

ALEMANIA

Menshel, David — Clausthal-Zellerfeld
Wielhelmy, Herbert. — Tübingen
Schnetter, Reinhard — Giessen
Weber, Hans — Mains
Sturm, Helmut — Hildesheim

AUSTRIA

Flamm, Dieter — Institut für Theoretische Physic,
Viena
Scheidegger, Adrian — Institut für Theoretische
Geodäsie und Geophysik. Viena.

CHILE

Garaventa, Agustín — Av. República, No. 140,
Limache
Porter, Carlos E. Universidad de Chile

ECUADOR

Acosta Solís, Misael — Quito
León, Luis A. — Quito

ESPAÑA

Fernández de Soto Morales, Fernando — Madrid
Lora Tamayo, Manuel — Madrid
Yelamos Romera, Francisco — Cádiz
Torroja Menéndez, José María — Madrid

ESTADOS UNIDOS

Bockus, H.L. — Philadelphia
Case, James, E. — Corpus Christi, Texas
Jordan, Joseph Eller — New York
Schultes, Richard Evans — Cambridge, Mass

FRANCIA

Escande, L. Institut National Polytechnique,
Toulouse

Laurent, Jean — Laboratoire Central d'Hydraulique
Lourteig, Alicia — Muséum National d'Histoire
Naturelle Laboratoire de Phanerogamie, Paris.
Schwartz, Laurent — Institut Henri Poincaré, Paris
Tricart, Jean — Centre de Géographie Appliquée
Estrasburgo

HOLANDA

Cleef, Antoine M. — Amsterdam

ITALIA

Asquini, Alberto — Centro de Estudios Americanos,
Roma.
Fenaroli, Luigi — Bergamo
Gino, Conrado — Centro de Estudios Americanos,
Roma
Ivaldi, Gustavo — Instituto Italiano de Química,
Génova
Matzeu, Giusto — Instituto "Aldredo Oriani",
Milán.
Severi, Francesco — Centro de Estudios
Americanos, Roma

MEXICO

Balme, Juan — México, D.F.
Beltrán, Enrique — Sociedad Mexicana de Historia
Natural, México, D.F.
Guzmán Huerta, Gastón — Escuela Nacional de
Ciencias Biológicas, México, D.F.
Mehl, David — Ave. 7 No. 297, Fraccionamiento,
México, D.F.

PERU

Tola Pasquel, José — Lima
Pulgar Vidal, Javier — Lima

SUECIA

Wassén, Henry S. — Gotemburgo