

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XVII

DICIEMBRE DE 1990

NUMERO 67

PATRONO DE LA ACADEMIA:
SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUBLICA
DR. CESAR GAVIRIA TRUJILLO

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

SUMARIO

	Págs.		Págs.
Nota Editorial	625	Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las familias de peces de agua dulce de Colombia por <i>Plutarco Cala</i>	725
Trabajos Académicos		Aspectos del mecanismo de defensa de las plantas por <i>Virginia Montes de Gómez</i>	741
Miscelánea sobre Flora Neotrópica V. Algunas novedades en <i>Ilex</i> por <i>José Cuatrecasas</i>	631	Contribuciones	
Apuntamientos para la historia del Depto. de Biología U. Nal. por <i>Luis Eduardo Mora Osejo</i>	637	Actividad eléctrica cardíaca en huevos y alevines de trucha (<i>Salmo gairdneri</i>) por <i>Jorge Reynolds, F. Trujillo, M. Prieto, R. Rosado, E. Ruiz y J. León</i>	749
Acerca de la validez de dos nombres de asteráceas colombianas y de su correcta tipificación por <i>Santiago Díaz-Piedrahíta</i>	645	Análisis de la génesis mineral en Colombia por <i>Jaime Galvis V.</i>	753
Observaciones sobre aspectos fisiológicos, comportamiento y muda en rapaces colombianas por <i>Alvaro Torres Barreto</i>	649	Magnoliaceae nativas de Venezuela por <i>Gustavo Lozano C.</i>	779
El género <i>Aequatorium</i> Nord. (Senecioneae-Asteraceae) en Colombia por <i>Santiago Díaz-Piedrahíta y José Cuatrecasas</i>	659	Nueva especie de <i>Solanum</i> de Colombia por <i>Rafael Castillo P.</i>	783
Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (Espeletiinae-Asteraceae) y los animales por <i>Helmut Sturm</i>	667	Lavoisier y la Química del siglo XVIII por <i>Luis Eugenio Andrade</i>	785
Nuevas especies colombianas de <i>Pentacalia</i> (Senecioneae-Asteraceae) por <i>Santiago Díaz-Piedrahíta y José Cuatrecasas</i>	687	Estudios taxonómicos, ontogenéticos, ecológicos y etológicos en ostrácodos de agua dulce de Colombia VI por <i>Ewald W. Roessler</i>	795
El problema de la alimentación autóctona en América Ecuatorial por <i>Javier Pulgar Vidal</i>	691	Are we Condemned to be crushed by the information overload? by <i>Eduardo A. Castro</i>	805
Una aplicación de los grupos de simetría a la confirmación de períodos y subperíodos estilísticos en la cerámica de la región central de Panamá por <i>Victor Albis-González y José A. Valencia O.</i>	703	Informe de Secretaría	811
Los cromosomas politénicos de <i>Simulium furcillatum</i> (Diptera-Simuliidae) Chisacá, Cundinamarca, Colombia por <i>Jairo Campos G. y Paulina Muñoz de Hoyos</i>	715	Notas del Director	815
		Índice del Volumen XVII	821
		Constitución de la Academia	827



MISCELANEA SOBRE FLORA NEOTROPICA V. ALGUNAS NOVEDADES EN *ILEX*

por

José Cuatrecasas*

Resumen

Cuatrecasas, J.: Miscelánea sobre Flora Neotrópica. V. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 631-635, 1990. ISSN. 0370-3908.

Se describen y comentan dos especies nuevas de *Ilex* de Colombia y una variedad de Venezuela.

Abstract

Two new species of *Ilex* from Colombia and a new variety from Venezuela are described and discussed.

Palabras clave: *Ilex*, Aquifoliaceae, Colombia, Venezuela.

Durante mis estudios en el género *Ilex*, detecté varias especies probablemente indescritas, dos de ellas colombianas, una de las cuales se logró dibujar ya 20 años atrás; otra ilustración se hizo recientemente de una interesante especie venezolana. Las dos láminas, bastante ilustrativas y las tres especies se publican aquí. Las dos especies colombianas se dan como nuevas, la planta venezolana como variedad. Agradezco la colaboración de las artistas Gesina B. Threlkeld y de Laurie Klingensmith por la correcta interpretación de las estructuras representadas.

Ilex jaramillana Cuatr. sp. nov.

Fig. 1

Arbor ad 6 m alta. Rami terminales dense foliosi, sulcati angulosi brunneo-virides, aspectu glabri sed saepe minutissimis pilis albis adpressis vel subadpressis sparsis muniti; adultis glabris rugulosis tuberculato-cicatricosis.

Folia crasse rigideque coriacea fere fragilia, alterna breviter petiolata. Lamina elliptica utrinque rotundata vel obtusa, 4–9 x 2.5–4.5 cm, margine plus minusve obtuse crenata; adaxialiter fere laevis minutissime papillata resinosa, juvenilis viridis subtiliter sparseque pilosula, pilis minutis hyalinis vel albis adpressis fere inconspicuis, adulta plerumque glabra, nervis signatis etsi immersis; abaxialiter costa prominenti brunnescenti plus minusve minutipilosa, reliqua superficie pallida, copiose punctata, saltem adulta glabrata, nervis secundariis 8–12 utroque latere prominulis subpatentibus prope marginem curvatis anastomosantibus, nervis tertiis transversis et minoribus obtuse prominulis laxissimeque reticulatis. Petiolus crassus plerumque 2–4 mm longus.

Flores breviter pedicellati, singuli in axillis foliorum ramorum juvenilium, hexameri actinomorphi, in specimine functionale feminei. Pedicelli crassi rigidi angulati 2–6 mm longus, sparse subadpresse pilosuli pilis minutis albis, ad subapicem bracteolis 2 oppositis ovatis acutis crassiusculis rigidis

* Department of Botany, Smithsonian Institution, Washington, D. C.

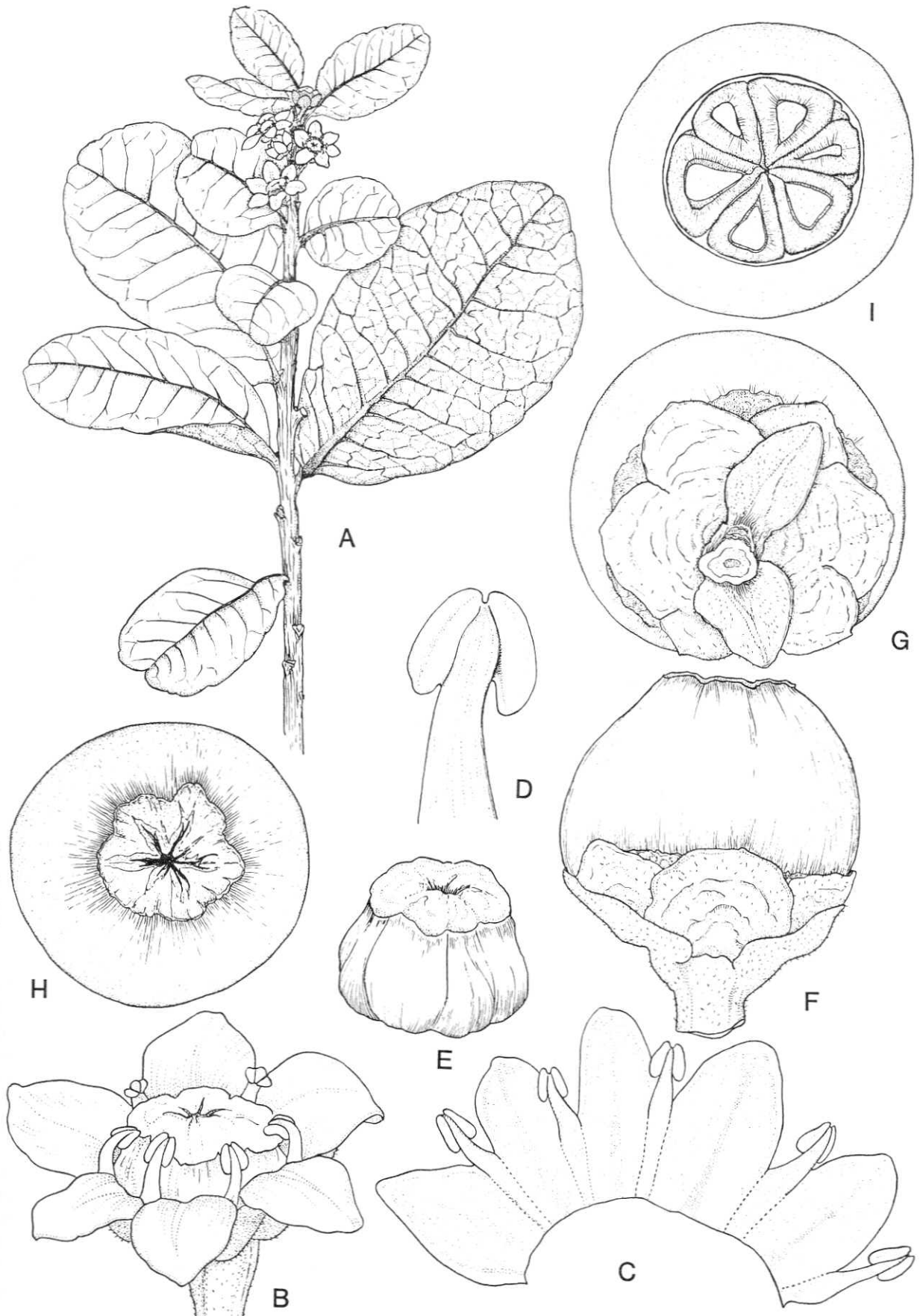


FIGURA 1

Ilex jaramillana Cuatr. A, rama terminal con hojas y flores; B, flor femenina en antésis; C, corola abierta con los estaminodios; D, estaminodio; E, ovario; F, fruto visto de lado; G, fruto con el cáliz persistente y dos bracteolas; H, fruto visto por el ápice; I, sección del fruto (drupa) notándose la forma en sección de los endocarpos. A–E, de Jaramillo & Hernández 833; F–I, de Jaramillo & Hernández 859.

4–5 x 2.5–3 mm, aspectu glabris sed sparse subad-
presse pilosis. Calyx cupularis 7–8 mm diam. viri-
dis vel purpurascenti maculatus, praefloratione
quincuncialis. Sepala 6 fere libera, crassiuscula rigi-
daque subcorbicularia margine fere integra, extero-
ra 4–4.5 mm longa, 5–6 mm lata, interiora 4–3.5
x 4.5–4 mm, extus margineque pilosiuscula pilis
hyalinis vel albis acutis 0.1–0.05 mm longis sparsis
adpressisque munita.

Corola hexamera crassiuscula alba, rotata ca.
15 mm diam, 7–7.5 mm longa; tubo rigido glabro
2–2.5 mm alto; lobis ovatis obtusis margine inte-
gra, 3.5–4.5 x 3.5–4 mm, sparsis pilis minutissimis
acutis et copiosis papillis obtusis aspectu velutino.

Staminodia 6, filamentis 5–5.5 mm longis
bene evolutis crassiusculis, inferne cum tubo coro-
lino coalescentibus, reliquis liberis erectis; antheris
cordato-bilobatis 1.2–1.5 mm longis et latis sterilia
non pollinifera.

Ovarium cylindraceum vel subpyriforme ca.
6 mm altum, 7–8 mm diam., obscure 6–sulcatum
glabrum, 6–locis uniovulatis, ovulis anatropis pen-
dulis. Stigma clypeatum 5–6 mm latum, leviter sul-
catum et lobatum, ad ovarium adpressum.

Fructus subglobosus 12–14 mm diam. peri-
carpio crasso, endocarpio six nuculis coriaceis mo-
nospermis instructo. Semina oblonga utrinque acu-
ta vel subacuta, rubro-brunneo—4 x 1.2 mm.

Typus: COLOMBIA, Boyacá: Soatá, carrete-
ra a Onzaga, Hoya de la Quebrada San Antonio,
bosque esclerofilo (*Quercetum lindenii*), 3400 m
alt. Hojas rígidas, frágiles, cáliz purpurino, pétalos
y estambres blancos, ovario verde claro, en borde
de bosque, esporádico, 3 Ag. 1958, *Jaramillo-Mejía*,
Hernández Camacho & Van der Hammen 833 (US,
holotypus; COL, isotypus). Same locality, 305 m
nom. vulg. "carniasado"; árbol 5–6 m, tronco 0.10
m diam., madera blanca, dura, frutos inmaturos
subglobosos verde claros, muy esparcido en el bos-
que, 4 Ag. 1958, *Jaramillo-Mejía*, *Hernández-
Camacho & Van der Hammen 859* (fructus) paraty-
pus COL, US.

Ilex jaramillana, difiere de las especies colom-
bianas que más o menos se le asemejan (*I. nervosa*
Tr. & Pl., *I. pernervata* Cuatr., *I. crassifolia* HBK...) por tener las hojas un pecíolo muy corto y grueso, aparentando ser casi sésiles; también las flores son casi sésiles, pues carecen de pedúnculo y tienen un pedicelo corto y grueso, siendo solitarias en las axilas de las hojas superiores, hornotinas. Las flores son también mayores que en las otras especies. Por otra parte las hojas que son crasiúsculas, ± crenadas y nervudas, son bastante mayores que las de otras especies que se pudieran atribuirle, p. ej. *I. sessiliflora* Tr. & Pl. de la cual no se sabe como son las flores, pero las hojas sí, son mucho menores, enteras y con nerviación obsoleta en su envés.

Ilex magnifolia Cuatr. n. sp.

Frutex reclinatus (epiphyticus?) divaricato—
ramosus. Rami foliiferi patuli robusti angulati dis-
taliter ancipitati, pallide ochraceo-virides lenticellati
glabri.

Folia cartilaginea rigida petiolata alterna gla-
berrima. Petiolus crassus robustus supra sulcatus,
glaber, 1.5–2.5 cm longus. Lamina ampla 16–23
cm longa, 13–19 cm lata, late elliptica ovalis vel
obovata, in specimine apice retusa, margine visu in-
tegra sed subtiliter repando-serrata, dentibus minu-
tis antrorsis acutissimis; adaxialiter saturate viridis
subnitida leniter bullata, nervatione principali laxa
impressa, venulis prominulis laxe reticulatis; aba-
xialiter pallens copiose rubescenti-punctata, costa
valde prominenti striataque, nervis secundariis 6–9
utroque latere prominentibus angulo deviationis
50–60°, curvo-ascendentibus prope marginem ar-
cuato-anastomosatis, nervis inter secundarios paulo
minoribus et brevioribus 3–5, nervis tertiis trans-
versis prominentibus paucis remotisque, venulis pro-
minulis laxissime reticulatis fere obsoletis.

Inflorescentiae creberrimae fasciculatae ad
modum umbellatae, ad tuberculos copiosis in ramis
exfoliatis. Singula inflorescentia cyma unica 3–1
flores ferens, pendunculo capillari gracili 12–20
mm longo ebracteato vel 1–2 bracteolis minusculis
acutis paene obsoletis, pedicelli singulis floris 1–2
mm longi, rariter floribus (2–3) sessilibus ad api-
cem pedunculi, plerumque florem solitariam ferens.
Bracteolae pedunculos subtendentes, triangulatis
acutis ad 1.5 mm longis.

Alabastra 1.5–2 mm, globosa glabra. Flores
masculi tetrameri, glabri, ad anthesim 5–6 mm dia-
metro. Calyx 4 sepalis basi brevissime coalitis, lae-
teviridibus 0–8 mm longis, 1 mm latis ovatis acutis;
calyx explanatus 2–2.2 mm latus.

Corolla alba bene apperta 4.5–5 (–6) mm am-
pla, 4 petalis fere liberis, ad basim tantum 0.05–
0.1 mm coalitis. Petala membranacea, firma parum
recurva in anthesis, 2.8–3 x 1.5–1.7 mm, elliptica
apice rotundata vel obtusa, glabra sed adaxialiter
minute papillosa, margine integra.

Stamina 4 fertilia, filamentis brevibus crassius-
culis glabris, antheris ellipticis 1 mm longis, grana
pollinis crebra ochroleuca. Ovarium ca. 1 mm dia-
metro velutinum distaliter obtuse pyramidatum 8–
angulatum apice acutum exstigmatosum exovula-
tum, sterile.

Baccae parvae globosae albae, (non vidi).

Typus: COLOMBIA, Valle: Alto Yunda, Río
Anchicayá, 1000 m. alt. Infrequent epiphyte to
8 m. with showy masses of white flowers 5–7 mm
in diameter and small white berries, fl. in Apr., fr. in
June; April 1973, *Steve Hilty AX-23*. (US, holo-
typus).

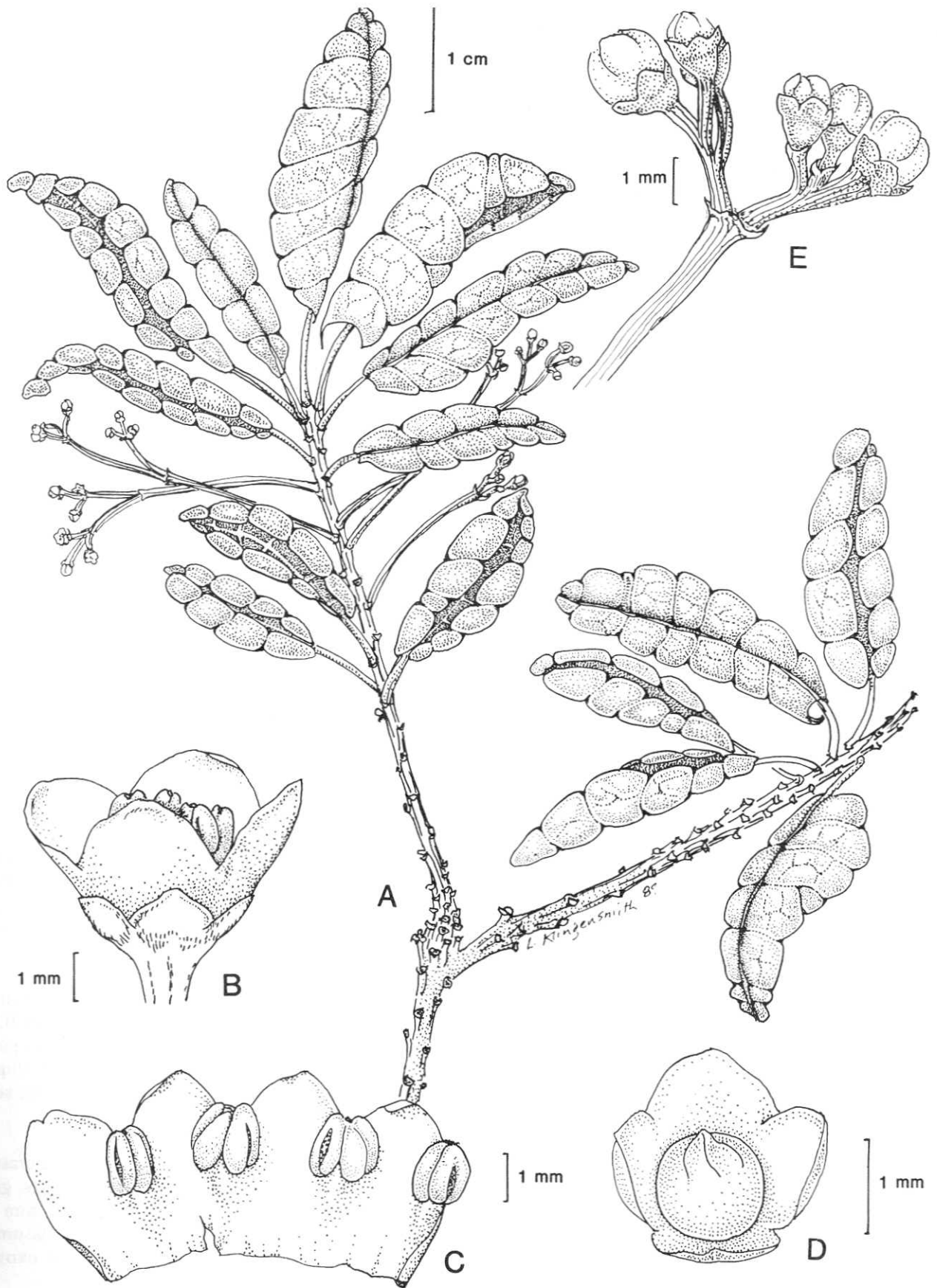


FIGURA 2

Ilex truxillensis var. *bullatissima* Cuatr. A, Rama hojosa con inflorescencias masculinas; B, flor masculina; C, detalle de la flor masculina; D, ovario estéril; E, detalle de la inflorescencia. De Cuatrecasas et al. 28209.

Interesante especie, llamativa no sólo por las ramas profusamente florecidas y luego cargadas de bayas blancas, sino por el tamaño de las hojas, que sobrepasa el corriente en un género tan rico en especies como es *Ilex*. Sus hojas grandes anchas alrededor de un palmo, le dan frondosidad y distinción en el género. Las inflorescencias sencillas acumuladas en densos haces que cubren las ramas, son otra característica que sí poseen otras especies colombianas, pero ésta difiere en detalles de color, tamaño y estructura. En *Ilex magnifolia* las inflorescencias (pedúnculos) nacen de unas pequeñas proyecciones tuberculiformes en las ramas. Estos aparentes tubérculos son ramas fértiles perennes, que producen flores en cada período. Esto hace que sean gruesos y compactos. En un caso raro he observado que la proyección fértil o "tubérculo", se alarga formando una ramita de unos 10 mm de longitud, densamente florecida a lo largo. Además en esta especie se presentan domacios glandulares en las axilas de algunos nervios principales en el envés.

Ilex truxillensis Turcz. var. *bullatissima* Cuatr, var. nov. Fig. 2

Arbor 5—8 m alta ramis ultimis striato-angulatis tuberculato cicatricosis griseis conferte foliosis. Folia alterna coriacea rigidissima glaberrima petiolata. Petiolus 4—7 mm longus robustiusculus angulatus adaxialiter sulcatus. Lamina cum marginibus totis revolutis bullatissima, visu oblonga obtusaque 2.5—4.5 x 0.8—1.4 cm, sed complanata elliptica 2—3.5 lata, adaxialiter olivaceo viridis, costa valde depressa nervis secundariis 6—8 utroque latere valde impressis, superficie inter nervos bullata, abaxialiter pallidissima costa eminenti robustaque, nervis lateralibus elevatis, utrinque sparse glanduloso-punctata, margine leviter obtuseque crenata.

Inflorescentiae cymosae axillares vel extraxillares, quam foliis breviores vel attingentes, 3—9 flores ferentes. Axis gracilis angulatus 2—4 cm longus,

glaber vel minutissimis (0.05 mm) pilis acutis hyalinis resiniferis sparsis munitus, superficie lucidula glandulosa, parte proximale 1—2.5 cm longo (pedunculo) ebracteato integro sed ad apicem 1—3 cymulas triflores efferens. Pedicelli angulati glabri 2—5 mm longi. Bracteae virides triangulares acutissimae glabrae 1—1.5 mm longae.

Alabastra ellipsoideo-globosa 2.5—3 mm longa glabra. Flores tetrameri, masculi tantum adsunt. Calix 1.5 mm altus glaber crassiusculus, basi integer superne 4 lobis triangularibus marginibus undulatis 1 x 1.8 mm. Corolla alba 4.2—4.5 mm longa crassiuscula glabra, tubo 1.8 mm long, 4 lobulis late ellipticis vel suborbicularibus apice rotundatis vel obtusis 2.5 mm long, 3—3.2 mm. latis. Stamina 4, filamentis cum corolla coalitis parte libera 0.6—0.7 mm. Antherae dorsale affixae, late ellipticae grisei-nigricantes 1.5 mm longae crassae. Grana pollinis crebra pallide ochracea. Ovarium sterile 1.5 x 1 mm subrotundum apice conico cum 4 nonstigmaticis projecturis. Fructus globosus 5 mm, glaber laevis, ad apicem disco stigmatico cum 4 sulcis radialis. Semina 4 triangularia oblonga dorsaliter convexa immatura.

Typus: VENEZUELA, Lara: Páramo del Jabón, 3100—3400 m. eastern slope, tree, leaves coriaceous, bullate, shining green. Corolla white "tostadito", 2 Nov. 1969, collect. Cuatrecasas, Ruiz-Terán & López-Figueiras 28209 (holotypus US; isotypus MERF).

Esta variedad, colectada en una estación relativamente muy xerofítica, es remarcable y distinta de *I. truxillensis* típica especialmente por presentar las hojas completamente revolutas por ambos lados, cubriendo el envés, y simulando ser más estrechas y oblongas de lo que es su extensión real. Las hojas son menores que las del tipo de la especie, habiendo también algunas diferencias de menor cuantía en cuanto a las inflorescencias.

APUNTAMIENTOS PARA LA HISTORIA DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA Y DEL INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

por

Luis Eduardo Mora Osejo*

Resumen

Mora-Osejo, L.E.: Apuntamientos para la historia del Departamento de Biología y del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 637-644, 1990. ISSN 0370-3908.

Se proporciona información relativa al origen y desarrollo tanto del Departamento como de la Carrera de Biología en la Universidad Nacional de Colombia, sede de Bogotá.

En julio de 1960, un grupo de profesores de la Universidad Nacional adscritos, unos al Instituto de Ciencias Naturales, otros a la Facultad de Medicina y otros a la Facultad de Farmacia, se pusieron de acuerdo para dictar un curso de Biología General a estudiantes del 2o. Semestre de las Carreras de Agronomía, Veterinaria, Psicología, entre otras. El establecimiento de este curso fue propuesto por el propio Rector de entonces, Mario Laserna Pinzón, quien designó como coordinador del mismo a Don Roberto Galán Ponce, Profesor de Biología de la Universidad de Los Andes. Como catedráticos intervinimos, entre otros, los Profesores Federico von Medem, Jesús M. Idróbo, Toribio Flórez, José Luis Galvis y Luis Eduardo Mora Osejo. Las bacteriólogas Bertha de Gutiérrez, Eucaris de Pinzón, Luz Peláez, Nidia Marthe y Lucy de Castillo se desempeñaron como asistentes.

Los temas que componían el Programa del curso, de acuerdo con la Metodología acordada, se exponían no desde el punto de vista de su aplicabilidad en las diferentes Profesiones, como era lo tradi-

cional, sino de la unidad de los fenómenos biológicos, así ocurran en microorganismos, plantas o animales. Se trataba de llevar a la práctica la idea de que grupos de profesores experimentados y especializados en una disciplina determinada, desarrollarían conjuntamente un curso para un numeroso grupo de estudiantes, pertenecientes a carreras diferentes: es decir, el principio de la departamentalización.

Pero esta innovación, salvo el Instituto de Ciencias Naturales, no habría de perdurar mucho tiempo en la Universidad. Pronto se volvió a la vieja costumbre de que cada Facultad ofreciera su curso propio de introducción a la Biología. Sin embargo, en el Instituto de Ciencias Naturales, diversas circunstancias determinaron la supervivencia de esta modalidad de la enseñanza de la Biología General. Entre tales circunstancias, sobresalen las siguientes:

Adscripción en 1960 del Ciclo Básico de la Carrera de Agronomía — Bogotá al Instituto de Ciencias Naturales; apertura de la Carrera de Ciencias Naturales en el Instituto del mismo nombre, en febrero de 1959; traslado de la Carrera de Geología al Instituto de Ciencias Naturales (1958); restablecimiento de la Facultad de Ciencias de la Educación en la Universidad Nacional, con sede en el antiguo edificio del Instituto de Ciencias Naturales.

* Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Profesor Titular del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia. Maestro Universitario. Universidad Nacional.

El establecimiento de la Carrera de Ciencias Naturales, exigía la disponibilidad de personal docente, instalaciones y equipos para la enseñanza de las disciplinas biológicas generales tales como: Fisiología, Morfología, Genética, Ecología y el establecimiento de condiciones propicias para el desarrollo científico de estas disciplinas en la Universidad Nacional, sede de Bogotá. En consecuencia, se propuso al Director del Instituto de Ciencias Naturales, de ese entonces, doctor José Pablo Leyva, el establecimiento de un Departamento Central de Biología de la Universidad Nacional, en el cual se concentrarían los Profesores que enseñaban asignaturas relacionadas con esta ciencia en las diferentes Facultades por entonces existentes.

Por carencia de planta física y laboratorios suficientes se acogió solamente de manera limitada esta propuesta y se estableció un Departamento interno de Biología, dentro del Instituto de Ciencias Naturales, con el cometido de organizar y ofrecer la enseñanza de las disciplinas biológicas a las carreras que funcionaban en el Instituto de Ciencias Naturales, en ese momento. Para guiar el funcionamiento del Ciclo Básico de Agronomía—Bogotá, a propuesta del Director, doctor José Pablo Leyva, el Consejo Directivo del Instituto, designó al Profesor Luis Eduardo Mora-Osejo (Acta 25, 3 de diciembre de 1960).

La enseñanza de la Botánica General, Zoología General, Sistemática Vegetal, Sistemática Animal, Biogeografía, Paleontología, Geología, entre otras asignaturas de la Carrera de Ciencias Naturales, estuvo a cargo de Profesores de planta del Instituto de Ciencias Naturales, adscritos a sus diferentes Departamentos internos, entre otros: Dr. h. c. Hernando García-Barriga, Profesor Jorge Hernández Camacho, Dr. Carlos Páez Pérez, Dr. rer. nat. Luis Eduardo Mora-Osejo, Dr. Carlos Eduardo Acosta, Ing. Agr. Carlos Saravia, Luis Alfredo Camargo, M. Sc., Gustavo Huertas, M. Sc. Al frente de las cátedras de Genética, Fisiología Vegetal, Paleontología, Microbiología, Cartografía, se desempeñaron bajo la modalidad "hora clase", los Profesores: Sahara de Newball, M. Sc., Marco Perdomo, Ph. D., Jaime De Porta, Ph. D., Profesor Guillermo Muñoz Rivas, y Don José Patiño, respectivamente.

La docencia para la Carrera de Ciencias Naturales, de las asignaturas básicas complementarias: Matemáticas y Química, estuvo a cargo de los profesores de las Facultades de Matemáticas y de Química, respectivamente; la de Física, del por entonces recientemente creado Departamento de Física y la de Idiomas del Departamento de Idiomas de la Universidad Nacional.

En octubre de 1961, el autor de este artículo se trasladó a Pasto, llamado a ocupar la Decanatura de la Facultad de Ciencias Agrícolas y para remplazarlo en la Jefatura del Departamento de Biología del Instituto de Ciencias Naturales, fue designado

el Profesor Titular de la Facultad de Medicina, Dr. med. Claudio Sánchez.

Simultáneamente, con el doctor Sánchez, se vincularon al Instituto de Ciencias Naturales, como Profesor Asistente, el Dr. med. Toribio Flórez Cossio, también Profesor de la Facultad de Medicina y los bacteriólogos Pedro Ruiz C., Horts Schimmer y Alberto Abouchaar, en calidad de Jefes de Trabajo.

Con la vinculación de las personas mencionadas creció el grupo de Profesores encargados de la docencia de Biología General, asignatura que volvió a ofrecerse de manera integrada a las Carreras de Ciencias Naturales, Geología, Agronomía, Licenciatura en Educación, Biología y Química. Ya en 1962, fue necesario ampliar nuevamente el personal docente auxiliar con la vinculación de los bacteriólogos Gabriel Turriago, Néstor Gustavo Sarmiento, Dilia de Boada, Socorro Dorado, Cecilia Alvarado, Concha de Hoyos, Margarita Romero, Lilia de Gómez y la Química-farmacéuta Constanza Rubiano. En 1963 se vinculó Eucaris de Pinzón, que había ingresado al servicio docente de la Universidad en 1960 y se había retirado en 1962, junto con Bertha de Gutiérrez y Nidia Marthe.

A la muerte inesperada del por ese entonces Director, Dr. med. José Pablo Leyva, el 6 de agosto de 1962, el Instituto de Ciencias Naturales estaba conformado por los Departamentos de Botánica, Zoología, Geología y Biología y administraba las Carreras de Ciencias Naturales, Geología y el Ciclo Básico de la Carrera de Agronomía. En su sede funcionaba además la Facultad de Ciencias de la Educación. Este inusitado incremento de programas en el término de tres años, sumado a las circunstancias de la desaparición del Director Leyva, condujo a la inestabilidad y a la crisis.

Mediante Acuerdo No. 48 del Consejo Académico, Acta 25, del 2 de julio de 1963, se desprenden del Instituto de Ciencias Naturales, bajo el status de nuevas Facultades, Geología y Agronomía. Posteriormente Agronomía (1965), tal como había ya ocurrido con Ciencias de la Educación, se instaló en edificio independiente. Geología continuó funcionando en la antigua sede del Instituto de Ciencias Naturales hasta 1972, cuando se alojó en la hasta entonces sede de la Facultad de Farmacia, construida en 1937—38, como sede del Instituto Botánico y primer edificio de la Ciudad Universitaria. En este mismo Acuerdo se decidió trasladar el Departamento de Biología del Instituto, creado en 1960, a la Facultad de Medicina. La vigencia de esta última medida perduró hasta abril de 1965, cuando se restablece la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

En el Artículo 4 del mismo acuerdo 48 de 1963, se dispone que el antiguo Instituto de Ciencias Naturales pase a depender directamente de la

Rectoría, a manera de una Sección y se suprime la Carrera de Ciencias Naturales. Con esta última medida se pretendió borrar de un sólo tajo los esfuerzos realizados desde 1958, dirigidos a establecer la Carrera de Ciencias Naturales, con el objetivo de formar nuevas promociones de investigadores y docentes en estas disciplinas.

Pero la carrera de Ciencias Naturales había echado ya hondas raíces y el proceso de su consolidación era prácticamente irreversible. Pronto los profesores que habíamos colaborado en la fundación y luego en la docencia, junto con los estudiantes de la carrera, nos dirigimos al Consejo Académico y manifestamos nuestra inconformidad con la decisión de suprimir la Carrera de Ciencias Naturales, en cuanto ello significaba un paso atrás en el proceso de avance de las Ciencias Naturales en el País y un desconocimiento de los esfuerzos realizados a lo largo de 5 años.

La carrera de Ciencias Naturales se había iniciado en febrero de 1959. El Director José Pablo Leyva, desde cuando se posesionó del cargo, a comienzos de 1958, intuyó claramente la necesidad de establecer estos estudios, como se desprende de su informe a la Conciliatura sobre la situación del Instituto. Ya en 1958 se estudiaron varias propuestas de Plan de Estudios para la Carrera, elaborados por Profesores del Instituto. Durante 1959 y 1960 continúa el estudio del Pénsum y finalmente en 1961 el Consejo Directivo acogió el proyecto por mí presentado el cual contemplaba un ciclo básico de tres años, común para todos los estudiantes y dos años de diversificación en los campos de la Botánica y de la Zoología. Para optar al título de Botánico o de Zoólogo, los estudiantes debían además elaborar una tesis. Esta estructura del pensum operó para las promociones de estudiantes que ingresaron a la Carrera a partir de 1959, hasta 1963, inclusive. Mediante los Acuerdos del Consejo Superior No. 24, del 11 de febrero y No. 61 de mayo 26 de 1965 se le introducen algunas modificaciones.

En 1965, en desarrollo de la política de la Integración Académica y la Departamentalización de la Universidad Nacional, promovida por el Rector de ese entonces Dr. med. José Félix Patiño Restrepo, se creó la Facultad de Ciencias. Paralelamente al desarrollo de esta política académica, el Rector Patiño llevó a cabo un vasto plan de nuevas construcciones que duplicó la planta física de la Ciudad Universitaria y que dio solución al problema de insuficiencia de espacios, surgido a raíz del crecimiento del Instituto de Ciencias Naturales, arriba descrito.

Dentro de la nueva Facultad de Ciencias se integraron los Departamentos de Matemáticas, Física, Química, Farmacia, Geología, el Instituto de Ciencias Naturales y el Observatorio Astronómico.

El restablecimiento de la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional recogió la inquietud de

un amplio núcleo de Profesores, algunos de ellos exalumnos de la Facultad de Ciencias, creada bajo la Rectoría de Gerardo Molina, en 1946 y que funcionó hasta 1958, con las líneas de Matemáticas, Geología y Ciencias Naturales. Al respecto cabe también destacar que ya los fundadores de la Universidad Nacional en 1867, previeron la necesidad de establecer junto con las Facultades para las profesiones liberales, la Facultad de Ciencias. Esta facultad se fusionó luego con la de Medicina, mediante Decreto 167 del 7 de marzo de 1881, bajo el nombre de Escuela de Medicina y Ciencias Naturales. En esta escuela se impartió enseñanza de Ciencias Naturales y varios de los alumnos culminaron sus estudios; se extinguió hacia 1886.

Según lo dispuesto en el Acuerdo No. 61 de 1965, orgánico de la Facultad de Ciencias, el Instituto de Ciencias Naturales quedó integrado a la nueva Facultad bajo el nombre de Departamento de Biología (Instituto de Ciencias Naturales).

A raíz del establecimiento del nuevo Departamento de Biología, las directivas de la Universidad Nacional, por intermedio del Vice-rector de ese entonces, Dr. Enrique Vargas Ramírez, me propusieron volver a Bogotá y asumir la Dirección. Acepté el nombramiento, me posesioné del cargo el 10 de julio de 1965 y permanecí allí hasta el 19 de julio de 1970.

La tarea por cumplir al frente de la Dirección era compleja. Por un lado, los profesores Investigadores de las Secciones del Instituto de Ciencias no estaban de acuerdo con la inclusión del antiguo Instituto dentro del Departamento de Biología y menos aún con que el nombre tradicional figurara entre paréntesis, según lo dispuesto por el Acuerdo 61. Argüían que el Instituto debería volver a sus tareas tradicionales y no estaban de acuerdo en que se les involucrara cada vez más en actividades docentes, en detrimento del tiempo dedicado a las labores investigativas que necesariamente tenían que cumplir en desarrollo del Programa inicial aprobado en 1940. Como Director concreté mi acción en cuatro objetivos que parecían igualmente prioritarios y significativos: a) crear las bases y condiciones para la consolidación del Departamento de Biología, sin menoscabo de los programas tradicionales del Instituto de Ciencias Naturales, los cuales debían fortalecerse y ampliarse, en la medida de las posibilidades; b) reestablecer, inmediatamente, la carrera de Ciencias Naturales, bajo el nombre de Carrera de Biología; c) obtener de parte de las directivas de la Facultad de Ciencias y de la Universidad el apoyo necesario para llevar adelante estos programas; d) resolver definitivamente el problema de la inadecuación y estrechez de la planta física.

Cabe destacar que la formación de nuevos profesionales en el campo de la Taxonomía de hecho era indispensable para asegurar la supervivencia del Instituto de Ciencias Naturales y desde luego, de sus programas tradicionales.

El cumplimiento del primer objetivo implicaba necesariamente proponer la modificación de la estructura académica del Departamento de Biología impulsada por el grupo de planeación que asesoraba por ese entonces al Rector Patiño. Las Secciones establecidas en el acuerdo orgánico de la Facultad de Ciencias (Acuerdo No. 61, 1965) eran las siguientes: Botánica, Zoología, Biología General y Microbiología. Esta estructura implicaba fundir totalmente el Instituto antiguo con el nuevo Departamento y borrar la individualidad del primero que ya gozaba de consolidado prestigio, tanto dentro como fuera del país. Por otra parte, la mencionada estructura no creaba con la necesaria nitidez el espacio institucional requerido para el desarrollo de las disciplinas biológico-experimentales: Genética, Fisiología, Ecología, Morfología, de cuyo desarrollo dependería la consolidación del Departamento de Biología. Además se pensó que el establecimiento de las Secciones Académicas para las disciplinas mencionadas daría apoyo científico y docente a las cátedras de Genética, de Fisiología, de Ecología y de Morfología de la Carrera de Biología, en cuanto se abría la posibilidad de apoyar la docencia y la formación de los nuevos profesionales de la Biología en la práctica de la investigación científica. Así, se propuso y obtuvo del Consejo Superior la modificación de la estructura en ese momento vigente y en su lugar se establecieron, mediante Acuerdo No. 26 del 24 de febrero de 1966, las siguientes Secciones y Unidades Académicas:

Secciones:	Unidades:
1. Biosistemática	Herbario Ornitología Mastozoología Herpetología Entomología
2. Ecología	
3. Fisiología	Fisiología Animal Fisiología Vegetal
4. Genética	
5. Morfología	Unidad de Morfología Animal Unidad de Morfología Vegetal

En ese momento no se creyó necesario mantener la Sección de Microbiología, por cuanto se supuso que los distintos aspectos atinentes a los microorganismos (morfología, clasificación, interrelaciones con el medio, funciones, herencia, diversidad y evolución) podrían ser objeto de estudio en las Secciones atrás mencionadas. Por razones que se analizaran en su momento, esto último no ocurrió, al menos en los primeros 17 años de funcionamiento de las Secciones. Como solución, en 1982, nuevamente como Director del Departamento de Biología, propuse a la Facultad y a la Universidad, llenar el vacío y proceder a crear la Sección de Microbiología del Departamento de Biología, pero esta propuesta no recibió acogida favorable, a pesar de que Profesores del Departamento habían de hecho desarrollado esta área de tiempo atrás.

De todos modos, la nueva estructura contribuyó a despejar la confusa situación inicial. Dentro del Departamento, el antiguo Instituto de Ciencias Naturales mantenía su individualidad, su tradición y sus programas. Desde luego, éstos últimos tendrían que fortalecerse. Para tal efecto se obtuvo de la Universidad autorización y recursos para vincular nuevos investigadores.

Ya en abril de 1965 se habían vinculado al Instituto de Ciencias Naturales los Botánicos Gustavo Lozano Contreras, Hernán Cardozo Gutiérrez, Enrique Forero González y Jorge Hernán Torres y el Zoólogo Ernesto Barriga, todos egresados de la Carrera de Ciencias Naturales. En 1969 se incorporó a la Sección de Biosistemática el Botánico Santiago Díaz-Piedrahíta. En 1968 regreso al país y al Instituto el Zoólogo Plutarco Cala Cala, Ph.D. de la Universidad de Lund (Suecia), con el objetivo específico de adelantar el estudio sistemático y ecológico de los peces de la Orinoquía, además de sus tareas docentes en la Sección de Ecología. En 1969 ingresó al Instituto de Ciencias Naturales la Entomóloga Isabel de Arévalo M. Sc. como Profesora Asistente, con el objeto de contribuir al restablecimiento de la Unidad de Entomología, por entonces ya bajo la Dirección del Profesor Titular Adalberto Figueróa.

En cuanto a los programas de difusión científica, era así mismo necesario impulsar otra vez las publicaciones del antiguo Instituto de Ciencias Naturales. Había disminuido la regularidad de aparición de la Revista Caldasia y las Revistas Mutisia y Lozania habían dejado de aparecer. Se mejoró esta situación y se fomentó la edición de nuevas series, como el Catálogo Ilustrado de la Flora de Cundinamarca y las "Notas divulgativas". Además, por primera vez, se fomentó la publicación de libros científicos como "Aves de Cundinamarca" (1969) y "La Isla de San Andrés" (1967). Se realizaron excursiones de exploración botánica y zoológica a diversas regiones del país para incrementar las colecciones de Botánica, Entomología y Ornitología y se buscó recuperar para la Universidad Nacional, bajo el liderazgo científico del Instituto de Ciencias Naturales, la Reserva Biológica Integral de La Macarena (Véase el Informe de Profesores que visitó la Reserva en marzo de 1967 y el memorando del Director al Rector Jorge Méndez-Munévar) que reposa en los Archivos del Instituto de Ciencias Naturales.

Por otra parte, el incremento de las colecciones de plantas y aves y la necesidad de nuevos espacios para albergar las colecciones de Mastozoología, Herpetología, Ictiología, Paleontología, exigía la construcción de nuevas instalaciones. Esto se logró, aprovechando la construcción del edificio para el Museo de Historia Natural, en cuyo desarrollo había puesto particular interés el Rector, José Félix Patiño. Tanto la Rectoría como la Oficina de Planeación Física aceptaron mi planteamiento en el sentido de construir, estrechamente integrados al

Museo de Historia Natural, los espacios e instalaciones para albergar las colecciones y las oficinas de los investigadores. No obstante que la aceptación de este planteamiento implicaba casi triplicar el área por construir, prevista en el proyecto inicial, se obtuvo su aprobación y se construyó el edificio, que actualmente ocupa el Instituto de Ciencias Naturales — Museo de Historia Natural, con zonas disponibles para las exhibiciones del Museo y con espacios para oficinas, laboratorios, biblioteca y salones apropiados para las colecciones científicas de Botánica, Zoología, Paleontología y Arqueología.

La otra gran tarea que se planteaba a comienzos del año de 1966, a raíz de la aprobación del Acuerdo No. 26 de 1966 del Consejo Superior, era la de poner en marcha las nuevas Secciones, establecidas en dicho Acuerdo. Se comenzó por adscribir al Profesorado en las nuevas Secciones, de acuerdo con sus intereses en uno u otro campo científico. Los campos profesionales de los profesores eran diversos, lo mismo que su procedencia. La mayoría la conformaban los Profesores del Departamento de Biología que en 1963 habían sido trasladados a la Facultad de Medicina, desde el Instituto de Ciencias Naturales. Otro grupo de docentes estaba integrado por exalumnos de la Carrera de Ciencias Naturales, quienes, después de concluir y optar al título de Botánico o al título de Zoólogo, se vincularon al Instituto. Otro grupo estaba configurado por docentes que habían estado vinculados a la Facultad de Medicina, de tiempo atrás, eran ellos los médico Dr. Emilio Yunis y Dr. Hugo Laverde y las Bacteriólogas Hela Osma de Bonilla y Rosana de Bernal.

El siguiente paso hacia la consolidación de las Secciones, fue la designación de Profesores Coordinadores de las nuevas Secciones, así: de Ecología, Botánico Gustavo Lozano; de Fisiología, Botánico Hernán Cardozo; de Genética, Dr. med. Emilio Yunis; de Morfología, Bacteriólogo Pedro Ruiz.

Teniendo en cuenta el incipiente estado de desarrollo de las Secciones se optó por nombrar coordinadores y no Jefes en propiedad, lo cual habría de ocurrir más tarde. Como Jefe de las Secciones de Biosistemática, que comprendía el antiguo Instituto de Ciencias Naturales, se designó al Profesor Hernando García-Barriga.

Al promediar el año de 1966, pensando en la necesidad de consolidar académica y operativamente las nuevas Secciones y ante la escasez de recursos propios, se buscó la cooperación internacional. Con tal fin sometí a consideración del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias el Proyecto de Convenio con Alemania para el desarrollo del Departamento de Biología (Instituto de Ciencias Naturales). El Consejo Directivo aprobó el documento y lo envió a la Oficina de Planeación de la Universidad Nacional (Acta No. 20, 25 de mayo de 1966). Meses después la Rectoría lo envió a estudio del Departamento de Planeación Nacional.

Poco tiempo después, la Facultad de Ciencias y la Universidad deciden tramitar paralelamente un convenio similar con Alemania para el establecimiento de posgrado en Física y el desarrollo de este Departamento. Finalmente, en 1969 se aprueba el convenio para Física y se aplaza indefinidamente el propuesto para Biología.

Así mismo, el 26 de agosto de 1966, el Director formula una solicitud de cooperación a la UNESCO para el desarrollo del Departamento de Biología (Instituto de Ciencias Naturales) y la creación de una red de Estaciones Ecológicas distribuidas en los diferentes ecosistemas, de tal manera que sirva de apoyo logístico o un Programa Integrado de Investigación Científica en el Departamento. La tramitación del Programa no recibe el respaldo suficiente de la Universidad y el Departamento de Planeación Nacional decide archivarlo.

De todos modos, se continúa en el empeño de obtener el fortalecimiento de las nuevas Secciones. Como política general, se adopta la de vincular Profesores de larga trayectoria, capaces de formar a su lado nuevas promociones de docentes. Ya en referencia al antiguo Instituto se ha mencionado la revinculación del Profesor Federico von Medem, el traslado al Departamento del Profesor Adalberto Figueró y la vinculación del Dr. Plutarco Cala Cala, la del Botánico Santiago Díaz-Piedrahíta y de la Entomóloga Isabel de Arévalo. En desarrollo de esta misma política, al finalizar el mes de julio del mismo año, el Consejo Directivo de la Facultad aprueba solicitar el nombramiento del Biólogo alemán Dr. rer. nat. Helmut Sturm, como Profesor Asociado en Dedicación Exclusiva, del Departamento de Biología, a partir del 15 de enero de 1967.

Posteriormente, en julio de 1970, se vinculó el Dr. rer. nat. Reinhard Schnetter, como Profesor de Planta del Departamento, en la categoría de Profesor Asociado, como también la Dra. rer. nat. María Luisa Schnetter, como Profesora Asistente.

A mediados de ese mismo año (1966), se comienza a recibir los equipos importados con dineros de préstamo del BID—1965. Se reciben particularmente equipos de microscopía y elementos para la docencia e investigación en Fisiología Vegetal, Ecología y algunos materiales para la docencia de la Genética y de las Morfologías Vegetal y Animal.

El 10 de septiembre de 1966, el Consejo Directivo de la Facultad se reúne con el profesorado del Departamento, en la sede de este, con el fin de escuchar y discutir los planteamientos de dos grupos en los cuales se ha dividido el profesorado, en cuanto a la cuestión de si el antiguo Instituto de Ciencias Naturales (Sección de Biosistemática) debía o no separarse del Departamento de Biología. El Consejo designó una comisión encargada de formular una solución al problema planteado. La Comisión

envió al Consejo Directivo el 29 de septiembre el comunicado final adoptado por el pleno de la Comisión. En el comunicado se reconoce y acepta la integración del antiguo Instituto con el Departamento de Biología y se solicita cambiar la denominación de la entidad, así: Instituto de Ciencias Naturales (Departamento de Biología). El Consejo Superior acogió esta recomendación, mediante el acuerdo No. 159 del 13 de octubre de 1966.

Sin embargo, meses después el debate continuó y volvió a agudizarse. En 1969 el Consejo Académico nombró una Comisión conformada por miembros del propio Consejo Académico, de las Directivas de la Facultad, Representantes de los dos grupos de Profesores en desacuerdo y el Director del Instituto de Ciencias Naturales.

El 18 de febrero de 1970 una nueva comisión del Consejo Académico conformada por el Decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Juan Herkrath, Dr. Miguel Guzmán, Profesor de la Facultad de Medicina y el Ing. Agr. Javier Esparza Duque, Profesor Asistente de la Facultad de Agronomía, enviaron un Proyecto de Acuerdo al Consejo Superior, en el cual se propuso la creación del Departamento de Biología, conformado por las Secciones de Microbiología, Biología General, Biología Animal, Ecología y Biología Molecular. Según este proyecto de Acuerdo, el antiguo Instituto de Ciencias Naturales se conservaría como una entidad especial, responsable de adelantar el Programa tradicional: Inventario florístico y faunístico de Colombia, de organizar, administrar y desarrollar el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional y prestar servicios docentes e investigativos en el área de la sistemática. Se sugiere también que el Instituto como Entidad especial, continúe funcionando bajo la dependencia del departamento de Biología.

El debate se prolongó a lo largo de todo el año de 1970 y el 17 de febrero de 1971 el Consejo Superior Universitario aprobó el Acuerdo No. 16 de 1971, en el cual se dispone la separación del Instituto de Ciencias Naturales del Departamento de Biología. En este Acuerdo se adscribió a la Facultad de Ciencias el Museo de Historia Natural. Después de 2 años de haber entrado en rigor las nuevas normas, se las modificó mediante el Acuerdo No. 16 de 1973. En este Acuerdo se adscribe el Museo de Historia Natural al Instituto de Ciencias Naturales, el cual pasa a denominarse, desde entonces, Instituto de Ciencias Naturales—Museo de Historia Natural. Por otra parte, se decide suprimir la Sección de Biosistemática del Departamento de Biología. En el Acuerdo 16 de 1971 del Consejo Superior, se decidió mantener esta Sección dentro del Departamento, aún después de la separación del Instituto. Hasta 1975, los profesores adscritos a esta Sección permanecieron en el Departamento de Biología, no obstante la supresión de la Sección a la que pertenecían, en razón de las necesidades docentes del Departamento. En el año mencionado se trasladaron al Instituto de Ciencias Naturales—M.H.N. los

siguientes profesores: Gustavo Lozano, Pedro Ruiz, Santiago Díaz, Isabel de Arévalo y Jorge Hernán Torres.

En 1975 cuando el autor de estos apuntes, desempeñaba el cargo de Decano de la Facultad de Ciencias, se crearon 22 nuevas plazas docentes en el Departamento de Biología para subsanar las necesidades surgidas, como consecuencia de la separación del Instituto y, sobre todo, a raíz de la instauración de la política de aumento de cupos estudiantiles de la Rectoría del Dr. Luis Carlos Pérez.

Pese a los traumatismos que se produjeron al interior del Departamento de Biología, primero con los permanentes debates sobre la separación o no separación del Instituto de Ciencias Naturales y luego con la separación definitiva de esta Entidad, la Carrera de Biología continuó desarrollándose de acuerdo con los lineamientos previstos desde 1965.

A finales del año de 1965, el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias recomendó el proyecto de Plan de Estudios para la Carrera de Biología a la Oficina de Planeación Académica y el 10 de enero de 1966 el doctor Alejandro Jiménez Arango, Director de dicha dependencia, rindió concepto favorable. Sin embargo, para la aprobación de la nueva Carrera de Biología por parte del Consejo Superior hubo de esperarse algunos meses más. El 16 de diciembre de 1966 el Consejo Superior mediante Acuerdo No. 275 dispone la creación de la Carrera de Biología. En este Acuerdo, se aprueba también el pensum para los primeros semestres. En 1971 los primeros egresados de la Carrera de Biología recibieron el Título de BIOLOGO.

Desde ese mismo año, pensando en la necesidad de adaptar cada vez más la metodología de la enseñanza al propósito y objetivo central de la Carrera, en el sentido de formar investigadores creativos, se inicia el estudio crítico del Plan de Estudios. En septiembre de 1971 presenté, ya como Profesor del Departamento, un primer esquema sobre una nueva concepción de Plan de Estudios para la Carrera de Biología, teniendo en cuenta, el objetivo mencionado. A mi retiro del Departamento, en noviembre de 1971, para ocupar la Rectoría de la Universidad de Nariño, un grupo de profesores y estudiantes reasumió esta tarea. En 1972 el Consejo Universitario nombra una comisión para analizar los problemas del Departamento de Biología, integrada por los Profesores Jaime Rodríguez Lara, Representante del Consejo Universitario ante el Consejo Directivo de la Facultad, Roberto Pinzón Serrano, Decano encargado de la Facultad de Ciencias, Plutarco Cala, Hernán Cardozo, Herman Duplat y los estudiantes: Emperatriz Santander, Luis Martín Caballero y Pedro Rodríguez. Esta comisión insiste sobre la urgencia de obtener pronto el informe del Comité de Pénsum, integrado por la Facultad a principios de 1972 y en que se someta el proyecto a una amplia discusión por parte del Personal Do-

cente del Departamento y de los estudiantes de la Carrera de Biología.

El proceso de discusión del Pénsum de la Carrera de Biología se prolongó hasta finales de 1989, cuando se adoptó una nueva versión. En los años 1974—1977 la discusión recibió renovado impulso, a raíz de la adopción de las políticas académicas tendientes a modificar la metodología de la enseñanza en todas las carreras, propuesta por las directivas de la Facultad de Ciencias, de ese entonces.

En 1975, se integró el Primer Comité Asesor de la Carrera de Biología (Resol. No. 65A Nor. 5/75 de la Facultad de Ciencias) y fueron designados Asesores (E) los Profesores: Marina Correa de Restrepo (Dpto. de Biología) Gustavo Lozano (en ese entonces en el Dpto de Biología, hoy en el ICN—MH—N) y Virginia Montes de Gómez del Dpto. de Química. El Profesor Jesús Norato Rodríguez, actuó como Asesor de Carrera. En 1976 se nombró Directora de Carrera (E) a la Profesora Marina Correa de Restrepo (Resol. No. 59 Sept. 14/76), en abril de 1977, fue nombrada Directora de la Carrera la Profesora Clara Chamorro, luego la Profesora Gloria de Pérez y más tarde el Profesor Hernando Valencia, a quien lo sucedió la Profesora Martha Orozco de Amézquita. Desde 1977 se clarificó la diferenciación entre Dpto. y Carrera, es decir, el Departamento como Unidad Académica operativa de la Facultad, y la Carrera como Programa de Enseñanza, dirigido a la formación de profesionales en una determinada rama del saber.

A los Profesores Jesús Norato y Marina de Restrepo, les correspondió la presentación del nuevo Plan de Estudios de la Carrera de Biología, del cual fué desde 1970, su principal gestor.

Posteriormente correspondió a las Directoras Académicas de la Carrera de Biología, Clara Chamorro, primero (1977—1978) y luego Gloria de Pérez (1978—1984), impulsar el estudio crítico de este Plan de Estudios, en busca de la mejor manera de facilitar el cumplimiento de los objetivos ya enunciados, conjuntamente con el Comité Asesor de Carrera. A principios de 1983 se produjo el Primer Proyecto enviado a estudio del Consejo Directivo de la Facultad y demás instancias universitarias. Sin embargo, a mediados de ese mismo año, el Proyecto que ya se encontraba en el Consejo Académico, regresó nuevamente al seno del Comité de la Carrera de Biología, el cual volvió a ocuparse de su estudio y de las propuestas de modificaciones producidas entre tanto, por los Profesores del Departamento. A finales de 1984 se concluyó tal estudio y se entregó nuevamente el documento contentivo del proyecto, a la consideración del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias. Actualmente (1989), diecinueve años después de iniciado el proceso de discusión, la Directora Académica de Carrera, Profesora Martha Orozco de Amézquita y el Comité Asesor se ocupan de obtener los recursos necesarios para la implantación del nuevo plan de estudios, que

supone un cambio cualitativo en la metodología de la enseñanza.

De otra parte, una vez decidida la separación del Instituto de Ciencias Naturales del Departamento de Biología, en febrero de 1971, se continuó buscando el fortalecimiento de las Secciones y del Departamento de Biología, como tal. Ya la Comisión creada por el Consejo Superior Universitario, en su informe del 22 de mayo de 1972 señala fallas en su funcionamiento y sugiere la necesidad de elaborar un "Plan de Desarrollo" para subsanar tales fallas.

Desde 1972 en adelante, se hacen intentos de elaborar dicho Plan de Desarrollo, en particular bajo el impulso de los Directores Profesores Plutarco Cala (1972—1974), Fabio Flórez (1975—1976), Hernán Cardozo (1976—78), Constanza Rubiano de Hakspiel (1978—80) y Luis Eduardo Mora-Osejo (1980—82). En 1977 surge la posibilidad de que el Gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores y con el debido acuerdo de la Universidad Nacional, se firme un convenio con el gobierno de la República Federal de Alemania, para el Desarrollo del Departamento de Biología, en particular la investigación científica y la enseñanza de posgrado, en referencia a análisis, planeación y manejo de biosistemas naturales, agrarios y urbanos. A mediados de 1980, previa la aprobación del Proyecto de Convenio por la Facultad de Ciencias, se presentó a consideración de los Consejos Universitarios y de la Oficina de Planeación de la Universidad. El director de esta Oficina, Sr. Galo Adan Clavijo exige hacer algunas precisiones sobre aspectos totalmente secundarios del Proyecto, pero cuya ejecución, de todas maneras, produce tardanza en su tramitación. Finalmente se entrega el Proyecto, en octubre de 1980 a la Embajada de la República Federal de Alemania, en Bogotá. Sin embargo, ocurre algo imprevisto: El Fenómeno de recesión económica que por entonces afecta a los países industrializados, se extiende también a Alemania Federal. En consecuencia, en enero de 1981, el Gobierno de la República Federal de Alemania, a través de su Embajada en Bogotá, comunica a la Universidad Nacional la imposibilidad de suscribir el Convenio, no obstante los dictámenes favorables que ya se habían producido por parte del Ministerio de Ayuda Externa y la Sociedad Alemana de Cooperación GTZ, así como del Departamento Nacional de Planeación, que ya había aprobado la inclusión de la contrapartida en el Presupuesto Nacional para la Vigencia de 1981. Ante esta situación inesperada el Consejo Superior Universitario decidió adelantar el Proyecto, materia del convenio, con fondos propios de la Universidad.

Con los dineros de contrapartida, girados por el Departamento Nacional de Planeación a la Universidad Nacional para el desarrollo del convenio mencionado en 1981 y 1982 se adelantó la remodelación de la planta física del Departamento de Biología, la cual incluyó, entre otras obras, la adecuación de cinco Laboratorios, Salón de Proyección

nes, Salón de Profesores y Sala de lectura para la Biblioteca.

En el período comprendido entre 1980 y 1982 se retomó el estudio de la Organización académica del Departamento y en mayo de 1982, previa consulta con el profesorado, como Director del Departamento, propuse al Consejo Directivo un Proyecto sobre Reestructuración Académica del Departamento de Biología. Este proyecto comprendía la creación de la nueva Sección de Microbiología, la Unidad de Apoyo Docente en Biología General, la reestructuración de la Sección de Morfología, la Creación de Laboratorios como unidades operativas y el establecimiento de grupos de trabajo para la estructuración de líneas de investigación. El Consejo Superior Universitario, aprobó en 1983, la mayoría de las innovaciones propuestas. Desde entonces, la estructura académica del Departamento quedó así: Secciones: Ecología, Genética, Mor-

fología Animal y Morfofisiología Vegetal y una unidad de servicios docentes, encargada de coordinar, en particular, la enseñanza de la asignatura Biología General, para diversas Carreras de la Universidad Nacional, Sede de Bogotá. Estando aún pendiente la creación de la Sección de Microbiología. De todos modos este campo de la Biología se ha desarrollado intensamente en los últimos años y se reconoce cada vez más la necesidad de que el biólogo adquiera en ella preparación integral; lo propio en lo que concierne al campo de la Biología Molecular.

El 31 de marzo de 1982, apareció el Primer Número de "Acta Biológica Colombiana", órgano de difusión de los resultados de la investigación científica que adelantan los docentes del Departamento. De esta manera se cumplía una antigua aspiración del Profesorado del Departamento.

ACERCA DE LA VALIDEZ DE DOS NOMBRES DE ASTERACEAS COLOMBIANAS Y DE SU CORRECTA TIPIFICACION

por

Santiago Díaz-Piedrahíta*

Resumen

Díaz-Piedrahíta, S. Acerca de la validez de dos nombres de asteráceas colombianas y de su correcta tipificación. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 645-648, 1990. ISSN 0370-3908.

Se esclarece la nomenclatura de dos especies que han sido confundidas por más de 200 años. Se propone como nueva combinación el nombre *Heliopsis oppositifolia* (Lamarck) Díaz tipificado en el ejemplar Mutis s.n. (LINN 1016-32) y se establecen los sinónimos de esta especie y de *Acmella mutisii* (H.B.K.) Cass.

Palabras clave: Asteraceae, *Acmella*, *Heliopsis*.

La historia nomenclatural de *Acmella mutisii* (H.B.K.) Cass. es compleja y requería ser clarificada, dado que por muchos años esta especie ha sido conocida como *Spilanthes americana* (Mutis ex L.f.) Hieronymus, al considerarse como su basónimo *Anthemis americana* L.f., nombre publicado en 1781. El examen del material botánico enviado por José Celestino Mutis, médico y naturalista gaditano residente en el Virreynato de la Nueva Granada a Carlos Linneo y la verificación de los ejemplares pertinentes ha permitido aclarar varios problemas nomenclaturales y de tipificación que atañen a las especies conocidas con los nombres de *Heliopsis bupthalmoides* (Jacq.) Dunal y *Spilanthes americana* (Mutis ex L.f.) Hieron. o *Acmella oppositifolia* (Lamarck) R. K. Jansen.

En cinco oportunidades (1767, 1770, 1773, 1777 y 1778) Mutis remitió para estudio y concepto del naturalista sueco algunas muestras vegetales;

en dos ocasiones (1773 y 1778) se trató de paquetes grandes con abundantes especímenes que se conocen como "primera colección" (ca. 150 especímenes) y "segunda colección" (118 especímenes). Entre las muestras de la segunda colección se encontraban varios esqueletos de compuestas entre los que llaman particularmente la atención los distinguidos con los números 21 y 28 y que corresponden a dos heliantéas con capítulos solitarios de color amarillo, hojas opuestas trinervias, aovadas o deltóideas y con la margen suavemente dentada o aserrada. Estas dos plantas - a primera vista similares en apariencia - han causado por más de doscientos años, debido a la pobreza de detalles en las primeras descripciones y a la falta del examen detallado de los ejemplares que sirvieron para hacer las mismas, la confusión de muchos botánicos, quienes las han interpretado erróneamente; lo anterior ha conducido a la asignación de nombres equivocados con los consecuentes problemas en la respectiva tipificación.

Las plantas motivo de esta publicación eran distinguidas en la época en que fueron herborizadas

* Profesor Titular, M.U. Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, D.E.

por Mutis y por sus colaboradores con los fitónimos de “Guaca” y “Buena vista amarilla”. La Guaca de acuerdo con los manuscritos conservados en los archivos del Real Jardín Botánico de Madrid, es una planta pequeña propia de las tierras frías y fue recolectada en los alrededores de Santafé (Bogotá), en tanto que la Buena vista corresponde a una planta de “vara y media de alto: su flor amarilla de tamaño de un Real”. Esta última provenía de la “Hacienda de la Vega de San Juan” y fue remitida a Mutis por Policarpo Fernández, Gobernador de la Provincia de Neiva hacia marzo de 1772 (Amaya, J.A. com. pers.).

Algunas de las plantas enviadas a Upsala no fueron trabajadas por Linneo, pero su hijo se ocupó de ellas y es así como en el *Supplementum plantarum*, entre otras provenientes de Santafé, propone como nueva especie a la “Buena vista amarilla”,

la que denomina como *Anthemis americana*. El protólogo y la descripción son los siguientes:

“A. foliis oppositis petiolatis ovatis serratis trinervis, receptaculo conico.

Habitat in America meridionali, Mutis.

Caules erecti, subpubescentes, simplices.

Folia opposita, petiolata, ovata, serrata, glabra, discolora, trinervia.

Pedunculus terminalis, pubescens, incrassatus, uniflorus.

Flos radio & disco luteo.

Radius ovato-oblongus, obtusus, integer, quinqueflorus.

Discus elevatus, paleaceus: flosculis quinquifidis.

Semina radii & disci obovata, teretiuscula, verrucosa absque pappo”.

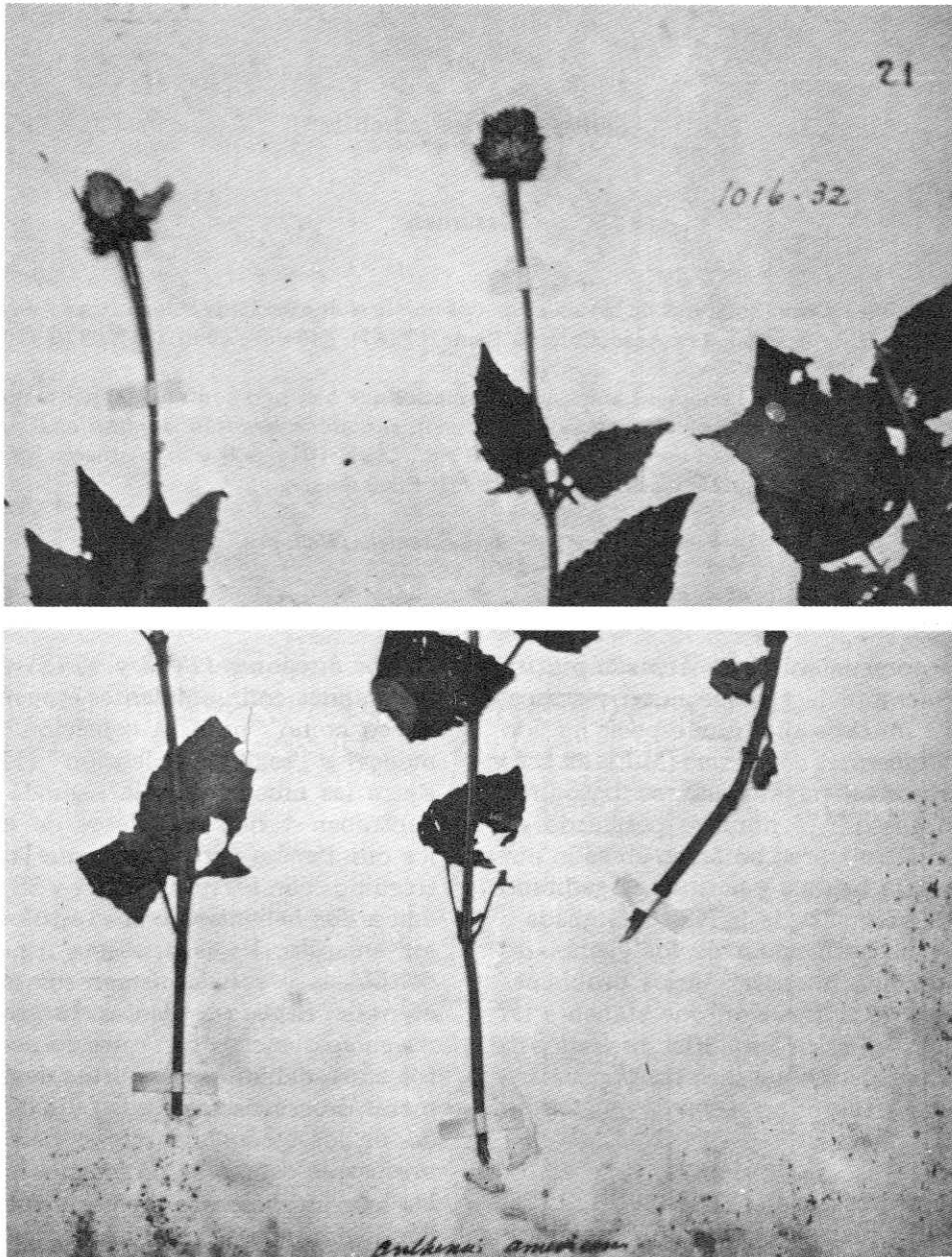


FIGURA 1

Dos aspectos del holótipo de *Heliopsis oppositifolia* (Lamarck) Díaz, ejemplar Mutis No. 21 de la segunda colección (1016-32 LINN).

El pliego correspondiente a la anterior descripción se conserva en el Herbario de la Sociedad Linneana de Londres (LINN.), está marcado caligráficamente por el propio Linnaeus f. con el nombre *Anthemis americana*, lleva el número 1016-32 en el Catálogo del herbario Linneano compilado por Spencer Savage en 1945 y corresponde en el Catálogo IDC (Intern. Doc. Cent.) al número 177-21 (Card. 608-7). La planta contenida en el pliego atrás citado es claramente un ejemplar de *Heliopsis*, distinguible por las hojas discoloras, el receptáculo cónico y el aquenio cilíndrico, desnudo y verrucoso; este ejemplar coincide perfectamente con otros pliegos de *Heliopsis* de la Colección Mutis conservados en Madrid (MA-MUT), Bogotá (COL) y Washington (US) y pertenece a la especie que se ha venido llamando *Heliopsis buphthalmoides* (Jacq.) Dunal. Dado que el nombre propuesto por Linnaeus f. tenía un homónimo previo publicado por su padre en 1753 y luego aplicado a *Chrysanthellum americanum* (L.) Vatke, y que el nombre propuesto por Lamarck (*A. oppositifolia*) en 1785 con base en *Anthemis americana* L.f. tiene prioridad sobre *Anthemis buphthalmoides* Jacq. publicado en 1797 y transferido por Dunal a *Heliopsis* en 1819, se propone acá una nueva combinación con la consecuente tipificación:

Heliopsis oppositifolia (Lamarck) Díaz, comb. nov.

Anthemis americana Linnaeus f., Suppl. pl. 378.

1781. Typus LINN. (Holotypus Mutis s.n./1016-32, Isotypi Mutis 4785 MA-MUT, COL, US) no *Anthemis americana* L., 1753=*Chrysanthellum americanum* (L.) Vatke.

Anthemis oppositifolia Lamarck, Encycl. 1: 576.

1785, basado en *Anthemis americana* L.f.

Anthemis buphthalmoides Jacq., Hort. Shoemb. 2: 13, 1797.

Anthemis occidentalis Willd. Sp. pl. 3: 2185. 1804. Nomen.

Acmella occidentalis Willd. ex L.C. Richard in Persoon, Syn. pl. 2: 473. 1807. Basado en *Anthemis occidentalis* Willd. Nomen.

Heliopsis buphthalmoides (Jacq.) Dunal, Mém. Mus. Paris 5: 56. 1819.

Heliopsis canescens Don, Bot. Reg. t. 7: 592. 1821.

Andrieuxia mexicana D.C. Prodr. 5: 559. 1836.

Esta especie de amplia distribución en el neotrópico abarca un área que comprende desde el centro de México hasta la zona central de Bolivia, penetrando también al noroccidente de Venezuela. En Colombia ocupa múltiples localidades a lo largo de la cordillera andina, de sus estribaciones y de los valles y llanuras de las zonas cálidas y templadas.

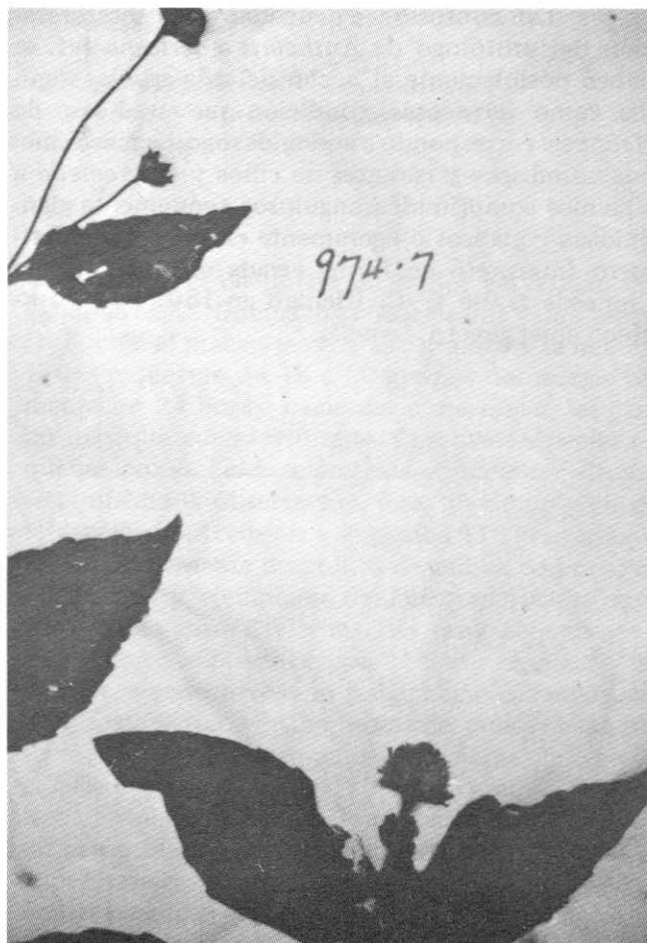


FIGURA 2

Dos aspectos del ejemplar de *Acmella mutisii* (H.B.K.) Cass. correspondiente al No. 28 de la segunda colección enviada por Mutis a Linneo (974-7 LINN).

En relación con el ejemplar denominado "Guaca" y con las especies a las cuales puede ser asignado, hay que señalar varios hechos:

— El fitónimo "guaca" se ha utilizado en el curso de los últimos doscientos años para designar tanto a *Acmella mutisii* (H.B.K.) Cass. como a *Acmella ciliata* (H.B.K.) Cass.; más aún, el ejemplar tipo de esta última especie así lo indica en la etiqueta, hecho claramente consignado en la correspondiente descripción donde se señala: "Guaco *incolarum*".

— El ejemplar de *Acmella* remitido por Mutis a Linneo bajo el nombre de "guaca" e identificado con el número 28 del segundo envío (1778), actualmente distinguido con el número 974.7 del Catálogo de Savage, nunca fue utilizado para hacer sobre él ninguna descripción ni proponer ningún nombre; en consecuencia carece de la calidad de ejemplar tipo.

— La tipificación de *Acmella oppositifolia* (Lamarck) R.K. Jansen propuesta en 1985 con base en una fotografía del ejemplar Mutis s.n. (LINN, IDC 177.608.17) carece de sentido por recaer sobre el ejemplar tipo de *Heliopsis oppositifolia* (Lamarck) Díaz.

— Las confusiones ocurridas en la interpretación del protólogo de *Anthemis americana* L.f. se deben posiblemente al hecho de señalarse las semillas como verrucosas, condición que en el caso de *Heliopsis* corresponde a aquenios rugosos más o menos cilíndricos y carentes de cilios y en *Acmella* a aquenios comprimidos, angulosos, tenuemente glandulosos y glabros o ligeramente ciliados. Quien primero interpretó en forma errada el protólogo de Linnaeus f. fue L. C. Richard en 1807 cuando lo ubicó en el género *Acmella*.

En forma sintética, la sinonimia de *Acmella mutisii* (H.B.K.) Cassini es la siguiente:

- Acmella mutisii* (H.B.K.) Cass., Dict. Sci. Nat. 24: 331.1822.
Spilanthes mutisii H.B.K. Nov. gen. sp. pl. ed. fol. 4: 164. 1820. Typus P—HBK.
Spilanthes lehmanniana Klatt, Bot. Jahrb. Syst. 8: 43. 1887.
Ceratocephalus americanus O. Ktze. Revis. gen. pl. 1: 326. 1891. Nomen.
Spilanthes americana (L.f.) Hieron. Bot. Jahrb. Syst. 29: 42. 1900.
Spilanthes cocuyensis Cuatr. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat. 9: 247. 1954.
Spilanthes oppositifolia (Lamarck) D'Arcy. Ann. Missouri Bot. Gard. 62: 1143. 1975.
Acmella oppositifolia (Lamarck) R.K. Jansen, Syst. Bot. Monogr. 80: 30. 1985.

Agradecimientos

El autor agradece a los curadores de los herbarios LINN, MA, COL, P y US por facilitar la consulta de los ejemplares tipo. Igualmente agradece a los doctores Vicky Funk y José Cuatrecasas por la lectura crítica del manuscrito.

Referencias

- Fisher, T.R. 1957. Taxonomy of the genus *Heliopsis* (Compositae). Ohio Journ. Sci. 57 (3): 171-191.
 Jansen, R.K. 1985. The systematic of *Acmella* (Asteraceae-Heliantheae) Syst. Bot. Monogr. 8: 1-115.
 Mutis, J.C. Ined. Manuscritos depositados en los Archivos del Real Jardín Botánico de Madrid.
 Savage, S. 1945. A catalogue of the Linnean Herbarium, Linn. Soc. London.
 Smith, J.E. 1821. A selection of the correspondence of Linnaeus and other naturalists. 2. Longman & . . . London.

OBSERVACIONES SOBRE ASPECTOS FISIOLÓGICOS, COMPORTAMIENTO Y MUDA EN RAPACES COLOMBIANAS

por

Alvaro Torres-Barreto*

Resumen

Torres, A.: Observaciones sobre aspectos fisiológicos, comportamiento y muda en rapaces colombianas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 649-658, 1990. ISSN 0370-3908.

Se proporciona información acerca de la fisiología y comportamiento en cautiverio de 21 especies pertenecientes a las accipítridas y falcónides y se presentan datos sobre la muda de plumaje con base en la observación de 33 aves a lo largo de 28 años.

Aspectos fisiológicos y comportamiento

La práctica de la cetrería y la investigación con este fin o simplemente de comportamiento de 21 especies de rapaces colombianas que suman un total de 54 ejemplares durante un lapso de 28 años, ha permitido comprobaciones interesantes, no solamente desde el punto de vista etológico sino también fisiológico en algunos aspectos. Las aves investigadas se muestran en el cuadro 1.

La investigación que va desde *Gampsonyx swainsonii* con peso corporal entre 100 y 110 gramos, hasta *Oroaëtus isidori* —2 hembras— de 4500 gramos demuestra que los requerimientos alimentarios de las rapaces son inversamente proporcionales a su tamaño, lo cual significa que el metabolismo es más activo a medida que la talla de la especie es menor. Para ilustrar con ejemplos este concepto, tenemos que uno de los especímenes de *Oroaëtus isidori* que aún conservo, está y se mantiene en perfectas condiciones con una sola comida cada 24 horas de 130 gramos constituida por

la cabeza y el cuello de un pollo; en cambio dos ejemplares de *Gampsonyx swainsonii* —una pareja en la cual el macho pesaba 100 gramos y la hembra 110— requerían de 18 a 20 gramos del mismo alimento en 24 horas, haciendo notar que se les daba no más que cuello triturado. Con otras especies pequeñas como *Falco sparverius* y *Accipiter striatus* se confirma la observación, pues un ejemplar de esta especie de *Accipiter* que pesaba 110 gramos consumía diariamente un pollito de gallina con peso de 40 gramos y ejemplares de *Falco sparverius* cuyo peso oscila entre 100 —machos muy pequeños— y 115 gramos requieren en las 24 horas entre 18 y 25 gramos, siendo necesario señalar que la mayor exigencia alimentaria —25 gramos de pollo— la he observado en los más pequeños ejemplares. *Falco ruficularis* cuyo peso va de 180 a 200 gramos se mantiene en perfectas condiciones para la cetrería con un ratón blanco de peso entre 25 y 28 gramos. Algunas rapaces como *Geranoaëtus melanoleucus* y *Buteo magnirostris* son de una sobriedad notable. Para volar un *G. melanoleucus* de un peso de 1.560 gramos sin que se debilite y sin peligro de perderlo, 50 gramos es la ración diaria indicada. *Buteo albicaudatus* hembra con peso de vuelo de 1.000 gramos con una ración diaria, en 24 horas, de 45 gramos de pollo se mantiene perfectamente.

* Academia Colombiana de Ciencias — Apartado 44763, Bogotá, D.E.



FIGURA 1

A. *Spizaëtus tyrannus* (Wied.), ejemplar adulto. B. *Spizaëtus ornatus* (Daudin), ejemplar adulto. C. *Spizastur ornatus* (Daudin), ejemplar juvenil. D. *Spizastur melanoleucus* (Veillot).

CUADRO 1

Especie	Familia Accipitridae	No. de ejemplares observados
<i>Buteo albicaudatus</i> (Veillot, 1816)		5
<i>Buteo nitidus</i> (Latham, 1790)		1
<i>Buteo magnirostris</i> (Gmellin, 1788)		8
<i>Buteo platypterus</i> (Veillot, 1823)		1
<i>Geranoaëtus melanoleucus</i> (Veillot, 1819)		6
<i>Oroaëtus isidori</i> (Des Murs, 1845)		2
<i>Spizaëtus ornatus</i> (Daudin, 1800)		2
<i>Spizaëtus tyrannus</i> (Wied, 1820)		1
<i>Spizastur melanoleucus</i> (Veillot, 1816)		1
<i>Ictinia misissippiensis</i> (Willson, 1811)		1
<i>Elanus leucurus</i> (Veillot, 1818)		3
<i>Condohierax sp.</i>		1
<i>Leucopternis schistacea</i> (Sundevall, 1850)		1
<i>Gampsonyx swainsonii</i> (Vigors, 1825)		2
<i>Accipiter striatus striatus</i> (Veillot, 1807)		1
Familia Falconidae		
<i>Falco sparverius</i> (Linneo, 1758)		10
<i>Falco femoralis</i> (Temminck, 1823)		2
<i>Falco rufigularis</i> (Daudin, 1800)		5
<i>Falco peregrinus anatum</i> (Tunstall, 1771)		1
<i>Micrastur ruficollis</i> (Veillot, 1817)		1
<i>Micrastur semitorquatus</i> (Veillot, 1817)		1
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linneo, 1758)		1

En cetrería se llama peso de vuelo el óptimo para poder volar en las mejores condiciones las aves de caza. Vale destacar que las aves de rapiña grandes, aunque muy sobrias, cuando están hambrientas pueden ingerir cantidades de alimento proporcionalmente enormes, por ejemplo *Spizastur melanoleucus* con peso de vuelo de 1.200 gramos comió de una vez 300 gramos de pollo, cabeza y cuello con sus huesos. Cuando las rapaces grandes, —de la talla de *Buteo albicaudatus* en adelante— estando en cautiverio llegan a cierto estado de gordura por ser alimentadas a voluntad, como debe hacerse cuando mudan, es frecuente que pierdan totalmente el apetito, en *Oroaëtus isidori* y *Geranoaëtus* puede la anorexia prolongarse hasta por cinco días. En especies menores como *Spizaëtus ornatus*, *S. tyrannus*, *Spizastur melanoleucus* y *Buteo albicaudatus*, el ayuno no se prolonga sino por dos o tres días a lo sumo, cuando es determinado por sobrealimentación, porque de lo contrario es debido a enfermedad. En rapaces menores como *Buteo platypterus*, *B. nitidus*, *B. magnirostris* y *Leucopternis schistacea* no he llegado a observar anorexia total por gordura, pero sí una notable disminución del apetito que se traduce en reducido consumo de alimento e indiferencia o displicencia por él. En las especies peque-

ñas ya mencionadas, el apetito nunca llega a desaparecer, pero sí la avidez con que suelen comer se extingue. Las sobras de alimento, algunas especies como *Falco sparverius* y *Gampsonyx swainsonii*, habitualmente las esconden para volver al cabo de horas cuando tienen hambre a comérselas, sin fallar en encontrar el escondite; otro tanto hace *Falco femoralis*.

Las rapaces grandes pueden controlar su metabolismo a voluntad pues invariablemente he observado que los ejemplares alimentados a voluntad durante la muda, cuando comienzan a racionarse para que bajen de peso con el fin de reamaestrarlos, durante varios días su apetito disminuye, llegando a veces a comer muy poco y sin embargo, durante ese primer período de racionamiento no bajan de peso. Este comportamiento es especialmente acentuado en *Geranoaëtus melanoleucus* y muy explicable a causa del hábitat de esta rapaz obligada a prolongados ayunos cuando el páramo se nubla por varios días o en época lluviosa durante la cual la pertinaz precipitación impide que salga de caza. En especies muy sobrias que proporcionalmente exigen un peso muy bajo para volarlas como es el caso de *B. magnirostris*, *B. albicaudatus* y *G. melanoleucus*, he comprobado que la asimilación es casi total, debido a que el pesaje diario de las aves lo mismo que el del alimento que es de rigor verificar diariamente, así lo demuestran.

La memoria fotográfica de las rapaces, hecho ampliamente conocido por los practicantes de la cetrería desde remotos tiempos, tiene para mí una explicación comprobada experimentalmente que consiste en que siendo la caza la única forma de subsistencia de las rapaces, —excepto las carroñeras, valga decir las Cathartidae en el Nuevo Mundo— el almacenamiento de información suministrado por sus experiencias es vital para poder subsistir, desechando lo que no dio resultado y repitiendo lo que permitió el éxito y esto se hace extensivo a toda suerte de experiencias aunque no sean relacionadas con la consecución de alimento.

Esta hipótesis la pude comprobar experimentalmente con 2 ejemplares machos de *Falco sparverius ochraceus* hermanos, capturados en el nido y criados sin ninguna posibilidad de haber cazado nunca y menos aún de haber matado una presa. Primero los alimenté con ratones blancos de laboratorio previamente sacrificados; cuando ya estaban habituados a este alimento y reconocían la presa y la desgarraban ellos mismos, porque en este procedimiento tuve que iniciarlos; previo retraso de unas 2 horas en el proceso de alimentación el cual había cumplido dándole a cada ave un ratón, les solté en la halconera donde los tenía, 2 ratones blancos vivos, gordos y fuertes que pesaban cada uno cerca de 30 gramos. Cada halconcito atacó y agarró un ratón, uno de ellos fue sujeto por la espalda y el halcón le picó la nuca matándolo en el acto. El otro agarró el ratón por el hocico y aunque lo dominó perfectamente demoró en matarlo. Después, diaria-

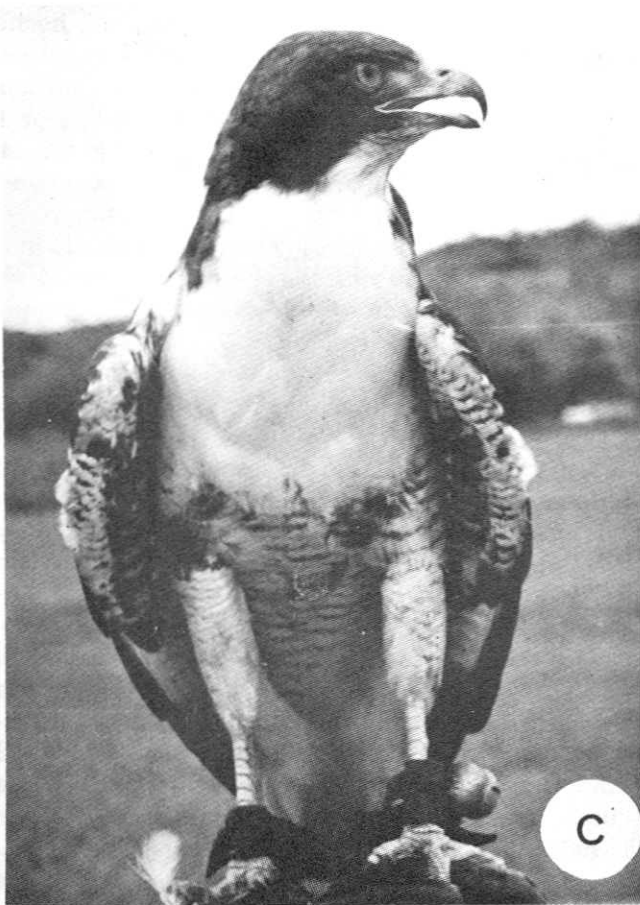


FIGURA 2.

A. *Oroaëtus isidori* (Des Murs), ejemplar juvenil. B. *Leucopterus schistacea* (Sudervall). C. *Buteo albicaudatus* (Veillot), ejemplar adulto. D. *Buteo nitidus* (Latham), ejemplar juvenil.

mente y sin interrupción en un lapso de 2 meses, les solté en la halconera 2 ratones a los halcones y el comportamiento de cada uno fue idéntico al del día en que mataron por primera vez a su presa.

Las rapaces tienen el sentido del gusto bien desarrollado, pues cuando no están hambrientas rechazan alimentos a los cuales no están habituadas o al menos los comen con desgano, por ejemplo al cambiar la carne vacuna por pollo o viceversa. La agudeza y sensibilidad auditiva es notable —sin excepción— en las rapaces selváticas que he investigado y posiblemente se puede generalizar este concepto con todas las de ese hábitat, pues se alertan con ruidos muy leves como la caída de una hoja. En cambio las de terrenos despejados como los halcones, *G. melanoleucus* y *B. albicaudatus* son mucho menos sensibles a los ruidos tenues.

Indudablemente las aves de presa sí distinguen los colores, pues en la práctica de la cetrería el cambio de color en la vestimenta determina suspicacia y hasta temor hacia el cetrero de parte de sus aves, comportándose ellas como si lo desconocieran; esto debemos tenerlo presente quienes practicamos la cetrería y los tratadistas de este arte lo han señalado siempre; *Falco sparverius* sí parece reconocer al cetrero por su fisonomía. La tendencia a picar las pihuelas, lonjas y guantes de color rojo que parece toman por carne, es otro elemento de comprobación. El tacto en las garras y pico está desarrollado en todas las aves de presa que he investigado, especialmente en las uñas, pues el hecho de que aún porciones pequeñas de alimento sean sujetadas con precisión contra la superficie donde están posadas lo demuestra. Algunos individuos son más sensibles pues desconocen la textura del guante cuando el cetrero cambia el que habitualmente usaba, esto es válido para *Geranoaëtus melanoleucus*.

La principal manifestación de agrado en las rapaces consiste en esponjar el plumaje y sacudirse. *Spizastur melanoleucus* y *Oroaëtus isidori* hacen esa manifestación cuando estando hambrientas comienzan a comer. *Falco sparverius* y *Falco ruficularis* suelen manifestar su satisfacción extendiendo la cola como un abanico; *Accipiter striatus*, *Buteo magnirostris*, *Buteo nitidus* y *Leucopternis schistacea*, mueven la cola como un péndulo. El sobresalto y el temor lo denotan comprimiendo el plumaje contra el cuerpo, esto mismo hacen cuando están alerta para atacar una presa. Extender las alas y erizar las coberteras menores de las mismas, cubriendo el alimento que se les ha dado o la presa que cazaron, es una reacción común en las rapaces investigadas cuando creen que hay peligro de que les sea arrebatado lo que están comiendo o van a comer; esta reacción desaparece casi totalmente o por completo en las aves adecuadamente amaestradas para cetrería frente al cetrero al cual conocen; sin embargo, *Buteo albicaudatus*, *Geranoaëtus melanoleucus* y *Oroaëtus isidori* nunca dejan de reaccionar así. El furor y la agresividad lo denotan las rapaces esponjando el plumaje, al parecer con el objeto de

aparecer más voluminosas y lograr un mayor efecto intimidatorio, al mismo tiempo que entrecubren las alas. El terror que al ser capturadas les produce la presencia inmediata del hombre, puede desembocar en un colapso nervioso que se traduce en un estado de idiotez e indiferencia hacia el medio extraño que las rodea, condición descrita por los cetreros desde la Edad Media. Es muy importante destacar que la práctica de la cetrería es uno de los medios más perfectos y eficaces para investigar sobre comportamiento y muda de rapaces en cautiverio. Respecto a *Gampsonyx swainsonii* especie sobre la cual los más calificados autores especializados en rapaces como Brown, Amadon, Grossman, Hamlet y Swan, poco dicen sobre su comportamiento, el hecho de haber investigado una pareja de estas aves me permitió saber que su voz es como un chirrido áspero y prolongado que suele terminar en una especie de gorjeo. Su vuelo es semejante al de los halcones pero con la versatilidad del de la golondrina pero mucho más rápido que el de estas aves. Su pico aunque aparentemente débil es bastante fuerte y sus garras son poderosas, proporcionalmente dotadas de una fuerza increíble. Ataca a sus presas —pajaritos— con una decisión y empuje notables, pero es muy agresivo cuando está en el temple que se requiere para cazar, atacando la cara y manos del cetrero; este comportamiento lo comprobé en la hembra; el macho nunca me atacó, pero sí se aferraba obstinadamente al guante sin el cual es imposible su manejo. Cuando está hambriento suele chillar frecuentemente. Las deyecciones no las proyecta sino que las expele directamente hacia abajo, al contrario de lo que he observado en las Accipitridas. Una de las observaciones hasta ahora no señaladas respecto a *Ictinia mississippiensis* y a *Condorhierax sp.* es que estas dos especies no fijan el alimento contra el lugar donde están posadas para desgarrarlo, sino que lo toman con una de sus manos para comer picoteándolo en la misma forma que lo hacen los loros.

Muda

Los datos acá proporcionados, son el resultado de la observación realizada a lo largo de 28 años durante el proceso de muda de plumaje de 33 aves discriminadas como se muestra en el cuadro No. 2.

De acuerdo con las observaciones, la muda del plumaje está primordialmente influida por la abundancia de alimento y aunque no en todos los ejemplares investigados, se ha podido establecer que la época en que con más frecuencia se inicia la muda es entre los meses de julio y septiembre. La muda invariablemente comienza en las rapaces con la caída de coberteras menores, sobre todo cervicales y pectorales. Las plumas de vuelo —rémiges primarias y secundarias, al igual que las rectrices— comienzan por lo regular a mudarse al cabo de varios días e inclusive de semanas de la iniciación de la muda y siempre y cuando la alimentación sea abundante y nutritiva. Es pertinente advertir que esta investigación se ha realizado en Bogotá a una altitud de



FIGURA 3

A. *Buteo nitidus* (Latham), ejemplar adulto. B. *Falco femoralis pichincae* (Temmick). C. *Ictinia missisipiensis* (Wilson), ejemplar juvenil. D. *Micrastur semitorquatus* (Veillot), ejemplar adulto.

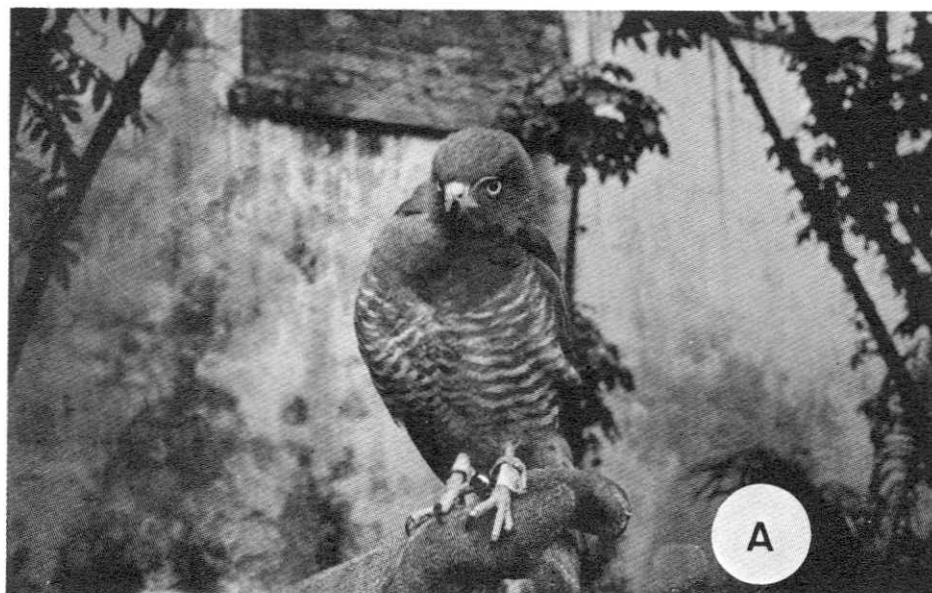


FIGURA 4

A. *Buteo magnirostris* (Gmelin). B. *Falco sparverius* (Linneo), hembra. C. *Gampsonyx swainsonii* (Vigors).

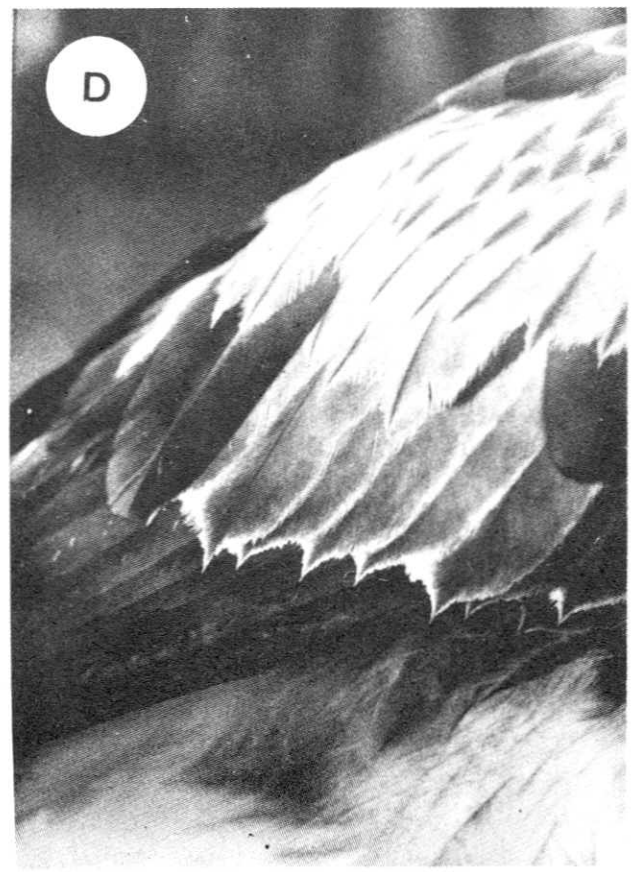
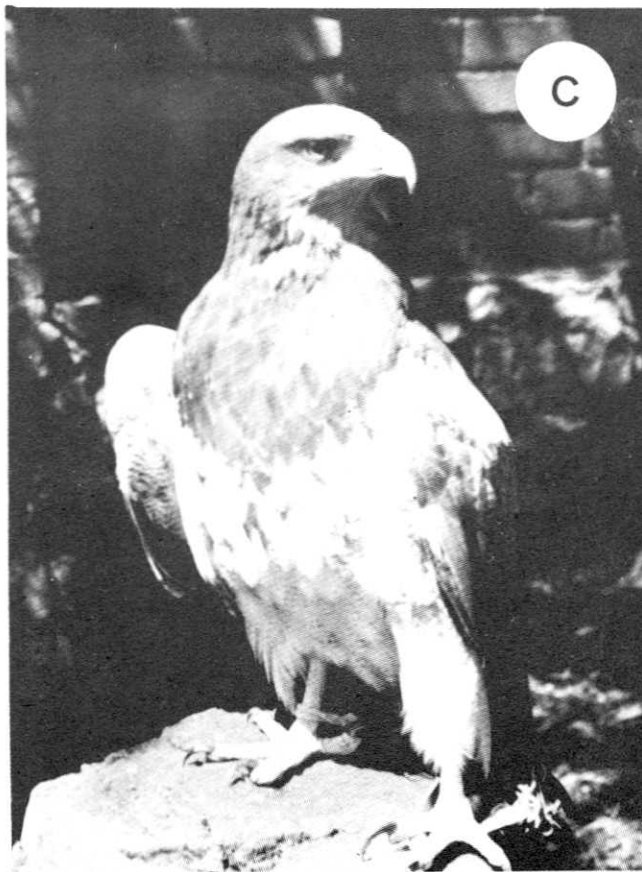
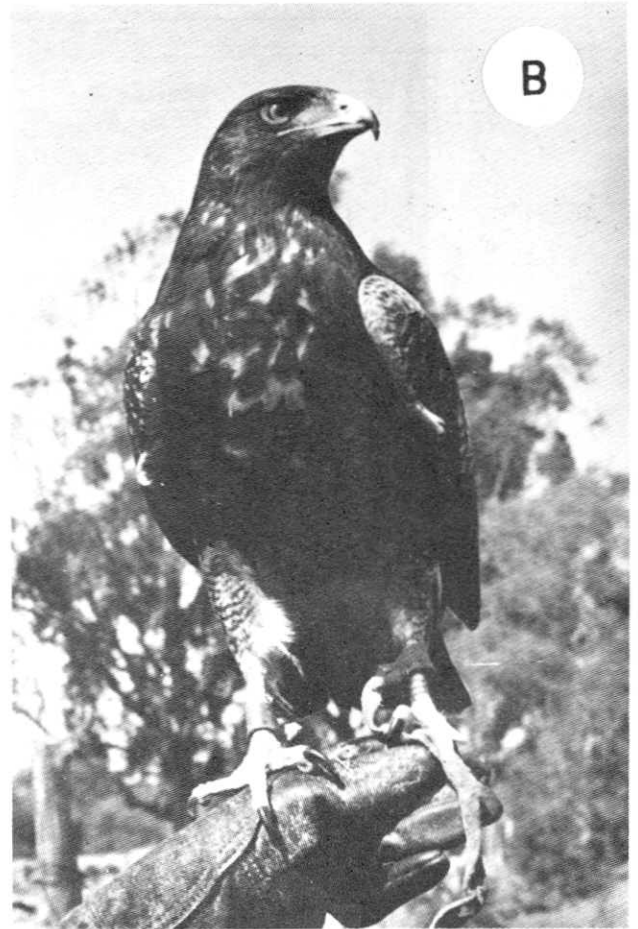


FIGURA 5

Geranoaëtus melanoleucus (Veillot) A. ejemplar juvenil con plumaje de nido; B. fase melánica del plumaje sub-adulto en primera muda; C. plumaje adulto con vestigios del plumaje sub-adulto. D. detalles del plumaje del ala de *Oroaëtus isidori* (Des Murs): obsérvense las plumas puntiagudas juveniles de color claro, diferentes de las recién mudadas con extremo redondo y de color negro.

CUADRO 2

Especie	Familia Falconidae	No. de ejemplares observados
<i>Falco sparverius</i> (Linneo)		5
<i>Falco peregrinus anatum</i> (Tunstall)		1
<i>Falco femoralis</i> (Temmick)		1
<i>Herpetotheres cachinnans</i> (Linneo)		1
Familia Accipitridae		
<i>Geranoaëtus melanoleucus</i> (Veillot)		6
<i>Oroaëtus isidori</i> (Des Murs)		2
<i>Spizastur melanoleucus</i> (Veillot)		1
<i>Spizaëtus ornatus</i> (Daudin)		2
<i>Spizaëtus tyrannus</i> (Wied.)		1
<i>Buteo magnirrostris</i> (Gmelin)		5
<i>Buteo albicaudatus</i> (Veillot)		4
<i>Buteo nitidus</i> (Latham)		1
<i>Buteo platypterus</i> (Veillot)		1
<i>Leucopternis schistacea</i> (Suderval)		1

2.600 m.s.e.m. y con una temperatura media de 13 grados centígrados. La alimentación que se ha suministrado ha sido fundamentalmente cabezas y cuellos de pollo a los cuales —los cuellos— se les ha quitado el tejido adiposo; también se han dado ratones blancos de laboratorio, alimento que se les ha suministrado a algunas aves de especies pequeñas y medianas como son *Falco sparverius*, *Falco rufigularis* y *Buteo magnirrostris*. Al comparar los resultados de estos dos tipos de alimentación, no hubo diferencia apreciable entre las aves que recibieron ratones y las que se alimentaron con pollo; es conveniente aclarar que en estas aves, *F. rufigularis*, alimentado exclusivamente con ratones y *F. sparverius*, 3 ejemplares alimentados por porción cervical de pollo, las condiciones ambientales fueron idénticas.

En las ocho aves del género *Falco* la simetría en la muda de plumas de vuelo, se constató es casi perfecta, valga decir que si cae la cuarta rémige primaria de un ala, en muy poco tiempo caerá la correspondiente de la otra ala; cuando esto no acontece espontáneamente —me refiero exclusivamente al género *Falco*— el halcón se arranca la correspondiente con el pico, tomándola del cañón, muy cerca de la implantación sin dañar los vexilos, pero en cambio afectando la porción terminal del ráquis

que queda resquebrajada. *Herpetotheres cachinnans* tiene un comportamiento similar. En las accipitridas la simetría en la muda de las plumas de vuelo no es tan exacta. *Geranoaëtus melanoleucus* se arranca las rémiges y rectrices asiéndolas con el pico en la parte del ráquis donde están los vexilos, el cual queda con frecuencia casi desnudo; esto ha sido apreciado en 4 ejemplares muy jóvenes, en el nido o fuera de él cuando aún no podían volar bien. En cambio dos cogidos ya volando y valiéndose por sí mismos —uno subadulto— no maltrataron tan severamente las plumas que se arrancaron e inclusive muchas remeras las mudaron por caída espontánea y también con una simetría notable, comparándola con los otros ejemplares. La muda en *Geranoaëtus melanoleucus* después del severo racionamiento que exige la práctica de la cetrería con estas aves, debido a su gran sobriedad y luego alimentándolas "ad libitum" dura entre 7 y 9 meses, contados desde que se inicia la muda hasta que termina con la caída de las tres primeras rémiges primarias que suelen ser las últimas, aunque puede acontecer que no las mude, como sucedió con uno de los ejemplares capturados ya valiéndose por sí mismos, que conservó esas plumas hasta la siguiente muda. *Falco sparverius* y *Falco rufigularis* duran mudando entre 5¹/₂ y 7 meses. *Buteo magnirrostris* alrededor de 8 meses y se arranca —algunas veces, no siempre— las plumas en la misma forma en que lo hace *G. melanoleucus*. El ejemplar de *Spizastur melanoleucus*, fue observado durante casi 17 años y fue posible comprobar que muda su plumaje de vuelo por caída espontánea, pero algunas veces con plumas que demoran en caer se las arranca en forma similar a la descrita en el caso de *Geranoaëtus melanoleucus*. La muda de este ejemplar de *S. melanoleucus* cuando cambió su plumaje juvenil demoró cerca de 2 años, del 29 de diciembre de 1970 al 2 de diciembre de 1972. En los otros controles se comprobó una duración de 9 a 10 meses.

Geranoaëtus melanoleucus y *Buteo albicaudatus* no adquieren el plumaje adulto definitivo sino hasta la tercera o cuarta muda. En la primera de estas dos especies, al mudar el plumaje de nido o juvenil, les sale uno bastante oscuro conocido como fase melánica; después de ésta, viene uno de color gris pizarra, más oscuro en el aspecto dorsal, luego puede aparecer el plumaje definitivo que se caracteriza porque desaparece en el ala —del hombro al codo— el color amarillento u ocre claro que es remplazado por coberteras de color gris. En las coberteras crurales que en el aspecto externo de la pierna son bastante largas y en algunos especímenes llegan a ser casi tan largas como el tarso, se presenta en la tercera muda el cambio de color que de amarillento pasa a gris pálido, casi blanco, conservando sí el fino barrado negro¹. *Oroaëtus isidori* cuyo plumaje juvenil o de nido es pardo en su aspecto dorsal y blanco sucio en el ventral, tiene las coberteras dorsales, cervicales y las alares de forma lanceolada, pero con la primera muda el color cambia a negro en estas regiones y las plumas de ellas salen de forma ovalada, la cual conservan a lo largo de la vida

1. En esta especie las rectrices del plumaje de nido son más largas que el extremo de las rémiges, pero cuando mudan la primera vez las plumas de la cola son mucho más cortas, tanto, que las alas son más largas que las rectrices. Este mismo fenómeno pero más acentuado se presenta en *Buteo albicaudatus*.

de esta águila, como lo comprueba una observación de 8 años, partiendo del plumaje juvenil, lo cual ha permitido establecer que aunque desde la primera muda el ave tomó el color semejante al adulto —negro en el aspecto dorsal y marrón oscuro en el ventral, con una estría negra a lo largo de las coberturas pectorales; chocolatado en las subcaudales y las rectrices con una ancha banda negra terminal y el resto, de la rectriz, color ceniza—, pero conservó la garganta clara lo mismo que la región supraorbitaria, partes que en el adulto son totalmente negras y que no toman este color hasta la tercera muda. Vale la pena señalar que en casi todas las rapaces observadas partiendo del plumaje juvenil, conservan vestigios —una que otra pluma— de esta época

de la vida, observación hecha por los cetreros desde la Edad Media.

Bibliografía

- Torres-Barreto, A. 1969. Observaciones sobre comportamiento y muda en cautiverio de *Falco rufigularis*. *Lozania* 1 (17): 1-8.
- 1975. Registro de una nueva especie para la avifauna colombiana y algunos datos sobre su comportamiento en cautiverio. *Caldas* 11 (53): 151-154.
- 1976. Observaciones sobre comportamiento en cautiverio y posibilidades como ave de cetrería de *Spizastur melanoleucus* (Vieillot). *Lozania* 1 (21): 17-32.
- 1986. Cetrería Neotropical Colombiana. Litografía Arco, Bogotá, 192 pp.

EL GENERO *AEQUATORIUM* NORD. (SENECIONEAE-ASTERACEAE) EN COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahíta*

y

José Cuatrecasas**

Resumen

Díaz-Piedrahíta, S. & J. Cuatrecasas: El género *Aequatorium* Nord. (Senecioneae-Asteraceae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 659-666, 1990. ISSN 0370-3908.

Se propone una nueva especie (*A. latibracteolatum*), dos se transfieren a este género (*A. verrucosum* y *A. albiflorum*), se presentan claves diagnósticas para las especies colombianas y se redescubren aquellas objeto de nuevas combinaciones.

Palabras clave: *Aequatorium*, Asteraceae, Senecioneae, Colombia.

En desarrollo de la revisión del material colombiano de Senecioneae se han detectado varias especies ubicables en el género *Aequatorium* Nord. En el presente escrito se propone y describe una nueva especie, se redescubren y transfieren a *Aequatorium* otras dos ubicadas previamente en *Senecio* y *Gynoxys*, se ilustran las especies colombianas y se presentan claves que permiten distinguirlas entre sí.

El género *Aequatorium* fue creado por Nordenskiöld en 1978 con base en una nueva especie originaria de Ecuador (*Ae. asterotrichum* Nord.), transfiriéndole simultáneamente una segunda especie anteriormente circunscrita a *Senecio* y procedente de la Cordillera Central de Colombia (*Ae. polygonoides* (Cuatr.) Nord.).

Aequatorium, pertenece a la tribu *Senecioneae* y es afín a *Senecio*, a *Gynoxys* y a *Pentacalia*. Se distingue de los tres, principalmente por los lóbulos oblongos y muy largos de las corolas de las flores hermafroditas y por la constante presencia de tricomas dendroideo-crasiestrellados; de *Senecio* además se diferencia por corresponder a arbolitos o arbustos, por las anteras sagitadas en la base y por los nódulos de las células endoteciales en posición polar; de *Gynoxys* por las ramas estigmáticas truncadas u obtusas y carentes del penacho más o menos cónico alargado de pelos colectores, por las hojas generalmente alternas y por las lígulas blancas; de *Pentacalia* Sec. *Microchaete* difiere además por el color siempre blanco de las lígulas, por los nódulos de las células endoteciales de las anteras en posición polar y por el collar estaminal cilíndrico y sólo ligeramente más grueso que el filamento (véase adicionalmente la clave para las Senecioneae de Colombia publicada por Cuatrecasas en *Caldasia* 15 (71-75): 12-14. 1986).

* Profesor Titular. M.U. Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, D.E. Colombia.

** Department of Botany, Smithsonian Institution, Washington D.C. 20560 U.S.A.

Por la escasez de material o de colecciones del área correspondiente, el género *Aequatorium* que-

dó en un principio como insuficientemente delimitado, especialmente en relación con sus conexiones con *Gynoxys*. Ello debido a la existencia de numerosos ejemplares de una posible especie ecuatoriana que parecen corresponderle a pesar de presentar comúnmente las hojas opuestas. Dejando aparte este punto en duda, es un hecho positivo la presencia en Colombia de la nueva especie que acá se describe, así como de las que se transfieren y que coinciden con caracteres muy precisos, tanto, que refuerzan positivamente la validez del género. Es indudable también, como ya lo indicó Nordenstam, que el género ofrece conexiones directas con el subgénero *Praegynoxys*. La sugerencia de Nordenstam de la posible pertenencia al nuevo género de *Gynoxys verrucosa* Wedd. y *G. albiflora* Wedd., se comprueba en el presente trabajo.

Aequatorium Nordenstam, Opera. Bot. 44: 59–63, fig. 38, 1978.

Arboles o arbustos. Hojas alternas pecioladas, a veces sub-opuestas u opuestas, coriáceas, con margen entera o sinuado-dentada, tomentoso-lanudas por lo menos en el envés. Tricomas gruesamente estrellados y más o menos ramosos o dendroides, intrincados formando indumento lanudo ferruginoso u ocráceo, a veces deciduo al envejecer. Pecíolo de 0.5 a 4 cms. Sinflorescencias terminales, tirsoideo-paniculadas, generalmente monocasiales, incidentalmente en parte dicasiales, floribundas en capítulos más bien pequeños (menos de 10 mm long.).

Capítulos radiados con 7–26 flores. Involucro cilíndrico 5–8 mm largo, de 5–8 filarias oblongas u elíptico-oblongas biseriadas, las internas más anchas que las externas, subcoriáceas, rígidas, glabras o lanudas en la parte expuesta (las márgenes cubiertas glabras). Calículo de muy escasas bracteolas diminutas, o raramente de numerosas bracteitas ovoides progresivamente más largas, imbricadas y cubriendo 1/2 o 2/3 del involucro. Flores periféricas femeninas de 4 a 7; corola ligulada blanca, 5.5–11 mm, el tubo de 3–5 a 4.5 mm; estilo de 2 ramas curvas con el lado adaxial cubierto por dos bandas estigmáticas gruesas conniventes; ovario oblongo débilmente 5–8 estriado, glabro; vilano blanco o pajizo de cerdas finas estrigulosas uniseriadas, soldadas en la base. Flores del disco hermafroditas de 3 a 18 en un capítulo; corola tubulosa de 5 a 9.5 mm long, usualmente blanca, también cremosa o amarillenta con 5 lóbulos profundos, oblongos, usualmente uninervios, recurvados. Anteras exertas en la anthesis, sagitadas con caudículas agudas, apéndice apical oblongo; células endoteciales oblongas, romboideas con nódulos polares. Collar anterífero algo más grueso que el filamento, usualmente con células brevemente rectangulares. Ovario glabro y vilano de 4.5 mm igual al de las flores femeninas. Aquenios oblongos más o menos 5–8 estriados.

Especie tipo: *Aequatorium asterotrichum* Nordenstam. Opera Bot. 44: 61–63, 1978.

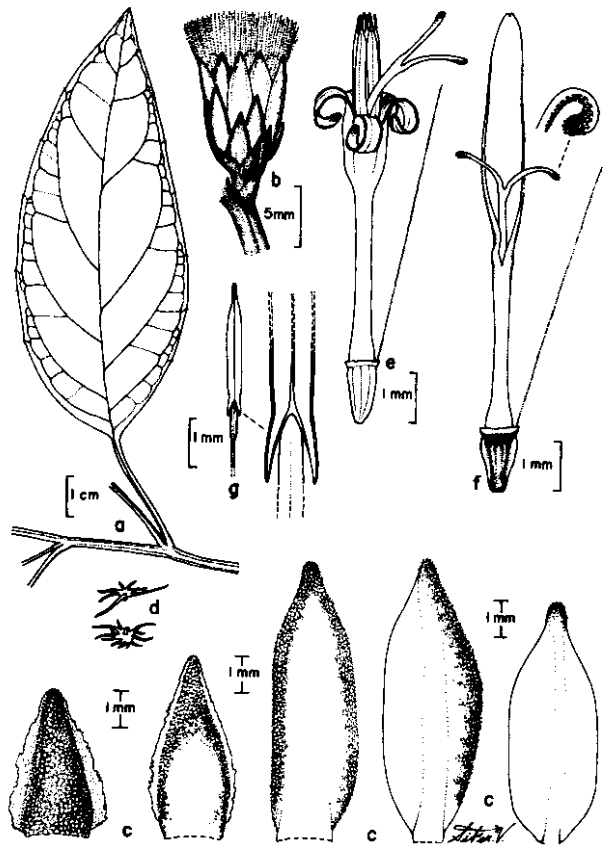


FIGURA 1

Aequatorium latibracteolatum Díaz & Cuatrecasas: a, lámina foliar vista por el envés; b, capítulo; c, piezas del involucro (nótese la transición desde la brácteas del cálculo hasta las filarias internas); d, pelos estelado-escamosos; e, flósculo del disco; f, flor radial ligulada; g, detalle de una antera. Tomado de Lozano et al. 4667.

Clave diagnóstica de las especies de *Aequatorium*

- 1 – Involucro glabro o aparentemente glabro. Lámina foliar alargada, aguda en el ápice, cuneiforme en la base, más del doble larga que ancha.
- 2 – Calículo reducido a 2–4 bracteolas menudas. Involucro glaberrimo de 5–7 filarias 4–5 mm. Hoja oblongo-lanceolada, 5–12 x 1–2 cm. Pecíolo 0.5–1 cm. 10–18 flores. Ecuador.
..... 1) *Ae. asterotrichum*
- 2' – Calículo formado por numerosas bracteolas imbricadas que cubren parcialmente el involucro, glabro o subglabro, verde. Involucro de 8 filarias 6.5–7.2 mm. Hoja elíptica atenuada en los extremos, 6.6–8.2 x 2.3–3.8 cm. Pecíolo 1.5–4 cm. 18–26 flores. Colombia.
..... 2) *Ae. latibracteolatum*
- 1' – Involucro con filarias lanudas.
- 3 – Lámina foliar breve, que no rebasa 5 cm de largo, 3.5 x 1.5–2.5 cm, elíptica, obtusa en ambos extremos o atenuada hacia el ápice, con margen lisa, íntegra. Filarias volviéndose pronto glabras. Colombia.
..... 3) *Ae. albiflorum*

- 3 - Lámina foliar mayor o más ancha.
- 4 - Lámina foliar anchamente elíptica o suborbicular, obtusamente sinuada con aspecto poligonal, igual o poco más larga que ancha, 3.5-8 x 2.5-6.5 cm. Pecíolo 1-2.5 cm. Involucro de 5-8 filarias densamente lanudas. Colombia.
 - 4) *Ae. polygonoides*
- 4 - Lámina foliar más del doble más larga que ancha, ovado-lanceolada u ovado-atenuada y aguda en el ápice, redondeada en la base, subíntegra, 10-18 x 4-8 cm. Pecíolo 1.7-4 cm. Ramas y ramillas con abundantes proyecciones verrugosas pátulas hasta 3 mm de largo. Colombia.
 - 5) *Ae. verrucosum*

Clave sinóptica para las especies de *Aequatorium*

- 1 - Calículo formado por numerosas bracteolas imbricadas, cubriendo parcialmente el involucro.
 - *Ae. latibracteolatum*

- 1 - Calículo limitado a dos o tres bracteolas lineares o muy menudas.
- 2 - Involucro glabro, verde nítido.
 - *Ae. asterotrichum*
- 2 - Involucro lanudo.
- 3 - Lámina foliar igual o poco más larga que ancha, subredondeada o lati-elíptica con aspecto poligonal.
 - *Ae. polygonoides*
- 3 - Lámina foliar doble más larga que ancha.
- 4 - Ramas y ramillas lisas. Hoja breve, el limbo elíptico, obtuso, que no excede 5 cm de largo, margen lisa entera.
 - *Ae. albiflorum*
- 4 - Ramas y ramillas laxa o densamente cubiertas de verrugas. Hoja mayor, limbo ovado atenuado, agudo en el ápice, redondeado en la base, margen más o menos sinuada.
 - *Ae. verrucosum*

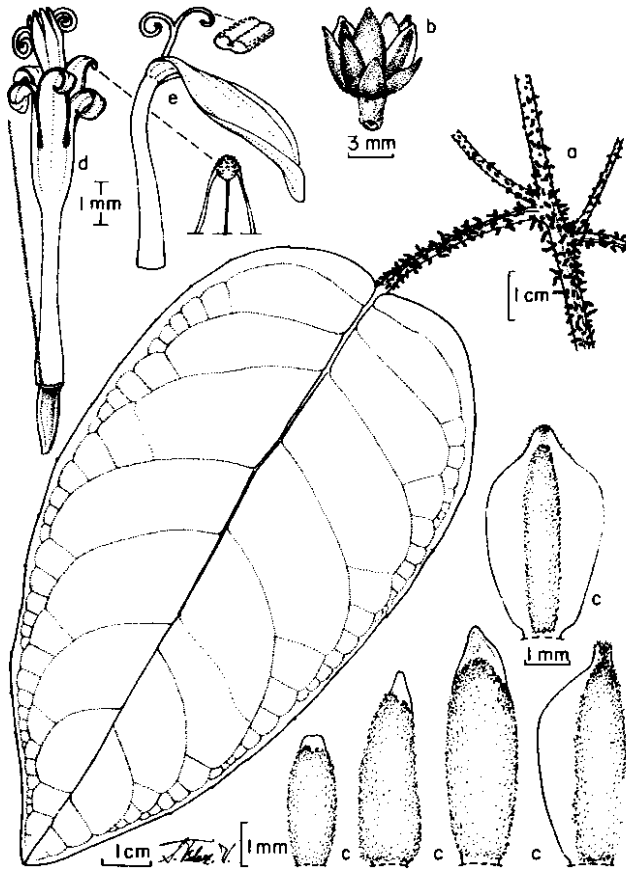


FIGURA 2

Aequatorium verrucosum (Weddell) Díaz & Cuatrecasas; a, lámina foliar vista por la haz (nótese el tipo de ramificación y las verrugas suberosas); b, involucro; c, piezas del involucro (nótese la transición desde las brácteas del calículo hasta las filarias internas); d, flósculo del disco; e, flor radial ligulada, a. tomado de Camargo 7541, b-e tomado de Cuatrecasas 20147.

Aequatorium asterotrichum Nord. Opera Bot. 44: 61-63. 1978 Holotypus: *Asplund 18263* (S) no visto.

Otra colección: Ecuador, Cotopaxi: carretera Latacunga a Pilaló-Quevedo, 5-15 km. al E. de Pilaló. Bosque muy húmedo, montano bajo, perturbado. Arbol 8 m, hojas envés café pubérulo, 12 mayo 1988, *Cerón, Neill & Palacios 3993* (US).

Aequatorium latibracteolatum Díaz & Cuatrecasas sp. nov. Fig. 1

Arbuscula 3 metralis. Rami juvenili foliati argute angulato sulcato densissime adpresseque stellato-piloso-squamoso superficie ochroleuca laevi, vetusti robusti cicatricoso-nodulosi etiam adpresse induti.

Folia alterna petiolata rigide subcoriacea. Petiolus 1.5-4 cm longus adaxiale planus reliquus angulatus adpresse piloso-squamatus. Lamina 6.6-8.1 x 2.3-3.8 cm, lanceolato-elliptica vel elliptica utrinque attenuata et acuta, margine integra vel leviter sinuata; adaxialiter fere laevis viridis glabrescens pluries sparse piloso-squamosa, nerviatione impressa plus minusve conspicua; abaxialiter ochroleuca costa prominenti, nervis secundariis curvato-ascendentibus 4-7 utroque latere antrorsis prope marginem anastomosantibus et evanescentibus, nervis minoribus parce prominulis laxis infra indumentum obsoletis, superficie omnino cum dense indumento crassi-stellato piloso et squamoso valde intricato et adpresso visu laevi tecta.

Synflorescentia subterminalis corymbiforme paniculata monotelica 9-11 x 4-7 cm. Pedunculus 4-6 cm longus rectus ebracteatus ramis alternis argute sulcato-angulatis et dense adpresseque cum

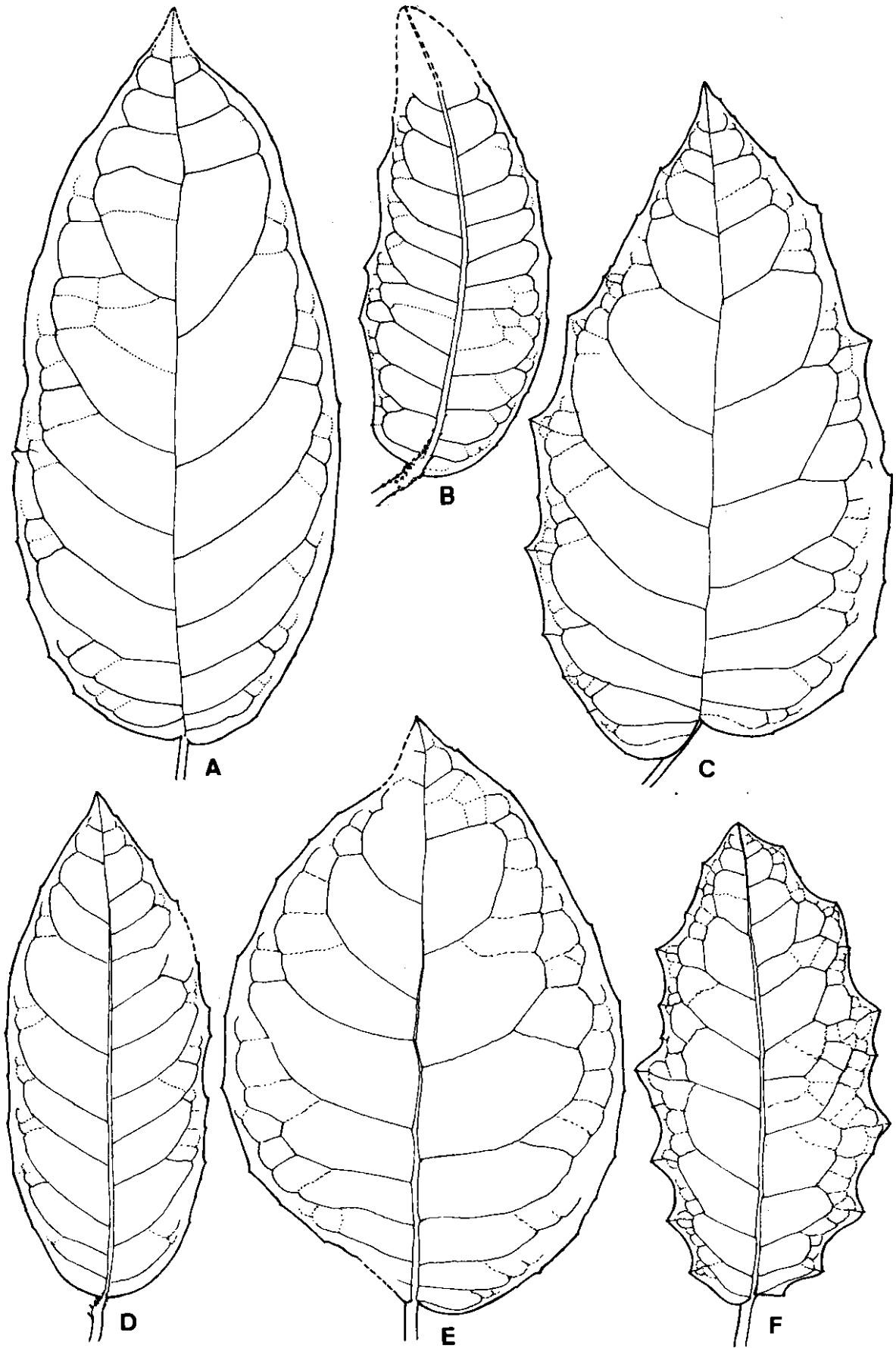


FIGURA 3

Aequatorium verrucosum (Weddell) Díaz & Cuatrecasas: Variación foliar; a, tomado de Jaramillo 6365; b, tomado de Sarria 278; c, tomado de Cuatrecasas 20615; d, tomado de Díaz 2043; e, tomado de Cuatrecasas 20615; f, tomado de Díaz 2124.

velo ochroleuco piloso-squamoso tectis. Rami 3–5, proximales ascendentes longe pedunculati nudi, rami distales 3–8 capitula pedicellata vel subsessilia ferentes. Pedicelli erecti 0.2–2.5 mm longi. Bractee subtendentes late triangulares 4–3 x 3–2 mm, sursum gradatim decrescentes.

Capitula 10–11 mm longa cylindracea radiata 13–15 flores ferentia. Involucrum cylindricum viride; phyllaria 8, rigida chartacea subbiseriata exteriora 6.5–7 x 2.2–2.7 mm elliptico-lanceolata acuta interiora 6.6–7.2 x 2.3–2.8 mm elliptica utrinque leviter attenuata apice subacuta margine minime vel haud scariosa dorsaliter laevia viridia, ad margines plus minusve sordido adpresseque squamulosa.

Calyculus bene evolutus 2/3 involucrum tegens, 12–14 bracteolis imbricatis instructus, 3.3–5.4 x 1.8–2.6 mm, interioribus oblongis vel ovato-oblongis acutis, exterioribus ovatis acutiusculis gradatim decrescentibus. Bracteolae pedicellis late ovatae distaliter angustatae acutae ca 3 x 2 mm, supremae juxta calyculum 4 x 2.8–3.8–2.5 ovatae acutatae, omnes virides sed ad margines sordide cereo-squamosae vel piloso-squamosae.

Flores radii feminei ligulati 5 in capitulo. Corolla alba glabra 10–11 mm longa, tubo 4–5 mm, lamina oblonga minute 3–dentata 1 mm lata, 4 nervis conspicuis. Stylus circa 5 mm, ramis 1.5–2 mm longis adaxialiter duobus lineis stigmatibus crassis protrudentibus et conniventibus. Ovarium glabrum 1.4–1.5 mm. Pappus pilis uniseriatis basi coalitis 6.5–7 mm.

Flores disci hermaphroditi 8 in capitulo. Corolla 8.5–9.3 mm longa glabra actinomorpha, tubo (2.5) 4–4.8 mm, limbo 4–4.5 mm tubulo campanulato sed profunde lobato, lobis lineariblongis 2.5–3 mm longis 0.5 mm latis enervis, valde recurvatis. Filamenta staminum cylindracea glabra. Antherae 3 mm basi sagittatae appendice apicali anguste oblonga, thecis basi caudiculis acutis 0.4 mm longis, cellulis endothecialibus oblongis nodulis polaribus. Collum antheriferum cylindricum a filamentis crassius, cellulis rectangularibus. Stylus corollam superans, ramis 2 mm longis duobus lineis stigmaticis crassis protrudentibus et conniventibus apice paulo convexo et minute papillato-coronato. Ovarium glabrum 1.8–2 mm. Pappus ca 7 mm longus setis minute strigosis basi coalitis.

Typus: Colombia, Depto. del Cauca, Municipio de Puracé, Parque Nacional Natural del Puracé, cercanías de la Laguna San Rafael. 3.300 m. alt. "Arbolito 3 m. Flores blancas", 6–oct.–1984, *Lozano, Rangel, Turbay, Sanabria & Espejo* 4667. Holotypus COL, Isotypus COL.

Otra colección: Colombia, Depto. del Valle, Municipio de Pradera, Vereda Bolo Azul, Finca La Cabaña, 3350 m. "Arbusto 3–4 mm. hojas coriáceas, haz verde oscuro con nervio medio cubierto

de lanosidad marrón claro, envés marrón claro con visos plateados. Botones verdes", 3–oct.–1989, *Stella Sarria* 296 (COL).

Aequatorium verrucosum (Weddell) Díaz & Cuatrecasas comb. nov. Figs. 2–3

Gynoxys verrucosa Weddell Chloris Andina: 1: 77 (1856).

Lectotypus: *Linden* 1050 (P), isotypus (G), photo Field Museum 28802.

Senecio verrucosus Klatt Abh. Nat. Ges. Halle 15: 332. 1882

Typus, *Triana* s.n (P) photo Field Museum 37975.

Gynoxys verrucosa var. *magna* Cuatr., Pl. Nov. Colomb. Ser. Altera, Trab. Mus. Nac. C.N. y J.B. Ser. Bot. 29: 38. 1935, Holotypus, *Cuatrecasas* 2849 (MA).

Gynoxys verrucosa var. *grandifolia* Cuatr. Fieldiana Bot. 27 (1): 13. 1950.

Typus: *Cuatrecasas* 20615 (F, holotypus; COL isotypi).

Arbuscula trimetralis, ramis ultimis foliosis tortuosis divaricatis, cortice ochraceo laxo aut copiosissime verrucoso et densissime stellato-tomentoso; verrucis suberosis oblongis elongatis patulis rectis vel curvis firmis stellato-pilosis usque ad 3 mm longis; pilis crassiusculis stellatis plerumque ramosis longis intricatisque indumento crassi-lanato densissime instructis.

Folia alterna chartacea petiolata. Petiolus 1.7–4 cm longus robustus sulcatus acerrime verruculosus dense ochraceo stellato-lanatus. Lamina ovata vel ovato-lanceolata basi rotundata apicem versus angustata acutaque 10–18 x 4–8 cm margine integra vel subtiliter sinuata, interdum minutis dentibus acutis mucroniformibus; adaxialiter viridis opaca laevis, costa impressa parce stellati-pilosa reliqua superficie glabra nervis secundariis minoribusque obsoletis vel interdum parce prominulis; abaxialiter ochracea vel vetusta albescens omnino densissime crasseque stellato-tomentosa, costa valde eminenti robusta verruculosa, nervis secundariis 5–9 utroque latere curvato-ascendentibus prope marginem tenuibus anastomosantibus, interdum parce verruculosus, nervis tertiis transversis et minoribus laxissime reticulatis fere inconspicuis.

Synflorescentia monotelica thyrsoidea dense capitulata 6.5–10 cm longa 2.8–3.5 mm lata, ramis proximalibus dichasialibus distalibus interdum itidem monochasialibus, pedunculo 7–8 cm longo pedicellis 1–2.3 mm longis. Bractee subtendentes foliaceae 6–8 x 2.8–3.8 cm, supremae lineares vel filiformes 6–2 mm longae. Undique synflorescentiae dense crasseque sytellato-lanatae.

Capitula 5–8 mm longa cylindracea radiata circa 18–26 flores ferentia. Involucrum tubuloso-

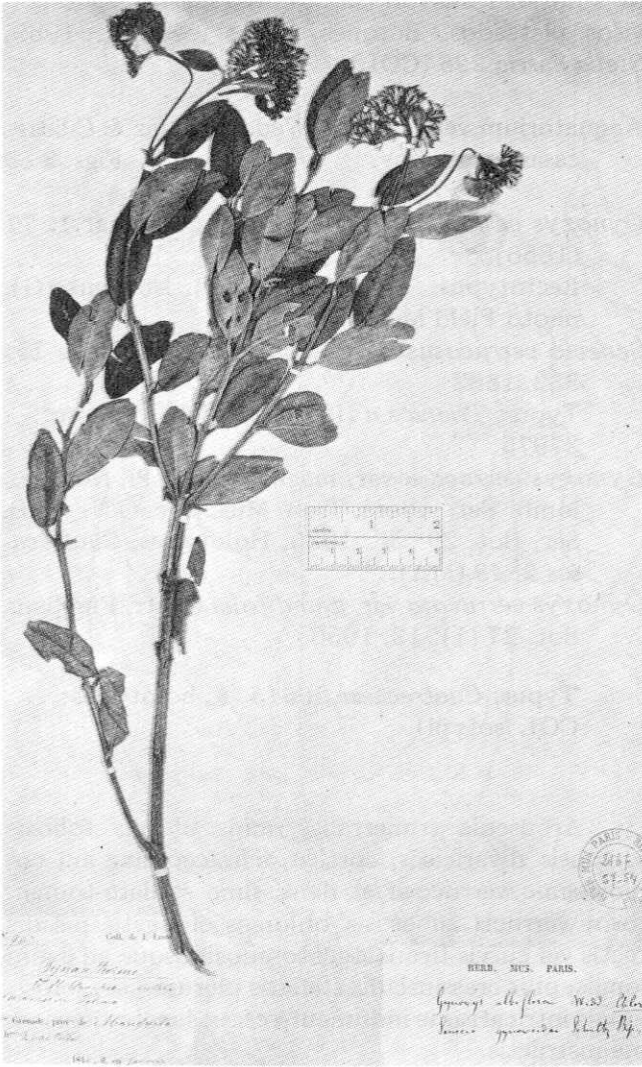


FIGURA 4

Aequatorium albiflorum (Weddell) Cuatr. & Díaz: ejemplar tipo depositado en P; fotografía de J. Cuatrecasas s.n.

campanulatum; phyllaria 8, externa 4–5 x 1.3–1.8 mm oblonga subite acuminata, interiora 3.5–5 x 2–3 mm late oblonga subite acuta vel acuminata marginibus late scariosis omnia dorsaliter dense ochraceo stellato-lanata, apice acuto viridi excepto. Calyculus 1–3 bracteolis linearibus acutis stellato-pilosis 1.8–3 x 0.5–1 mm.

Flores radii feminei ligulati 5–8 in capitulo. Corolla alba crassiuscula glabra 5.5–7 mm longa, tubo 2.5–3 mm longo recto rigido, lamina elliptico-oblonga 1–1.4 mm lata tenuissime 7 nervata apice 3-denticulata, adulta recurvata. Stylus 5–6 mm, ramis recurvatis ad 2 mm longis, adaxialiter duobus lineis stigmaticis elevatis valde crassis conniventibus obsitis. Ovarium glabrum oblongum 1.4–1.8 mm longum. Papus setis 4–4.2 mm acutis hyalinis minute sparseque adpresse strigosis, basi coalitis.

Flores disci hermaphroditi 13–18 in capitulo. Corolla alba (?) 5–6 mm longa actinomorpha tubo 1.5–2.2 mm longo, limbo latiori quinque-

lobato base tubulosa 2–2.3 mm longa, lobis lineari-oblongis acutis uninervis 1.7–2 mm longis 0.4–0.5 mm latis adultis recurvatis apice minute papilloso. Filamenta staminum cylindracea glabra. Antherae 1.8–2 mm longae basi sagittatae appendice anguste oblonga uninervata, thecis basi acutis, cellulis endothelialibus hexagono-oblongis nodulis polaribus. Collum antheriferum longum cylindricum a filamento leniter crassius, cellulis rectangularibus. Stylus 5–5.5 mm ramis 1.2–1.5 mm longis recurvatis adaxialiter lineis duobus stigmaticis latis conniventibus apice convexo minutis papillis coronatis. Ovarium glabrum 1.4–1.7 mm setis papporum basi coalitis 4.3–4.5 mm longis.

Esta especie es variable en cuanto a la forma, margen y tamaño de las hojas y a la densidad y tamaño de las verrugas que cubren los tallos; la descripción que se presenta se basó principalmente en el ejemplar *Camargo 7541*, el cual representa las formas más extremas en el desarrollo de las verrugas, en contraste con las formas escasas en estos apéndices, que bien pueden estar representadas entre otros por el ejemplar *Jaramillo et al. 6365* y *Cuatrecasas 20147*. En una misma planta puede observarse un notable dimorfismo foliar; las hojas cercanas a las sinflorescencias pueden mostrar tendencia hacia la margen entera y escasamente denticulada, en tanto que las hojas de las partes bajas del árbol pueden alcanzar mayor tamaño (hasta 24 x 12 cm) y manifestar una tendencia hacia la margen sinuado-angulada como bien puede observarse en el ejemplar *Cuatrecasas 20615*. Se encuentra en la faja altitudinal comprendida entre los 3200 y los 3600 m de altitud en territorio de los departamentos de Cauca, Valle, Huila y Tolima.

Material examinado: Colombia, Depto. del Cauca, Municipio de Velalcázar, Cabaña Termal de Inderena, 2800 m, 28–oct.–1980, *Arévalo 270* (COL, US). Depto. del Tolima, Municipio de Roncesvalles, Páramo de Yerbabuena, 3250 m, 11–nov.–1980, *Camargo 7541* (COL); Las Mesetas, vertiente del Monte Tolima, 3600 m, 13–mayo–1932, *Cuatrecasas 2840* (MA); La Línea, Cerro El Campanario, 3580–3400 m, 4–mar.–1969, *Cuatrecasas & Echeverry 27692* (TOL, US); Municipio de Santa Isabel, margen del río Totarito 3300–3400 m, 11–feb.–1980, *Díaz, Rangel & Jaramillo 2043* (COL); Municipio Santa Isabel, camino a La Ermita, La Estrella, 3600–3400 m, 14–feb.–1980. *Díaz & Jaramillo 2124* (COL); Entre Ibagué et Cartago, *Goudot s.n* (P, lectoparatypus); Municipio de Santa Isabel, Valle del río Totarito, lado N. 3500 m, 12–Feb.–1980, *Jaramillo et al. 6365* (COL); Los volcancitos, “Quindío”, 3200 m, *Linden 1050* (P, Lectoholotypus, G, lectoisotypus); Forests du Quindio (Foto FM 37975), *Triana s.n* (P). Depto. del Valle, Cordillera Central, vertiente occidental, Hoya del río Bugalagrande, Barragán, Páramo de Bavaya, Corrales, 3450–3520 m, 18–mar.–1946, *Cuatrecasas 20147* (COL); Cordillera Central, vertiente occidental, cabeceras del río Tuluá, Quebrada Las Vegas, páramo 3400–3500 m, árbol de 8 m,

23-mar.-1946 *Cuatrecasas 20365* (US, VALLE); Cordillera Central, vertiente occidental, Hoya del río Bugalagrande, Cuchilla de Barragán, 3250–3270 m, *Cuatrecasas 20615* (COL, F) (typus de la var. *grandifolia*); Cordillera Central, vertiente occidental, Cuchilla de Barragán, entre Las Azules y Las Violetas, 3100 m, 24-abr.-1946, *Cuatrecasas 21006* (F, VALLE); Municipio de Pradera, Vereda Bolo Azul, finca La Cabaña 3350 m, 3-oct.-1989, *Sarria, 278* (COL).

Aequatorium albiflorum (Weddell) Cuatr. & Díaz, comb. nov. Fig. 4

Gynoxys albiflora Weddell, *Chloris Andina* 1: 78. 1856.

Typus: *Linden 907*, Nov. Grenade, Prov. Mariquita, sur la lisiere du paramo du volcan de Tolima, 3900 m. Holotypus P, pequeño fragmento en US. Photo Cuatrecasas s.n., Isotypus G, photo FM 28799.

Frutex, foliis oppositis, suboppositis et interdum alternis. Lamina foliorum 3–5 x 1.5–2.5 cm elliptica utrinque obtusa vel apicem versus paulo attenuata, margine integerrima, adaxialiter dense crassissimeque ochraceo – vel ochroleuco – lanata, pilis stellatis intricatis. Petiolus brevis 4–8 mm.

Synflorescencia terminalis vel subterminalis thyrsoides paniculata, pedunculo valde elongato recto vel flexuoso pedicellis flexuosis gracilibus ca. 6 mm sparse bracteolatis, bracteolis 2–4 mm long. anguste linearibus, omnino dense floccoso-lanata, pilis crasse stellatis ramosis intricatisque.

Capitula ca. 8–9 mm, 10–12 flores ferentia. Involucrum 7 phyllariis 5.5 mm long, exterioribus 1.4–1.8 mm latis interioribus 2–2.2 mm latis, paleaceis, stramineis margine late scariosis, dorso juveniles crassi-stellato-lanatis deinde glabris. Caliculus 2–3 bracteolis stricti-linearibus 2.5–3 x 0.1–0.2 mm. Flores radii ligulati 8, corolla alba 7–8.5 mm longa, tubo 3.5–4 mm glabro, lamina elliptica 1.5–1.8 mm lata adaxialiter papillosa. Stylus 5–6 mm, ramis 1 mm adaxialiter 2 lineis stigmaticis crassis conniventibus. Ovarium glabrum 1 mm. Flores disci hermaphroditi 4–5, corolla 5.5 mm, tubo 2.5 mm, limbo tubuloso-infundibuliformi inferne 1.3–1.5 mm integro, superne 5 lobis 1.5–1.8 mm longis angustis acutis, enervis, crasse marginatis, apice incrassato et papilloso. Antherae 2 mm longae connectivo lineari atropurpureo, basi sagittatae, appendice anguste oblonga, caudiculis brevibus acutis. Collum cylindricum non vel vix ampliatum, cellulis tetragonis seriatis. Cellulae endotheciales oblonga-hexagonales cum nodulis polaribus. Pappus 5 mm longus stramineus, setis strigosis uniseriatis liberis distaliter minime ampliatis.

Hasta el presente, esta especie tan sólo se conoce por el ejemplar tipo (*Linden 907*) el cual fue herborizado en enero de 1843 en el Nevado del Tolima a 3900 m de altura.

Aequatorium polygonoides (Cuatr.) Nord. Opera Bot. 44:63. 1978. Fig. 5

Senecio polygonoides Cuatr., *Notas Fl. Colombia* 6:20. 1944.

Typus: Colombia, Depto. de Caldas, Cordillera Central, vertiente occidental: vertiente sudoeste del Nevado del Ruiz, Termales, 3400 m. alt., 4-mayo-1940, *Cuatrecasas 9243*; holotypus COL, isotypi F, US.

Arbor 7 m. alta, ramis griseis, rugulosis, pubescentibus. Ramusculi terminales striati, adpresse tomentosi, ochraceo-cinerei vel ochraceo-ferruginei. Folia alterna, petiolata subcoriacea. Petiolus 10–5 mm. long., striatus decurrens, dense tomentoso-ferrugineus. Lamina late elliptica vel rotundato-elliptica, basi rotundata vel emarginata, apice obtusa; margine obtuse sinuata, lobulis paulo signatis, angulatis, aliquando mucronulatis, ad formam inaequaliter sub-polygonatam, interdum vix laevis; supra viridis juvenilibus ferrugineo-tomentosa postea glabra vel glabrescens, nervo medio lineari, depresso, reliquis prominentibus, reticulatis; infra dense tomentosa, ferrugineo-pallida, pilis stellatis crassis, nervo medio valde prominenti secundariis paulo signatis reticulatis ob tomentum velatis.

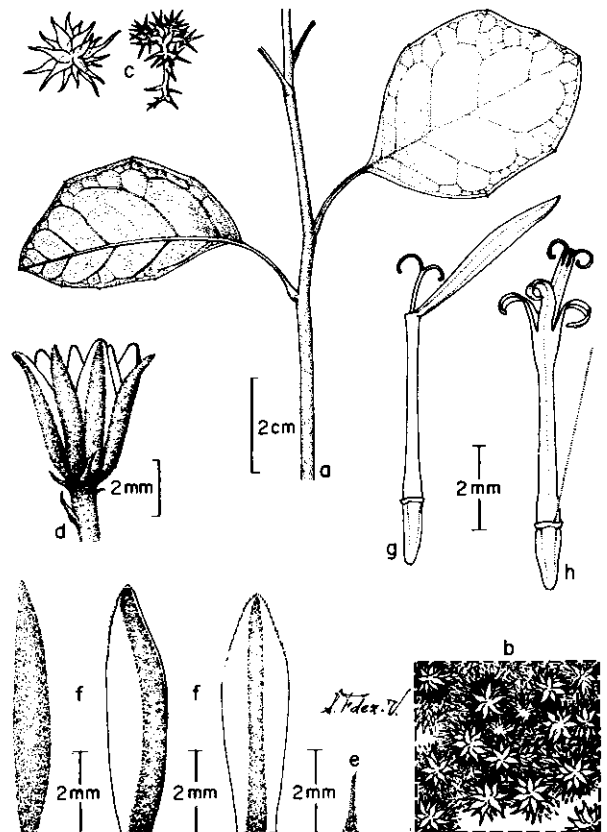


FIGURA 5

Aequatorium polygonoides (Cuatr.) Nord.: a, rama con hojas en vista dorsal y ventral; b, aspecto de los tricomas gruesamente estrellados y ramoso dendroides del envés foliar; c, detalle de un tricoma; d, involucro; e, bráctea del cálculo; f, filarias externa e internas; g, flor radial ligulada; h, flósculo del disco. Tomado de *Cuatrecasas 27678*.

Panicula ampla ramis elongatis, sicut pedunculis tomentoso-ferrugineo-pallidis. Pedunculi tenues 1–4 mm, bracteis linearibus perbrevibus. Capitula cylindro-conica, radiata, 4–6 ligulis et 6–7 flosculis. Involucrum 8 bracteis lineari-oblongis, 4.5 mm. long. x 1–1.5 mm latis, obtusiusculis, extus dense tomentosis ferrugineo-pallidis, margine anguste scariosis, apice breviter penicillatis. Calyculus valde reductus, 1–2 minusculis bracteolis, basilaribus, gradatim cum peduncolorum bracteis dispositis. Corollae exteriores ligulatae 6–7 mm. longae, albae, glabrae, lymbo lineari-elliptico, tridentato, 2–3.5 mm. longo, tubulo capillari; stigmatorum ramis truncatis papilloso-penicillatis. Ovarium glabrum. Pappus ochraceus, 4.5 mm. long., pilis strigosis inaequalibus, biseriatis. Flosculi tubulosi, albi, glabri, 5.5 mm. longi, 5 lobulis profundis lineari-ellipticis (1–1.5 mm.) apice obtusiusculis papillosis curvatis. Antherae exsertae basi breviter sagittatae. Stigmatorum rami apice truncati papilloso-penicillati. Ovarium glabrum. Pappus ochraceus, 4.5 mm. longus. (Transcripción del protólogo original).

Otras colecciones: Depto. del Tolima, Cordillera Central: La Línea, cerro El Campanario, subpáramo y páramo 3600–3700 m, 4-marzo-1979, Cuatrecasas & Echeverry 27678 (COL, TOLI, US). Depto. del Quindío, Cordillera Central, Mpio. de Calarcá, Cerro El Campanario, camino a Pinares, 3420 m, 3-junio-1986, Arbeláez et al 1601 (HUQ).

Agradecimiento

Los autores agradecen al Sr. Silvio Fernández la elaboración de las ilustraciones.

Referencias

- Cuatrecasas, J. 1986. Dos géneros nuevos de Compositae de Colombia Caldasia 15 (71–75): 1–14.
- Nordenstam, B. 1978. Taxonomic studies in the tribe Senecioneae (Compositae). Opera Botánica 44: 1–83.
- Weddell, H.A. 1856. Chloris Andina 1. 232 pp. +42 pl. P. Bertrand Ed. París.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LAS RELACIONES ENTRE LOS FRAILEJONES (ESPELETIINAE, ASTERACEAE) Y LOS ANIMALES EN LA REGION DEL PARAMO ANDINO *

por

Helmut Sturm**

Resumen

Sturm, H.: Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (Espeletiinae, Asteraceae) y los animales en las regiones páramo andino. Rev. Acad. Colomb. Cien. 17 (67): 667-685, 1990. ISSN 0370-3908.

Los frailejones una subtribu endémica de los Andes húmedos tropicales albergan una abundante fauna, especialmente de artrópodos. En los páramos de los alrededores de Bogotá se encuentran al abrigo de las hojas muertas muchas veces más de 80 especies de diferentes ordenes que viven allí durante mucho tiempo y llevan a cabo a veces todo su desarrollo en dicho merotopo; en las rosetas se encuentran frecuentemente más de 10 especies y en las inflorescencias más de 35. La mayor particularidad, abundancia y concentración de biomasa se presenta en la fauna estacionaria floral, donde se observa un patrón característico bastante uniforme de distribución de especies (Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera y otros) dentro de cada especie de Espeletiinae pero con diferencias marcadas en los diferentes géneros (*Espeletia*, *Espeletiopsis*, *Coespeletia*, *Ruilopezia*). La "fitness" de las Espeletiinae examinadas está influenciada por algunos insectos fitófagos de la roseta (Pseudococcidae, Aphidioidea, Curculionidae, larvas de Lepidoptera y otros), por la participación probable de especies voladoras de la fauna estacionaria y visitantes de los capítulos en la polinización ajena, por daños producidos por insectos en las flores (en las áreas de observación con un promedio hasta 5%), por pájaros frugívoros (Fringillidae spp. y otras; hasta 10% de las semillas) y en 2 páramos por *Agouti* sp. (Rodentia) que tumba los troncos y come la médula. Además se discute el origen y adaptaciones de la fauna de artrópodos.

Abstract

The giant rosette plants are endemic to the humid tropical Andes and harbour a rich fauna, especially of arthropods. In paramos near Bogotá, in some cases over 80 species of greatly diverse orders were found in the cover of dead leaves around the trunk. These species remain there for a substantial time, and in some instances complete their entire development there. A further 10 such species were found on the leaf rosettes, and

* Estudio leído en el recinto de la Academia el 20 de septiembre de 1989, con ocasión de su posesión como académico correspondiente extranjero.

** Institut für Biologie und Chemie, Universität Hildesheim D-3200 Hildesheim, Alemania.

over 35 on the flowerheads, which exhibit a characteristic guild of species (of Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, etc.) which is largely constant within each plant genus, but with marked differences between different genera (*Espeletia*, *Espeletiopsis*, *Coespeletia*, *Ruilopezia*).

The fitness of the Espeletiinae in the observation areas was influenced inter al. by the phytophagous insects of the leaf rosette (Pseudococcidae, Aphidoidea, Curculionidae, Lepidoptera larvae etc.) by the activity of flying forms of the flowerhead fauna in the necessary cross-pollination (Curculionidae: *Phyllotrox* spp., Staphylinidae: *Polylobus* spp., Bibionidae: *Dilophus* spp. and others) in the pollination, by insect damage to flowers (Lepidoptera, Diptera etc., up to 5%), by frugivorous birds (Fringillidae spp. etc., up to 10% of the fruits) and in 2 paramos by *Agouti* sp. (Rodentia) cutting the trunks and eating the medulla. Origin and adaptations of the arthropod fauna are discussed.

1. Introducción

Las espeletiinae conocidas en Suramérica como frailejones forman una subtribu dentro de las Heliantheae-Asteraceae con 7 géneros y unas 140 especies. Por su gran tamaño, sus hojas generalmente lanosas, su forma arrosetada sus inflorescencias muchas veces muy vistosas, son un elemento característico de la vegetación del páramo andino. Crecen en la zona altitudinal comprendida entre 2400 y 4500 m en los Andes de Ecuador, Colombia y Venezuela. En las regiones bajas penetran al matorral o a las partes abiertas del bosque montano y son dominantes especialmente en los páramos de gramíneas.

Su dominancia en gran parte de esta región, en la cual pueden alcanzar grados de cobertura de más del 40% y la penetración en un ambiente con condiciones climáticas extremas han dado lugar a varios trabajos relativos a las adaptaciones y estrategias que sirven de hipótesis para explicar la propagación rápida de la subtribu desde su centro de origen, que muy probablemente se encuentra en los Andes venezolanos (Cuatrecasas 1986, Van der Hammen & Cleef 1986), para la radiación fuerte y para sus "fitness" probada durante los últimos 3-4 millones de años. Temas de estos trabajos han sido entre otros: Importancia de la pubescencia en las hojas (Meinzer & Goldstein 1985), la economía hídrica bajo condiciones climáticas extremas (Goldstein & Meinzer 1983, Goldstein, Meinzer & Monasterio 1984, Pérez 1987), la resistencia contra temperaturas bajas (Goldstein et al. 1985, Rada et al. 1985, 1987) y otras adaptaciones especialmente a las condiciones extremas en algunos páramos venezolanos (p.e. Baruch 1979, Smith 1981, Monasterio 1986, Azocar 1988).

Poca atención se ha prestado hasta ahora a las relaciones entre las Espeletiinae y los animales a pesar de tratarse de un factor importante con respecto a la efectividad de la estrategia general de las Espeletiinae. Sturm (1978) y Sturm & Rangel (1985) hicieron hincapié en la fauna abundante de artrópodos en las diferentes partes de los frailejones. Berry (1986) describe mecanismos de polinización del género *Espeletia* y menciona observaciones y

experimentos sobre la polinización por aves e insectos. Snow (1983) observó diferentes especies de colibríes visitando capítulos de espeletias. Hunter (1988) describe varias especies de *Drosophila*, cuyas larvas viven en los capítulos de Espeletiinae. Sturm (1990 a) entra en algunos detalles acerca de la fauna estacionaria de los capítulos de algunas especies de Espeletiinae. El presente trabajo reúne algunas observaciones sobre diferentes tipos de relaciones existentes, entre la espeletias y los animales. Uno de los objetivos es estimar en una primera aproximación los daños causados con respecto a la reproducción y sus consecuencias para la estrategia de las espeletias.

Puesto que el tiempo disponible para observaciones y experimentos en el campo fue restringido, no pueden presentarse resultados definitivos. Especialmente la diversidad de las estrategias de diferentes especies y géneros y la diversidad de las relaciones entre plantas y animales se encuentran bastante incompletas. Por eso en este trabajo se insiste en primer lugar en la importancia de la fauna para el entendimiento de la estrategia de las espeletias y se pretende estimular la realización de otros trabajos similares.

2. Material

Abreviaturas: E. = *Espeletia*, fl. = flores, gr. = grandiflora, h.m. = hojas muertas, Mons. = Monserrate, P. = Páramo, ro. = roseta.

Las observaciones se refieren a las siguientes especies y localidades de Espeletiinae:

Espeletia grandiflora H. et B., Páramo de Monserrate, 3200-3300 m, 4° 15' N, 74° 1' W: 1968, 1985, 1986, 1989.

Páramo de Chisacá, 3600-3800 m, 4° 17' N, 74° 12' W: 1985, 1986, 1989.

P. de Chingaza, 3450-3700 m, 4° 40' N, 73° 47' W: 1985, 1986, 1989.

Espeletia barclayana CUATR., P. San Cayetano (Laguna Seca), 3600 m, 5° 14' N, 74° 2' W: 1989.

Espeletia hartwegiana, ssp. *centroandina* CUATR., P. del Tolima, 3700 m, 4° 38' N, 75° 2' W: 1989.

TABLA 1

Desarrollo vegetativo de *Espeletia grandiflora*; relación de 10 clases de longitud del tronco (= distancia superficie del suelo-vértice basipétalo de las hojas jóvenes) y de la longitud de hojas con el número de ejemplares. Páramo de Monserrate, 1 + 23. IX.1989, 2 cuadrados de 100 m²; longitud de hoja = longitud de una hoja adulta con pedúnculo pero sin basipétalo, ϕ = promedio, n = número de ejemplares medidos, Δ = variación absoluta; explicaciones adicionales en el texto.

Longitud del tronco en cm	<1	1 - 4,9	5 - 9	10 - 19	20 - 39	40 - 59	60 - 79	80 - 99	100 - 119	120 - 139
Nº de ejemplares	101	61	7	12	30	26	11	9	2	1
Longitud hoja $\phi(n)$	2,9 (89)	10,7 (6)	≈ 20	33 (6)	37 (25)	39 (26)	37 (11)	40 (9)	42 (2)	40 (1)
en cm Δ	1 - 5,5	5,5 - 15		26 - 38	31 - 42	31 - 44	32 - 44	31 - 47	40 - 44	

Espeletia argentea H. et B., P. de Chingaza, 3000 m: 1989.

Espeletia pycnophylla ssp. *angelensis* CUATR., P. El Angel, Ecuador, ca 3600 m, 0° 40' N, 77° 56' W: 1988, 1989.

Espeletia schultzei WEDD., P. Pico Espejo, 3450-4050 m, 8° 35' N, 71° 7' W, 8° 34' N, 71° 4' W: 1989.

P. de Mucujabí, 3500 m, 8° 49' N, 79° 47' W 1989.

Espeletiopsis corymbosa (H. et B.) CUATR., Bogotá, encima del Parque Nacional, 2750 m: 1985, 1986, 1989.

P. de Monserrate: 1985, 1986, 1989.

Espeletiopsis pannosa (STANDL.) CUATR., P. Pico Espejo, 3450 - 4050 m: 1989.

Coespeletia spicata (SCH. BIP.) CUATR., P. Pico Espejo, 4050 m 1989.

Ruilopezia atropurpurea (A.C.S.M.) CUATR., P. Pico Espejo, 3450 m: 1989.

Determinaciones de especies de animales encontradas en ejemplares de Espeletiinae:

Phasmatodea (Phylliidae): *Autolyca bogotensis* (GOUDOT, 1843), Mons.: h.m.; *A. flavolimbata* REDTENBACHER, 1906: Cumbal, h.m.;

Hemiptera (Membracidae): *Maturaria lloydii* FUNKHOUSER, Alto Belén, *E. brachyaxiantha* DIAZ: ro.; *Micrutalis lugubrina*, *Duriameina*, en *Libanothamnus glossophyllus* (MATTF.) CUATR.: ro.; *Penichronphorus luteus* FUNKHOUSER, Alto Belén, Mons. *E. brachyaxiantha*: ro.; *P. reductus* RICHTER, Chingaza, *E. gr.*: ro.

Coleoptera (Melyridae: Dasytinae): *Haplamaurus kiesenwetteri* KIRSCH, 1865, Alto Belén, Chingaza, Chisacá, Mons.: fl.; *H. suturalis* KIRSCH, 1889, Alto Belén, La Rusia, Monserrate: fl.; *H. testaceimembris* PIC, 1910, Chisacá, *E. gr.*: fl.

(Curculionidae): *Exorides lindigi* (KIRSCH), Mons. *E. gr.*: ro.; *Phyllotrox aristidis* VOISIN, 1986,

Mons., Mérida, *E. gr.*, *E. schultzei*: fl.; *Ph. lamottei* VOISIN, 1989 (como *Ph. ar.*).

(Latriidiidae): *Corticarina adamsi* JOHNSON, Chingaza, *E. gr.*: h.m.; *C. silvicola* RÜCKER, Mons., Ruiz: h.m., Guasca: *E. gr.*, *C. sturmi* RÜCKER, Mérida. fl. *Aridius montuosus* RÜCKER. Cumbal, *E. pycnophylla*: h.m.; *A. necessarius* RÜCKER, Cumbal *E. pycnophylla*, Chisacá, Mons., *E. gr.*: h.m., fl.: *Cartodere constricta*, (GYLENHAL), Guasca, *E. gr.*: h.m.

(Staphylinidae): *Gnathymenus cleofanus* HERMAN, 1981, Mons., *E. gr.*: h.m.; *G. garus* HERMAN, 1981, Mons., *E. gr.*: h.m.

Diptera (Bibionidae): *Dilophus espeletiae* STURM, 1990, Mons. *E. gr.*: fl.;

Isopoda (Bathytropidae): *Colomboscia cordillerae* VANDEL, Chisacá, *E. gr.*: h.m.;

(Philosciidae): *Proischioscia sturmi* VANDEL, Chisacá, *E. gr.*, h.m.; *Erophiloscia longistyla* VANDEL, Chingaza, Guasca, Mons.: *E. gr.*: h.m.

(Sphaeroniscidae): *Colomboniscus regressus* VANDEL, Mons., *E. gr.*: h. m.

Acari (Oribatei): *Amerioppia espeletiarum* BALOGH, Cocuy, *E. lopezii*, Mons. *E. gr.*: h.m.; *A. columbiana* BALOGH, El Tablazo, *E. gr.*, h.m.; *A. cocuyana* BALOGH, Cocuy, Es. colombiana: h.m.; *Chavinia similis* BALOGH, Huila, *E. hartwegiana*: h.m.; *Gymnocetes marginatus* BALOGH, Huila, *E. hartwegiana*: h.m.; *Oxyoppia polita* BALOGH, Mons., *E. gr.*: h. m.; *Reductoppia espeletiae* BALOGH, Huila, *E. hartwegiana*: h.m.; *Procorynetes andium* BALOGH, Mons., *E. gr.*: h.m.; *P. espeletiae* BALOGH, Huila, *E. hartwegiana*: h.m.; *Rhaphidiosus alticola* BALOGH, Mons., *E. gr.*: h. m.; *Sturmacarus espeletiae* BALOGH, Mons., *E. gr.*; Mucubají, *E. schultzei*: h.m.

(Uropodina): *Nenteria ruizae* HIRSCHMANN & WISNIEWSKI, Mons., Sumapaz, *E. gr.*, h.m.; *N. sturmi* H. & W., Chingaza, El Tablazo, *E. gr.*: h.m.; *Trichuropoda monserratis* H & W., Mons, *E. gr.*; *T. paucistructura* H. & W., Cocuy, *E. wrezii*; *T. ruizae* H. & W., *E. hartwegiana*; *T. sumapazae* H. & W., Mons., Suma-

paz, *E. gr.*; *T. sturmi* H. & W., Chingaza, El Tablazo, *E. gr.*; *T. sturmisimilis* H. & W., Ruiz *E. hartwegiana* (todos entre h.m.)

Arachnoidea (Pseudoscorpiones): *Parachernes albomaculatus* (BALZAN), Mons., Chisacá, *E. gr.*: h.m.

Gastropoda (Bulimulidae): *Plekocheilus (Aeropicus) succinoides* BREURE, Sumapaz, *E. gr.*; h.m.; *P. (A.) zilchi* BREURE, Mons. *E. gr.*: h.m.

Otras determinaciones véase Sturm (1978 p. 72-84) y Sturm & Rangel (1985) p. 147-157).

3. Métodos

Las poblaciones de espeletias y los daños causados por animales se registraron en lo posible en cuadrados de 5 x 5 hasta 10 x 10 m². Se determinó el número de ejemplares, longitud del tronco, diámetro de la roseta, longitud de la lámina foliar, número de inflorescencias, número y estado de capítulos y clase y escala de los daños. El grado de desarrollo medio de los capítulos se determinó como el promedio de los factores de desarrollo de todas las plantas del cuadrado (véase texto de la tabla 2 y Sturm 1990 a). Para el examen microscópico se preservaron flores y otras partes incluidas en resina

artificial (Euparal). Las recolecciones de la fauna de artrópodos se hicieron por los métodos siguientes: Red de rozar (diámetro 30 cm, por lo menos 100 golpes dobles en registros semicuantitativos); red de golpe (diámetro 80 cm, series de 10 muestras); extracción de muestras hasta más o menos 500 ml y hasta unos 100 g de peso seco en aparatos de Berlese-Tullgren (bombillos de 25–60 watos); cría de insectos de flores en bolsas de plástico perforadas, controles cada dos días, regulación de la humedad por papel de filtro seco o vaporizador de agua.

4. Observaciones con respecto al desarrollo de algunas Espeletiinae

4.1. Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo se inicia, casi siempre, de semillas (aquenios). Parece que la multiplicación vegetativa nunca se ha registrado, aunque teóricamente sería posible puesto que el tronco puede formar raíces cladógenas en un ambiente constantemente húmedo (observaciones en *E. argentea*, Chingaza). Además se pueden formar brotes laterales con hojas p.e. regularmente en *Libanothamnus*, también en *Espeletia* (p.e. en *E. hartwegiana*) y *Espeletiopsis* (p.e. en *Es. corymbosa* después de la



FIGURA 1

Parte de un capítulo de *E. grandiflora*, visto de arriba con *Phyllotrupes* n. sp. (Chrysomelidae); flores cerca del centro cerradas y tapadas por hojas tegmentarias; estigmas de las flores cerca del centro cerradas y tapadas por hojas tegmentarias; estigmas de las flores periféricas bien visibles; diámetro del disco 2 cm.

pérdida de la yema terminal). Ambas capacidades podrían facilitar una formación de brotes laterales con raíces.

Los conocimientos sobre la viabilidad de los aquenios y las condiciones de la germinación son pocos.

Pannier (1969) hizo experimentos con aquenios de *E. schultzii* y observó que germinaron en un 25% en una temperatura constante de 17°C. Después de permanecer 30 días en 2°C hasta 52% para aquenios coleccionados en invierno. Gariguata & Azocar (1988) registraron la viabilidad de semillas de *Coespeletia timotensis*, que crece en Venezuela a una altura alrededor de 4200 m. En el campo después de un año 17% de los aquenios germinaron, 55% fueron viables y 30% murieron. En el laboratorio bajo temperaturas entre 5 y 19°C y con luz germinaron hasta 80% de las semillas. En experimentos propios con aquenios de *Espeletia grandiflora* (Monserate-Páramo) con luz del día y temperaturas entre 17 y 25 grados se registró una germinación de 36%, en la oscuridad de 17%.

Plántulas con longitudes de las láminas foliares de menos de 1 cm se encontraron para *E. grandiflora* (Monserate-Páramo) y *E. schultzii* (Páramo

Pico Espejo) en mayor número en lugares abiertos entre el estrato herbáceo. Todavía se desconoce cuánto tiempo necesitan las plantas para que sus hojas en condiciones naturales alcancen ciertas longitudes. Sin embargo, las pequeñas rosetas permanecen durante bastante tiempo muy cerca de la superficie del suelo y como este presenta condiciones climáticas extremas (en el Páramo de Monserate algunas veces la temperatura medida fue superior a 50°C: Sturm 1978 p. 22) se puede suponer una mortalidad elevada en este estado. En la tabla 1 se presentan registros de la longitud del tronco en relación con el número de ejemplares. Casi 2/3 de los ejemplares forman parte de las dos primeras clases de tamaño que ocupan únicamente 4% del espectro total. Este hecho se puede explicar fácilmente por una mayor mortalidad en este estado, pero no aclara los valores bastante bajos en las clases de tamaño 5-9 y 10-19 cm de la tabla 1, lo que podría indicar variaciones anuales de germinación y reproducción. Este sería un factor que podría probarse únicamente mediante registros tomados durante muchos años y dentro de una misma área. Algunos datos con respecto al aumento de la longitud del tronco y del número de las hojas en ejemplares mayores se encuentran en Sturm (1978 p. 64) y Monasterio (1986 p. 57). Ejemplares grandes de la mayoría de las especies pueden alcanzar una edad

TABLA 2

Distribución, abundancia y desarrollo de inflorescencia en 4 especies de Espeletiinae. E = *Espeletia*, Es. = *Espeletopsis*, longitud del tronco: véase tabla No. 1, factor de florecimiento = factor para registrar el grado medio de desarrollo de las inflorescencias, p.e. 1 = capítulo abierto, flores tubulares cerradas; 1.5 = mitad de las flores tubulares abiertas (detalles véase Sturm 1990); tamaño mínimo = tamaño del ejemplar más pequeño con flores; I = daños por insectos, P = daños por pájaros; detalles adicionales véanse en acápite "Material".

	Nº de ejempl.	Longitud del tronco en cm	Ejemplar. florecidos	Factor de florecimiento	Nº de inflorescencias por ej.	Nº de capítulos por ejemplar	Nº de capítulos por 100 m ²	Capítulos dañados	Area de control en m ²
<i>Espeletia grandifl.</i> Monserate	1.IX.89	24-125	74%	1,2	4,4 (1-10)	13 (1-38)	1281	14 %	100
	23IX.89	20-84	72%	1,8	4,5 (1-10)	12 (3-25)	1354	7%	100
	27IX.89	17-78	82%	1,6	4,3 (1-9)	10 (3-28)	1382	>2 %	100
	30IX.89			2	5,1 (1-10)			I: 4% P: 11%	Tasación de línea
<i>E. hartwegiana</i> Tollima 13. IX. 89	198	20-210	8% 20-49cm 82% 50-210cm	1,5	7,1 (1-15)	≈ 5	≈ 1800	14%	70
<i>E. schultzii</i> Mérida 27.IX.89	38	13-64	82%	1,4	4,7 (1-12)	≈ 15 (7-36)	≈ 8700	>3%	25
<i>Es. corymbosa</i> Bogotá 27.VIII.89	39	40-120	36%	2	9 (2-17)	≈ 60 (19-87)	≈ 7500	≈ 5%	>500

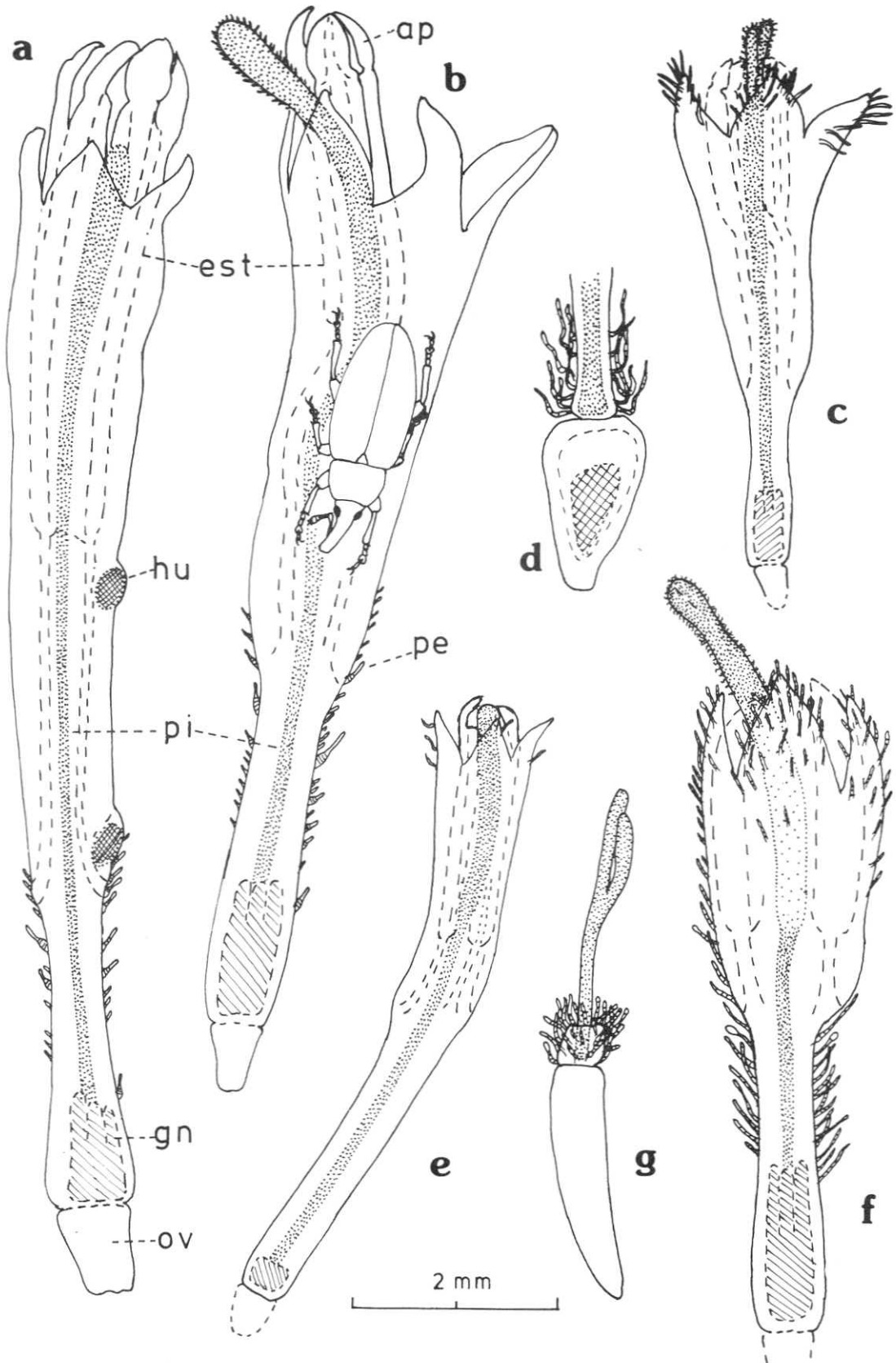


FIGURA 2

Flores aisladas de diferentes especies y géneros de Espeletiinae; vista lateral en escala igual, con base en preparaciones en resina; a. Flor tubular de *Espeletia summapacis* con 2 huevos de *Phyllotrox aristidis* (Curculionidae); b. Flor tubular de *Espeletia grandiflora* con *Phyllotrox aristidis*.; c. + d. *Espeletiopsis pannosa*: Flor tubular + aquenio joven con base del pistilo; e. Flor tubular de *Coespeletia spicata*; f. + g. *Ruilopezia atropurpurea*, flor tubular + flor femenina con pétalos reducidos. ap = apéndice del estambre, est = estambres, hu = huevo de *Phyllotrox*, ov = ovario, pe = pelos pluricelulares, pi = pistilo.

de varios decenios. Monasterio (1986 p. 57) indica para 2 especies de *Coespeletia* edades máximas entre 130 y 170 años.

Las hojas muertas de los ejemplares adultos quedan fijadas al tronco cuando no hay quemaduras y forman un abrigo protector. Solamente en casos de permanente alta humedad (cerca del suelo o en páramos muy húmedos) la descomposición es más rápida. Esquemas de la estructura de ejemplares adultos del género *Espeletia* se hallan p.e. en Weber (1958), Sturm (1978 p. 87) y Cuatrecasas (1986, p. 269).

4.2. Desarrollo reproductivo

Casi todas las especies de Espeletiinae muestran una periodicidad anual de floración. Por cierto, el porcentaje de ejemplares adultos que producen inflorescencias durante un período depende de la especie, de la población, del clima y del año (Monasterio 1986, Sturm 1990). Algunos datos que demuestran tales diferencias se encuentran en la tabla 2. Es notable la semejanza de los resultados en el P. de Mons. (*E. grandiflora*) a pesar de ser tomados en 3 cuadrados diferentes. Los registros en 1986 en la misma población (Sturm 1990) tampoco muestran diferencias esenciales. Las diferencias aumentan en *E. schultzei* con un período de florecimiento bastante tardío y *E. hartwegiana* donde los ejemplares alcanzan una frecuencia de florecimiento de más del 50% sólo cuando las longitudes del tronco sobrepasan 50 cm, y son mayores en *Espeletiopsis corymbosa* con un período de floración temprano, un porcentaje muy bajo de ejemplares con flores y con capítulos pequeños que se producen en gran número. En el lugar de registro para *Espeletiopsis c.* (2750 m, cerca de Bogotá) el número de ejemplares pequeños (longitud del tronco debajo de 10 cm) es bajo, debido aparentemente a influencias antropógenas (plantaciones de *Pinus*, caminos, erosión etc.).

Diferencias mayores se presentan también en la morfología de las flores con respecto a las diferentes especies y géneros (figuras 1, 2). La mayor parte de las espeletias tiene flores periféricas con láminas bien desarrolladas que las hacen bastante vistosas, por lo menos para el ojo humano. Las glándulas nectarinas, generalmente están bien desarrolladas. En *Coespeletia spicata* las glándulas nectarinas y los pétalos de las flores fértiles están reducidos. Únicamente el polen amarillo garantiza cierta atracción óptica. Poco vistosas se presentan también las flores de *Ruilopezia atropurpurea*, especie que tiene glándulas nectarinas muy bien desarrolladas. Estas diferencias probablemente tienen consecuencias también para el espectro de la fauna visitante y estacionaria de las flores.

5. Observaciones con respecto a la fauna de las Espeletiinae

Por su tamaño grande y la diferenciación de las partes aéreas, las espeletias ofrecen especialmen-

te a la meso y macrofauna muchas posibilidades de abrigo y alimentación. Especialmente la fauna de artrópodos y dentro de los artrópodos los insectos aparecen en gran abundancia y diversidad. Por eso se trata en primer lugar a este grupo.

En espeletias con una longitud del tronco de más de 10 cm se pueden distinguir 3 merotopos (merotopos):

- a. El abrigo de hojas muertas que persiste generalmente, durante muchos años y presenta en el interior un sistema de espacios formado por las partes basales que dejan solamente hendiduras muy finas entre sí y por la posición inclinada retienen el agua lluvia debido a lo cual son generalmente más húmedas que las láminas. En la parte exterior, generalmente más seca, los espacios que se forman por las láminas son mayores.
- b. Las rosetas semiglobulares con hojas vivas de edad diferente, generalmente con pelos abundantes que dan el aspecto de lana.
- c. Las inflorescencias, especialmente los capítulos, forman merotopos particulares con una provisión periódica de nutrientes valiosos (tejidos tiernos, polen rico en proteínas, néctar rico en azúcares, semillas con grasas).

El tallo principal y las partes basales de las hojas vivas no se mencionan como merotopos puesto que muy pocos animales aprovechan estas partes.

Para animales fitófagos el contenido alto de resina (diterpenos, Bohlmann et al. 1980) en los tejidos vivos podría ser un obstáculo. En 4 especies de *Espeletia* se determinó el contenido de diterpenos en la materia seca en valores entre 2 y 17%, dependiendo de la parte analizada. Los contenidos más altos se encontraron en los discos basales de (receptáculos) capítulos. Durante la descomposición el contenido de resinas probablemente disminuye.

La fauna de cada uno de los 3 merotopos mencionados tiene una composición particular y no se puede comparar con ningún otro merotopo o estrato del resto del páramo o del bosque montano (tabla 3). Datos cuantitativos se encuentran en Sturm (1978, 1990) y Sturm & Rangel (1985).

En la tabla 3 se muestran los datos de abundancia y constancia para grupos grandes de artrópodos con el fin de reiterar las diferencias entre los diferentes merotopos.

5.1. Fauna del abrigo de hojas muertas

La estructura del abrigo depende de varios factores. Así muchas especies de *Coespeletia* por ejemplo, presentan gran densidad de hojas en el tronco y forman un abrigo grueso y denso con una capa ex-

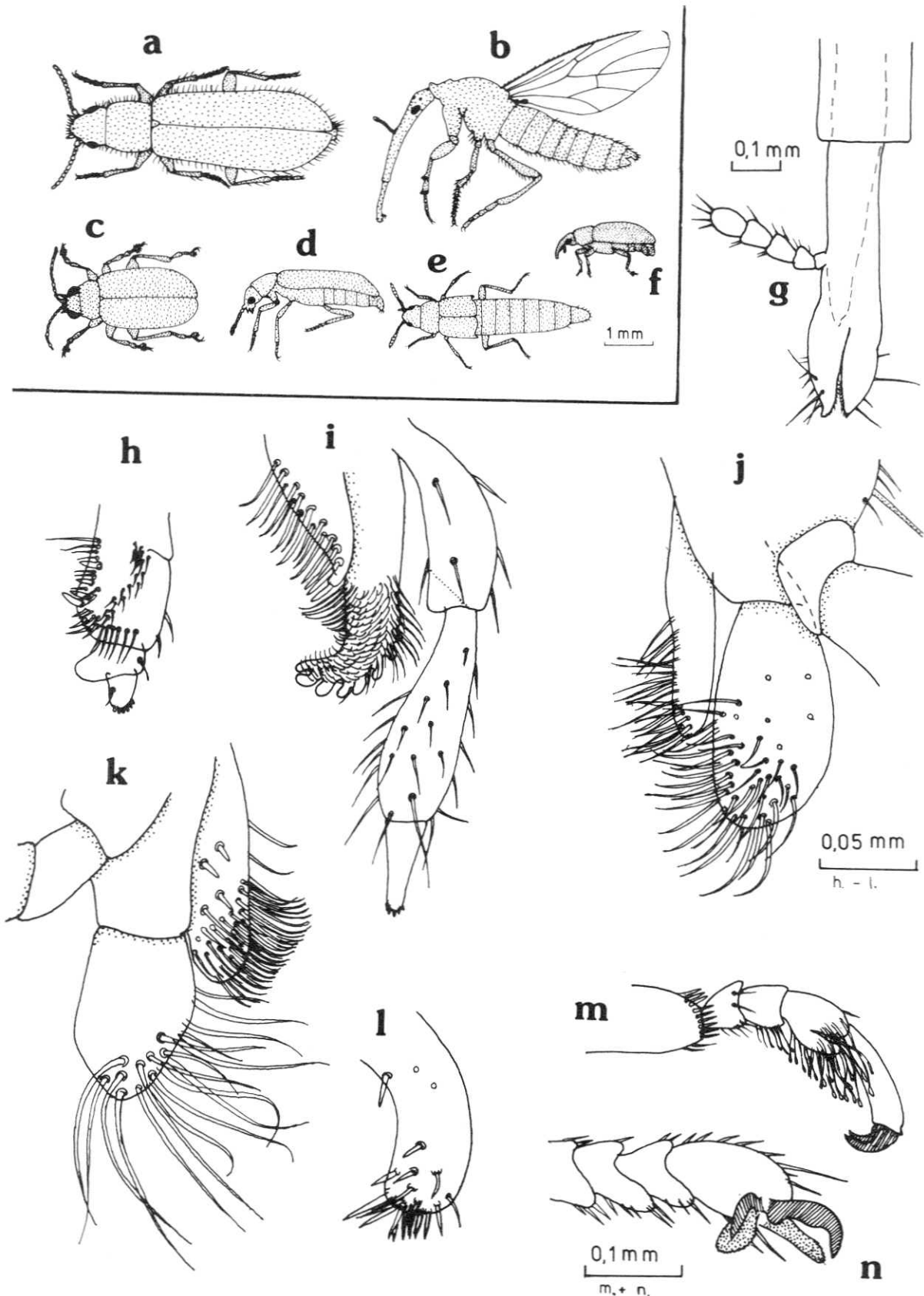


FIGURA 3

Ejemplos de la fauna estacionaria de los capítulos de las Espeletiinae. a.-f. Hábito morfológico; g.-o. Partes bucales y tarsos a escala aumentada. a. *Haplamaurus kiesenwetteri* (Melyridae), vista dorsal; b. *Dilophus espeletiae* (Bibionidae), vista lateral; c. *Phyllotrupes* n. sp. (Chrysomelidae), vista dorsal; d. *Haplamaurus suturalis* (Melyridae), vista lateral; e. *Polylobus* n. sp. (Staphylinidae), vista dorsal; f. *Phyllotrox aristidis* (Curculionidae), vista lateral; g. Pico de la trompa de *Dilophus espeletiae*, no totalmente estirada; Maxila de *Phyllotrox*, vista ventral; i, Maxilla de *Polylobus* n. sp. con palpo, galea con proyecciones en forma de cuchara, vista dorsal; j. Galea y lacinia de *Haplamaurus kiesenwetteri*, vista ventral; k. Galea y lacinia de *Phyllotrupes*, vista dorsal; l. Galea de Halcinae n. sp. (Chrysomelidae), vista dorsal, comparación con un representante de la misma subfamilia viviendo en la vegetación baja; m. tarso I de *Phyllotrox aristidis* con brocha adhesiva, vista lateral; n. tarso de *Haplamaurus suturalis* sin brocha, con lóbulos adhesivos, vista lateral.

TABLA 3

Distribución de órdenes y familias de artrópodos en diferentes estratos del páramo y bosque montano y dentro de 3 merotopos del género *Espeletia*. Base: colecciones en los años 1978, 1985, 1986 y 1989; métodos: colecciones a mano (=M), red de rozar (=R), trampas Barber (=BA), extracción en aparatos de Berlese (=BE); (+) = presente por lo menos en 1 muestra, += en 2 diferentes páramos o con constancia de > de 10%; ++ = presente por lo menos en 3 diferentes páramos o constancia > 30%; +++ = abundante por lo menos en 4 diferentes páramos, constancia > 50%; O = grupo ligado a sustratos húmedos; → = especies del grupo que visitan durante la noche las rosetas.

Merótopo Método	Bosque Hojarasca +Musgos BE	P á r a m o				
		Superficie Suelo BA+M	Vegetación baja R+BE	Espeletinae Hojas mu. BE	Roseta BE+M	Flores BE+C
COLLEMBOLA Arthro. Symph.	+++	++	+++	+++	+++	++
PROTURA	(+)			(+)		
DIPLURA	(++)	+		(++)		
ARCHAEOGNATHA	(+)			++		
DERMAPTERA	(+)	+				
BLATTODEA	+	++		++	→	
PHASMATODEA		(+)		+		
ENSIFERA		+		+		
CAELIFERA	+	+	++			
PSOCOPTERA	+	+	++	++		
THYSANOPTERA	+		++	+	++	+++
HEMIP. Auchenorrhyncha	+	+	+++		+	
HEMIP. Sternorrhyncha	+++	++	++	++	++	++
HEMIP. Heteroptera	+	+	++	+		++
PLANIPENNIA	+		+			
COLEOPTERA Larvae	+++	+	++	++		+++
COLEOPTERA Carabidae	+	+++		++	→	
COLEOPTERA Staphylinidae	++	+	+	+		++
COLEOPTERA Curculionidae	++	++	+++	+++	→	+++
COLEOPTERA Chrysomelidae			+++			++
COLEOPTERA Otros	++	+	+++	+++	++	++
HYMENOPTERA Paras.	+	++	++	+	+	++
HYMENOPTERA Otros		++	(+)			+
LEPIDOPTERA Larvae	++	+	++	+++	+	++
LEPIDOPTERA Adulti			+	+		(+)
DIPTERA Larvae	+++	++	+	++		+++
DIPTERA Adulti	+	+	+++	+	+	++
MYRIAPO. Diplopoda	+++	++		++		
MYRIAPO. Chilopoda	+	+		+		
MYRIAPO. Pauropoda	(++)			(+)		
MYRIAPO. Symphyla	(+)			(+)		
CRUSTACEA Isopoda	(++)	++		(+)		
CRUSTACEA Copepod.	(+)			(+)		
ARACHNOI. Pseudoscorpion.	+++			++		
ARACHNOI. Opiliones	+	+	+	+	→	
ARACHNOI. Araneae	++	+++	+++	+++		+
ARACHNOI. Oribatei	+++		+	+++	+++	(+)
ARACHNOI. Uropodina	+			+		

terior y un microclima probablemente más equilibrado. Sobre la fauna de este tipo se sabe muy poco. Contrastando con él, muchas especies de *Espeletia*, *Espeletiopsis* y *Libanothamnus* p.e. tienen un abrigo más laxo. La descomposición de las hojas muertas se acelera bastante con humedad creciente. En el Páramo del Huila, extremadamente húmedo, los abrigos de *Espeletia hartwegiana* alcanzan una longitud de pocos decímetros; la parte basal de los individuos adultos muestra el tronco desnudo, sin las bases de las hojas.

La fauna del abrigo de hojas muertas tiene algunas semejanzas con la fauna de la hojarasca en el bosque montano (tabla 3): En ambos se registran Protura, Diplura, Archaeognatha, Blattodea, Diplopoda, Chilopoda, Pauropoda, Symphyla y Uropodina (Acari). Los registros demarcados en la tabla están ligados con una humedad elevada. Característico para ambos merotopos es también el número bajo de Collembola Symphypleona en relación con los Arthropleona y además los valores bajos de Diptera adultos y altos para Pseudoscorpiones y Oribatei. Algunas especies comunes se mencionan en el capítulo "Discusión".

Por otro lado hay también muchas diferencias entre las dos faunas especialmente con respecto a las partes secas del abrigo. Así las especies características del abrigo de *E. grandiflora*, los Curculionidae *Ulosominus* n. sp. y *Pseudopentarthrum* n. sp. no pudieron ser encontrados en ninguno de los otros merotopos o estratos que se controlaron para fines de comparación. Lo mismo vale para un representante de los Cerambycidae (*Parmenini* n.g. n. sp.) cuyas larvas perforan los nervios principales de las hojas muertas y para especies del género *Nannotus* (Pseudophylinae, Ensifera, Orthoptera). Entre los Araneae, los representantes de la familia Anyphaenidae se han especializado aparentemente al abrigo y muestran gran variabilidad.

Aparte de la fauna estacionaria del abrigo hay también huéspedes de muy diferentes grupos que lo utilizan como refugio (especies de Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Embioptera, etc.).

En vista general resulta para el abrigo de hojas muertas una alta diversidad de la fauna con respecto a los grupos grandes de los artrópodos. Probablemente eso es causado parcialmente por la falta de una capa de hojarasca típica en el páramo y por la escasez de un sistema de poros grandes y de tamaño medio en el suelo. Así el abrigo reemplaza parcialmente la hojarasca ofreciendo condiciones semejantes. Las partes húmedas del abrigo dejan entrar además muchos representantes de la fauna edáfica. Los rasgos particulares de la fauna del abrigo podrían ser el resultado de las condiciones climáticas más extremas (p.e. amplitudes mayores de temperatura y humedad relativa, corrientes de aire más fuertes) y el aislamiento de los merotopos que favorece un desarrollo particular en cada uno de ellos.

Hasta ahora no se han registrado en las espeletias daños causados por la fauna del abrigo. Parece que la corteza del tronco, el contenido de diterpenos y el anillo de las bases foliares que se conserva generalmente durante mucho tiempo, garantizan una protección contra daños de la fauna del abrigo exterior.

5.2. La fauna de la roseta

En comparación con la fauna del abrigo la fauna de artrópodos de la roseta es más pobre en especies y en taxa mayores. El único grupo que alcanza abundancias grandes es el de los Oribatei (Acari). Hasta más de 100 individuos por hoja pueden ser extraídos. Aún no se sabe cuales factores favorecen la presencia de este grupo dentro de la capa de pelos. En otros lugares los Oribatei generalmente se encuentran en musgos o en detritus. En abundancias medias llegan Collembola Anthropleona, Pseudococcidae (*Puto* spp.), Membracidae (p. e. *Penichrophorus* spp. y *Maturaria* sp.) y larvas de Lepidoptera. Coleoptera de las familias Curculionidae, Lampyridae, Lycidae, Buprestidae, Elateridae (*Semiotus* spp.) se encuentran más esporádicamente pero en diferentes páramos. Las especies de Diptera e Hymenoptera que se registraron visitan la roseta generalmente por corto tiempo. Esta fauna se complementa con algunos artrópodos que son visitantes nocturnos. En los páramos Monserrate, Cocuy, Sumapaz y Tolima se recogieron durante la noche representantes de los siguientes grupos: Blattodea, Coleoptera (Carabidae + Curculionidae) y Opiliones (Sturm & Rangel 1985). Se trata de animales de tamaño medio, que se mueven lentamente en las hojas y que salen probablemente del abrigo de hojas muertas. Aún se ignoran las causas y ventajas de este comportamiento.

Un daño evidente en las hojas vivas es causado por *Exorides* spp. (Curculionidae) que comen las láminas por debajo de la capa de pelos, por orugas de Lepidoptera que comen en la superficie de las hojas (Páramo Alto Belén) o dañan las hojas jóvenes (*E. pycnophylla*: P. de Cumbal, *E. schultzei*: P. Pico Espejo). En el Páramo del Tolima una especie de Aphidoidea produjo torsiones fuertes de las hojas y daños en la formación de las inflorescencias (*E. hartwegiana*). Hasta un 10% de las plantas adultas puede ser dañado de esta manera. Los otros daños de la roseta generalmente se encuentran por debajo de este valor. En algunos casos se registraron daños causados por caballos y mulas que pueden comer mayores cantidades de hojas aparentemente sin ningún perjuicio.

5.3. Fauna de las inflorescencias

5.3.1. Composición de la fauna de las inflorescencias

En contraste con la fauna del abrigo y la de la roseta que muestran un intercambio entre sí y con el suelo, la fauna de las inflorescencias y especial-

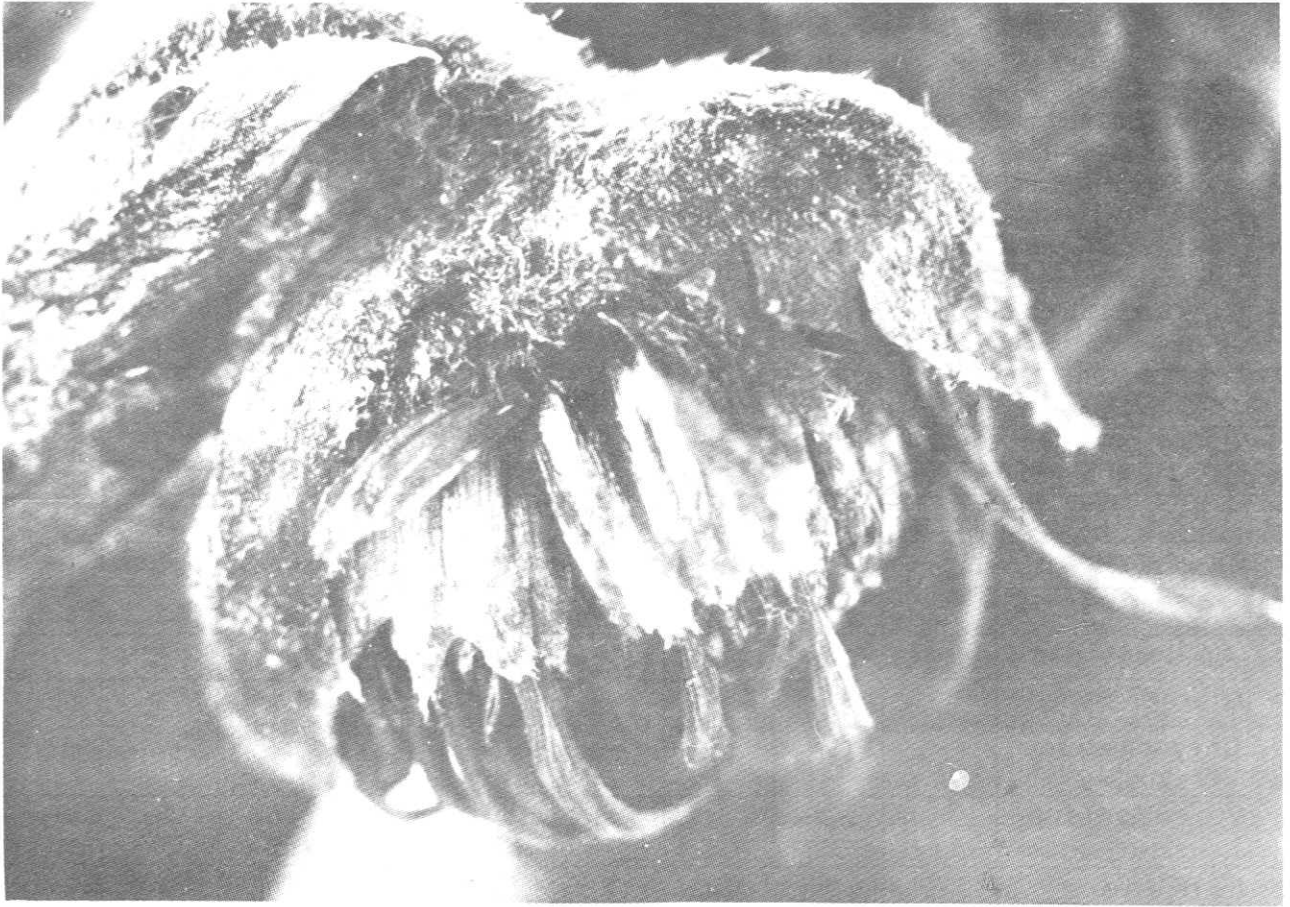


FIGURA 4

Capítulo de *E. grandiflora* con aquenios maduros, vista lateral; abierto lateralmente por aves que quitaron parte de los aquenios; diámetro 2 cm.

mente la de los capítulos es bastante específica. Únicamente para 2 especies de Latridiidae se comprobó una congruencia con la fauna del abrigo. De las otras especies características, se encuentran a lo sumo algunos ejemplares extraviados de otros lugares. En los capítulos la fauna específica muestra una abundancia por volumen que por lo menos para Coleoptera y larvas de Diptera y Lepidoptera es la más alta en toda la región.

Con base en la fauna estacionaria floral de diferentes frailejones de Colombia —en primer lugar *E. grandiflora*— Sturm (1990) describe los taxa típicos, abundancia y para algunos representantes, también el comportamiento y desarrollo. Berry (1986) menciona 6 grupos de insectos que fueron observados en la polinización de 6 especies de Espeletiinae venezolanas. Voisin (1986, 1989) describe 2 especies de *Phyllotrox* (Curculionidae) que se encontraron en los capítulos de Espeletiinae de Venezuela.

El espectro de los animales que visitan las flores de Espeletiinae por corto tiempo es muy amplio. Al lado de muchas especies de insectos (*Bombus* spp., Tachnidae, Syrphidae, Tephritidae, Lepidoptera y otras: Berry 1986, Sturm 1990) a, varias especies de colibríes visitan los capítulos.

Para una sola especie de Espeletiinae la composición de los taxa de la fauna estacionaria y las relaciones de abundancia son más o menos constantes. Cuando se comparan diferentes especies y géneros de frailejones, el patrón de distribución de la fauna varía (tabla 4). Si los grupos ampliamente distribuidos en flores (p. e. Collembola, Psocoptera, Thysanoptera y Acari) se dejan a un lado, los grupos típicos se presentan de manera más clara: En *E. grandiflora* se coleccionaron 6 familias de Coleoptera (por lo menos 5 de ellas representadas por un sólo género) y los Bibionidae del género *Dilophus*. De menor valor indicativo es el resto de los grupos holometábolos que se encuentran también en las flores de otras Compositae o cuyos géneros y especies aún no han sido determinados (Hymenoptera parasítica, Lepidoptera, Cecidiomyiidae). Los pocos adultos de Lepidoptera desarrollados en los capítulos representan las familias Gelechiidae, Pyralidae, Oecophoridae y Momphidae. Según la tabla 4 las Bibionidae están restringidas al género *Espeletia*. De las 5 especies de este género 4 alojan todas las familias características de Coleoptera; para la quinta especie de Ecuador (de la cual se coleccionaron sólo 2 muestras) el número de familias de Coleoptera comunes baja a 4. Las diferencias aumentan en la sucesión *Espeletopsis corymbosa* y *pannosa*, *Coespeletia* sp. (en las 3 especies faltan Bibio-

TABLA 4

Cambios del patrón de distribución de especies de artrópodos en las flores de diferentes especies y géneros de Espeletiinae. Colecciones 21.VIII. -5.X. 1989 (véase acápite "Material"); (+) = < 4 ejemplares; + = 4 - 15 ej., ++ = 16 - 50 ej., +++ = > 50 ej.; números referidos más o menos a 3 muestras, 1 muestra correspondiente a 100 capítulos de *Espeletia grandiflora* (peso seco 50 g); C = cría, B = extracción en aparatos de Berlese, M = colección a mano; subrayado = adultos y larvas presentes, subrayado = adultos casi únicamente en las crías; informaciones adicionales véase texto y capítulo "Material".

Especies	<i>Espeletia</i>					<i>Espeletiop.</i>		<i>Coes.</i>	<i>Ruilop.</i>
	<i>pycn.</i>	<i>gran.</i>	<i>barc.</i>	<i>hart.</i>	<i>schu.</i>	<i>cory.</i>	<i>pann.</i>	<i>spic.</i>	<i>atro.</i>
Localidad	Angel	Mons.	Cayet.	Tolima	Mérida	Mons.	M é r i d a		
Nº de muestras	2	6	5	5	9	9	5	3	3
Métodos	C, M	B, C, M	B, C, M	B, C, M	B, C, M	B, C, M	B, M	B, C	B C
COLLEMBOLA	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	(+)	<u>+</u>	<u>+++</u>	(+)		<u>++</u>
PSOCOPTERA		(+)	(+)	(+)	+	<u>+</u>		<u>+</u>	(+)
THYSANOPTERA	<u>+</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>		<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>
HEMI.	Anthocoridae	(+)	<u>+</u>		<u>++</u>	<u>+++</u>	(+)	<u>+</u>	
	Sternorrhyncha	<u>+</u>	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>++</u>	<u>+++</u>			(+)
COLEOPTERA	Chrysomelidae (Phyllotrupes)		<u>+++</u>	(+)	<u>++</u>	+	(+)	(+)	
	Curculionidae (Phyllotrox)		<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>++</u>	<u>+</u>
	Latridiidae (Corticarina)	<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	(+)	<u>+</u>	(+)	(+)	
	Melyridae (Haplamaurus)	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+</u>	
	Colydiidae	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	+			(+)
	Staphylinidae (Polylobus)	<u>+++</u>	<u>+++</u>	(+)	<u>+++</u>	(+)			
Otras familias	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	(+)	<u>+</u>	<u>+</u>	(+)		
HYMENOPTERA	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+</u>	<u>++</u>	<u>++</u>
LEPIDOPTERA	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	(+)	<u>+</u>	<u>++</u>
DIPTERA	Bibionidae (Dilophus)	<u>+++</u>	<u>+</u>	(+)	<u>+</u>	<u>++</u>			
	Cecidiomyiidae		<u>+</u>	<u>++</u>		<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>+</u>
	Drosophilidae (Drosophila)	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+</u>	<u>++</u>
	Tephritidae (Urophora)		<u>+</u>			<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+</u>	<u>+</u>
	Otras famil.	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+</u>	<u>+</u>	<u>++</u>
ARANEAE	(+)	<u>+</u>	<u>+</u>			<u>+</u>		<u>+</u>	
ACARI	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>++</u>	<u>++</u>	<u>+++</u>	<u>+++</u>	<u>+</u>	<u>+++</u>	<u>++</u>

nidae), *Ruilopezia a.* (de las 6 familias de Coleoptera sólo Curculionidae presentes). Estas diferencias tienen que ser confirmadas con más material. Parece digno de mención que las diferencias arriba mencionadas coinciden bastante bien con las diferencias morfológicas de las flores y con la particularidad del género *Ruilopezia* con respecto al desarrollo, puesto que las plantas florecen una sola vez en su vida y producen un gran número de capítulos.

La fauna estacionaria de los capítulos generalmente alcanza altas abundancias. De 100 capítulos florecidos de *E. grandiflora* (peso seco 83 g) salieron en un caso entre otros 4140 ejemplares de *Phyllotrox*; 85 Melyridae, 126 Chrysomelidae y 113 larvas de Diptera y Lepidoptera (aparato de Berlese). Los 5096 artrópodos en total correspondieron a un volumen de 5.5 ml y un peso seco de 0.63 g equivalente al 0.7% del peso seco total.

Una suposición para la presencia de altas abundancias es un alto grado de compatibilidad entre individuos y especies que habitan un capítulo. Además en capítulos con alta densidad de fauna nunca se observaron efectos de dominancia o agresiones, exceptuando el comportamiento de los Hymenoptera parasítica. La invasión de este último grupo alcanzó, en las 17 crías que se hicieron y con referencia a los Tephritidae y Drosophilidae como los grupos más infestados, un promedio de un 23%. Todavía no hay observaciones sobre enfermedades causadas por microorganismos. Carabidae predadores entran a veces en los capítulos. Los Araneae (Thomisidae) frecuentes en las brácteas involucrales de los capítulos se observaron únicamente en la captura de insectos visitantes de tamaño grande. Entre los vertebrados, aparentemente colibríes (Snow 1983) y tal vez *Phenacosaurus* spp. (Reptilia: Lacertilia) aprovechan la fauna estacionaria como alimento.

5.3.2. Desarrollo de la fauna de las inflorescencias

Con respecto a las generaciones siguientes, surge el problema de cómo sobreviven los insectos hasta el siguiente período de floración. En la tabla 6 se reunieron algunos datos sobre el desarrollo en algunas especies holometábolos que pueden completar todo su ciclo en los capítulos. Los datos resultaron de registros hechos en las crías (temperaturas 16–22°C, humedad relativa > 90%, luz del día). Los intervalos de tiempo durante los cuales más de la mitad de los animales de un grupo salieron, fueron demasiado cortos para facilitar a los adultos la postura de huevos en capítulos de la siguiente generación. Aun cuando se admite que el desarrollo se retarda bajo las condiciones de campo, un paso directo podría esperarse sólo para Lepidoptera, pero justamente para este grupo los datos no son representativos. Para la mayoría de los casos se podría esperar un estado de quiescencia de huevos puestos en espeletias, o un estado imaginal longevo que aprovecha otros alimentos, o una generación intermedia en la cual las larvas se alimentan con otras sustancias. La recolección de algunos ejemplares de *Phyllostrox aristidis* en la hojarasca del bosque cercano deja pensar en esta última posibilidad.

5.3.3. Importancia de la fauna para la reproducción de las espeletias

En conjunto con las estrategias de las Espeletiinae hay que destacar los visitantes y habitantes de las flores que influyen sobre la reproducción de este grupo. Bajo este aspecto se pueden distinguir 3 grupos de animales:

- a. Especies que tienen importancia como polinizadores
- b. Especies que producen daños en inflorescencias y flores antes de la madurez de los aquenios

- c. Especies que comen los frutos en proceso de maduración o maduros.

Ad a. Para *E. schultzei* Sobrevilla (1989) pudo comprobar que en caso de autopolinización dentro de la misma planta se forman solamente aquenios vacíos. Únicamente la polinización ajena (exocruce) produjo frutos viables pero está influenciada por efectos de incompatibilidad. Berry (1986) estudió la dependencia entre la formación de aquenios llenos y la manera de polinización en 13 especies de Espeletiinae. Mostró que todas las especies eran autoincompatibles ya que la producción de semillas con embrión en la prueba de autopolinización es nula o es mucho más baja que la producción de semillas en condiciones naturales. Para 6 especies la tasa de visitas por 7 grupos de insectos fue registrada. Sus resultados indican que las especies son obligadas a exocruce y requieren de visitas de polinizadores para garantizar una producción suficiente de semillas viables. A pesar de que hacen falta experimentos correspondientes en especies colombianas parece bastante probable que éstas también necesitan exocruce para la producción de aquenios viables.

Hasta hace poco se consideró que sólo los visitantes por corto tiempo eran los responsables del exocruce. Pero es muy probable que al menos unas pocas especies de la fauna estacionaria —especialmente el “guild” de los comedores de polen— tomen parte en la transmisión de polen de una planta a otra. Algunos argumentos en favor de esta suposición son: El contenido intestinal de los adultos de *Polylobus* sp., *Phyllostrox* sp., *Phyllostropus* sp., *Haplamaurus* spp. y *Dilophus* sp. el cual consiste casi exclusivamente de polen de Espeletiinae. Debido a este hecho, el período de máxima abundancia y actividad de estas especies coincide con la floración de las Espeletiinae. Todas estas especies llevan polen en los pelos de su cuerpo y se mueven en el disco floral. Especialmente en situaciones de perturbación buscan la periferia del disco con los estigmas de las flores fértiles; además tienen capacidad de volar y cuando el capítulo empieza a marchitarse (en el P. de Monserrate, en *E. grandiflora* máximo 2 semanas después) tienen que cambiar de capítulo o de planta.

Para probar si las especies mencionadas son atraídas por el color amarillo —color que predomina en los capítulos de las Espeletiinae— más que por otros colores se hizo un experimento con vasos coloreados (tabla 6). Durante el período de floración se instalaron 12 vasos de diferentes colores durante 4 semanas en lugares abiertos del P. de Monserrate. Resultó que en los 6 vasos amarillos, 5 taxa se recogieron en abundancias por lo menos cuatro veces más altas que en los seis vasos con otros colores: Sternorrhyncha (en primer lugar Aphidioidea), *Phyllostrox aristidis*, *Phyllostropus* sp., Hymenoptera y Diptera. Es reconocido que Aphidioidea, Hymenoptera y Diptera son atraídos fuertemente por los colores amarillos. Más interesante parece el resulta-



FIGURA 5

Planta de *E. grandiflora* tumbada por un roedor, probablemente *Agouti taczanowskii*; el animal comió la médula; longitud del tronco 70 cm.

do para las 2 especies de Coleoptera, que son características de la fauna floral de *Espeletia* spp. Representantes de otras 7 familias de Coleoptera que no son típicos para la fauna floral, aparecen en los vasos de diferentes colores en una relación mucho más equilibrada. Colecciones mediante red de rozar en la vegetación baja del páramo no dieron ninguna indicación para la alta abundancia de las 2 especies de Coleoptera. Por eso parece muy probable que fueran atraídas a varios metros de distancia por el color amarillo, lo que indica la probable importancia de los 2 taxa para la polinización de las espeletias.

Ad b. Mientras que las especies mencionadas en el punto a se alimentan en primer lugar de polen y néctar, sustancias que son producidas por la planta en exceso, los animales de este grupo comen los tejidos blandos de las flores o chupan el jugo. Ningún daño causado por las especies chupadoras (Thysanoptera, Anthocoridae, Sternorrhyncha) se pudo comprobar en visión macroscópica. Larvas de Tephritidae causaron agallas en las flores tubulares de *E. boyacensis*, un daño que es bien limitado. Claramente se observó el daño causado por las larvas de fitófagos que destruyeron los tejidos (Curculio-

nidae, Tephritidae, Drosophilidae, Agromyzidae y Lepidoptera) y el resultado es la floración irregular (no en anillos concéntricos) de las flores tubulares (frecuente p.e. en *E. grandiflora* y *E. schultzei*). Un examen de más de 100 capítulos de *E. grandiflora* permitió comprobar que los 3 grupos mencionados primero no influyen casi en la producción de semillas, puesto que los daños se concentran en las flores tubulares. Por el contrario las larvas de Lepidoptera – abundantes en todas las especies de Espeletiinae examinadas – dañan directamente los ovarios o achenios. Otra forma de daño la producen las larvas minadoras en los ejes de las inflorescencias (Agromyzidae y Lepidoptera). Un daño total bien visible y causado por insectos se registró en diferentes cuadrados hasta en un 5% (tabla 2).

Ad c. Datos sobre los pájaros que comen los achenios de las espeletias se encuentran en Vuilleumier & Ewert (1978 p. 78) para páramos venezolanos. J. Hernández (comunicación personal, 1989) observó *Catamenia inornata minor* Berlepsch, *Phrygilus unicolor geospizopsis* (Bonaparte) (Fringillidae) y *Bolborhynchus ferrugineifrons* (Lawrence) (Psittacidae) comiendo frutos de espeletias. Según observaciones propias *Spinus sp. spinescens* (Bonaparte) (Fringillidae) come frutos de *Espeletopsis corymbosa*. Daños abundantes se registraron en el Páramo de Monserrate donde los pájaros quitaron parte de las brácteas involucrales de los capítulos para comer los achenios (figura 4). Hasta ahora se desconocen las especies responsables. En los cuadrados examinados (tabla 2), los daños causados por pájaros alcanzaron un 10% y aumentan probablemente más en poblaciones con un porcentaje más alto de achenios maduros. Entonces alcanzan casi

TABLA 5

Resultados de colecciones mediante vasos de color (3 vasos azules, 3 rojos, 6 amarillos) expuestos en lugares abiertos del Páramo de Monserrate: posición en línea recta, distancia mínima 5 m, diámetro apertura 12 cm, contenido: formol 3%; 25. VIII - 23.IX, 1989, controles cada semana; subrayados = número de ejemplares en los vasos amarillos más de cuatro veces superior a la suma del mismo grupo en los vasos rojos y azules.

	N° de imágenes	Período de eclosión en días	
		promedio	mínimo-máximo
DROSOPHILIDAE + AGROMYZIDAE	245	15	2 - 66
CECIDIOMYIIDAE	41	24	14 - 72
LATRIDIIDAE Corticarina spp.	43	26	8 - 52
HYMENOPTERA Par.	124	29	2 - 64
COLYDIIDAE	75	35	2 - 58
TEPHRITIDAE Urophora spp.	81	39	4 - 74
CURCULIONIDAE Phyllotrox arist.	502	43	8 - 92
LEPIDOPTERA	4	(77)	23 - 118

el doble de las pérdidas causadas por insectos dentro de las áreas examinadas. Hay que tener en cuenta que es necesario aumentar la base de los registros. Por ejemplo, en el Páramo del Tolima se observaron dos clases de daños no registrados en las otras áreas (fuertes daños por Aphidoidea y pérdidas de parte de las inflorescencias causadas por animales ??).

6. Discusión

Ya con los resultados bastante incompletos que se presentan aquí se comprueba que las espeletias en sus diferentes partes aéreas albergan una fauna bastante característica y abundante en cada merotopo. La composición y la abundancia de esta fauna dependen de una pluralidad de factores; entre ellos, la especie, la edad de la planta, el tamaño de la población, la altitud, la humedad, la estación climática, la frecuencia de quemas y factores históricos.

6.1. Origen de la fauna de artrópodos en espeletias

Una primera reacción que surge en relación con este tema es la pregunta acerca del origen de las especies. Hay que tener en cuenta que ecosistemas semejantes a los páramos actuales empezaron a formarse cuando los Andes en el proceso de su levantamiento alcanzaron altitudes de unos 3000 m o más, esto es desde el plioceno o hace 5—6 millones de años (Cuatrecasas 1986, Van der Hammen & Cleef 1986).

Una adaptación a las condiciones especiales de esta región no puede haber evolucionado mucho, y desde el punto de vista taxonómico habrá alcanzado a lo máximo el nivel de género o tribu. Cuando se presentan adaptaciones fuertes que sólo se encuentran en el páramo, hay que pensar en posibles preadaptaciones. Algunas posibilidades generales del origen de la flora y de la fauna se mencionan a continuación (compárese también Chardon 1951):

- a. Invasión de parte del bosque montano cercano con flora y fauna muy abundantes.
- b. Inmigración a lo largo de los Andes de especies que vivieron antes más al norte o más al sur de la región paramuna y que ya estaban adaptadas a condiciones semejantes a las del páramo.
- c. Inmigración de especies cosmopolitas con base en una alta capacidad de propagación.
- d. Introducción por el hombre.
- e. Inmigración desde montañas más antiguas de Suramérica con vegetación abierta y condiciones abióticas semejantes a las del páramo.

- f. Migración de especies parcialmente adaptadas dentro de la región paramuna.

Dentro de estas posibilidades se pueden diferenciar más p.e. en:

- Especies que visitan el páramo de manera transitoria (p.e. muchas especies de aves) y otras que permanecen allí durante períodos largos o durante toda su vida.
- Especies que se encuentran aún en la etapa de intercambio genético con las poblaciones que les dieron origen y otras que ya están genéticamente aisladas, en el páramo.
- Especies que habitan toda la zona paramuna de las espeletias o por lo menos grandes partes y otras que están presentes o son endémicas de áreas pequeñas.
- Especies que no se diferenciaron claramente de las especies originales (generalistas, especies preadaptadas) y otras que ya muestran adaptaciones.

Para algunos grupos de plantas y animales ya se pueden verificar varias posibilidades de las arriba mencionadas (compárese Descimon 1986, Haffer 1970, Van der Hammen & Cleef 1986, Vuilleumier 1986). Para la mayoría de los artrópodos los datos son muy incompletos, puesto que más del 80% de las especies menores todavía no están descritas y las colecciones sistemáticas en esta región se han iniciado recientemente. Una inmigración desde el bosque montano se puede comprobar o es probable para muchos artrópodos del páramo. Dentro de la fauna de las hojas muertas de las espeletias, las siguientes especies se encuentran también en el bosque montano cercano: *Meinertellus bogotensis* Sturm (Archaeognatha), *Autolyca bogotensis* (Goudot) (Phasmatodea), *Gnathymenus garus* Herman (Staphylinidae), *Bothinodontes* n.sp. + *Conotrachelus* n.sp. (Curculionidae), *Corticarina adamsi* Rücker (Latriidiidae), *Polistes v. versicolor* (Olivier) (Vespidae), *Colomboscia cordillerae* Vandel, *Erophiloscia longistyla* Vandel, *Colomboniscus regressus* Vandel, *Proischioscia sturmi* Vandel (Isopoda), *Tyrannoctonius columbicus* Beier, *Parachernes albomaculatus* (Balzan) (Pseudoscorpiones), *Symphylella* n. sp. (Symphyla).

Dentro de los habitantes de la roseta, 2 especies se coleccionaron también en el matorral o en el bosque: *Maturnaria lloydi* (Membracidae) y *Conotrachelus* n.sp. (Curculionidae).

Contrastando con esto, no se pudo comprobar hasta ahora una presencia constante de habitantes de los capítulos —un grupo para el cual las determinaciones son más completas que para los otros— en el bosque montano. En este caso hay que pensar en la posibilidad de que géneros ampliamente distribuidos, p.e. *Dilophus*, *Phyllostrox*, *Haplamaurus* y



FIGURA 6

Grupo de *E. brachyaxiantha* en el P. Alto Belén poco después de una quema que destruyó casi totalmente el abrigo de las hojas muertas; longitud del tronco del ejemplar en el primer plano 120 cm.

Drosophila dieron lugar a nuevas especies durante la adaptación a las condiciones del páramo.

La inmigración desde el Norte y a lo largo de los Andes se comprobó para los Melanoplinae (Caelifera, Orthoptera), que llegaron hasta Perú y dieron lugar a varios géneros endémicos para Suramérica (Rehn 1954, Ronderos 1979). Lo mismo vale para algunos Pieridae (Lepidoptera) (Descimon 1986, Shapiro 1980) que suben hasta altitudes de más de 4000 m. Sin embargo, ambos grupos tienen sólo conexiones laxas con las espeletias. Migraciones dentro de la región paramuna podrían explicar la distribución amplia de *Phyllotrox aristidis* y *Ph. lamottei* (Andes de Mérida hasta el P. de Chisacá al Sur de Bogotá) o de *Meinertellus bogotensis* (P. de Monserrate y P. de Duríameina en la Sierra Nevada de Sta. Marta).

Para aclarar estas relaciones son necesarias más colecciones sistemáticas y más determinaciones exactas.

El concepto de que ciertas especies de insectos no han alcanzado hasta ahora a ciertas poblacio-

nes o especies de espeletias y por eso no se encuentran allá, tal vez es demasiado simple. Así en el P. del Tolima (Cordillera Central) donde predominan en los capítulos de *E. hartwegiana* los Staphylinidae del género *Polylobus* se encontraron también algunos Curculionidae del género *Phyllotrox* abundante en la Cordillera Oriental. Parece que los *Phyllotrox* de la Cordillera Central a causa de la falta de adaptación, no tienen la capacidad de competir con *Polylobus*; sin embargo en la Cordillera de Mérida, donde predominan los *Phyllotrox* en las flores de *E. schultzei* se encontraron también algunos ejemplares de *Polylobus*. En el P. de Monserrate parece ser que la presencia de unos pocos ejemplares de *Phyllotrox aristidis* en *Espeletopsis corymbosa* depende de la sobreproducción de *Phyllotrox* en *E. grandiflora*. Podría ser que sin este refuerzo la presencia de *Phyllotrox* en *Espeletopsis*, con sus capítulos bastante pequeños, terminaría o que un refuerzo constante favorecería la adaptación a *Espeletopsis c.*

6.2. Adaptaciones

Adaptaciones de los artrópodos a las condiciones de las espeletias pueden esperarse puesto que este grupo por su disposición de merotopos diferenciados y por su dominancia en amplias partes de la región paramuna ejerce una presión evolutiva. La distribución del páramo en forma de islas de diferente tamaño produce grandes zonas de contacto con el bosque montano y ofrece muchas posibilidades para una inmigración variada.

Especialmente la fauna estacionaria de los capítulos tuvo que adaptarse. El ritmo de floración y el contenido de resinas exigen muy probablemente adaptaciones fisiológicas. Más difícil parece el problema de si hay también adaptaciones morfológicas especializadas a la vida en las flores. La diversidad de los habitantes de las flores desde el punto de vista morfológico y taxonómico muestra que no ocurre una adaptación uniforme. También el examen de un grupo ("guild") que se ha especializado en alimentarse con polen y néctar no permite comprobar una uniformidad en la diferenciación de las partes bucales. Según Schremmer (1961) esta forma de vida favorece setas largas o apéndices especialmente en las maxilas que pueden servir para barrer el polen hacia la boca. Tales formaciones se encontraron p.e. en *Polylobus*, *Phyllotrupes* y *Haplamaurus* (figuras 3 i, j, k). Pero en este grupo también se realizaron otros principios de ingestión. *Dilophus* recoge el polen probablemente por succión y por los lóbulos terminales del labio retractible que tiene sólo algunas setas poco especializadas (figura 3 g). En *Phyllotrox* las partes bucales están muy próximas en la trompa y las setas relativamente cortas de la maxila (figura 3 h) probablemente ayudan al transporte del polen que se recoge por las mandíbulas. Aquí el tamaño menor y la menor cantidad de alimento, tal vez han favorecido esta adaptación. También las especializaciones para agarrarse

a las partes lisas de las flores carecen de uniformidad (figura 3 m, n).

En general, se puede decir que las condiciones dentro del merotopo de los capítulos admite un espectro amplio de adaptaciones morfológicas. Gran parte de ellas probablemente son preadaptaciones. Parece importante también para la "conquista" de este merotopo por una pluralidad de especies, que las de la fauna estacionaria quedaron por debajo de un tamaño máximo, que adaptaron su alimentación a las sustancias de los capítulos y a su contenido de resina, que adaptaron sus ciclos de desarrollo a los períodos de floración, que adaptaron su comportamiento a una "coexistencia pacífica" entre gran número de individuos de diferentes especies y que dispusieron de buenas capacidades de propagación. Especializaciones extremas de la fauna aparentemente no han sido favorecidas por las espeletias.

6.3. Relaciones entre las Espeletiinae y su fauna

La fauna del abrigo de hojas muertas probablemente no tiene importancia para la "fitness" de las espeletias. El promedio de los daños causados en las rosetas dentro de una población no ascendió de un 10% y la existencia de una población nunca pareció amenazada por estos daños. Lo mismo vale para los daños producidos en las inflorescencias que no sobrepasaron un promedio del 5% a simple vista. Probablemente este daño está compensado parcialmente por la participación de la fauna estacionaria de los capítulos en la polinización ajena. Más importancia tienen las pérdidas de frutos por parte de los pájaros que alcanzaron un 10% en los casos controlados; cifra que podría aumentar con el avance en la madurez media de los frutos. Un efecto adicional positivo debe mencionarse, los pájaros frugívoros probablemente tienen gran importancia para la propagación de los frutos de las espeletias que no disponen de especializaciones de propagación. La presencia aislada de espeletias en el extremo norte de la Cordillera Occidental puede explicarse casi únicamente por este tipo de propagación.

El porcentaje alto de plantas de espeletias en la mayoría de las áreas mejor controladas indica que los daños mencionados, aparentemente no merman la dominancia de este grupo en amplias partes de la región paramuna. Años con pérdidas de semillas o de plántulas extremadamente altas pueden compensarse durante los años siguientes, gracias a la longevidad de las espeletias. En estos ecosistemas relativamente jóvenes probablemente muchos procesos de evolución y adaptación están en pleno desarrollo. Los 3 ejemplos que siguen (con base en observaciones personales) tal vez podrían señalar tendencias hacia un mejor aprovechamiento del gran reservorio en forma de abrigo y/o alimento que ofrecen las espeletias. Especies de *Autolyca* (Phasmatoidea) se encuentran en el bosque montano y en el páramo muchas veces debajo de piedras. A veces grupos bastante grandes de ejemplares muy jóvenes hasta

adultos se encuentran en el abrigo de hojas muertas de espeletias comiendo partes grandes del abrigo y ensanchando así las cavernas donde viven (P. de Monserrate, P. de Cumbal). *Spinus spinescens* (Fringillidae) construye sus nidos muchas veces dentro del abrigo y los recubre con pelos de espeletias (P. de Monserrate, P. de Sumapaz). El roedor *Agouti taczanowskii* (Stolzmann) tumba troncos de *E. grandiflora* abre el cilindro leñoso y come la medula (figura 5). Queda como pregunta abierta si una especialización más fuerte de pájaros frugívoros que se alimenten de frutos de espeletias, o de agouties que consumen los troncos podría diezmar las poblaciones de Espeletiinae.

Hasta ahora nada indica una coadaptación de las espeletias y los animales. En todos los casos en los cuales una adaptación parece probable, aparentemente los animales se han adaptado a las condi-

TABLA 6

Desarrollo de insectos holometábolos en los capítulos de Espeletiinae. Resumen de resultados basados en 18 crías (VIII. 1989 - I. 1990, véase acápite "Métodos") y 10 especies de Espeletiinae (13 x *Espeletia* spp., 3x *Espeletiopsis* spp., 1 x *Coespeletia* sp., 1 x *Ruilopezia*). Registro: períodos de tiempo entre colección de capítulos con frutos en maduración y eclosión de los imagos; controles: cada 2 días.

Color de los vasos		rojo	azul	amarillo	
Cantidad		3	3	6	
COLLEMBOLA	Arthro.	4	7	29	
	Symphy.	2	6	27	
BLATTODEA		1	1	1	
ENSIFERA		1	1		
CAELIFERA			4	3	
PSOCOPTERA		1		2	
THYSANOPTERA			7	13	
HEMIPTERA	Heteroptera			1	
	Auchenorrhyncha	6	9	34	
	Sternorrhyncha		1	12	
COLEOPTERA	Larvae			2	
	Carabidae		1	1	
	Curculion.	Phyllo.		4	93
		otras	9	3	31
	Chrysom.	Phyllo.	1	19	171
		otras	2		2
Otras familias	3	1	9		
HYMENOPT.	Parasit.	5	3	63	
	otras	1	2	9	
LEPIDOPT.	Larvae		1	3	
	Adulti		2	6	
DIPTERA	Larvae	1		2	
	Nematocera	5	18	110	
	Brachycera	16	27	265	
ARACHNO.	Opliones	1			
	Araneae	1		6	
	Acari	Oribatei	1	2	7
		otras		1	5
REPTILIA: Lacertilia				1	

ciones ofrecidas por las espeletias. Mientras que la adaptación de las espeletias fue en primer lugar una adaptación a condiciones abióticas o tal vez también a la concurrencia de otras plantas.

A pesar de que la investigación acerca de la fauna de las Espeletiinae apenas se inicia, ya se puede decir que los estudios sobre "fitness" y estrategias de las espeletias tienen que incluir más que nunca el papel de la fauna. Tales estudios podrían aclarar no únicamente relaciones ecológicas sino también conexiones evolutivas y biogeográficas.

El abrigo de las hojas muertas es el merotopo más rico de las espeletias. Por las especies que salen durante la noche hacia la roseta, está en conexión con las partes vivas de la planta. Cada quema destruye casi totalmente la fauna de artrópodos del abrigo (figura 6) y disminuye de manera drástica la diversidad total de la fauna paramuna, puesto que la fauna del abrigo posee alta particularidad. Después de una quema en el P. de Monserrate en febrero de 1979 el abrigo de hojas muertas de *E. grandiflora* todavía no había recobrado la diversidad original en septiembre de 1989. Protección de ecosistemas característicos del páramo significa también protección contra quemaduras.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a las siguientes instituciones, las cuales hicieron posibles las investigaciones aquí referidas: Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn; Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn; Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit, Bonn; Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. A los señores Prof. Dr. K. Boettger, Kiel y E. Patzelt agradezco las colecciones en el P. El Angel (Ecuador). A los siguientes especialistas tengo que agradecer por la determinación de material de plantas y animales: Dr. J. Cuatrecasas, Washington (Espeletiinae, partim); K. Bond, Cork (Lepidoptera, partim) Dr. A.S. Hunter Stockton (Drosophilidae), Dr. J. Klimaszewski, Pretoria (Staphylinidae, partim) Dr. K. Majer, Brno (Melyridae), Dr. A. Matile-Ferrero, París (Pseudococcidae), Dr. A. L. Norrbom, Washington (Tephritidae), H.W. Ruecker, Neuwied (Latriidiidae), Dr. Scheer, Munich (Chrysomelidae, partim), Dr. H. Strümpel, Hamburgo (Membracidae), Dr. J.F. Voisin, París (Curculionidae, partim). Agradezco especiales expresos a mis colaboradores en Colombia quienes me ayudaron en la realización de los trabajos de campo: Prof. Dr. L.E. Mora O., Prof. O. Rangel, los biólogos H. Arenas, M.A. Murcia, C. Moreno, Prof. G. Amat, Prof. O. Vargas y a todos los estudiantes que me acompañaron en las excursiones. A la señorita Mary Ruth García le agradezco la revisión del texto español.

Bibliografía

- Baruch, Z. 1979. Elevational differentiation in *Espeletia schultzii* (Compositae), a giant rosette plant of the Venezuelan paramos. *Ecology* 60 (1): 85-98.
- Berry, P.E. 1986. Los sistemas reproductivos y mecanismos de polinización del género *Espeletia* en los páramos venezolanos. Anales del IV. Congreso Latinoamericano de Botánica, Medellín, Colombia. 2: 25-33.
- Bohlmann, F., H. Suding, J. Cuatrecasas, R.M., King & H. Robinson. 1980. Neue Diterpene aus der Subtribus Espeletiinae. *Phytochemistry* 19: 267-271.
- Chardon, C.E. 1951. Apuntes sobre el origen de la vida de los Andes. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exactas Fis. y Nat.* 8 (30): 185-202, Bogotá.
- Cuatrecasas, J. 1986. Speciation and radiation of the Espeletiinae in the Andes. En: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (eds.): High altitude tropical biogeography, New York, Oxford: 267-303.
- Gariguata, M.R. & A. Azocar. 1988. Seed bank dynamics and germination ecology in *Espeletia timotensis* (Compositae), an andean giant rosette plant. *Biotropica*. 20 (1): 54-59.
- Descimon, H. 1986. Origins of lepidopteran faunas in the high tropic Andes. En: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (eds.): High altitude tropical biogeography: 500-532, New York Oxford.
- Goldstein, G., F. Rada & A. Azocar. 1985. Cold hardiness and supercooling along an altitudinal gradient in andean giant rosette species. *Oecologia* 68: 147-152, Berlín.
- Goldstein, G., F. Meinzer, & M. Monasterio. 1984. The role of capacitance in the water balance of andean giant rosette species. *Plant, Cell and Environment*. 7: 179-186.
- Goldstein, G. & F. Meinzer. 1983. Influence of insulating dead leaves and low temperatures on water balance in an andean giant rosette plant. *Plant, Cell and Environment*. 6: 649-656.
- Haffer, J. 1970. Entstehung und Aushbreitung nordandiner Bergvögel. *Zool. Jb. Syst.* 97: 301-337.
- Hunter, A.S. 1988. High altitude flower-breeding *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae). *Pan-Pacific Entomologist*. 64 (4): 299-312.
- Meinzer, F. & G. Goldstein. 1985. Some consequences of leaf pubescence in the andean giant rosette plant *Espeletia timotensis*. *Ecology*. 66 (2): 512-520.
- Monasterio, M. 1986. Adaptive strategies of *Espeletia* in the andean desert paramo. En: Vuilleumier, F. & M. Monasterio (eds.): High altitude tropical biogeography. New York, Oxford: 49-80.
- Pannier, F. 1969. Untersuchungen zur Keimung und Kultur von *Espeletia*, eines endemischen Megaphyten der alpinen Zone ("Páramos") der venezolanisch-kolumbianischen Anden. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 82 (9): 559-571.
- Pérez, F.L. 1987. Soil moisture and the upper altitudinal limit of giant paramo rosettes. *J. Biogeogr.* 14: 173-186.
- Rada, F., G. Goldstein, A. Azocar & F. Torres. 1987. Supercooling along an altitudinal gradient in *Espeletia schultzii*, a caulescent giant rosette species. *J. Experimental Bot.* 38 (188): 491-497.
- Rada, F., G. Goldstein, A. Azocar & F. Meinzer. 1985. Freezing avoidance in andean giant rosette plants. *Plant, Cell and Environment*. 8: 501-507.
- Rehn, J.A.G. 1954. The distribution centers of the Melanoplinae. *Ent. News* 65 (3): 57-65.
- Ronderos, R.A. 1979. Dichroplinae de Colombia y Venezuela (Orthoptera, Acridiidae, Melanoplinae). *Obra Centenario Museo La Plata*. 6: 289-305.
- Schremmer, F. 1961. Morphologische Anpassungen von Tieren -insbesondere Insekten- and die Gewinnung von Blümenahrung. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*: 375-401.
- Shapiro, A.M. 1980. Convergence in pierine polyphenisms (Lepidoptera). *J. Nat. Hist.* 14: 781-802.
- Smith, A.P. 1981. Growth and population dynamics of *Espeletia* (Compositae) in the Venezuelan Andes. *Smithsonian Contrib. Botany*. 48: 1-45. Washington.
- Snow, D.W. 1983. The use of *Espeletia* by paramo hummingbirds in the eastern Andes of Colombia. *Bull. Brit. Orn. Cl.* 103 (3): 94-98, London.

- Sobrevilla, C.** 1989. Effects of pollen donors on seed formation in *Espeletia schultzii* (Compositae) populations at different altitudes. *Pl. Syst. Evol.* 166: 45-67.
- Sturm, H.** 1978. Zur Ökologie der andinen Paramoregion. *Biographica* 14: 1-121. The Hague, Boston, London.
- 1990 a. Beziehungen zwischen den Blüten einiger andiner Wollschopfpflanzen (Espeletiinae, Asteraceae) und Insekten. *Studies Noetr. Fauna and Environm.* 24 (3): 137-155.
- 1990 b. Eine neue *Dilophus*-Art (Insecta, Diptera, Bibionidae) aus den Hochanden Kolumbiens. *Ann. Naturhist. Mus. Wien.* 91 B: 197-204.
- Sturm, H. & O. Rangel.** 1985. Ecología de los páramos andinos, una visión preliminar integrada. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Van der Hammen, Th. & A.M. Cleef.** 1986. Development in the high andean paramo flora and vegetation. En: **Vuilleumier, F. & M. Monasterio** (eds.). High altitude tropical biogeography: 153-201, New York, Oxford.
- Voisin, J-F.** 1986. Description de *Phyllotrox aristidis* n. sp. des páramos du Venezuela (Col. Curculionidae). *Nouv. Revue Ent.* 3 (2): 187-188.
- 1989. Description de *Phyllotrox lamottei* n. sp. des páramos de Venezuela (Col. Curculionidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.* 94 (3-4): 95-97.
- Weber, H.** 1956. Histogenetische Untersuchungen am Sprosskeitel von *Espeletia* mit einem Überblick über das Scheitelwachstum überhaupt. *Abh. Akad. Wiss. u. Lit. Mainz, Math. naturw. Klasse:* 566-618. Wiesbaden.
- Zwölfer, H.** 1979. Strategies and counterstrategies in insect population systems competing for space and food in flower heads and plant galls. *Fortschr. Zool.* 25 (2/3): 331-335 Stuttgart.

NUEVAS ESPECIES COLOMBIANAS DE *PENTACALIA* (SENECIONEAE—ASTERACEAE)

por

Santiago Díaz-Piedrahíta*

y

José Cuatrecasas**

Resumen

Díaz-Piedrahíta, S. & J. Cuatrecasas: Nuevas especies colombianas de *Pentacalia*. (Senecioneae — Asteraceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 687-690, 1990. ISSN 0370-3908.

Se describen tres especies de *Pentacalia* pertenecientes al subgénero *Microchaete* (*P. taironae*, *P. juajibioyi* y *P. albipanquei*). Se proporciona una clave para diferenciar las especies de *Pentacalia* subgen. *Microchaete* que crecen en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Palabras clave: Asteraceae, *Pentacalia*, Colombia.

En desarrollo de la revisión de las Senecioneae de Colombia se han encontrado varias novedades en el género *Pentacalia*. A continuación se describen tres nuevas especies pertenecientes al subgénero *Microchaete*.

Pentacalia taironae Díaz & Cuatrecasas sp. nov.

Fig. 1

Frutex vel arbor ad 1–4 m alta. Rami terminales foliosi brunneo-virides argute striati, aspectu glabri sed minute sparse adpresse pilosuli.

Folia papyracea in vivo crassiuscula, alterna petiolata. Petiolus tener striatus 4–20 mm longus.

Lamina viridis aspectu glabra, late oblonga apice subobtusata vel obtusa base attenuata plerumque cuneata, 3–12 x 1.4–3.5 cm, margine dentata denticulis late triangulatis acutis vel subobtusis ad 1 mm altis, 2–4 mm inter sese distantibus; supra costa plana vel immersa filiformis; infra costa prominenti, nervis secundariis circa 18 utroque latere angustis sed prominentibus, ascendentibus sursum plerumque furcatis flexuosis prope marginem curvato-anastomosantibus, nervis minoribus tenuibus planis sed satis conspicuis, in reticulo bene laxo anastomosatis, areolis planis laevibus viridibus glabris vel subtilibus minutis sparsis pilis fere incospicuis.

Synflorescentia monotelica terminalis paniculato-corymbiformis, densiuscula floribunda 4–10 cm alta 5–11 cm ampla folia suprema attingens vel superans. Axis rami ramuli pedicellique parce glutinosi subglabri minute sparseque puberuli pilis acutis subtilibus flexuosis erectis vel prostratis circa 0.05 mm. Rami primarii 9–12 ascendentes erecti superne dichasiale vel monochasiale ramulosi

* Instituto de Ciencias Naturales—Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, D.E. Colombia.

** Department of Botany, Smithsonian Institution, Washington, D.C. U.S.A.

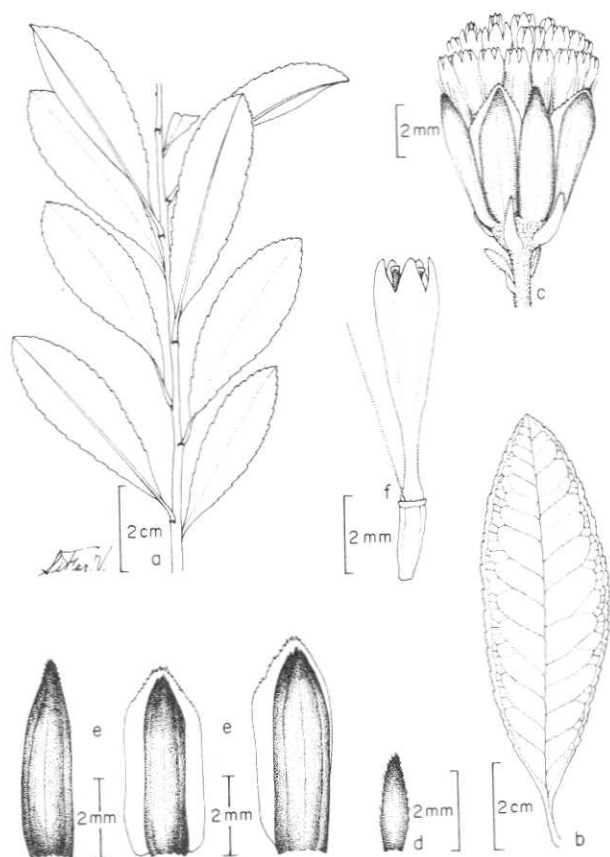


FIGURA 1

Pentacalia taironae Díaz & Cuatrecasas a, hábito (fragmento); b, hoja; c, capítulo; d, bráctea del cálculo; e, filarias externas e internas; f, flósculo.

(a, tomado de *Barclay & Juajibioy* 6766-Typus; b-f, tomado de *Barclay & Juajibioy* 6688)

corymbiformes, parte infera nuda pedunculiformi (paracladia) 2.5–5 cm longa; rami secundarii inferne nudi vel 1–2 bracteolis; ramusculi terminales plerumque 1–4 capitula pedicellata ferentes. Pedicelli 2–8 mm longi teneres erecti nudi. Bracteae proximales subtendentes oblongae 20 x 5–4 mm. Bracteolae lanceolatae acutissimae sursum decrescentes plerumque 3.1–2 x 1–0.8 mm.

Capitula discoidea 7.5–8 mm longa 4.5–5 mm lata. Involucrum cylindraceum 5.5–6 mm altum visu viride glabrum. Phyllaria 8, crasse herbacea firma, exteriora elliptico-oblonga apicem versus attenuata acuta (4–) 4.5–5.8 x 1.0–1.7 mm, interiora late elliptica apice obtuse triangulata subacuta (4–) 4.5–6 x 1.8–2.7 mm, dorsale sparsim sursum dense minute papilloso-glandulosa, marginibus in exterioribus anguste scariosis in interioribus late scariosis, praecipue distaliter eroso-ciliatis. Calyculus circa 3 bracteolis oblongo-lanceolatis acutisque 1.8–3 x 0.6–1 mm glabris vel minutis sparsis pilis.

Flores omnes hermaphroditi 18–30 in capitulo. Corolla lutea tubulosa 5.5–7 mm longa glabra, tubulo 2–3 mm pallido, limbo tubuloso gradatim ampliato, lobis oblongo-triangularibus 0.5–1 x 0.5–0.6 mm apice minute mammillato-papilloso. Antherae angustae circa 1.8–2 mm basi sagittatae caudiculis accutissimis adpressis 0.2 mm longis, appendice apicali oblonga 0.3–0.4 mm. Collum antheriferum dilatatum 0.4 mm longum cum cellulis seriatis parietibus incrassatis quadratis et rectangularibus. Stylus ramis crassiusculis arcuato-recurvatis 1–1.2 mm longis adaxialiter duobus lineis stigmaticis crassis conniventibus, apice obtuso minute papilloso cum papillis marginalibus longioribus coronato. Ovarium 1.2–1.4 mm longum 5–6 costulis signatis. Pappus albus 5 mm longus, setis nitidis breviter strigosis uniseriatis basi liberis. Grana pollinis tricolporata sphaeroidea minute echinata.

Typus: Colombia, Departamento del Magdalena: Sierra Nevada de Santa Marta, alrededores de las cabeceras del río Sevilla, "slopes of two peaks east of head of valley, also north-facing slope on ridge leading to first peak, 3520–3770 m; common between rock outcrops. Shrub to 2 m tall; leaves slightly lighter below, with yellow veins to 5 x 1.5 cm, heads small, involucre green, brown tipped; no rays, disc flowers yellow", 28 jan. 1959, *H.G. Barclay & P. Juajibioy* 6766. Holotypus COL, Isotypus US.

Otras colecciones: *Barclay & Juajibioy* 6953 (COL, US); *Barclay & Juajibioy* 6596 (COL, US); *Barclay & Juajibioy* 6767 (COL, US); *Barclay & Juajibioy* 6688 (COL); *Romero Castañeda* 7133 (COL).

Pentacalia taironae pertenece al subgénero *Microchaete* y entra en la afinidad de *P. carrikeri*, también endémica de la misma Sierra Nevada. Ambas especies se distinguen en que la última presenta las hojas sésiles o cortísimamente pseudopeciolas ya que la lámina puede adelgazarse junto a la base; por otra parte esta lámina tiene la margen constantemente íntegra. Además *P. carrikeri* tiene ramas, ramillas hojas e inflorescencias completamente glabras. Por contraste, en *P. taironae* los pecíolos están siempre bien desarrollados (de 5 a 20 mm) y la margen foliar es siempre perfectamente dentada.

Pentacalia juajibioy Díaz & Cuatrecasas sp. nov.

Frutex ramosus ad 1.5 m altus. Rami foliosi ramulisque tenues tortuosi virides et copiose albivillosi. Tricomata flexuosa hyalina pluricellulari-uniseriata ad 2.5 mm longa proximaliter crassiuscula sursum gradatim angustata et in flagelliformi longissimo 1–1.5 mm deciduo desinentia; plerumque pilis hyalinis vel albis laevibus nitidisque sunt, sed saepe earum cellulis cum resina ochracea repletis, crassioribus et moniliformibus videtur.

Folia alterna papyracea petiolata. Lamina laete viridis elliptica utrinque paulo attenuata obtusa vel

subobtusa 3.5–5 x 1.6–2 cm, margine integerrima anguste revoluta; adaxialiter viridis sublaevis dense minutissimeque scrobiculata resinosa et copiose punctata, nitida et copiose sparseque pilosa, costa filiforme impressa nervis inconspicuis vel impressis et superficie leviter rugosa; subtus pallidior costa bene eminenti striata, nervis secundariis 4–7 utroque latere 45° angulo divergentibus, nervis minoribus laxissime reticulatis, superficie dense resinosa-papillosa, ubique copiose hirto-villosa. Petiolus 3–5 mm longus copiose villosus.

Synflorescentiae ad ramusculos flexuosos divaricatos, terminales et subterminales, paniculato-corymbiformes ad 5 cm longae, 3–5 capitula ferentes. Pedunculi 0.5–2.5 cm longi villosos-hirti; pedicelli teneri flexuosi, hirsutuli vel villosi 10–20 mm longi 2–3 bracteolati; bracteolae lineari-lanceolatae acutae 6–4 x 1.2–0.9 mm, juxta capitulum ad apicem pedicelli 3–4 bracteolae 4 x 0.9–0.8 mm ad modum calyculi instructae.

Capitulata radiata late campanulata 10–11 mm alta, 111–109 ferentia, circulo ligulari 18 mm diametro. Involucrum cylindraceum basi rotundatum 7–8 mm altum, 17–18 phyllariis herbaceis villosis viridibus distaliter vinaceis. Phyllaria externa 6–8, 5.5–6.4 x 1.3–1.6 mm, elliptico-lanceolata acuta, 10 interiora 5.3–6.1 x 1.8–2.8 mm, elliptico-ovata sursum attenuata acuta, margine late scariosa eroso-ciliata villosa.

Flores radii ligulati 18–20 in capitulo. Corolla 7.5–9 mm glabra firma, tubo 2.8–3 mm longo crassiusculo pallido; lamina lutea, elliptico-oblonga minute tridentata, base adaxialiter acute aperta, 2.8–3 mm lata, 6–7 venis plus minus conspicuis, apice adaxiale minute papillosa, maturitate recurvata. Stylus 5–6 mm ramis 1.3–2 mm longis arcuato-recurvatis, abaxiale parce papilloso-pilosis, apice rotundato minute papilloso, marginibus cum papillis longioribus coronato. Ovarium anguste oblongum glabrum.

Flores disci hermaphroditi 91 in capitulo. Corolla tubulosa sursum gradatim ampliata 5.5–6 mm longa, tubulo 2.5 mm longo moderate angusto pallide lutescenti, sursum parvis pilis pluricellularibus 0.2–0.3 mm hyalinis, limbo luteo tubuloso subtiliter infundibuliformi, apice 5 dentibus triangularibus 0.6–0.9 mm longis et 0.5–0.6 mm latis, nervis, apice intus papillosis. Antherae angustae lineares 1.8 mm longae, base breviter acuteque sagittatae; cellulae endotheciales oblongae cum nodulis ad parietes longitudinaliter lineatis. Collum antheriferum cellulis brevibus subquadratis lineatis, cum filamentis valde crassius deorsum gradatim ampliatum base fere truncatum. Stylus ramis recurvatis ca. 1.2 mm longis apice leviter curvato minute papillato cum papillis longioribus ad marginem circumdato, adaxialiter duobus lineis stigmatiferis crassiusculis discretis. Ovarium oblongum leviter 5–10 nervatum glabrum 1.3–1.8 mm longum. Pappus albus

nitidus 4.5–5 mm, setis striatis breviter strigulosis, uniseriatis.

Typus: Colombia, Magdalena: Sierra Nevada de Santa Marta, alrededores de las cabeceras del río Sevilla, 3360–3410 m, under trees of low forest, on north facing slope, below and west of campsite. Herb to 1.5 m, stem with white hairs on both sides to 6 x 3 cm, involucre green with white hairs, brown margined, rays yellow disc. flowers yellow, anthers becoming brown, stigmas yellow, 26 jan. 1959, *Harriet Barclay & Pedro Juajibioy 6709*, Holotypus COL, Isotypus US.

Pentacalia juajibioyi pertenece al subgénero *Miccrochaete* (Benth.) y es afín a *P. mamancanacana* Cuatr. y a *P. schultzei* Cuatr. de cuyas especies se puede distinguir por los caracteres señalados en la siguiente clave:

- 1 — Pecíolos auriculados en la base. Calículo formado por numerosas (9–14) bracteolas. Pelos finos blancos o hialinos. Haz de la hoja adulta glabra o ligeramente tomentosa
P. schultzei
- 1' — Pecíolos no auriculados
- 2 — Calículo formado de numerosas (14) bracteolas. Pelos usualmente finos, largos y hialinos. Haz de la hoja adulta glabra
P. mamancanacana
- 2' — Calículo formado a lo más por 3–4 bracteolas. Pelos finos y blancos y además otros largos, gruesos moniliformes amarillentos repletos de zumo resinoso. Haz de la hoja adulta conspicuamente resinosa, copiosamente punteada y esparcido-pilosa
P. juajibioy

Pentacalia albi-panquei Díaz & Cuatrecasas Fig. 2

Frutex parva erecta ad 1 m, valde ramosa visu albicans. Ramificatio pseudodichotomica et subverticillata ramusculis densis et densifoliatis, terminalibus erectis. Rami vetusti nudi nodosi pallide brunnei sparsi-pilosula pilorum remanentium. Rami juveniles dense foliosi, foliis subimbricatis albi-tomentoso-villosi, pilis tenuibus hyalinis vel albis patulis vel ascendentibus rectis vel paulo flexuosis 1–2 mm longis indumentum densissimum tegentium formantibus.

Folia breviter alterna sessilia subcoriacea rigidissima, maxime revoluta, visu oblongo-lanceolata sursum attenuata apice mucronata acutissima, 5–12 x 1.6–2.5 mm, sed expansa 3–4 mm lata; utrinque superficie laevis et densissime adpresse vel (abaxiale) subadpresse albo-villosa, pilis acutis tenuibus cellulis uniseriatis, antrorsis rectis vel subrectis ad 2 mm longis, deinde aliquando parziale deciduis.

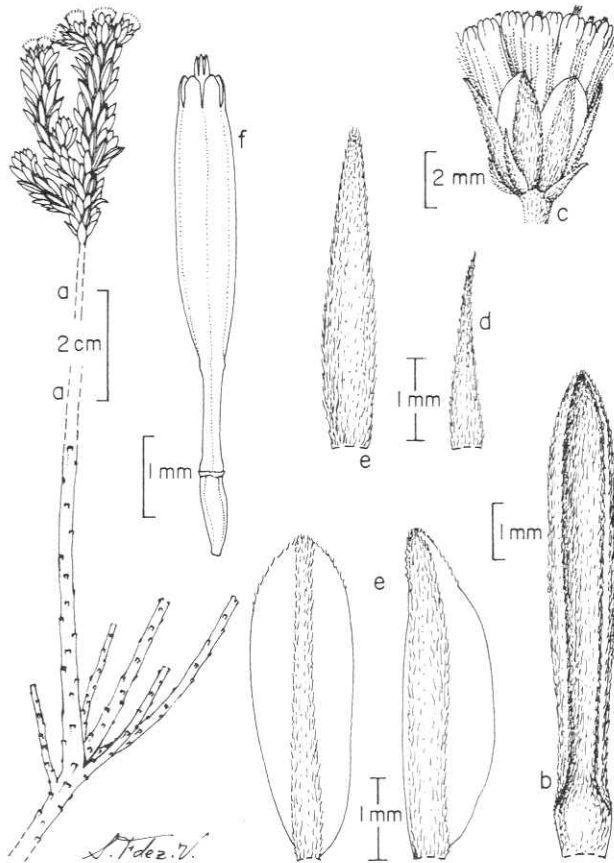


FIGURA 2

Pentacalia albipanquei Díaz & Cuatrecasas a, hábito (fragmento); b, hoja vista por el envés; c, capítulo; d, bráctea del cálculo; e, filarias externa e internas; f, flósculo; (tomado de Cleef, A.M. 9378).

Synflorescentiae terminales corymbiformes 8–20 capitula ferentes, in ramusculis terminalibus numerosis plerumque ad modum umbellatum instructis.

Capitula discoidea subcampanulata 7–8 mm alta 5 mm ampla. Involucrum cylindraceum dense albobiloso-lanatum. Phyllaria 8 (–9), exteriora oblonga apicem angustata acuta 5 x 1–1.2 mm, interiora ovato vel obovato-elliptica apice late triangulato, lateraliter margine latissime scariosa et plus minusve ciliata, apice conspicuissime papilloso, omnia dorsaliter albo villosa-lanata. Calyculus 3–4 (–5) bracteolis linearibus sursum angustatis acutis 4–6 x 0.6–0.8 mm.

Flores omnes hermaphroditi, 20–28 in capitulo. Corolla lutea glabra 4.5–5 mm longa, tubulo pallidior 1.5–2 mm angusto, limbo tubuloso sursum paulo gradatim ampliato, dentibus 5 oblongo-triangularibus enervis apice subobtusos argute papilloso papillis obtusis vel subclavatis. Antherae 1.8 mm longae base sagittatae caudiculis acutissimis ca.

0.15–0.2 mm appendice apicali oblonga 0.3 mm longa. Cellulae endotheciales subrhomboideae nodulis ad parietes longitudinales affixis. Collum antheriferum cum filamento staminum valde crassius circa 0.3–0.35 mm longum, cellulis quadratis et rectangularibus cum parietis incrassatis induratisque. Stylus 5.5 mm long, crassiusculus, ramis maturitate arcuatis adaxialiter duobus lineis stigmaticis valde crassis sed discretis conniventibus, adaxialiter sparse pilosulo-papilloso, apice truncato minute papillato cum papillis longioribus coronato. Ovarium oblongum paulo compressum 1.2 mm longum glabrum, enervium. Pappus albus 4 mm longus setis uniseriatis tenuibus acuti-strigosis sursum distaliter leviter ampliatis.

Typus: Colombia, Boyacá, carretera Soatá-Onzaga, Hoya de la Quebrada de San Antonio, bosques esclerófilos de *Quercus*, alt. 3140 metros; subarbusto de 0.5 m, capítulos amarillos; frecuente en comunidades subseriales con fisionomía de páramo (*Espeleton*), nom. com. “panque blanco”, 3 agosto 1958, R. Jaramillo, J. Hernández & T. v. der Hammen 826. Holotypus COL.

Otras colecciones: Colombia, Boyacá, Aquitania, Páramo de la Sarna km. 42 de la vía al Llano, 3400 m, arbustillo, flósculos amarillos, 3 marzo 1980, Orlando Rangel et al. 2333 (COL); Páramo de la Sarna, entre Sogamoso y Vado Hondo, 3380 m. Arbusto 30–40 cm, follaje grisáceo, flósculos amarillos, común, n.v. “mata boba”. A.M. Cleef 9378 (COL).

Pentacalia albi-panquei pertenece al subgénero *Microchaete* y es afín de *P. ledifolia* (HBK) Cuatr. especie tan conocida de los páramos de Cundinamarca y Boyacá; *P. albi-panquei* difiere de ella por tener las hojas sésiles, rígidas y subimbricadas en ramas y ramúsculos; las hojas son longitudinalmente revolutas, como enrolladas, de modo que las márgenes cubren totalmente el envés y su indumento; la forma aparente de la lámina foliar resulta oblongo-atenuada y aguda. Su denso indumento conspicuamente blanco o blanquecino da tono a toda la planta.

P. cacaoensis Cuatr. otra especie de semejante afinidad por tener las hojas revueltas aunque menos totalmente, se distingue de la nueva especie por el indumento diluido de las hojas y por el porte reciamente hirsuto y leonado de ramas y ramitas hojosas.

Los autores agradecen al Sr. Silvio Fernández la elaboración de los dibujos que ilustran las nuevas especies.

EL PROBLEMA DE LA ALIMENTACION AUTOCTONA EN AMERICA ECUATORIAL, TROPICAL Y SUBTROPICAL *

por

Javier Pulgar Vidal

Resumen

Pulgar-Vidal, J.: El problema de la alimentación autóctona en América Ecuatorial Tropical y Subtropical. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 691-701, 1990. ISSN 0370-3908.

Se plantean soluciones al problema de la pobreza en América Ecuatorial mediante la recuperación de la alimentación autóctona y de las técnicas tradicionales de conservación (deshidratación, congelamiento, fermentación y transformación) de los alimentos. Se describen ocho regiones geográficas y se analizan las canastas alimentarias correspondientes a cada una de ellas.

Es sabido, hasta el exceso, que en el mundo no faltan alimentos sino que están mal administrados; pero no solamente en el orden de la mala distribución de lo que se cosecha, sino también, y preferentemente, porque hemos olvidado aprovechar y conservar lo producido. Venimos desdeñando los métodos tradicionales de almacenar, deshidratar, congelar, fermentar y transformar los frutos de la tierra, convirtiéndolos en alimentos permanentes, capaces de durar por muchos años, sin alteración ni nutritiva ni organoléptica pese a las plagas, a las guerras, a las epidemias, a los siniestros de la naturaleza y hasta las tragedias biológicas que hemos vivido y sufrimos todavía en esta parte del Nuevo Mundo.

Los antiguos peruanos, y en algunos casos también los antiguos colombianos, había aprendido, en lentos procesos, a hacer acopio de alimentos utilizando las características de los distintos climas; las diversas estructuras del suelo; el aprovechamiento

del humo, el empleo de diversas sales minerales; la acción directa de los rayos solares, combinados con la oscilación diurna. Así las antiguas naciones conquistaron la posibilidad de convertir en conservas, de difícil alteración, a la mayor parte de los alimentos perecederos que se utilizan desde la Prehistoria.

Conservar y almacenar los alimentos perecederos fue una de las más intensas preocupaciones de las gentes del pasado y en muchos casos tales conquistas, se practican todavía en la actualidad, con todo éxito, aunque el afán de novedades y el prurito de copiar todo lo que viene de la tecnología extranjera, preferentemente del norte o del oriente, que ahora llamamos occidente, van dando al traste con un cúmulo de prácticas óptimas para guardar alimentos, sin alteración, por largos meses y hasta por muchos años y décadas.

En algunos casos era suficiente enterrar comestibles dentro de la arena caldeada del desierto, durante el día, enfriada durante la noche. También se inventaron los gormayes o huarmeyes subterráneos y se adquirió la maravillosa técnica de la guachipa que consistía en almacenar alimentos en verdaderas

* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia el 10 de mayo de 1990 con ocasión de su posesión como académico correspondiente extranjero.

“cavernas o subterráneos al vacío” excavados dentro del seno de la tierra, en sitios resecos y libres de inundaciones y derrumbes.

Otras prácticas de conservación de alimentos aparte de las antes indicadas, iremos explicando, sucintamente, en el decurso del análisis de los alimentos que podemos utilizar, aún dentro de las más insignificantes posibilidades alimentarias de nuestros países. Así mismo, analizaré algunas técnicas, aparentemente no agrícolas, que repercutirán poderosamente en el mejoramiento del cultivo de los campos, tales como construir lagunas o cochas, hacer canales o huayanchas para el riego oportuno; crear condiciones proclives a practicar la agricultura en tierras afectadas por heladas y escarchas, evitar la erosión y fomentar la contraerosión por medio de la construcción de pallas o andenes; edificación de colcas, huarmeyes, huachipas y almacenes diversos para acopiar los frutos de las cosechas, sin el riesgo de su alteración fisiológica normal o por la agresión de plagas, hongos, putrefacciones, etc.

Es indispensable entender el complejo proceso de recuperar y usar los alimentos autóctonos y para ello es indispensable tener presente la unidad geográfica de los países de América del Sur; la unidad cultural pretérita actual y la identidad étnica que por el ancestro y por el mestizaje, cobija por igual a todas las repúblicas integrantes del Acuerdo de Cartagena o Grupo Andino, incluyendo además a grandes porciones territoriales de Argentina, Brasil y Chile.

Por otro lado debemos esclarecer, en todo lo posible, la urgencia de precisar, fijar y multiplicar nuestras canastas alimentarias latinoamericanas hasta llegar a por lo menos siete distintas y complementarias. Esto es, una canasta por cada región natural y piso ecológico agrícola con características alimentarias y nutritivas similares.

Resumiendo lo antes dicho debemos proceder a tipificar y establecer cuales y cuantas son las regiones naturales o pisos ecológicos comunes al continente sudamericano que incluye a la América Tropical, Ecuatorial, Subtropical, Andina y Selvática, con amplias áreas frías y muy frías, por causa de la altitud y de la latitud, a lo que debemos añadir el uso común del Océano Pacífico, el Océano Atlántico, el Mar Caribe y los grandes ríos, “cuasi mares”, del Orinoco y el Amazonas y sus gigantescos afluentes.

Por todo ello es indispensable llegar a una síntesis apretada y comprensible de las regiones naturales homogéneas que se presentan similares a pesar de estar ubicadas en distintas orillas marinas, en diversas vertientes andinas y a pesar también de no ser contiguas.

Con las anteriores consideraciones aclaratorias estamos en condición de afirmar que las regiones naturales o pisos ecológicos, en función de los ali-

mentos aprovechables, que aunque ya no todos se producen pero podrían producirse fácilmente, son las que pasamos a analizar.

Las ocho regiones naturales, pisos ecológicos o grupos de ellos coincidentes en América Latina en sus características estructurales

Primera Región o gran grupo de pisos ecológicos similares

La tierra más baja de América Latina puede denominarse también con algunos de los siguientes nombres: Región Chala, Camanchala, Región de los Hombres Cholos o Chalacos, Región Costa. Omagua o Selva Baja, que incluye a la Amazonía, a la Orinoquía y a los Llanos Orientales.

Corresponde al litoral marino del Océano Pacífico, del Mar Caribe y del Océano Atlántico. Comprende las tierras boscosas o desérticas, de reducida altitud, y el mar territorial que se inicia a 200 millas mar adentro, sube desde cero metros hasta 300 m.s.n.m. o algo más, a lo largo de las cuencas de los ríos que penetran muy adentro en el territorio continental, según las latitudes.

Es la tierra de la pesca marina y en aguas territoriales de los ríos, las rías, las ciénagas, las cochas, las tipishcas, las albuferas, los esteros, etc. Es proclive a la ganadería extensiva o controlada, en potreros cercados o estabulada, de vacunos corrientes, de brahmas, de búfalos de agua o carabao, de ovejas de pelo, etc. Tierra buena para el arroz, la avena, el aguaje o moriche, el seje, la palma de vino, el tacay, el merey, el cocotero, el *Coix lachryma-jobi*, el plátano, la yuca, el ñame, la cocona, etc.

Segunda región o grupo de pisos ecológicos similares

Recibe los nombres de Tierra Caliente, Rupa-Rupa, Selva Alta, Yunga Húmeda, Yunga Arida, Chaupi Yunga.

Se eleva desde los 300 hasta los 700 m.s.n.m.

Es la tierra de árboles frutales más diversos, de plantas ornamentales, de bambúceas, de cítricos venidos del Viejo Mundo, de aguacate, maní, algarrobo, produce bien el arroz, la yuca, la pituca o malanga, el bore, la papaya monóica, el maíz, varios frijoles, batatas, aullamas, tuna, tumbo, mito, etc.

Tercera región

Se denomina Yunguillo, Región del Café. Clima Medio.

Se eleva de 700 a 1800 m.s.n.m.

Como dice su nombre es la tierra del café africano aclimatado en el Nuevo Mundo. Prosperan frutas muy diversas: cítricos, guayabas, vid, plátanos, ushon, chontaduro, mararay, guabas, lulo y granadilla, fique, cabuya azul, etc. Así mismo orquídeas, anturios, bambúceas variadas, caña de azúcar, caña panelera, soya, fríjoles diversos, plantas "condimenticias" y medicinales.

Cuarta región

Región Templada, Región de las Heladas Esপরাদicas (Tuntinamarca), Región Quechua o Quichua, Región del Frío Amigo.

Se eleva de 1800 a 2800 m.s.n.m. en los declives Oriental y Occidental de los Andes y en todos los Ramales de los mismos.

Como dice don Juan de Castellanos es "tierra para hacer perpetua casa". Aquí la salud humana se conserva inalterable, el frío no entumece, ni el calor enerva. Es la patria del maíz de caña dulce, de la papa criolla, la papa chaucha, la quinua o suba, la quihuicha, el taure o lupinus, la papayuela, el ají rocoto, el chincho o ruda de indio, tierra de numerosas orquídeas y entre ellas la aguadija cuyos pseudo-bulbos comen los borugos. Entre los frutales silvestres se destacan las frutillas, las moras, la uva de anís, los llorones, la arracacha, el llacon, la curuba o pucumpuy, el capulía o cereza, el agraz y los mortiños. Tierra del muña salutífero y balsámico, el anís silvestre, de la dalia y los novios aclimatados del Viejo Mundo, de claveles, rosas, crisantemos y pompones primorosos. Aquí el kikuyo ha sentado sus reales, va excluyendo a casi todas las hierbas de la flora y convive con los eucaliptos de varias especies. Tierra generosa salutífera, favorable a la vida del hombre, cuya inteligencia agudiza y cuyas virtudes exalta.

Una muestra de la belleza y bondades de esta región se ofrece esplendorosa en la meseta Cundi-boyacense y principalmente en la Sabana de Bogotá.

Quinta región

Tierra fría, Paramillo, Sumi o Sone. Tierra de la chusquea o chusque o Chaglla o chacla. Tierra de las flores perfumadas, de las papas selectas, de la ibia, el olluco, las rubas y el cubio. Es la tierra del curi o cuy, en la cual se le domesticó y pasó del campo a la casa humana, en la que se convirtió en el más precioso don de la fauna que permite a todas las gentes producir en su propia heredad, la proteína animal que exige el desarrollo del vigor humano. Es también la tierra del venado, otra importante fuente de proteínas y picles.

Se eleva de 2800 a 3500 m.s.n.m, con leves variaciones cuando se acentúa la latitud. Es tierra on-

dulada y escarpada en donde la erosión se torna intensa cuando se olvida sembrar chusque. Más si se siembra esta preciosa gramínea se forman setos vivos que operan como captadores de la lluvia, condensadores de la neblina y almacenadores de agua pluvial. El chusque detiene la fuga destructora de las aguas salvajes, las guarda y origina una escorrentía lenta, graduada, que permite un suministro permanente de agua potable a lo largo de los ciclos sin lluvias. Por el chusque desaparece la erosión y se guarda el precioso tesoro del suelo humífero, apto para el cultivo de flores perfumadas y para tuberosas altamente nutritivas. Es adecuado para el pastoreo de vacunos, ovejas y camélidos sudamericanos.

Permitiría a Colombia ampliar la frontera agrícola ahora detenida hacia la cota de los 3100 m.s.n.m. La actividad agrícola en el Paramillo daría pábulo a la producción de las tuberosas ya dichas, del *Lupinus mutabilis*, de la quinua, las habas y todas las hortalizas introducidas del Viejo Mundo. En el Paramillo encontrarían un hábitat propicio, la mora, la fresa, el sauco americano. Se podría acrecentar la oferta de tallos o berzas, de zanahorias, coles, cebollas, apios, incluyendo el perfumado apio silvestre aborigen. La arborización con el género *Eucalyptus* ahora satanizado y postergado, aseguraría el suministro de madera y leña, aumentaría la captación del agua pluvial y el doble uso de las áreas disponibles, con árboles que no dan sombra muy intensa y con gramíneas forrajeras que conviven con ellos. Al ampliarse la frontera agrícola, tierra arriba; en el Paramillo se podrían liberar amplias áreas ahora cubiertas con flores en la región templada a quichua las que podrían ser sembradas con cebada para reemplazar la malta que ahora se importa.

Sexta región

El Páramo o tierra muy fría pero agrícola. La palabra páramo en Runa-Simi o quechua significa lugar donde nace la lluvia, donde hay vegetación achaparrada y donde campea el graminetum. Aquí se podrían cultivar varias especies de papas amargas con las cuales se elabora el chuño; también es posible cultivar algunas gramíneas altas, venidas del Viejo Mundo, tales como avenas, "ryegrass" para fines forrajeros, también el upe o chenopodiacea de hojas comestibles, alimenticias y saludables; el rumex potaca, el cactus que fructifica a mayor altitud en el mundo tiene varias especies: *Opuntia lagopus* y *Opuntia ignescens*, cuyos tallos perfectamente protegidos contra las bajas temperaturas le permiten producir un pequeño fruto comestible el guagoro cargado de pectina.

Se eleva de 3500 a 4100 m.s.n.m. en las vertientes de las cadenas central y oriental de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta.

Esta región debidamente utilizada permitiría ampliar ciertamente la frontera agrícola y no solo

el área agrícola. Así se alcanzaría a producir chuño que es el recurso natural que se obtiene después de fermentar, congelar y deshidratar la papa amarga la cual por tal procedimiento se convierte en papa no amarga y brinda blanquísima harina, muy nutritiva y con aminoácidos como los de la leche de vaca. El chuño en los andes peruanos constituyó la base del otongo o pan propio de la puna peruana, hecho a base de papa amarga que se cultiva hasta casi 4400 m.s.n.m.

Además se podrían cultivar la maca (*Lepidium meyenii*) tuberosa herbácea, cuyas raíces globulosas se parecen a las del rabanito de 30 días. Es un buen alimento y tiene la propiedad de ser un poderoso fecundante para el hombre. Recomendable para ser usada por aquellas parejas que después de varios años (7—10) de casados sin hijos, desean tenerlos, decidan someterse al consumo adecuado de tubérculos de maca. En casi 30 casos experimentados los efectos fecundantes han sido positivos.

Séptima región

Llamada puna en el Perú y Páramo Bravo o zona de las arenas en Colombia.

Se eleva desde los 4100 m.s.n.m. hasta el límite superior de la vegetación continua y discontinua que varía entre 4600 o algo más arriba.

En Colombia es absolutamente anti-agrícola, lo que no ocurre en el Perú, por causa de la latitud. Se llama puna porque produce soroche o mal de altura al hombre procedente de las tierras bajas. En *runa-simi* la voz puñuy significa dormir; y puna la región que produce sueño a los no aclimatados en los casos leves de la "agrasión", que en la Antigua Colombia se llamaba chaure o mal de montaña.

Octava región

Se llama Janca, Razu, Riti, Jonco o Blanco, Sara-Sara, Gate, etc. Recibe también el nombre de Cordillera Nevada o Cordillera Blanca o Sierra Nevada. En Colombia han ocurrido algunas modificaciones de los nombres antes indicados. Así la cumbre ahora llamada Ruiz o del Ruiz, fue simplemente Ras que significa volcán, alguna persona transfirió su apellido español a la montaña nevada y se castellanizó el topónimo trastocándose en Ruiz en vez de Ras. Así también ocurrió con Pu-Ras-E, que ahora se llama Puracé, con absoluto olvido del nombre Ras que quedó desvirtuado con el uso de la letra C en vez de la S. Así también ha ocurrido con el nombre de Gala Ras que ahora se nombra Galerías. La palabra galerías traída del español oculta y desvirtúa la palabra Ras ahora convertida en galerías. De la misma manera ha ocurrido en Ecuador con el orónimo Chimbo Ras ahora transformado en Chimborazo.

La región Janca se eleva desde los 4700 m.s.n.m. hasta las más altas cumbres, las cuales a partir de 4700 suelen dar paso a los glaciares y a las cumbres cubiertas por hielo y nieve persistentes. Los más altos picos helados pasan de 5000 m.s.n.m. y algunos de ellos se acercan a los 7000 (en el Perú el más alto es el pico sur del Huascarán con 6768 m.s.n.m.). En Colombia el Nevado del Ruiz alcanza a 5300 m.s.n.m., en la Sierra Nevada de Santa Marta el Nevado Chinundúa alcanza la mayor altitud colombiana en la Horqueta con 5775 m.s.n.m. conocida también en los nombres de los picos Bolívar y Colón; en el sistema del Cocuy la cumbre más eminente es Ritacuva con 5493 m.s.n.m. Conviene explicar que la palabra Rita es modificación de Riti que en una antigua lengua sudamericana significa hielo; pero para quien no conoce tal etimología, más fácil es apelar al nombre castellano Rita. Por otro lado debemos observar que en la Sierra Nevada del Cocuy además de Ritacuva hay otros nombres denominados Rita que no han sido recogidos por el Diccionario Geográfico de Colombia, ejecutado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El volcán Puracé tiene 4800 m.s.n.m. y el volcán Galerías sólo alcanza a 4.276 m.s.n.m. El Nevado del Huila es la cumbre mayor de la Cordillera Central de Colombia conocida también con el nombre de Cordillera de las Guanacas, apelativo refrendado por la presencia de varios topónimos que llevan la voz guanacas.

Los antiguos pobladores, vecinos de los nevados los adoraban por los beneficios que producen al suministrar agua todo el año y también hielo que era acarreado a espalda humana o a lomo de llama, costumbre que sobrevivió durante la Colonia Hispánica y hasta el descubrimiento de la fabricación del hielo artificial. También eran temidos los nevados, porque de ellos procedían inesperados aludes causados por fenómenos sísmicos o erupciones volcánicas, como todavía ocurre hasta nuestros días. Como ejemplo del pavor que producían los volcanes podemos indicar que algunos de los ríos procedentes de los conos volcánicos, llevan el nombre de Gualí, que evoca la característica de agrio o venenoso, maligno y siempre peligroso.

Si después de lo expuesto llegáramos a admitir que casi todas las Repúblicas de Sudamérica tienen, todos o algunos de los ocho pisos ecológicos en altitud antes indicados someramente, estaríamos de acuerdo también en que tenemos la posibilidad de obtener una canasta alimentaria con los productos propios de cada una de las siete regiones agrícolas descritas, además de la región pro-agrícola que es la Janca, como guardadora y dadora de agua potable, doméstica e industrial.

Las siete canastas alimentarias

El propósito de este escrito es el de inducir al uso de las siete canastas alimentarias existentes en la mayor parte de las Repúblicas Sudamericanas.

Colombia al presente trabaja con base en una canasta a la cual se le llama simplemente "la canasta alimentaria", pero podría aprovechar, de inmediato, cinco de las seis canastas que posee.

Canasta Alimentaria de la Región Chala o Costa

La Chala o Costa que incluye al mar adyacente hasta las sesenta millas tiene autosuficiencia para alimentar a plenitud a sus pobladores y a los de algunas otras regiones. En efecto el mar produce la proteína animal, a base de peces, moluscos, crustáceos, etc. En el Océano Pacífico los más importantes son: anchoveta, bonito, atún, cojinova, sardina, jurel, caballa, róbalo, pargo, lorna, pejerrey y muchos más. De los nombrados, la anchoveta (*Engraulis* y *Cetengraulis* son planctívoros a lo largo de toda su vida: convierten el alimento invisible del plancton en carne superior; así es el primer eslabón de una cadena biológica que alimenta a casi todas las demás especies, que modernamente llamamos "peces para consumo humano" siendo así que *Engraulis*, durante milenios fue de consumo humano, hasta hace pocos años en que habiendo dejado de secarse al sol y a la resolana, junto al mar, ya no es enviada a todas las demás regiones naturales del Perú. En consecuencia, lo más importante es recuperarla y con ella nunca debe hacerse harina de pescado. Debe ser el forraje de todas las demás especies incluyendo en el Perú a las aves guaneras y también el alimento directo para el hombre. Con *Engraulis ringens*, sal y el sol o la resolana debe elaborarse el charquicán o sea pescado deshidratado incluyendo las vísceras. Este alimento aporta de manera estable proteína animal y varias sales minerales a lo largo del año.

Si se recuperaran el bonito, casi erradicado en el Perú y la cojinova; si lográramos pescas normales y estables de lorna, jurel, sardina, caballa, atún, cherna, camarón, etc. para el consumo diario, no habría ningún problema para el suministro de proteína animal al chalaco, chala o cholo de la Costa del Pacífico y a todos los otros grupos humanos de Chile, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela.

Debemos desarrollar la acuicultura de la mayor parte de las especies marinas; no podemos seguir pescando lo que no hemos producido y hemos depredado sin contribuir a producir y conservar. Los ingenieros deben volver a ser lo que principalmente debían haber sido: acuicultores del mar y de las aguas lénticas y lólicas de ríos, lagunas, lagos, estanques, etc.

Los hidratos de carbono más fáciles de producir, amén de sus hojas, que pueden utilizarse como verduras, son el camote y la yuca. Recuerdo todavía los años treinta, cuando en Lima había venta higiénica de pescado frito con camote o batata sancochado y ello constituía la alimentación más barata para obreros y estudiantes con un gasto insignificante al alcance de todos. A los camotes asados o

sancochados se les llama "pavos", por su delicadeza y por su poder nutritivo.

La causa de la abundancia alimentaria era el bonito (*Sarda chilensis*) y ahora podría, ser la sardina, el boquichicó y otras especies del mar, lagunas, estanques y ríos.

Si cultiváramos los crustáceos y moluscos podríamos añadir a la dieta diaria una fuerte dosis de proteína y de grasas. Así mismo podríamos enriquecer la alimentación de los costeños o cholos o chalacos con algas y con cultivos de pallares, frejoles o frijoles diversos, maíz, hortalizas diversas, nativas e importadas y con frutas variadas.

En resumen, la canasta alimentaria de la región natural chala o costa estaría constituida por pescado y mariscos, camote, yuca, frejoles o frijoles, pallares, choclos o mazorcas, zapallo o ahuyama, plátanos, banano, chontaduro, frijol de palo, palmitos o chonta, atago, ají dulce, ñame, etc. aparte de carne de mamífero y carne y huevos de aves.

Canasta Alimentaria de la Yunga Desértica o Húmeda

Los suelos ricos de la yunga se complementan con terrenos cascajosos y pedregosos, en los cuales, a pesar de las piedras, si hay riego, se desarrollan perfectamente los frutales. Entre ellos: guanábanas, paltas, chirimoyas, lúcumas, papayas, todos los frutales cítricos importados del Viejo Mundo, tales como las naranjas, limas, limones dulces y agrios, cidras, qumquat, toronjas, etc. Así mismo, el tumbo grande o badea, las ciruelas de fraile, el palillo, las tunas. Estas últimas plantas ofrecen muy grandes expectativas puesto que brindan extraordinarias cosechas de exquisitos frutos almibarados. Además la malanga o pituca suministra hojas tiernas para ensaladas, guisos y sopas.

Hasta la yunga puede llegar fácilmente el pescado fresco de la chala, por vía de intercambio a corta distancia; pero además, es posible la crianza de cuyes o curies, (*Cavia porcellus*), aprovechando las hierbas verdes de la región entre las cuales tienen gran significación las hojas y tallos frescos de carrizo europeo o carrizo hueco (*Arundo donax*) que debiéramos sembrar en amplias áreas para usarlo como material de cestería, acabado de casas, forraje para cuyes y para confeccionar esteras para construcción de casas acabadas con arcilla o yeso.

Los hidratos de carbono pueden ser suministrados por las variedades de camote o batata de sal y dulce y por achira. Completa la lista de alimentos de la yunga, un frejol conocido con los nombres de puca-toro, bocona, zarandaja o pushpo, muy nutritivo, de fácil digestibilidad y de producción permanente y que además es buen forraje para vacunos.

La yunga se presta para la crianza de aves, como la gallina, los pavos y los patos. Debido al clima

no se requieren dispositivos especiales y caros; basta con simples galpones y en consecuencia los rendimientos son más económicos y es posible disponer de huevos y carne de aves que allí mismo encuentran forrajes en el maíz duro, el sorgo, el polvillo del arroz, etc.

En resumen, la canasta familiar de la yunga podría estar constituida por: camote o batata dulce o de sal, achira, frijoles diversos, frutas exquisitas, carne de aves, cuy, pescado seco o fresco de mar, río y ciénaga, huevos de aves y también carne de mamíferos y hortalizas, entre las cuales tienen significación el ají de varias calidades, el berro, el chincho, el melocotón, lacayote y la caygua que además de sus frutas dan hojas y cogollos o brotes comestibles.

Canasta Alimentaria de la Quechua

El huerto quechua, es sin duda uno de los huertos mejor surtidos de la tierra, porque en él se han aclimatado tanto los productos de las regiones más altas, cuanto los propios de las regiones bajas y, a causa de ello, hay variedades de plantas de origen foráneo que rinden cosechas en meses diversos a lo largo de casi todo el año calendario.

La abundancia de especies, con sus diferentes ciclos vegetativos y el hecho de sus varias procedencias regionales determina que la maduración de los frutos, las hojas, las flores, los tubérculos, etc. se efectúen dentro de una gran amplitud temporal. Ello permite disponer de alimentos frescos, de origen vegetal todos producidos en esta región, a lo largo de más de nueve meses del año y de alimentos conservados o simplemente almacenados, durante casi los tres meses restantes, con lo cual se obtiene buena dotación de comida todo el año. Tal es el saneado caudal alimenticio de la región quechua o región templada que como dejamos dicho, en Colombia se considera "zona fría".

La planta más notable de esta región es el maíz de caña dulce, cuyos frutos tiernos llamados choclos o mazorcas en Colombia, son exquisitos en el Perú y con los granos secos del maíz maduro se prepara cancha, mote, chochoca, etc. Sigue en importancia la papa chaucha o jauja, estirpe que posee la particularidad de producir sabrosos tubérculos precoces y de quedar sembrada en el campo el mismo día de la cosecha, razón por la cual, al darse el primer cultivo a las otras sementeras sembradas en el mismo campo, es posible cosechar papa nueva, espontánea. Así la papa chaucha es el símbolo de la abundancia, idea que ha pasado a la leyenda universal del "país de jauja" en donde se trabaja poco; pero se cosecha mucho.

No menos notable es la arracacha, planta "sui generis" de origen colombiano, de la cual se pueden comer las hojas cuando son tiernas y cuando llega la hora de cosecha se pueden aprovechar también las ramas, el tallo y las raíces. Esto es, una

planta alimenticia de la cual se come todo. La achita o achis o quihuicha o coimi, (*Amaranthus caudatus*), valioso falso cereal del cual también se comen las hojas y el grano cuyo nombre chibcha significa: alimento del hombre. Es el amaranto, tan de moda en el mundo actual. Yo lo cultivé en Bogotá y lo estudié en 1953 en mi libro sobre la quinua o suba.

La proteína animal aparte de la carne de mamífero y aves puede llegar por la vía del intercambio con el pescado de la chala. De hecho tal intercambio existió hasta los años sesenta de este siglo; en las ferias del Valle del Mantaro se expendía pescado seco llevado de Huacho, Carquín y Vegueta. Y al presente carros frigoríficos suministran pescado fresco, seco-salado y congelado, el cual tiene muy buena aceptación por parte del público ancestralmente habituado a una dieta de anchoveta seca.

Los frutales de la quechua son muy variados: tumbito o pucumpuy o curuba, tomate de árbol o guancash o tamarillo, papaya de olor o chilacuán o chamburo, duraznos, manzanas, guinda o capulí, pepino dulce o llorones, ciruelas, peras, fresas, moras, gongapa semejante al agráz de Bogotá, pucasato parecido a la uva de anís, piña del monte, feijóa, sauco, uchuva, cereza o capulí arbóreo, etc.

Recientemente se están aclimatando lúcumas y paltas o aguacates que crecen hasta los 3100 m.s. n.m. y me propongo traer a la Sabana Cundiboyacense. Hay abundantes tunas o higos chumbos (*Opuntia spp.*) que en la región quechua peruana alcanzan el más alto grado de fertilidad, dándose el caso de que algunas hojas-tallo (cladodios) lleven más de veinte frutos cada una. Completando la riqueza alimentaria de la quechua se ha aclimatado una leguminosa arbórea, llamada pashullo o pajuro o baluy o abaluy (*Erithryna edulis*), cuyas semillas son del tamaño de huevos chicos de gallina, los cuales pueden ser consumidos tiernos a medio madurar o maduros y secos, estado en el cual se tornan dulzones. Un frijol o frejol muy importante es el poroto o pushpo (*Phaseolus sp.*) nombre genérico de varias especies de frijoles que se siembran junto con el maíz, al cual otorgan el nitrógeno que acumulan en sus raíces. El más notable de los frejoles o frijoles de la quechua es la numia o nuña *Phaseolus limensis* cuyos frutos se comen tostados, estado en el cual pueden compararse con ciertas almendras, con reducido contenido de aceite y alto tenor de proteínas, por lo cual es el compañero inseparable de los fiambres a base de maíz tostado y es principalmente alimento para niños que no tienen madre que los lacte. Este asunto debe ser experimentado científicamente por su trascendental importancia para la humanidad.

Las hortalizas adquieren en la quechua el mayor desarrollo, la mayor perfección, pues el clima fresco y hasta frío durante la noche, con algunas heladas a lo largo del año no permite las plagas y pestes que afectan a las hortalizas en las regiones más bajas. Por ello pueden cultivarse la alcachofa, la

calabaza que en Cajamarca, Perú se llama "chibcha", la cebolla, el ajo, el orégano, el perejil, el culantro o cilantro, el muña, el ají rocoto, la ruda de indio o chincho colombiano y varias hortalizas silvestres tales como: shita o mostaza o ñapus, pato o mastuerzo del cual se comen las hojas, flores y frutos, pagoniño o huascas, atago o atagua, pichiuquita, chisacá, huacatay, paico, verdolaga. Además el molle que ahora esta de moda con el nombre de pimenta rosada, etc.

En cuanto a la cría de animales en la Región Quechua o Templada hay la posibilidad de criar cuyes o curíes en cuyeros familiares, en casi todas las casas rurales y en muchas suburbanas, porque la actividad hortícola y el cultivo de maíz suministra panca, huero y hojas o llaqui del maíz, alimentos muy nutritivos para el cuy. También se pueden criar el borugo o majás, todas las aves y otros mamíferos pequeños. Además de ello hay plantas silvestres como la magra, el quiche, el kikuyo, el chusque que constituyen otros tantos alimentos selectos para el cuy.

En resumen, la canasta alimentaria de la quechua o tierra templada, podría estar constituida por: carnes de cuy, huevos, leche de vaca y sus derivados, pescado seco o seco-salado, congelado y fresco, maíz, papas, arracacha, calabaza, frejoles o fríjoles, numia, pashullo o abaluyes, toda clase de verduras y hortalizas, hierbas aromáticas y muy variados condimentos nativos. Además, puede recibir tuberosas de las regiones más altas y charqui del Paramillo y todas las frutas propias de la región además de las frutas del Viejo Mundo; peras, duraznos, cerezas, ciruelas, cidras, grosellas y frambuesas, etc. que ahí se producen bien.

Canasta Alimentaria de la Suni o Jalca o Paramillo o Páramo Bajo

La base de la alimentación proteínica de la suni o paramillo la da el cuy o curí, pues es allí donde este animalito ha sido domesticado, gracias entre otras cosas, a las hojas y tallos tiernos de la caña brava llamada suni o sone o chusque; también se consume el charqui o carne deshidratada de vacuno u ovino o camélidos. Pero lo más importante es la posibilidad de disponer de alimentos vegetales inmensamente ricos en proteína con aminoácidos comparables a los de las proteínas animales. Así, la quinua o suba (*Chenopodium quinoa*), la cañigua (*Chenopodium pallidicaule*), el taure o tarwi (*Lupinus mutabilis*). Este grano por sí solo bien podría constituir la parte mayor de la canasta alimentaria de esta región. A todos los demás alimentos ya indicados hay que añadir las papas paramunas de variedades selectísimas, insuperables por su sabor, por su textura, valor nutritivo, etc. También hay ocas, ollucos y mashuas que en Colombia se llaman ibias, rubas o ruguas y cubios, respectivamente.

Los frutales son escasos en la suni pero se encuentran moras, piñas "sui generis", perfumadísi-

mas, muy dulces y en particular las "uvas de la suni", que son los frutos del arrayán peruano o yalán (*Sambucus peruviana*) cuyos racimos maduran roji-negros y están cargados de vitamina C. Con ellos se elaboran mermeladas de grato sabor y con la posibilidad de ser exportadas a otras regiones naturales y al extranjero. Debiera ser introducido a Colombia cuanto antes.

La suni es de clima frío, con intensas heladas algunas noches, por lo cual es fácil proceder a la congelación, fermentado y asoleado de los tubérculos. Este sistema, con algunas variaciones, según las especies, permite hacer moray de papa, al cual también se le denomina tunta, que no es otra palabra que tanta, que significa pan en quechua. Se prepara panu, con la oca o ibia, se elabora shumlla, con la mashua o cubio y finalmente, se obtiene chulec con el olluco o ruba. Todos estos productos resultantes de la acción combinada del congelamiento, la fermentación y el asoleamiento, permiten convertir en estables a frutos percederos a corto plazo. Además, con la papa se elabora tocosh, que es una papa especialmente fermentada en agua semiestancada, por varias semanas hasta obtener la acumulación de microorganismos posiblemente antibióticos, que sirven para suministrar como alimento-medicina a las parturientas en trance de fiebres puerperales y a los enfermos de "susto" o tuberculosis, con resultados curativos, muy eficaces.

En la suni o jalca o páramo bajo o paramillo crecen muchas verduras que, aunque no alcanzan la hermosa apariencia de la quechua, son buenas para el consumo y no tienen plagas destructoras; pero la fuente más saneada de verduras es la quinua, cuyas hojas tiernas, llamadas llijcha, se emplean en diversas formas, en guisos y sopas, muy nutritivas, portadoras de proteínas, vitaminas y calcio.

De acuerdo con el sistema de siembra de la quinua al voleo, nacen muchísimas más plantitas que las que pudieran desarrollarse en el área agrícola y en consecuencia, desde las primeras semanas, ya se puede entresacar las plantas excedentes y así tener hortalizas tiernas.

En resumen, la canasta alimentaria de la suni o jalca o paramillo puede estar formada de carne de cuy, charqui de camélidos y otros mamíferos, pescado seco; cañihua, tarwi, papas harinosas, papas amarillas, "papas-regalo", quinua, ocas, mashuas, ollucos. Se consumen muy variadas hortalizas y condimentos entre los cuales figuran el shill-shill, similar al guacatay; el anís y el pachamuña. Completan la canasta, las frutas del yalán, el burroshillanco, las piñuelas y el cachucachu, que sirve como masticatorio perfumante, similar al chicle.

Canasta Alimentaria de la Puna o Páramo Bravo

Es creencia generalizada que la puna es una región escasa en alimentos por ser muy fría y carecer de una activa agricultura; pero la realidad es dife-

rente. La puna tiene en primer lugar una saneada provisión de proteína animal, procedente de la carne de las llamas, de las alpacas y otros camélidos sudamericanos; así mismo de las ovejas, los cerdos y las vacas que allí se han aclimatado perfectamente. Podrían ser buena fuente adicional de proteína animal si se criaran peces en los espejos de agua, que con el nombre de cochas, se desperdigan por toda la puna.

En ellas se podría criar peces de varias especies, así como ranas, patos y otros animales que se aclimatan en la puna y cuyas carnes son exquisitas como las perdiceras de varias especies y los cuyes silvestres, que con el nombre genérico de cari cubren amplias extensiones de la puna y también de los totorales que crecen en torno a las lagunas.

Finalmente, hay que añadir la carne de venado, animal que debidamente administrado podría ser otra fuente de carne para los habitantes de la puna.

Los hidratos de carbono tiene como fuente principal las papas amargas, de varias especies: luqui, mauna, shiri, entre las más importantes. Si bien es cierto que al natural no se pueden consumir; después de sometidas al congelamiento, la fermentación y el asoleamiento, se convierten en chuño que suministra una harina de papa que no es amarga y cuyos aminoácidos son comparables con los de la leche de vaca. Dicho de otra manera, el Antiguo Perú no tenía animales lecheros, aún cuando ya se empezaba a ordeñar a las alpacas; disponía de chuño, harina que se usa en la elaboración de un pan llamado otongo, el cual ha experimentado una modificación y al presente se elabora en Jauja con harina de trigo, aunque no se hornea y se cocina en olla, siguiendo prácticas ancestrales. El otongo verdadero es un alimento de primera calidad porque en él se reúne la harina del chuño con los elementos nutritivos y fertilizantes de la maca, (*Lepidium meyenii*).

La puna fue agrícola en grandes extensiones que todavía ahora se perciben, a pesar de haber sido abandonadas por centurias y milenios. Hay también, pequeñas elevaciones, sobre el área inundable. Se infiere que fueron destinados a fines agrícolas o forestales con el nombre de sharpos o charpos.

En dichos campos creados por el hombre de la puna se cultivaba papa amarga y también variedades resistentes a las grandes altitudes de papa no amarga, de las cuales se había seleccionado una estirpe que producía además de tallos subterráneos comestibles, hojas comestibles y rucumpes comestibles, esto es bayas dulces o agridulces de grato sabor, muy ricas en vitaminas.

Al lado de los frutos de las papas se obtenían los frutos ahora muy menguados de una cactácea, acondicionada para soportar las bajas temperaturas: la ulluyma o huagoro (*Opuntia lagopus*) que

produce pequeños frutos agridulces a la mayor altitud en el mundo, hasta los 4600 m.s.n.m. Cuando esta bella planta recibe atención agrícola se acrecienta la porción comestible, que por lo regular es reducida, aunque muy rica en pectina y en semillas que comen las aves.

Hay en la Puna una planta singular panperuana aclimatada por la obra del hombre desde la Chala o Costa hasta la Puna: es la totora o tocora o planta de agua que produce permanentemente porciones comestibles, tanto en sus raíces como en las hojas en formación. A dicho alimento se le conoce con diversos nombres aborígenes, su uso está generalizado en Puno, en la región aledaña al Lago Titicaca y también en otras lagunas o lagos de la Puna, como ocurre en la Laguna de Chinchaycocha, en donde se han sembrado amplísimos totorales, para refugio de aves, ranas y cuyes silvestres. Así mismo, se comen los tallos tiernos de la potaca (*Rumex potaga*) y el mucílago que almacena en sus paquetes foliares, las hojas de upa, se comen también como "hortaliza de la Puna" (*Amaranthus* sp.) que crece entre los sembradíos de maca o de papa.

Completa la canasta de la Puna una arcilla llamada chago que se ingiere junto con otros alimentos. En Puno se le llama también quesillo, posiblemente por su coloración y apariencia. Se sabe que suministra algo de cal y de magnesia y no causa perturbaciones estomacales sino gran bienestar porque reduce la presión del diafragma sobre el corazón en altitudes superiores a 4000 m.s.n.m.

En resumen, la canasta alimentaria de la Puna puede estar constituida por charqui y carne fresca de camélidos, de ovejas, de chanco y de vacuno. Así mismo, por pescado de laguna o de riachuelo que recibe el nombre genérico de challgua, por carne de cuy silvestre o doméstico. Papas amargas convertidas en chuño, papas no amargas, maca, totora, upa, berros, cushuro (*Nostoc* sp.), potaca, frutos de huagoro y eventualmente bayas y hojas de una variedad de papa no amarga.

Canasta Alimentaria de la Rupa-Rupa o Selva Alta

Esta región es muy variada en productos alimenticios; hay en ella muchísimos animales de exquisitas carnes, tales como sajinos, huanganas, venados, majaces o borugos, sachavacas, monos de muchas especies, paujiles, pavas, perdiceras, tortugas terrestres llamadas motelos (morrocoy), también caracoles y hormigas de abdómenes muy cargados de proteína y grasa comestible. Es cierto que al presente la excesiva cacería y la parasitaria explotación de dichos recursos ha conducido a una disminución muy acentuada, pero es posible alcanzar la recuperación de las especies, con los métodos conservacionistas que se están poniendo en marcha. Más, para su recuperación total, es indispensable instalar zocriaderos y que cada animal sea produ-

cido directa o indirectamente por quien lo vaya a consumir.

En la rupa-rupa o selva alta se da el caso climático más beneficioso del país; las lluvias están distribuidas de tal modo que hay una época con mucha lluvia y otra con menos lluvias, pero en esta época, que podemos llamar seca, no transcurren más de once días sin que caiga un buen aguacero, que al empapar el suelo transmite vida a las hierbas forrajeras y por ello hay siempre pastos verdes. Dada esta circunstancia es procedente la cría perenne de ganado vacuno, que se viene experimentando desde hace muchos años y al presente ya se ha fijado un tipo que recibe el nombre de ganado criollo para la selva alta. Descendiente de los antiguos toros traídos por los españoles, que en cuatro siglos han adquirido resistencias y buenas características para producir carne. A dicho tipo se le han añadido cruces con vacas lecheras del pardosuizo o del holstein y se han obtenido vacas que rinden más de diez litros de leche por día, en un solo ordeño.

Se crían ovejas y cabras, las primeras pierden la lana y en algo se asemejan a las cabras y rinden muy buena carne, sin almizcle. La cabra no ha sido atendida debidamente pero hay en ella una significativa posibilidad: criarla estabulada, de estirpes lecheras y lograr así que llegue a ser la "vacca del pobre", con capacidad para dar leche diariamente y cuatro cabritos por año, en dos partos.

Los cerdos se desarrollan admirablemente en la rupa-rupa o selva alta y producen carne y manteca en abundante cantidad, por cada animal. Hay que pensar en alimentarlos con los frutos que caen al madurar, tal como ocurre con la guayaba, el árbol del pan, quinilla, el oje, el ubos y muchas otras especies y géneros de árboles y estípites que regalan grandes cosechas de frutos comestibles para el hombre y los animales. Hemos visto en Colombia, en lo que es ahora el Departamento de Córdova, campos de paltos, cuyas frutas maduras, caían y eran comidas por los cerdos, con el consiguiente beneficio de carnes y grasas.

Los hidratos de carbono tienen en la selva alta su principal fuente en la pituca, llamada también huitina o uncucha o bore, cuyos rizomas y raíces rizomatosas están cargadas de harina de agradable sabor; las pitucas después de cocidas y secadas al sol se muelen y se obtiene una harina lista para ser consumida que puede guardarse por largo tiempo. De algunas variedades de esta planta también se comen las hojas, lo cual es muy valioso si recordamos que la abundancia de insectos y otros animales destruyen con facilidad las hortalizas comunes. Se añade la mandioca (que no es la yuca) y el árbol del pan cuyos frutos están cargados de semillas que después de cocidas son similares a las castañas del Viejo Mundo, en su apariencia y hasta en su sabor. Crece también la yuca cuyas raíces cocidas se pueden comparar con el pan ya elaborado y cuando se convierte en fariña potencializa su poder nutritivo lle-

gando a ser un alimento perdurable con más de 10% de proteína. El inguire y el banano son musáceas que se comen sancochadas o crudas. Produce en ciclos sucesivos de ocho meses, grandes racimos con más de medio centenar de frutos cada uno, aún cuando con frecuencia pasan de 100 frutos.

Como queda dicho las hortalizas están en número reducido, no porque no crezcan sino porque es muy difícil su cultivo, dada la abundancia de parásitos y hongos. En este ambiente difícil para hortalizas adquiere gran mérito la "col de España" (*Carica monoica*) "papaya del Perú" que por ser tan buena mereció de los castellanos el nombre con que ahora se le conoce. Produce frutos que se comen cocidos y sus hojas agregadas a los guisos y sopas operan como verduras muy agradables.

Los condimentos son muchos, destacándose el ají, de varios sabores y colores y también el ají dulce, esto es, no picante. Crecen la cúrcuma, el palillo del palito, el achiote, la vainilla, etc.

En resumen, la canasta alimentaria de la rupa-rupa o selva alta podría estar constituida por carne de monte (llamada así a la que procede de toda suerte de animales del bosque), por carne de vacuno, de oveja, de cabra, de chanco, de aves domésticas que se desarrollan muy bien a expensas del clima cálido. Además, podría tener leche, queso y cuajada, manteca de cerdo, carne de cuy, pescado de río, pituca, yuca, fariña, mandioca, casabe, frejol todo el año o frejol chuncho, frejol de palo, arroz, mijo, maíz, cacao, maní, etc.

En cuanto a las verduras y hortalizas tenemos: hojas de papaya monóica, de pituca michucsi, de verdolaga silvestre (herbácea alta), quimbombo u okra, cayota, caygua, atago, etc.

Los condimentos podrían ser achiote, cúrcuma, palillo de palito, ajíes diversos, vainilla, etc., las infusiones de té, matico, pucherí, sharamasho, etc.

Canasta Alimentaria de la Omagua o Selva Baja

Casi todos los alimentos que hemos indicado para la selva alta son comunes a la selva baja u omagua; pero además, hay en la Omagua la posibilidad de aprovechar las playas barreales que forman los ríos todos los años, después de las crecientes. Dichas tierras son amplias áreas (se calculan unas 200.000 hectáreas de Playas de Omagua a lo largo del río Ucayali) abonadas, ricas en nutrientes, en materia orgánica y en humedad; libres de malezas y niveladas de suave textura, resultante de una mezcla equilibrada de limo, cieno, arena fina y humus. Para cultivarlas basta con arrojar la semilla de arroz, frejol, maíz, zapallo, calabaza, melón, sandía, etc. y luego de hundirlas por diversos medios, incluso por el corretear de los niños juguetones. Las semillas germinan, crecen libres de hierbas que les hagan

competencia y a su tiempo fructifican y maduran. Lo único que se debe cuidar es que las estirpes o clones sean precoces, con el fin de poder retirar la cosecha antes de que vuelvan las aguas de la próxima creciente. El ideal son plantas que maduren en ochenta días, cuando más en 100. Por eso "el charapa" u hombre de la Omagua, ha procurado seleccionar frejoles que maduren en 40 días y los llama cuarentanos; los hay cincuentanos y sesentanos. Todos estos tres cultivares aseguran el éxito, pues muy rara vez se presentan crecientes inesperadas antes de sesenta días. Para emprender una siembra en gran escala en los barreales de la selva baja, hay que trabajar también los "altos" agrícolas pues en caso contrario habría riesgo de hambruna a causa de una creciente repentina de los ríos, que acabaría con los alimentos sembrados en las playas, sin tener la posibilidad de obtener una cosecha simultánea en las tierras no inundables.

A orillas de los ríos crece en grandes festones, casi continuos, el gramalote; y en los bajailes o tierras bajas que se inundan todos los años, entre los cuales están la mayor parte de las islas fluviales, crecen diversas hierbas y arbustos y hasta árboles como el cetico (*Cecropia* sp.), cuyos brotes y hojas son comidos por el búfalo de agua. Este versátil animal, ya ha sido incorporado a la Omagua y ha demostrado que puede supervivir perfectamente con los forrajes naturales de las orillas y de las islas. No lo afectan las pirañas, ni el temblón, ni la yacumama, tampoco las sanguijuelas; cruza los ríos, busca las restingas para dormir y con sólo una ligera vigilancia del hombre y con el trabajo de ordeñar a las vacas, se pueden obtener más de 10 litros de leche por búfala, por día, con el 12% de crema. Leche riquísima en mantequilla y en nutrientes comparables con los de la leche de vaca. La carne de búfalo de agua, cuando tierno, es muy agradable y la de los animales viejos pueden convertirse en jugos o concentrados de carne. Su piel es muy buena para hacer cueros y suelas.

Se ha introducido la gallina de Guinea con buenos resultados, así como conejos y cuyes. Los peces son muy abundantes en el Río Amazonas y sus afluentes, a tal extremo que cuando ellos suben contra la corriente en busca de lugares propicios para desovar y fecundar, llenan de cardúmenes las aguas de algunos ríos afluentes y apreciables sectores del propio río. Amazonas; éste es el famoso fenómeno llamado mijano en el Perú y subienda en Colombia. No ha sido todavía bien estudiado en la Amazonía y da lugar a una pesca parasitaria porque los métodos de atrapamiento no siempre son conservacionistas sino, francamente agotadores. Pescan día y noche contribuyendo a que decline el número de ejemplares de peces y crustáceos. Una buena organización protectora de las especies contribuiría a recuperar el mijano en su plenitud y así se mantendría el potencial alimenticio de las aguas fluviales. Las principales especies de peces son: el paiche, de carne número uno en el mundo; la gamitana, el boquichico, el tucunaré, la doncella, la dorada, la

palometa, la carachama, la piraña, el bujurqui, etc. (hay más de 500 especies fluviales, entre peces, moluscos y crustáceos).

Entre las fuentes de hidratos de carbono ya indicados debemos destacar la yuca que se desarrolla fácilmente, con gran pujanza y llega a producir raíces de varios kilos cada una. La yuca debidamente fermentada y procesada se convierte en fariña o casabe, esto es una harina que se presenta en gránulos tostados, muy resistentes a la hidratación y al ataque de hongos y levaduras, razón por la cual la fariña es el alimento preferido del hombre que viaja por la selva, sin comodidades, sin adecuado acondicionamiento de lo que lleva para comer. En cualquier lugar en el que acampe, mezcla porciones de fariña con agua y ya tiene preparado su alimento precocido que recibe el nombre de shivé.

Así como la yuca son también muy valiosos el plátano, el ñame o sachapapa, el maní, el frejol de las playas, el chiclayo, el arroz y la pituca que por razones aún ignoradas está declinando y no se ofrece en los mercados de la Omagua o Selva Baja. A todos estos alimentos se añaden bebidas nutritivas como el chapo que se hace de plátano maduro cocido y el masato que se hace de la yuca cocida. El guarapo, la miel y la chancaca de caña de azúcar se han convertido en el alimento complementario de las selvas. Este hábito ha declinado en las cinco últimas décadas, por causas legales dictadas para beneficio de las haciendas de la chala o costa que no consultaron con la realidad nacional; pero debe recuperarse el cultivo de la caña de azúcar para volver a consumir huarapo, miel, chancaca y azúcar, alimentos preferidos de otros países, como Colombia en donde el agua de chancaca se llama "agua de panela" y en Venezuela donde esta misma bebida recibió el nombre de "agua Paez", en recuerdo del gran guerrero de la Independencia Americana, que con ella alimentó a sus huestes victoriosas.

Los frutales son abundantísimos; hay aguajales en siete millones de hectáreas; los pijuayos cultivados no son muy abundantes pero sí muy ricos en grasa. Los coquitos de la chambira son agradables y nutritivos; el ungarahui está cargado de aceite, así también el umarí. El caimito, el taparibá, la charichuela, son otros tantos frutales muy agradables al paladar. Recientemente se están desarrollando los cítricos, en especial la mandarina y el limón rugoso, a los que podemos añadir el árbol del pan, el mango, el maracuyá, el tumbo grande o badea, la cocona y la coconilla, la ñejilla y las uvillas. En fin, un mundo muy amplio cargado de gratos sabores y de almíbares ofrecen los arbustos, los árboles y las palmas de la Omagua.

En resumen, creemos que la canasta alimentaria de la Omagua o Selva Baja podría estar formada por carne de monte, carne de ganado amazónico, carne de búfalo de agua, de oveja sin lana, la gallina común y la gallina de Guinea, de pescado de río y de cochas y tipishcas, de tortugas de río y de tierra,

de yuca, pituca, plátano, guineo, sachapapa o ñame, ashipa, topinambur, melones, sandías, cincuenta frutales más muy diferentes y las hortalizas cultivadas con especial cuidado u obtenidas por el intercambio, como carga de compensación para los aviones que transportan la carne a otras regiones naturales del país.

La Omagua está perfectamente abastecida con alimentos muy nutritivos. Sólo cuando los hombres

abandonan el campo en busca de altos salarios se produce el absurdo de que nadie cultiva alimentos y aunque se gane mucho se gasta mucho más aún, resultando una desilusión el haber salido del campo para convertirse en peón asalariado y consumidor improductivo, con nuevos hábitos bromatológicos que lo alejan de su tradicional ambiente agrícola, montaraz y pesquero.

UNA APLICACION DE LOS GRUPOS DE SIMETRIA A LA CONFIRMACION DE PERIODOS Y SUBPERIODOS ESTILISTICOS EN LA CERAMICA DE LA REGION CENTRAL DE PANAMA

por

Víctor S. Albis-González*

y

José A. Valencia-Oviedo**

Resumen

Albis, V. & J. Valencia: Una aplicación de los grupos de simetría a la confirmación de períodos y subperíodos estilísticos en la cerámica de la Región Central de Panamá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 703-714, 1990. ISSN 0370-3908.

Se utilizan los grupos de simetría subyacentes en los diseños de la cerámica de la Región Central de Panamá como herramienta analítica para confirmar o no la validez de las divisiones periódicas de esta decoración, cuya aceptación pocos discuten hoy. Los resultados muestran que el atributo universal de la simetría no sólo confirma estas divisiones estilísticas, sino que también permite verificar la diferenciación de tres subperíodos del V período, propuestos inicialmente sobre la base de otros criterios, poniendo de relieve una vez más la gran sensibilidad del criterio clasificatorio que proveen los grupos de simetría.

Los diseños del matemático, como los del pintor o el poeta, han de ser bellos; las ideas como los colores o las palabras, deben relacionarse de manera armoniosa.

G.H. HARDY

1. Introducción

Para el estudio de la región Central de Panamá (según la división territorial propuesta para el estudio arqueológico del istmo (Cooke 1984; véase el mapa)), se ha convenido dividir su desarrollo hasta

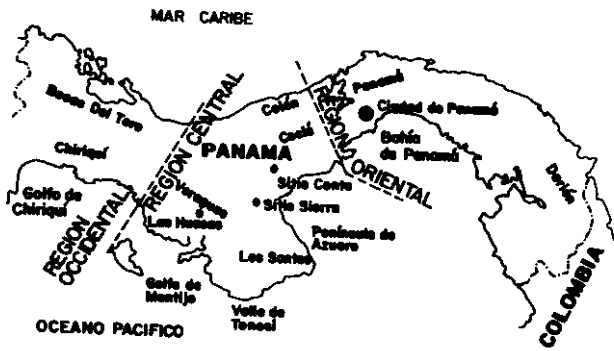
la llegada de los españoles, en varios períodos estilísticos, tal como se muestra en el cuadro 1, que hemos tomado de (Cooke 1985, 36). Por otra parte, hemos observado que el V período, correspondiente al llamado *estilo Conte*, parece admitir una nueva subdivisión en tres subperíodos que hemos denominado *temprano, medio y tardío* (cuadro 2). Su diferenciación se basa en las siguientes razones estilísticas, observadas en platos planos o poco profundos, de base anular:

V período temprano

Ausencia de elementos decorativos adicionales distintos de aquéllos que pueden relacionarse directamente con el motivo dominante del diseño que adorna el plato. El motivo dominante es, en buen número de casos, la vista lateral de una figura zomorfa y los elementos relacionados con él son bandas de motivos trapezoidales. Tal es el caso de las

* Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.E.

** Universidad Nacional del Salvador, San Salvador, El Salvador, América Central.



MAPA 1

figuras 54 (33-42-20/1374) y 292a (33-42-20/1385) de (Lothrop 1942) (las cifras entre paréntesis se refieren a la catalogación del *Peabody Museum*), que reproducimos en nuestra figura 1.

V período medio

Los motivos dominantes del diseño están centrados y extendidos por todo el campo disponible. Estos motivos son figuras antropomorfas vistas de frente o mamíferos terrestres vistos lateralmente. Se continúan utilizando elementos trapezoidales adicionales, pero aparecen, sin relación aparente con el motivo central, otros de tipo filiforme, de extremos ligeramente curvos, además de la peculiar voluta en forma de YC del estilo Conte. Ejemplos de estos platos son las figuras 60b (c/13130) y 91a (33-42-20/1295) de (Lothrop, *ib.*) que reproducimos en la figura 2.

V período tardío

Los motivos dominantes son de origen marítimo (peces). Continúa el uso de la voluta en forma de YC de extremos finos y bien terminados, además de otros elementos decorativos adicionales en forma de garras, dispuestos algunas veces en bandas. Las figuras 99b (33-42-20/1106) y 37a (33-42-20/772) de (Lothrop, *ib.*) que reproducimos en la figura 3, son muestras de esta subdivisión.

Nuestro propósito en este trabajo es validar o invalidar la verosimilitud y conveniencia de las anteriores divisiones en períodos estilísticos, utilizando como criterio clasificatorio los grupos de simetría subyacentes en los diseños de la cerámica de la región Central. Con más precisión, verificar si existe o no alguna relación entre las diferencias estilísticas de estos períodos y la "preferencia" por algunos de los posibles grupos de simetría subyacentes en los diseños. Como veremos, sí existe esta relación incluso para los subperíodos que proponemos para el V período. Pero antes, debemos advertir que la difícil cuestión de decidir si la subdivisión propuesta para el V período es cronológica o jerárquica, no encuentra solución en este trabajo.

La utilización de los grupos de simetría como herramienta analítica en arqueología es de reciente data, con interesantes y poderosas implicaciones en la continuidad y cambios estructurales del diseño en el tiempo y el espacio (Zaslow 1977; 1981; Washburn 1977; 1983; Crowe 1981) pues todos aquellos que los utilicen llegarán por fuerza a la misma clasificación partiendo del mismo cuerpo de datos, alcanzándose así un grado de comparabilidad pocas veces logrado con otros instrumentos (Washburn 1979). Por ejemplo, el análisis de los diseños desde esta perspectiva estructural permitió a Zaslow revelar que las estructuras subyacentes en los diseños que consideró en su trabajo (1981) "son el resultado natural de una sucesión lógica de cambio estructural" evitando así "concluir erróneamente que ellas representan la introducción de un nuevo sistema de diseño" (Washburn *ib.*).

Para beneficio de los lectores que no están familiarizados con los grupos discretos de simetría del plano, haremos de ellos, en la sección 2, una breve descripción, remitiendo para mayores detalles a (Zaslow 1977; Alsina & Trillas 1984; Albis & Páramo 1989).

En la sección 3 haremos el análisis estadístico de los datos resultantes de la aplicación de los grupos de simetría a los diseños de la cerámica de la región Central de Panamá. La muestra que hemos utilizado proviene del repertorio gráfico de (Lothrop 1942) e Ichon (1980), de piezas de los museos antropológicos "Reina Torres de Araúz" y Regional de Penonomé, y de la colección particular de diapositivas de Richard G. Cooke, que contiene piezas exhibidas, entre otros lugares, en los museos Regional de Herrera y de la Fundación Heye.

2. Los grupos de simetría de un diseño

La mayoría de los diseños están compuestos por elementos o motivos que se repiten de manera regular. Este es el punto de partida del análisis de las simetrías de un diseño, que siempre supondremos colocado sobre un plano. Los *movimientos* en el plano que permiten repetir sin deformar los elementos o motivos del diseño son los denominados *movimientos rígidos* o *isometrías*, es decir, aquéllos que conservan las distancias entre puntos del plano. Ejemplos de movimientos rígidos son las *reflexiones* con respecto de un eje, las *rotaciones* alrededor de un punto, las *traslaciones paralelas* en la dirección de una recta, y las *reflexiones deslizantes* o *con deslizamiento* (véase la figura 4). Por otra parte, un teorema fundamental (pero de sencilla demostración) y muy conocido (cfr. (Alsina & Trillas 1984, 140)) que dice que *todo movimiento rígido en el plano es la composición de una traslación seguida de una rotación o una reflexión*, nos permite restringir nuestro análisis a las cuatro isometrías mencionadas anteriormente.

Naturalmente, dado el diseño acabado, existe el problema inverso de determinar cuáles fueron los

movimientos rígidos que se utilizaron en su elaboración. Para esto basta determinar todos los movimientos rígidos del plano que transforman el diseño en sí mismo. Se demuestra que este conjunto conforma para la composición de movimientos, un grupo matemático, denominado el grupo de simetría del diseño. Para cada diseño este grupo de simetría es un invariante estructural, y naturalmente diseños muy distintos en lo figurativo, por ejemplo, pueden tener el mismo grupo de simetría. Esto permite una clasificación definiendo dos diseños como equivalentes si tienen el mismo grupo de simetría. Luego, el criterio obtenido de esta manera adquiere verdaderamente un carácter universal.

La estructura del grupo de simetría de un diseño difiere según que en él existan o no traslaciones. En este último caso, el diseño se dice finito y su grupo de simetría es un conjunto finito que sólo

CUADRO 1

Resumen cronológico del desarrollo de la cerámica de la región Central de Panamá

Fecha	Período	Estilo
a. C. 3000	III A	Monagrillo
800	III B & IV	Aristide
100	IV	Tonosí
d. C. 400	Final del IV	Montevideo
500	V	Conte (Coclé temprano)
700/800	VI	Macaracas (Coclé tardío)
1100	VIIA	Parita
1300	VII B	El Hatillo
1520	Llegada de los españoles	

contiene, como elementos, rotaciones (y de entre éstas una de ángulo mínimo) y reflexiones. También se dice que el grupo de simetría de un diseño finito es un grupo puntual o de Leonardo; en este caso, existe lo que se denomina un centro de simetría del diseño, que puede o no pertenecerle. Los únicos grupos puntuales son los llamados grupos diédricos, D_n , y los llamados grupos cíclicos, C_n , $n = 1, 2, \dots$. Los primeros contienen reflexiones cuyos ejes pasan por el centro de simetría del diseño y rotaciones alrededor de este centro. Ejemplos de diseños finitos cuyo grupo de simetría es D_n son los polígonos regulares de n lados, cuando $n \geq 3$. Para $n \geq 3$, el grupo cíclico C_n es exactamente el grupo de simetría de un n -polígono orientado (véase la figura 5), y sus únicos elementos son rotaciones alrededor del centro de simetría del diseño.

Si en el grupo de simetría de un diseño hay por lo menos una traslación, decimos que el diseño es infinito. Al contener una traslación, el grupo de simetría de un diseño infinito es siempre un conjunto infinito. Si el grupo de simetría de un diseño infinito admite traslaciones en una sola dirección, decimos que el diseño es unidimensional, mientras que si las admite en dos direcciones diferentes hablaremos de diseños bidimensionales. En principio los diseños infinitos no son limitados, es decir, se suponen extendidos a todo el plano.

Los diseños unidimensionales que vamos a considerar aquí son los denominados discretos o

CUADRO 2

Subdivisión del V período, según nuestra propuesta

Período	Subperíodo	Estilo
V	Temprano	Conte temprano
	Medio	Conte medio
	Tardío	Conte tardío

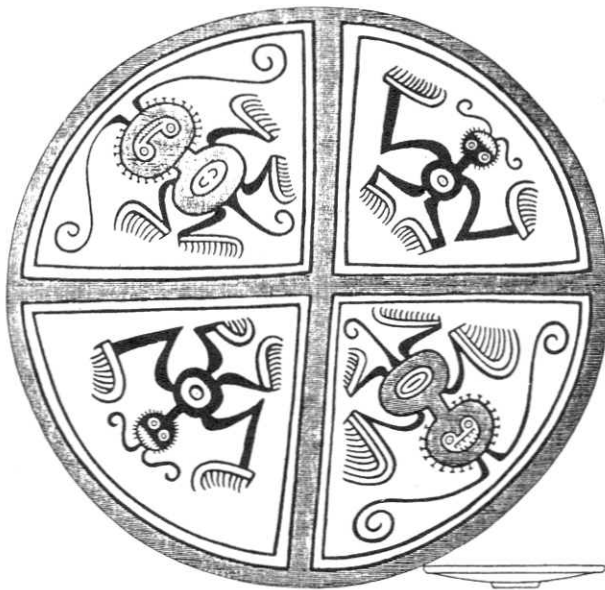


FIGURA 1

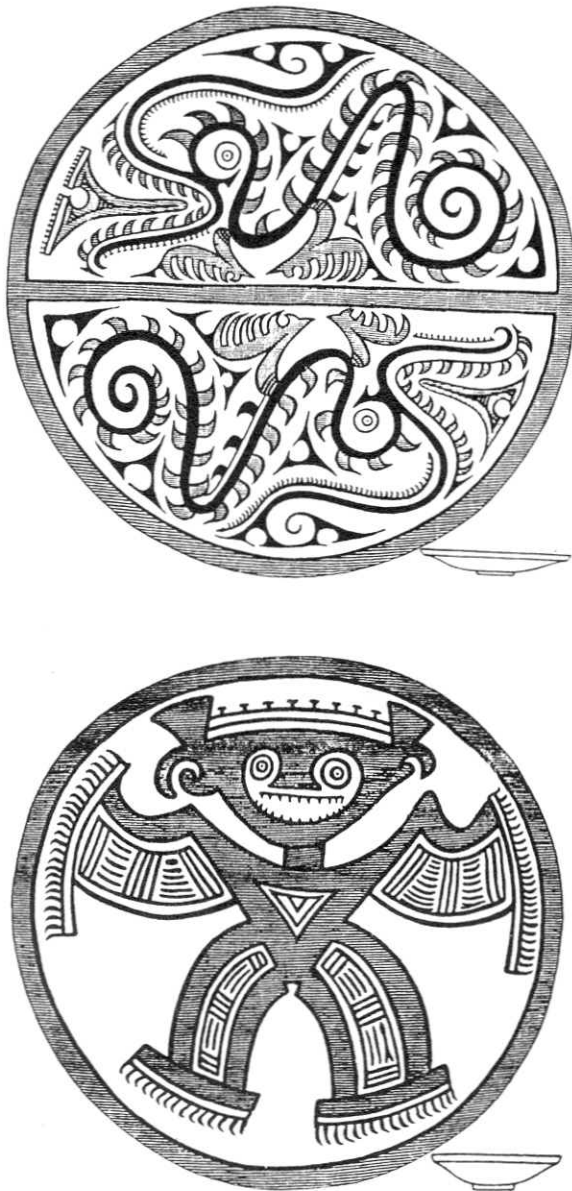


FIGURA 2

frisos, cuyo común denominador es la repetición de un determinado motivo decorativo a lo largo de una banda rectangular de longitud infinita. La repetición de este motivo implica la existencia de una traslación mínima. La *periodicidad* sistemática en la repetición del motivo constituye “la base del ritmo que el friso comunica”. Evidentemente la selección del motivo queda a voluntad del diseñador del friso (a menos que existan normas rituales o de otra índole que limiten la selección). Pero la elección de las simetrías (es decir, de los movimientos rígidos posibles) está limitada por la geometría. A este respecto cabe anotar que en las culturas prehistóricas que hasta ahora hemos examinado, tomadas en conjunto, los diseñadores han encontrado “experimentalmente” todas las limitaciones geométricas, aunque algunas muestren predilección por el uso de algunas en particular.

Un friso es, pues, una figura contenida en una banda o faja delimitada por dos rectas paralelas (que no tienen por qué formar parte del friso). La recta r equidistante y , por tanto, paralela a estas rectas, se llama el *eje de traslación del friso* (figura 6). Los elementos del grupo de simetría de un friso sólo podrán ser traslaciones a lo largo del eje de traslación r (de las cuales una es mínima), reflexiones de ejes ortogonales a r , rotaciones de 180° (medias vueltas) con centros en puntos que estén sobre r y las combinaciones finitas de los anteriores movimientos; en particular, reflexiones deslizantes a lo largo de r .

Se puede demostrar (Alsina & Trillas 1984) que solamente existen 7 tipos de frisos, que ejemplificamos en la figura 7. Sus grupos de simetría se caracterizan así:

1. Grupo de friso F_1 con sólo traslaciones.
2. Grupo de friso F_2 que contiene a F_1 y giros de 180° , pero ninguna reflexión.
3. Grupo de friso F^1_1 obtenido al ampliar F_1 con la reflexión de eje r y sus combinaciones (pero ninguna reflexión vertical).
4. Grupo de friso F^1_2 obtenido al ampliar F_2 con la reflexión de eje r y sus combinaciones.
5. Grupo de friso F^2_1 obtenido al ampliar F_1 con una reflexión de eje perpendicular a r y sus combinaciones, sin contener la reflexión de eje r .
6. Grupo de friso F^2_2 obtenido al ampliar F_2 con una reflexión de eje perpendicular a r (pero no la reflexión de eje r).
7. Grupo de friso F^3_1 obtenido ampliando F_1 con una reflexión deslizante a lo largo de r .

CUADRO 3

Frecuencia de los grupos de Leonardo o puntuales en los distintos períodos y subperíodos de la secuencia cronológica para la Región Central de Panamá (RCP)

Grupos de Leonardo	Períodos						Total por Grupo	
	III	IV-V	V			VI		VII
			Temprano	Medio	Tardío			
C_1	6	3	16	44	25	31	10	135
D_1	10	1	20	19	25	34	18	127
C_2	1	4	19	15	6	16	7	68
D_2	5	0	19	4	1	4	2	35
C_3	0	0	0	0	0	15	1	16
D_3	1	0	0	0	0	0	1	2
C_4	0	0	8	4	0	1	0	13
D_4	4	2	3	3	0	2	0	14
C_5	0	0	0	1	0	0	1	2
Otros	0	1	0	1	0	1	0	3
Total por período	27	11	85	91	57	104	40	415

CUADRO 4

Frecuencia de los grupos de Leonardo sin atender a los distintos períodos o subperíodos para la cerámica de RCP, incluyendo el porcentaje que cada uno representa en el total de campos registrados

Grupos de Leonardo	Frecuencia	Porcentaje
C ₁	135	32,5
D ₁	127	30,6
C ₂	68	16,4
D ₂	35	8,4
C ₃	16	3,9
D ₃	2	0,5
C ₄	13	3,1
D ₄	14	3,4
C ₅	2	0,5
Otros	3	0,7
Totales	415	100,0

Lo anterior permite fabricar el algoritmo (diagrama de flujo) de la figura 8 para la determinación del grupo de un friso.

En el caso más complejo de los diseños bidimensionales, se puede demostrar que la elección de las simetrías está limitada por 17 posibilidades o grupos admisibles, los llamados *grupos cristalográficos planos*. En la figura 9 presentamos un algoritmo para obtener el grupo correspondiente a un diseño bidimensional arbitrario y en la figura 10 algunos ejemplos de estos diseños. Estos grupos los simbolizaremos de acuerdo con las *International Tables of X-Ray Crystallography* de N. F. M. Henry & K. Lonsdale. Los detalles de la obtención de este algoritmo, que tomamos de (Crowe 1981) se pueden encontrar, por ejemplo, en (Albis & Páramo 1989).

3. Aplicación de los grupos de simetría a la muestra

En esta sección mencionamos los procedimientos que hemos usado para reconocer los grupos de simetría subyacentes en los diseños que aparecen en las piezas examinadas.

En primera instancia y cuando fue posible se examinaron las piezas desde el punto de vista de los grupos puntuales. Este examen estuvo influenciado por la forma de la pieza; por ejemplo, en las piezas globulares o subglobulares cuyos campos de diseño están situados en la parte media, no fue posible encontrar diseños con grupos puntuales de simetría; tampoco fue posible hacerlo en aquellas de morfología tripoide-globular, con diseños en cada sección (Lothrop *ib.*, figs. 153a y b), ni en aquellos platos que contienen diseños marcadamente bidimensionales. A los platos con diseños aparentemente bidi-

mensionales que tenían morfología circular plana o poco profunda, se les asignó el grupo C₁. Cuando el campo estaba situado en el hombro de alguna vasija globular o subglobular, inmediata al cuello, no tuvimos inconveniente en identificar los respectivos grupos puntuales; lo mismo fue posible cuando el diseño, sin ser unidimensional o bidimensional, estaba ubicado en la parte media de la pieza.

Cuando pasamos a los grupos de simetría unidimensionales, ocurrió que algunos diseños clasificados globalmente como correspondientes a grupos puntuales, contenían subdiseños con grupos unidimensionales o bidimensionales, y como tales fueron clasificados. Por ejemplo, el grupo F₁ aparece en las figuras 96 (33-42-20/1389) y 95 (c/11587) de (Lothrop *ib.*) que globalmente se clasificaron en el grupo puntual C₁. Por otra parte, se tuvo mucho cuidado en no hacer intervenir para efectos de la clasificación a los elementos decorativos de relleno; la razón de esta restricción es que la frecuencia de su aparición es tanta que de ser contabilizados crearíamos un desequilibrio en favor de los grupos de simetría que les corresponden. Lo anterior no quiere decir que estos elementos, participantes del diseño total, no puedan ser indicadores de los cambios que ocurren en su construcción como manifestación del sistema cultural. Por consiguiente, cuando se hagan intervenir los motivos del relleno, los datos se recopilarán de manera diferente a la que usamos aquí.

En cuanto a los diseños bidimensionales encontramos, en ciertos platos con pedestal del VII período, que podíamos identificar tres campos decorativos distintos: la parte superior, el pedestal y la parte inferior. Esto hizo que el número de campos identificados excediese al de piezas examinadas.

Una dificultad inicial en el examen de la muestra se encontró en el hecho de que de la mayoría de las piezas sólo disponíamos de registros gráficos,

CUADRO 5

Frecuencia de los grupos de Leonardo o puntuales en los distintos períodos y subperíodos de la secuencia cronológica para RCP, agrupando aquellos de baja frecuencia en la clase Otros, que incluye los grupos de C₃ en adelante. Esta clase Otros es la misma que aparece en los cuadros 6, 9 y 10.

Grupos de Leonardo	Períodos						Totales por grupo	
	IV	IV-V	V			VI		VII
			Temprano	Medio	Tardío			
C ₁	6	3	16	44	25	31	10	135
D ₁	10	1	20	19	25	34	18	127
C ₂	1	4	19	15	6	16	7	68
D ₂	5	0	19	4	1	4	2	35
Otros	0	3	11	9	0	19	3	50
Total por período	27	11	85	91	57	104	40	415

CUADRO 7

Los grupos de Leonardo o puntuales con mayor frecuencia en los distintos períodos y subperíodos de la secuencia cronológica para RCP, agrupados de acuerdo al tipo del grupo, basado en los datos del cuadro 6

Grupos de Leonardo	Períodos							Totales por grupo
	IV	IV-V	V			VI	VII	
			Temprano	Medio	Tardío			
Tipo 1: C ₁ , D ₁	16	4	36	63	50	65	28	262
Tipo 2: C ₂ , D ₂	6	4	38	19	7	20	9	103
Totales por período	22	8	74	82	57	85	37	365

por lo que tuvimos muchas veces que asumir que la parte no registrada en la fotografía o dibujo continuaba en la forma sugerida por la parte visible. Sin embargo, esta dificultad se minimizó, pues pudimos comprobar que, salvo pequeñas variaciones, esto ocurría con las piezas observadas directamente en el museo "Reina Torres de Araúz" de las cuales también poseíamos registro gráfico.

Los resultados obtenidos, condensados en los cuadros 3–20, se sometieron a un análisis estadístico, para poner a prueba la hipótesis de la existencia de diferencias estadísticas significativas en las diferentes clasificaciones de las piezas de cerámica pintada de la región Central de Panamá, cuando se consideran los diferentes períodos estilísticos y los distintos grupos de simetría que poseen los diseños contenidos en las piezas. Los datos colectados se analizaron por separado, según las tres categorías de grupos de simetría —puntuales, unidimensionales y bidimensionales— usando como herramienta estadística básica la prueba χ^2 , que consideramos adecuada para el tipo de datos disponibles, clasificados de acuerdo con dos variables completamente independientes: el *período estilístico* (ubicación temporal de la pieza) y los *grupos de simetría*. En esta forma fue posible ordenar los datos en matrices de c columnas (una por cada período) y r filas, correspondientes a grupos de simetría; es decir, utilizamos tablas de contingencia. El nivel de significación que adoptamos para el análisis de los datos fue de 0,05 (5%) y las tablas que consultamos para comparar los resultados de las pruebas χ^2 y t de Student, son las que aparecen en (Snedecor & Cochran y Rodrigues 1977). También tuvimos en cuenta las observaciones de (Cowgill 1977) para este tipo de análisis en arqueología.

Cuando consideramos sólo grupos puntuales, observamos que en el cuadro 3 existían demasiadas casillas vacías en las filas correspondientes a los grupos distintos de C₁, D₁, C₂ y D₂. Del número total (415) de grupos puntuales identificados en la muestra el 87,9% (365) de los campos decorativos examinados correspondía precisamente a estos grupos de órdenes 1, 2 y 4, independientemente del período o

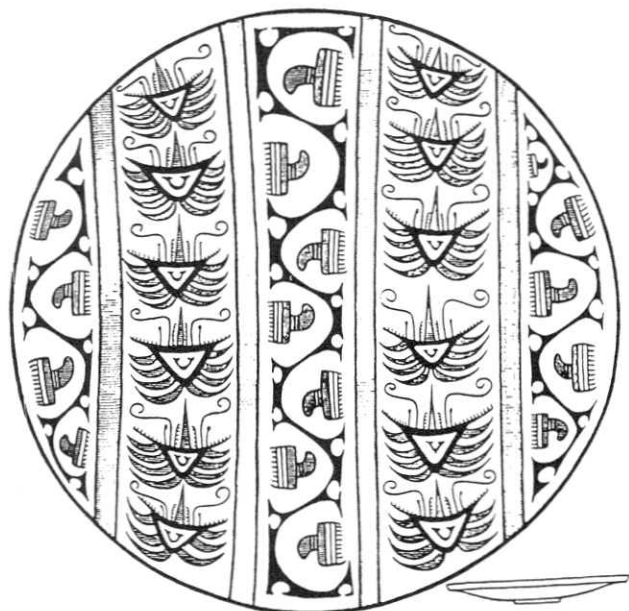


FIGURA 3

CUADRO 6

Frecuencia de los grupos de Leonardo en los distintos períodos y subperíodos de la secuencia cronológica para RCP, agrupados de acuerdo con el tipo del grupo, basado en los datos del cuadro 5

Grupos de Leonardo	Períodos							Totales por grupo
	IV	IV-V	V			VI	VII	
			Temprano	Medio	Tardío			
Tipo 1: C ₁ , D ₁	16	4	36	63	50	65	28	262
Tipo 2: C ₂ , D ₂	6	4	38	19	7	20	9	103
Otros	5	3	11	9	0	19	3	50
Totales por período	27	11	85	91	57	104	40	415

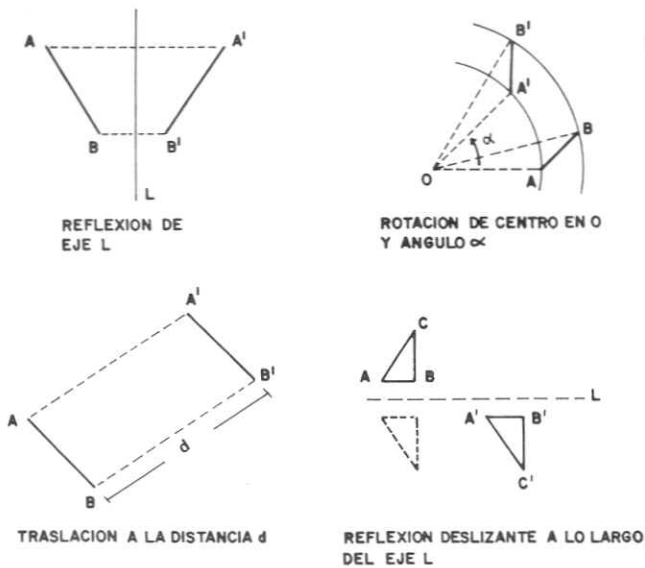


FIGURA 4

subperíodo en consideración, tal como se observa en el cuadro 4. Por esta razón, los diseños correspondientes a los grupos de simetría C_1 , D_1 , C_2 y D_2 se reagruparon en dos tipos: los del tipo 1, C_1 y D_1 , no incluyen a C_2 pero sí a C_1 ; y los del tipo 2 son C_2 y D_2 . Los correspondientes a los grupos puntuales de simetría distintos de los anteriores se reunieron bajo la denominación *otros*. Al aplicarle la prueba χ^2 a los datos del cuadro 5, encontramos $\chi^2 = 82,8836$ (24 g. l.) para un valor de probabilidad de $p < 0,001$, lo que indica, para el nivel de significación escogido, que existe dependencia entre los distintos subgru-

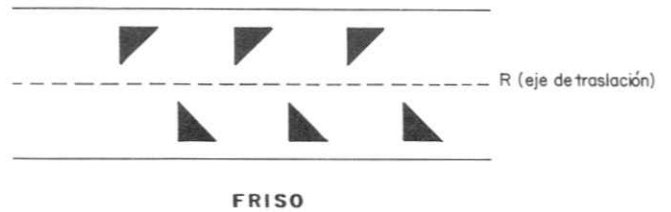


FIGURA 6

pos de simetría puntuales y los diferentes períodos o subperíodos. Tratando de establecer si esta dependencia está realmente relacionada con C_1 ($i = 1,2$), aplicamos χ^2 al cuadro 6, obteniendo $\chi^2 = 47,5663$ (12 g. l.), con un valor de probabilidad $p < 0,001$, que indica que aún en este caso existe esta dependencia dentro del nivel de significación escogido. Pero aún más, estas diferencias no están determinadas por la presencia de *otros* (la clase de baja frecuencia), como verificamos al aplicar χ^2 al cuadro 7; $\chi^2 = 30,8121$ (g. l.), para un valor de probabilidad $p < 0,001$.

Teniendo establecido que las diferencias se mantenían, hicimos al cuadro 8 la prueba t de Student, acatando las observaciones de Snedecor & Cochran (1971, Sec. 9.10) relativas al ordenamiento de una variable discreta con el propósito de tratarla como variable continua. En este caso la variable que se ordenó fue "período estilístico", considerando que la diferencia entre dos consecutivos era constante, recurso necesario para aplicar la prueba. El ordenamiento aparece en el cuadro 8, obteniéndose $t = 3,0212$ (363 g. l.), para un valor de probabilidad de $p < 0,005$ (a dos colas), lo que indica que entre las dos clases mayoritarias de grupos de simetría puntuales (los del tipo 1 y los del tipo 2) existe una diferencia significativa.

Lo mismo se hizo por separado con los tres subperíodos propuestos para el V período. Del cua-

CUADRO 8

Presentación de los datos de frecuencia de los grupos de Leonardo agrupados para la aplicación de la prueba t de Student con un ordenamiento que sigue la secuencia cronológica de RCP.

Ordenamiento asignado	Frecuencia	
	Tipo 1: C_1, D_1	Tipo 2: C_2, D_2
3	16	6
2	4	4
1	36	38
0	63	19
-1	50	7
-2	65	20
-3	28	9

Σf 262

103

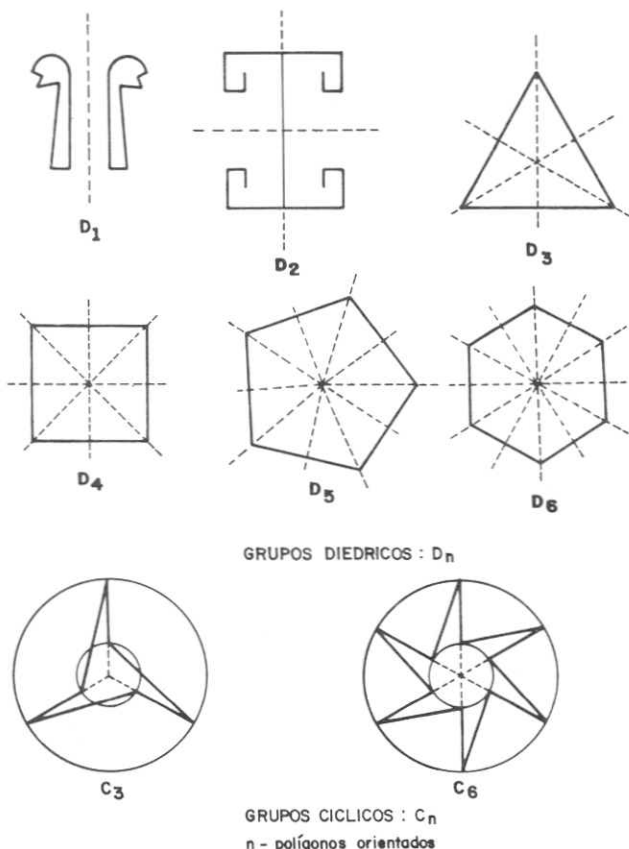


FIGURA 5

CUADRO 9

Frecuencias de los grupos de Leonardo para los distintos subperíodos en que se dividió el V Período de la secuencia cronológica de RCP. Basado en los datos del cuadro 5.

Grupos de Leonardo	Subperíodos del V Período			Totales por grupo
	Temprano	Medio	Tardío	
C ₁	16	44	25	85
D ₁	20	19	25	64
C ₂	19	15	6	40
D ₂	19	4	1	24
Otros	11	9	0	20
Totales por subperíodo	85	91	57	233

dro 9, obtuvimos $\chi^2 = 48,0069$ (8 g. l.) y $p < 0,001$, lo que muestra que la clasificación según los grupos de Leonardo depende de los subperíodos. Del cuadro 10, obtuvimos $\chi^2 = 34,0064$ (4 g. l.), lo que enseña que la relación entre los grupos de Leonardo y el tiempo subsiste todavía si sólo consideramos C_i (i = 1, 2). Más aún, sigue persistiendo si suprimimos la clase *otros*, como resulta de aplicar χ^2 al cuadro 11: $\chi^2 = 26,3838$ (2 g. l.), $p < 0,001$.

En el cuadro 12 aparecen los datos de frecuencia de los grupos unidimensionales. Con ellos se realizaron las mismas pruebas estadísticas del caso anterior. Más precisamente, al conjunto total de campos (549) se les aplicó la prueba χ^2 , obteniéndose $\chi^2 = 127,1547$ (36 g. l.) y $p < 0,001$, lo cual indica dependencia entre la clasificación según los grupos unidimensionales y los períodos. Luego, se trató de establecer si esta diferencia estaba asocia-

CUADRO 10

Frecuencia de los Grupos de Leonardo, agrupados de acuerdo con el tipo del grupo, para los distintos subperíodos del V Período de RCP. Basado en los datos del cuadro 6.

Grupos de Leonardo	Subperíodos del V Período			Totales por tipo
	Temprano	Medio	Tardío	
Tipo 1: C ₁ , D ₁	36	63	50	149
Tipo 2: C ₂ , D ₂	38	19	7	64
Otros	11	9	0	20
Totales por subperíodo	85	91	57	233

da con la existencia o no de giros de 180° en los grupos de simetría que aparecen en los diseños bajo estudio. Estos grupos se reagruparon en las clases (F₂, F¹₂, F²₂) y (F₁, F¹₁, F³₁), tal como se muestra en el cuadro 13, a cuyos elementos les aplicamos la prueba χ^2 , obteniendo $\chi^2 = 31,4533$ y $p < 0,001$, evidenciándose así que, a pesar de esta reagrupación, se mantiene la dependencia de la aparición de los grupos unidimensionales con el transcurrir del tiempo. A estos mismos datos se les aplicó en seguida la prueba t de Student para determinar si existía diferencia entre la aparición de grupos unidimensionales que admiten giros de 180° y aquellos que no, utilizando para ello una clasificación ordenada como la ya hecha para los grupos puntuales (cuadro 14). Se obtuvo así $t = 1,438$ (547 g. l.), lo cual indica que no existe diferencia significativa entre las dos clases de reagrupación, pues el valor de probabilidad p está entre 0,1 y 0,2.

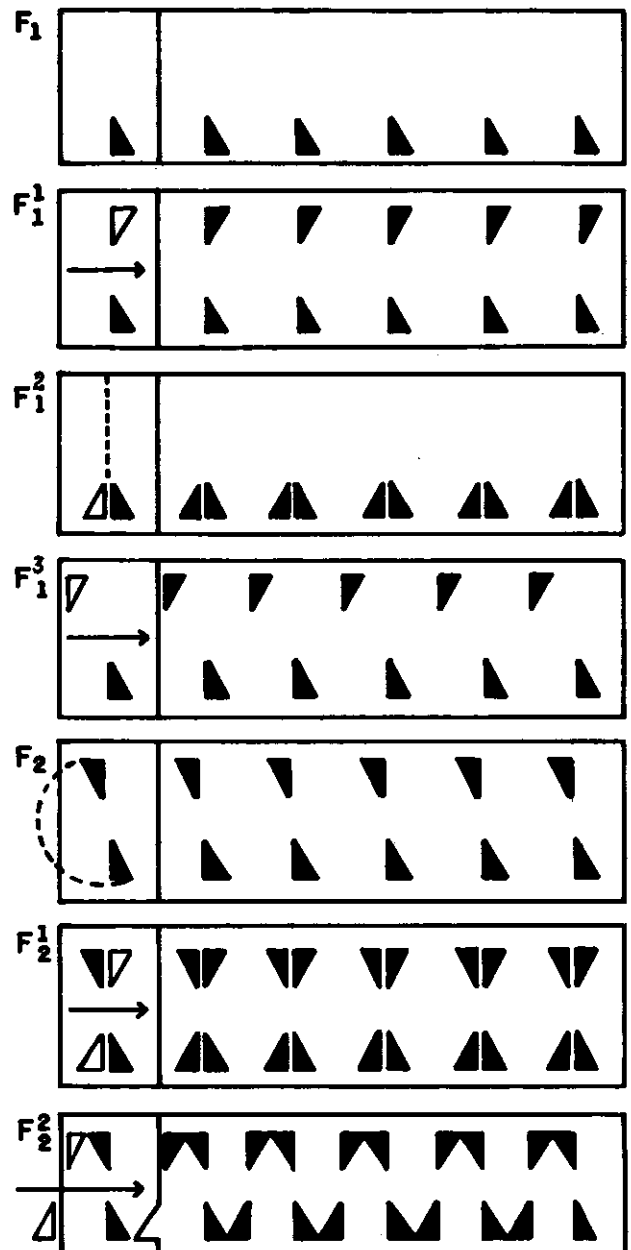


FIGURA 7

CUADRO 11

Los Grupos de Leonardo de mayor frecuencia, agrupados por el tipo del grupo, para los distintos subperíodos del V Período de RCP. Basado en los datos del cuadro 7.

Grupos de Leonardo	Subperíodos del V Período			Totales por tipo
	Temprano	Medio	Tardío	
Tipo 1: C ₁ , D ₁	36	63	50	149
Tipo 2: C ₂ , D ₂	38	19	7	64
Totales por subperíodo	74	82	57	213

CUADRO 12

Frecuencia de los grupos de simetría unidimensionales en los distintos períodos y subperíodos en que se ha dividido RCP.

Grupos unidimensionales	Períodos							Totales por grupo
	IV	IV-V	V			VI	VII	
			Temprano	Medio	Tardío			
F ₁	4	0	19	32	10	40	7	112
F ₁ ¹ ₂	3	2	8	12	6	7	3	41
F ₂ ¹ ₁	17	3	12	32	22	18	10	114
F ₂ ¹ ₂	0	0	6	23	12	25	3	69
F ₂	2	2	5	14	5	23	5	56
F ₂ ¹ ₂	16	1	8	41	8	8	25	107
F ₂ ² ₂	4	3	1	5	5	20	12	50
Totales por período	46	11	59	159	68	141	65	549

También consideramos la alternativa de evaluar solo los datos correspondientes a las subdivisiones del V período (véase el cuadro 15), obteniéndose en primera instancia $\chi^2 = 20,47$ (12 g. l.) para un valor de probabilidad $p = 0,0585$. Este valor nos indica que no existe relación entre la aparición de los grupos unidimensionales y la subdivisión propuesta, pues $p > 0,05$.

Los 58 campos decorativos en los cuales se encontraron grupos de simetría bidimensionales aparecen dispuestos en el cuadro 16, en el que se observan demasiadas casillas vacías. Por esta razón reagrupamos estos datos en clases más amplias, de acuerdo con el menor orden de giro admitido por el grupo de simetría. Las mayores frecuencias se encontraron en los grupos que no admiten rotaciones y en aquellos de rotación mínima de 180° . Los otros grupos se agruparon en la clase *otros*. Antes de continuar debemos anotar que aquí aparecen campos decorativos pertenecientes al III período, lo que no había ocurrido en las dos situaciones examinadas anteriormente. Los datos de esta reagrupación aparecen en el cuadro 17, obteniéndose de él $\chi^2 = 34,8497$ (14 g. l.), $p < 0,005$, de modo que sí existe relación entre la agrupación obtenida para estos grupos de simetría y el tiempo. Como vemos en el cuadro 17, la frecuencia de los datos en los subperíodos del V período es baja y existen en él varias posiciones vacías. Se tomó entonces la decisión de reunirlos como V período solamente (cuadro 18), y para esta nueva disposición obtuvimos $\chi^2 = 30,6932$ (10 g. l.), con $p < 0,001$, lo que indica que aún así persiste la dependencia.

Para tratar de establecer si las diferencias encontradas estaban o no influidas por la presencia

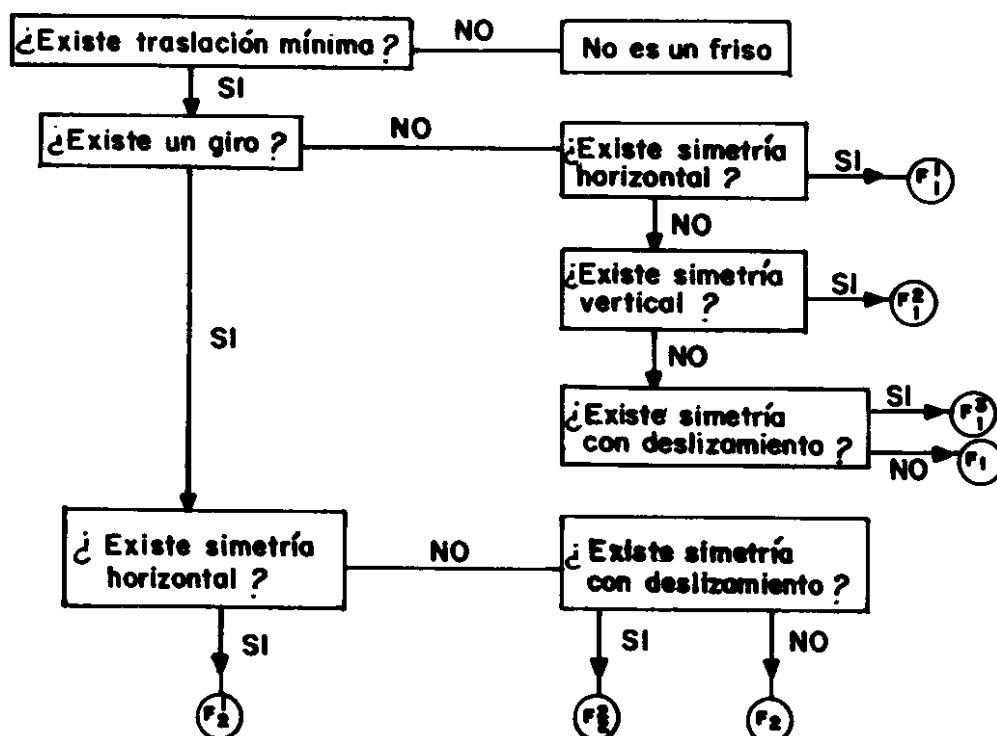


FIGURA 8

de la clase de baja frecuencia *otros* elaboramos el cuadro 19, obteniendo $\chi^2 = 13,1901$ (5 g. l.) y $p < 0,05$. Es decir, nuevamente se mantienen aquéllas. Adicionalmente, realizamos para estos mismos datos la prueba t de Student, usando las disposiciones del cuadro 20, encontrando $t = 11,342$ (56 g. l.), lo que nos muestra que no hay diferencia ($p < 0,05$) entre las dos clasificaciones.

Todo lo anterior enseña que el *atributo universal* de la simetría, no sólo nos ha servido para evidenciar los cambios en el uso de los distintos grupos de simetría a lo largo de los períodos estilísticos de la región Central de Panamá, sino que también este análisis posee mayor sensibilidad que otros, pues nos permitió además verificar la diferenciación que propusimos, sobre la base de otros criterios, para tres subperíodos del V período. Es muy posible entonces que muestras mayores de los otros

CUADRO 13

Frecuencia de los distintos grupos unidimensionales, agrupados de acuerdo con la presencia de una media vuelta como simetría permitida en el grupo para la secuencia cronológica de RCP. Basado en el cuadro 12.

Grupos unidimensionales	Períodos						Totales por clase	
	IV	IV-V	V			VI		VII
			Temprano	Medio	Tardío			
F ₁ y afines	24	5	45	99	50	90	23	236
F ₂ y afines	22	6	14	60	18	51	42	213
Totales por período	46	11	59	159	68	141	65	549

CUADRO 14

Frecuencia de los grupos unidimensionales para el cálculo de la t de Student, con un ordenamiento que sigue la secuencia cronológica de RCP. Basado en los datos del cuadro 13.

Ordenamiento asignado	Frecuencias	
	F ₁ y afines	F ₂ y afines
3	24	22
2	5	6
1	45	14
0	99	60
-1	50	18
-2	90	51
-3	23	42
Σf	336	213

CUADRO 15

Frecuencia de los grupos unidimensionales para los distintos subperíodos del V Período de la secuencia cronológica de RCP. Basado en los datos del cuadro 12.

Grupos unidimensionales	Subperíodos del V Período			Totales por grupo
	Temprano	Medio	Tardío	
F ₁	19	32	10	61
F ₁ ¹	8	12	6	26
F ₂ ¹	12	32	22	66
F ₃ ¹	6	23	12	41
F ₂	5	14	5	24
F ₂ ¹	8	41	8	57
F ₂ ²	1	5	5	11
Totales por subperíodo	59	159	68	286

CUADRO 16

Frecuencia de los grupos bidimensionales en los períodos y subperíodos de RCP.

Grupos bidimensionales	Períodos						Totales por grupo		
	III	IV	IV-V	V					
				Temprano	Medio	Tardío	VI	VII	
p ¹	1	1	0	0	2	1	0	1	6
p ¹ m ¹	0	4	0	2	0	2	0	1	9
p ¹ g ¹	0	0	0	0	0	0	1	0	1
c ¹ m ¹	2	1	4	0	0	0	0	0	5
p ²	0	2	0	0	0	0	0	0	2
p ² mm	2	3	7	0	0	1	5	1	19
p ² mg	0	1	0	0	0	3	12	0	16
p ⁴ mm	1	3	0	0	0	0	1	4	9
Totales	4	15	11	2	2	7	19	7	67

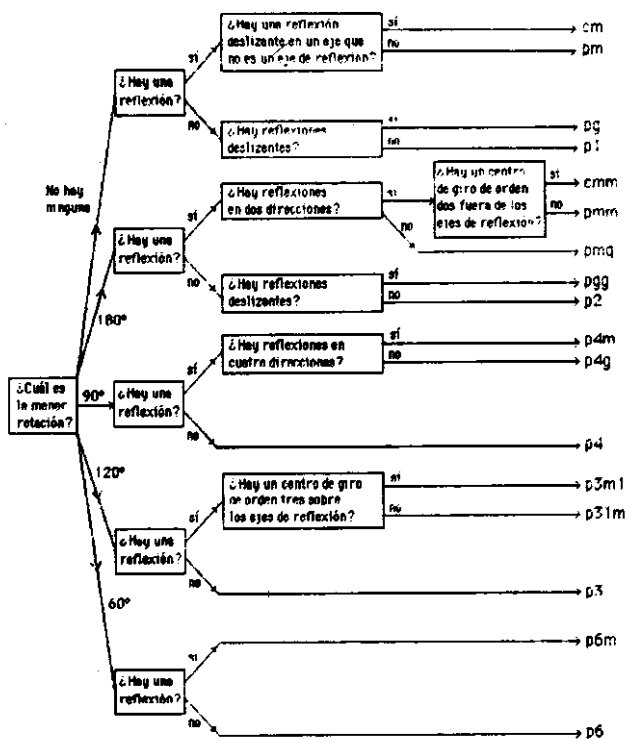


FIGURA 9

CUADRO 19

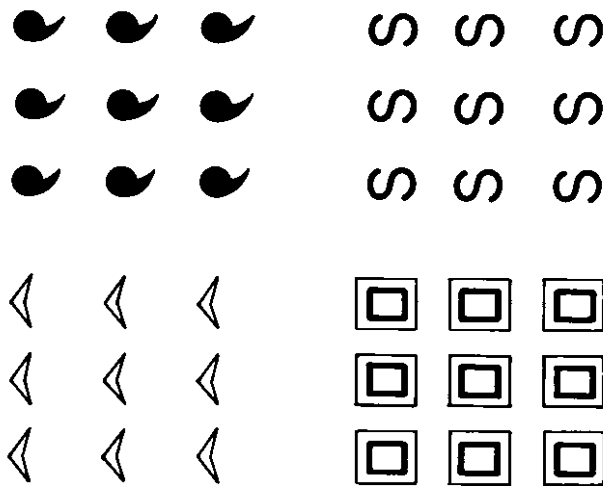
Frecuencia de las dos clases de grupos bidimensionales de mayor frecuencia en la muestra de cerámica de RCP.

Grupos bidimensionales	Períodos						Totales por grupo
	III	IV	IV-V	V	VI	VII	
p ¹ y derivados	1	6	4	7	1	2	21
p ² y derivados	2	6	7	4	17	1	34
Totales por período	3	12	11	11	18	3	58

CUADRO 20

Frecuencia de las clases de grupos bidimensionales de mayor participación en la cerámica de RCP, dispuestas para el cálculo de la t de Student, con un ordenamiento que sigue la secuencia cronológica. Basado en los datos del cuadro 19.

Ordenamiento asignado	Frecuencias	
	p ¹ y derivados	p ² y derivados
3	1	2
2	6	6
1	4	7
0	7	4
- 1	1	17
- 2	2	1



DISEÑOS BIDIMENSIONALES

FIGURA 10

CUADRO 17

Frecuencia de los grupos bidimensionales agrupados por el orden del giro que poseen como una de sus simetrías permitidas, para los distintos períodos (subperíodos) de RCP. Basado en los datos del cuadro 16.

Grupos bidimensionales	Períodos								Totales por grupo
	III	IV	IV-V	V			VI	VII	
				Temprano	Medio	Tardío			
p ¹ y derivados	1	6	4	2	2	2	1	2	21
p ² y derivados	2	6	7	0	0	4	17	1	37
Otros	1	3	0	0	0	0	1	4	9
Totales por período	4	15	11	2	2	7	19	7	67

CUADRO 18

Frecuencia de los grupos bidimensionales en la cerámica de RCP, sin considerar la subdivisión del V Período

Grupos bidimensionales	Períodos						Totales por grupo
	III	IV	IV-V	V	VI	VII	
p ¹ y derivados	1	6	4	7	1	2	21
p ² y derivados	2	6	7	4	17	1	37
Otros	1	3	0	0	1	4	9
Totales por período	4	15	11	11	19	7	67

períodos permitan, con este tipo de análisis, detectar en ellos posibles subdivisiones.

Señalemos que las anteriores no son las únicas maneras de organizar los datos para detectar o corroborar otras correlaciones entre los grupos de simetría y otras características de las piezas. Por ejemplo, es posible con la ayuda de estos grupos determinar los grados de comunicación entre diferentes comunidades o rastrear las rutas de intercambio cultural (Zaslow 1981). Sin embargo, esto requiere mayor precisión sobre la proveniencia y datación de las piezas que se estudien.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a R.G. Cooke su valiosa orientación y atinado concurso en los aspectos arqueológicos y bibliográficos, y a Augusto Pérez Ordóñez en los de interpreta-

ción estadística. Así mismo, el segundo de los autores quiere expresar su agradecimiento a la Agencia Alemana para el Desarrollo por su apoyo mientras realizaba la correspondiente investigación básica en el Programa de Maestría Centroamericana en Matemáticas, de la Universidad de Panamá.

Bibliografía

1. **Víctor S. Albis & Guillermo Páramo**, 1989. *Matemáticas y antropología* (Edición previa). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
2. **Claudi Alsina & Enric Trillas**, 1984. *Lecciones de álgebra y geometría*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
3. **Richard Cooke**, 1984. *Archaeological research in Central and Eastern Panamá: A review of some problems*. In: *Archaeology of Lower Central America*, F. Lange & D. Z. Stone (Eds.). Albuquerque: University of New México Press, 263-302.
4. _____ . 1985. *Ancient painted pottery from Central Panama*. *Archaeology* (Jul.-Aug.), 33-39.
5. **George Cowgill**, 1977. *The trouble with significance tests, and what can we do about it*. *American Antiquity* 42 (3), 350-368.
6. **Donald D. Crowe**, 1981. *The Geometry of African Art. III. The smoking pipes of Begho*. In: *The Geometric Vein. The Coxeter Festschrift*. C. Davis D. Brundbaum & F.A. Sherk. (Eds.). New York: Springer-Verlag, 177-189.
7. **Alain Ichon**, 1980. *Archéologie du sud de la Peninsule d'Azuerro*. Études Mésoaméricaines, Série II. México: Mission Archéologique et Ethnologique Française au México.
8. **Samuel K. Lothrop**, 1942. *Coclé, An Archaeological Study of Central Panama. Part II. The Pottery of Sitio Conte and Other Archaeological Sites*. Memoirs of the Peabody Museum, Vol. VII. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
9. **Aroldo Rodríguez**, 1977. *Investigación experimental en psicología y educación*. México: Trillas.
10. **George W. Snedecor & William G. Cochran**, 1971. *Métodos estadísticos*. México: C.E.C.S.A.
11. **Dorothy K. Washburn**, 1977. *A Symmetry Analysis of Upper Gila Area Ceramic Design*. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Cambridge. Mass.: Harvard University Press.
12. _____ . 1979. Review of "Pattern Dissemination in the Prehistoric South West and Mesoamerica", Bert Zaslów & Alfred E. Dittert Jr. *American Antiquity* 44 (1), 190-192.
13. _____ . 1983. *Toward a Theory of Structural Style in Art*. In: *Structure and Cognition in Art*. D. K. Washburn (Ed.). London: Cambridge University Press.
14. **Bert Zaslów**, 1977. *Pattern Mathematics and Archaeology*. Anthropological Research Papers, No. 2. Tempe, Arizona: Arizona State University.
15. **Bert Zaslów & Alfred E. Dittert Jr.**, 1981. *Pattern Dissemination in the Prehistoric South West and Mesoamerica*. Anthropological Research Papers, No. 25. Tempe, Arizona: Arizona State University.

LOS CROMOSOMAS POLITENICOS DE *SIMULIUM FURCILLATUM* (DIPTERA: SIMULIIDAE) CHISACA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA *

por

Jairo Campos Gaona**

y

Paulina Muñoz de Hoyos***

Resumen

Campos Gaona, J. y P. Muñoz de Hoyos: Los cromosomas politénicos de *Simulium furcillatum* (Diptera: Simuliidae) Chisacá, Cundinamarca, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67):715-723, 1990. ISSN 0370-3908.

Se presentan los mapas de los cromosomas politénicos de la especie alto Andina *Simulium furcillatum*. Se resaltan polimorfismos cromosómicos y se hacen comparaciones con los mapas de otras especies para establecer homologías intra e inter-subgenéricas.

Introducción

En la familia Simuliidae se encuentran alrededor de 1500 especies a nivel mundial, 300 de las cuales en el Neotrópico y 45 de éstas en Colombia, 33 del género *Simulium* y 12 del género *Gigantodax* (Muñoz de Hoyos et al., 1982; Crosskey, 1987; Wygodzinsky y Coscarón, 1989). En Colombia son limitados los estudios realizados en simúlidos y dada la posición geográfica privilegiada del país, es posible que el número de especies sea mayor que el anotado.

Simulium (Ectemnaspis) furcillatum Wygodzinsky y Coscarón, 1982, es una especie que apare-

ce en Colombia a alturas entre los 2750 y 3410 m. s.n.m. en la cordillera oriental de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca (Wygodzinsky y Coscarón, 1982). Coscarón (1984), en una revisión del subgénero *Ectemnaspis*, agrupa 37 especies; sin embargo, Crosskey (1987) reúne apenas 14 especies, cinco de ellas existentes en Colombia: *Simulium bicoloratum* Malloch, 1912, *S. bicornutum* Wygodzinsky y Coscarón, 1982, *S. furcillatum*, *S. ignescens*, Roubaud, 1906 y *S. tolimaense*, Coscarón, 1985.

En el subgénero *Ectemnaspis* se han llevado a cabo algunos estudios citológicos en *S. ignescens* (Duque, 1980; Duque et al., 1988) y en *S. furcillatum* (Campos, 1989). Los autores actualmente trabajan con la especie *S. bicornutum*. En la investigación con *S. ignescens* se halló una especie (*Simulium C*) que difiere cromosómicamente de *S. ignescens* por la secuencia de bandeamiento del cromosoma II y por una inversión fija (*IIIL-1*) en el brazo largo del cromosoma III, asignada a *Simulium C* por Duque et al. (1988) y reasignada a *S. ignescens* por Campos (1989).

* Estudio incluido dentro del Proyecto de Investigación "Simúlidos del Río Chisacá" financiado por COLCIENCIAS y la Universidad Nacional de Colombia.

** Departamento de Biología Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.E.

*** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. Apartado Aéreo 7495, Bogotá, D.E.

Los objetivos del presente estudio son: caracterizar los cromosomas politénicos de *S. furcillatum* y establecer relaciones citológicas con especies pertenecientes a los subgéneros *Ectemnaspis*, *Hemicnetha*, *Notolepria* y *Simulium*.

Materiales y métodos

La zona de estudio está ubicada entre los 74° 12' 11" y 74° 11' 02" de L.O. y entre los 4° 23' 16" y 4° 21' 09" de L.N. del páramo de Chisacá, región geográfica del Sumapaz. Han sido seleccionadas tres estaciones para el muestreo entre los 3150 y 3410 m.s.n.m. (figura 1) en el flanco occidental de la cordillera oriental, muy cerca del Ecuador climático, con un régimen de dos períodos lluviosos bien marcados, el primero de abril a mayo y el segundo de octubre a noviembre, con una precipitación promedio anual de 732 mm y temperatura media anual entre 6° y 8°C (Guhl, 1982).

Las larvas de *S. furcillatum*, colectadas en las Quebradas del Oso y Hoya Honda entre los meses de agosto/88 y enero/90, se fijaron en carnoy y se procesaron según la técnica de orceina-lacto-acética para cromosomas politénicos (French et al., 1962). Los mapas cromosómicos se elaboraron utilizando el sistema de nomenclatura propuesto por Rothfels (1987).

Los mapas cromosómicos de *S. furcillatum* se compararon con los de las especies *S. ignescens* y *Simulium C* del subgénero *Ectemnaspis* (Duque et al., 1988), *S. muisorum* del subgénero *Hemicnetha* (Moreno, 1982), *S. exiguum* del subgénero *Notolepria* (Procunier et al., 1985) y con el mapa estándar del subgénero *Simulium* (Rothfels et al., 1978). Al considerar los mapas de *Simulium C* y *S. exiguum* se renumeraron algunas secciones y los brazos corto y largo del cromosoma I de *S. muisorum* se identificaron correctamente.

Resultados

El complemento cromosómico de *S. furcillatum* al igual que el de la mayoría de las especies de la familia Simuliidae, consta de tres pares de cromosomas ($n = 3$). El complemento se divide en 100 secciones, 42 para el cromosoma I, 30 para el cromosoma II y 28 para el cromosoma III.

El cromosoma I (figura 2) se diferencia por poseer la región centromérica (sección 21/22) ligeramente expandida y la región organizadora nucleolar (NOR) en la base del brazo corto (sección 16/17), con expresión homocigótica (+/+) o heterocigótica (-/+) (figura 3). Otros marcadores que caracterizan este cromosoma son: los "dos bloques" en la sección 5, la "banda abombada" entre las secciones 9 y 10, la "grieta" en la sección 11, la "tasa y el platillo" entre las secciones 13 y 14, el "tres" en la sección 18, el "marcador" entre las secciones 28 y 29 y el "tres" subterminal entre las secciones 41 y 42. El par I está estrechamente sinapsado.

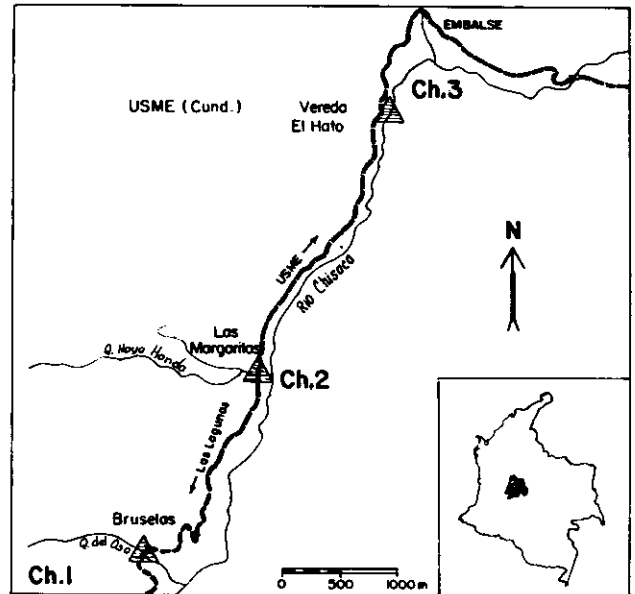


FIGURA 1

Ubicación de los sitios de muestreo. Chisacá I (Ch-1) 3.410 m., Chisacá 2 (Ch-2) 3.240 m. y Chisacá 3 (Ch-3) 3.150 m.

El cromosoma II (figura 4) se reconoce por la presencia del anillo de Balbiani (RB) en el brazo corto (sección 51), el "4" (secciones 43/44), el "2/1" (secciones 44/45), el "cordón de zapato" (SH) central a la doble burbuja (dB) (secciones 46/47), el trapezoidal (TR) (sección 53), el centrómero (sección 54), el "3 sharp" (secciones 54/55), el "abombamiento DNA" (sección 58), las bandas dentadas (jagged) (sección 59), el diente de sierra (ST) (sección 61), la banda gris (gB) (sección 66) y el Parabalbiani (PB) (sección 70).

El cromosoma III (figura 5) se distingue por el telómero festoneado del brazo corto, el grupo pesado o "heavy" (sección 77), la ampolla o "blister" entre las secciones 77/78, la cápsula en la sección 78, el centrómero (sección 81) bastante conspicuo, el marcador basal o "basal marker" (secciones 90/91), el cuello o "neck" (sección 94) y el grupo tres pesado o "three heavy group" (secciones 98 y parte de 100).

Los polimorfismos de *S. furcillatum* a nivel cromosómico son reducidos; estos están representados por algunas heterobandas (figura 6) y por polimorfismos de inversión (figura 7) o inversiones flozantes (tabla 1).

Las heterobandas se caracterizan por ser bandas conspicuas e intensas en uno de los homólogos del cromosoma politénico. La carencia de homogeneidad espacial y temporal de la muestra no permitió una estimación de la frecuencia de polimorfismos en la población; sin embargo, los ocho polimorfismos observados, cinco heterobandas y tres inversiones, se exhibieron en doce individuos: la heterobanda 3HB IL-26 y la inversión IIL-1 las presentó un mismo individuo, al igual que las hete-

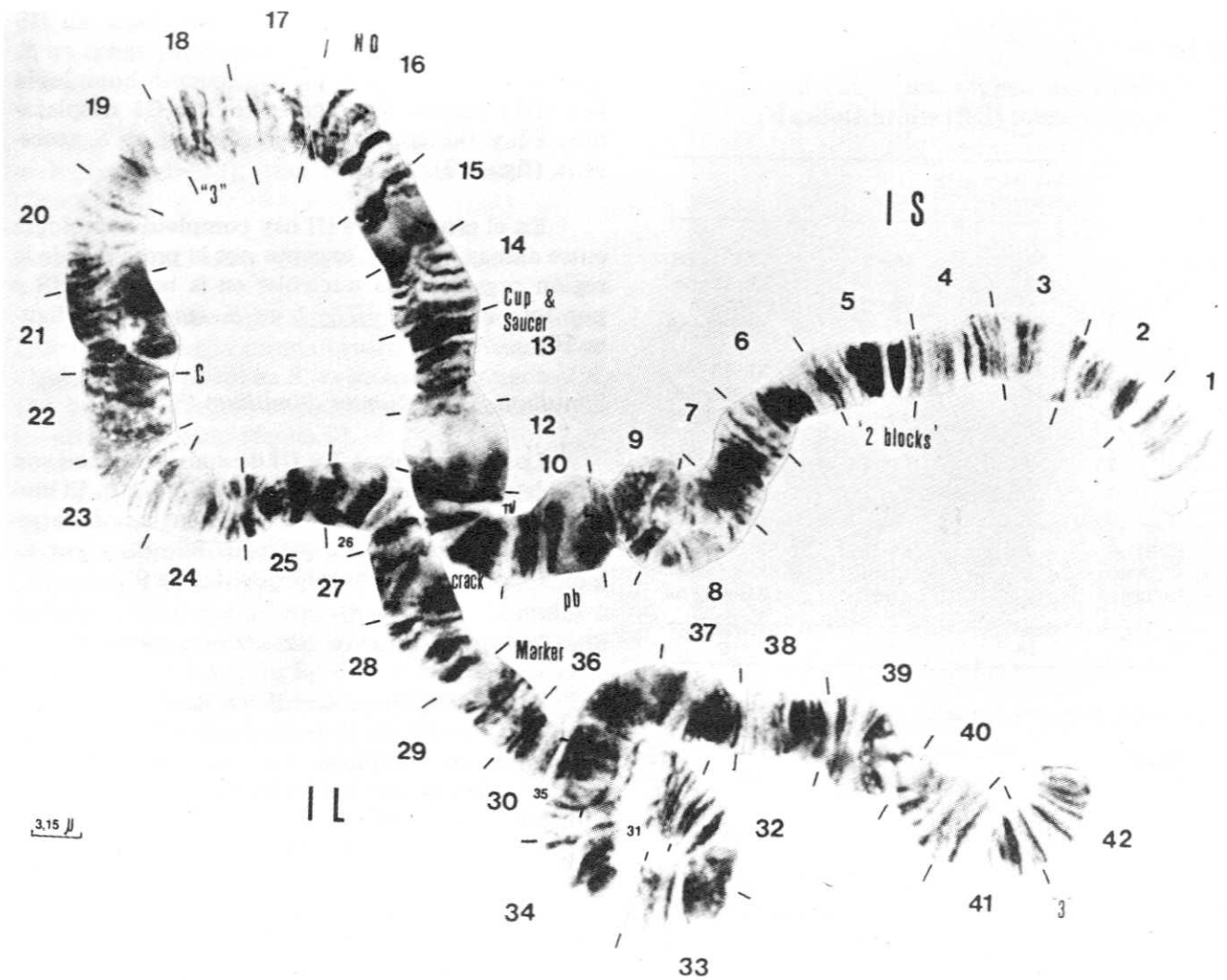


FIGURA 2

Cromosoma I de *Simulium furcillatum*. En el brazo corto (IS) se observan los marcadores dos bloques (2 blocks), la banda abombada (pb), la grieta (crack), la tasa y platillo (cup & saucer), la región organizadora nucleolar (NO) y el "3". En el brazo largo (IL) se aprecian el centrómero (C), el marcador principal (marker) y el "3" subterminal.

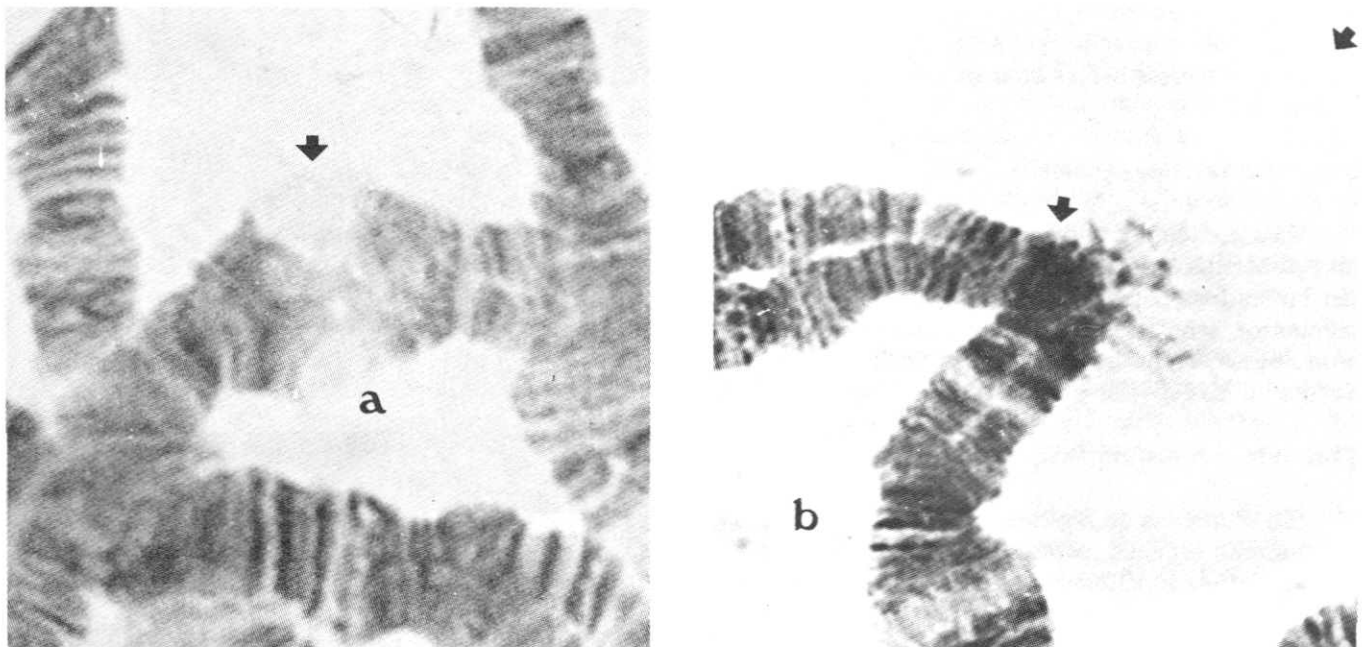


FIGURA 3

Expresión de la región organizadora nucleolar (NOR). a. Expresión homocigótica (+/+) 3.200 X. b. Expresión heterocigótica (+/-) y presencia del nucleolo 1.600 X.

TABLA 1

Polimorfismos en *Simulium furcillatum*, Heterobandas (HB) e inversiones (i)

Polimorfismo	No. veces observado*	Sitio**	Fecha
3 HB IL-26***	1	Ch-2	VIII-1-88
HB IIS-43	3	Ch-2	XI-12-88
	1	Ch-2	I-23-89
	1	Ch-2	XII-11-89
HB IIL-56	1	Ch-1	XI-12-88
	1	Ch-2	XI-12-88
	1	Ch-2	XII-11-89
HB IIL-66	1	Ch-2	VIII-1-88
HB IIL-85	1	Ch-1	XI-12-88
i IIL-1 (56/57)	1	Ch-2	VIII-1-88
i IIL-2 (57c/58c)	1	Ch-1	X-11-88
i IIL-3 (69/72)	1	Ch-2	XII-11-89
Total 8	14	—	—

* No se estimó frecuencia, la muestra no fue homogénea.

** Ver figura 1.

*** 3 HB indica 3 bandas heterocigotas continuas

robandas HB IIL-56 y HB IIL-85. El sitio Ch-2 aparece con el mayor número de polimorfismos y las muestras de agosto y noviembre las de mayores polimorfismos (tabla 1).

Las inversiones, numeradas en orden de aparición, se localizan en el brazo IIL: las dos primeras IIL-1 y IIL-2 cubren pequeños segmentos entre las secciones 56 a 58; son inversiones en "cascada", sus límites están indicados con flechas en las figuras 7a. y 7b. La tercera, IIL-3, mayor en extensión, involucra las secciones 69-72 (figuras 7c y 7d). Cada una de estas inversiones ha sido observada sólo una vez.

Comparaciones de secuencia

Los marcadores principales de los cromosomas politénicos de las seis especies comparadas están indicados en los idiogramas (figuras 8-10); los segmentos señalados con letras corresponden a las homología cromosómica de *S. furcillatum* con cada una de las especies comparadas.

Simulium furcillatum vs. *Simulium ignescens*

La secuencia de bandeamiento del cromosoma I de ambas especies es completamente homóloga. *S. furcillatum* se diferencia de *S. ignescens* por poseer la región organizadora nucleolar en el brazo corto del cromosoma I (figura 8).

El cromosoma II, con gran homología entre ambas especies, se distingue por presentar el anillo de Balbiani (RB) basal en *S. furcillatum* y distal en

S. ignescens. De los segmentos homólogos en IIS (A1-D1), B1 y C1 se presentan desplazados en *S. ignescens*; el brazo IIL, con menor homología (E1-H1) exhibe los segmentos E1-G1 desplazados, F1 y G1 con orientación reversa en *S. ignescens* (figura 9).

En el cromosoma III hay completa homología entre ambas especies, excepto por la presencia de la región organizadora nucleolar en la base de IIS y por una inversión IIL-1 en *S. ignescens*. (figura 10).

Simulium furcillatum vs. *Simulium* "C"

Los cromosomas I y III de ambas especies son completamente homólogos (figuras 8 y 10). El brazo corto del cromosoma II se diferencia por rearrreglos de los segmentos homólogos B2-E2 y por algunos segmentos no homólogos (figura 9).

Simulium furcillatum vs. *Simulium muiscorum*

Sólo la región centromérica del cromosoma I, secciones 18-22 de *S. muiscorum* y 18-23 de *S. furcillatum*, es homóloga. Las dos especies se diferencian, además, por la localización de la región organizadora nucleolar: en *S. furcillatum* está en IS y en *S. muiscorum* en IIS (figuras 8 y 10).

En el brazo corto del cromosoma II se homologan tres regiones de tamaño medio (A3-C3), una gran región (D3) que cubre la región centromérica y la región basal en ambos brazos; en el brazo IIL,

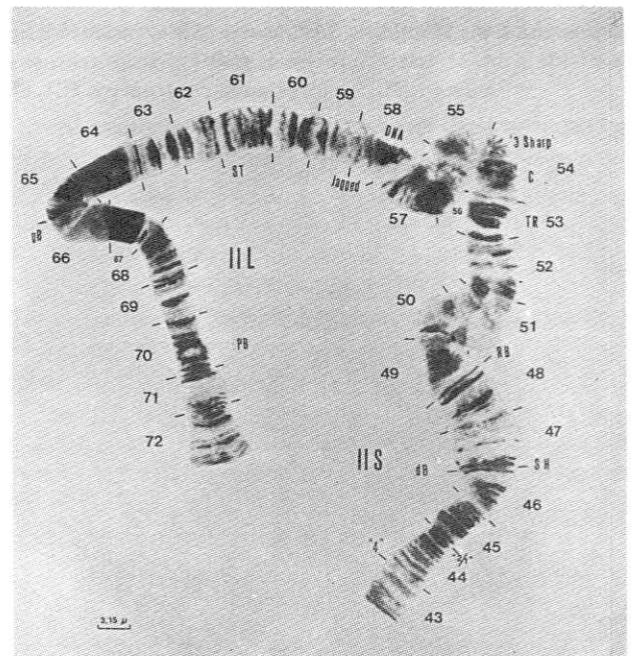


FIGURA 4

Cromosoma II de *Simulium furcillatum*. En el brazo corto (IIS) se encuentran los marcadores "4", "2/1", el cordón de zapato (SH) central a la doble burbuja (dB), el anillo de Balbiani (RB) y el trapezoidal (TR). En el brazo largo (IIL) se indican el centrómero (C) y los marcadores "3 definido" (3 sharp), el DNA, las bandas dentadas (jagged), el diente de sierra (ST), la banda gris (gB) y el parabalbiani (PB).

una serie de segmentos de mediano tamaño (E3—J3 es homóloga para ambas especies, aunque en *S. muiscorum* aparece desplazada (figura 9).

En el cromosoma III se presentan cuatro homologías (A3—D3), desplazadas en *S. muiscorum* (figura 10).

Simulium furcillatum vs. *Simulium exiguum*

En el cromosoma I los segmentos homólogos (A4—I4) tienen la misma orientación y están desplazados muy poco; en *S. exiguum* el segmento C4, que incluye la región organizadora nucleolar, se encuentra desplazado (figura 8).

En el cromosoma II, con las homologías A4—I4, se destaca la posición distal del anillo de Balbiani en *S. exiguum* frente a la basal en *S. furcillatum* (segmento C4), desplazada pero con la misma orientación, al igual que el segmento B4 y la homología de la región centromérica (D4). En el brazo IIL se resaltan las homologías E4 e I4 con orientación reversa y desplazadas; I4 incluye el Parabalbani (PB) (figura 9).

En el cromosoma III las homologías (A4—F4) son de mediana extensión; el segmento B4, con orientación reversa incluye el "heavy" y el "blister", el cual tiene una posición distal en *S. exiguum* (figura 10).

Simulium furcillatum vs. *Simulium s. str.*

El cromosoma I muestra una gran semejanza de bandas en los segmentos A—E. La presencia del NO, en la base del brazo IS de *S. furcillatum*, diferencia este cromosoma del de *Simulium s. str.*, cuyo NO se localiza en el brazo largo del cromosoma III (figura 8).

En el cromosoma II, con varios segmentos homólogos (A—H), sobresale la posición basal del anillo de Balbiani en *S. furcillatum* y distal en *Simulium s. str.* (segmento C) pero con la misma orientación; en el brazo IIL los segmentos F y G están desplazados y con orientación invertida; el segmento G incluye el Parabalbani y es distal en *Simulium s. str.* (figura 9).

Las homologías del cromosoma III (A—H), a excepción del segmento D que comprende la región centromérica, se presentan desplazadas y/o con orientación invertida (figura 10).

Discusión

S. furcillatum se distinguió por presentar un patrón de bandeamiento homogéneo y constante. En los 65 individuos examinados se encontraron algunos polimorfismos, cinco heterobandas y tres inversiones flotantes. Si bien la muestra no es homogénea, el polimorfismo de banda HB IIS—43 fue observado cinco veces (0.076), frecuencia relativa-

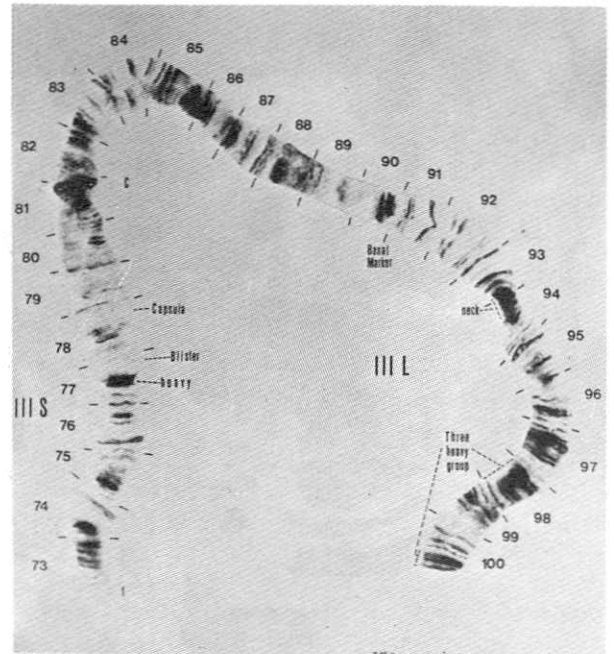


FIGURA 5

Cromosoma III de *Simulium furcillatum*. En el brazo corto (IIIS) se evidencian el telómero festoneado (f), los marcadores pesado (heavy), ampolla (blister) y la cápsula. En el brazo largo (IIIL) se diferencian el centrómero (C), el marcador basal (basal marker), el cuello (neck) y el grupo 3 pesado (three heavy group).

mente alta para este polimorfismo con respecto a los otros; la aparición de ésta en meses diferentes podría señalar mayor importancia en la población que la sola variación cromosómica como se verá más adelante.

La comparación de los complementos cromosómicos de las cinco especies indicó una asociación de brazos estándar con base en los marcadores que identifican los brazos y la comparación con los mapas estándar de *Simulium s. str.* Entre las especies del subgénero *Ectemnaspsis* (*furcillatum*, *ignescens* y "C") se presenta una homosecuencialidad de bandas casi completa para los cromosomas I y III, resalta la presencia del NO en la base del brazo IS para *S. furcillatum* y *Simulium* "C" y en la base de IIIS para *S. ignescens*; al igual que la ocurrencia de una inversión fija IIIIL—1 reasignada a *S. ignescens* (Campos, 1989).

La homosecuencialidad del cromosoma II no es completa entre las especies comparadas; se destaca la posición basal del anillo de Balbiani en *S. furcillatum* y *Simulium* "C" y distal en *S. ignescens*.

Las tres especies muestran polimorfismos intraespecíficos, especialmente en el cromosoma III para *S. ignescens* y *Simulium* "C" (Duque et al., 1988) y en el cromosoma II para *S. furcillatum*, pero ninguno de los polimorfismos es compartido entre las tres especies. Sin embargo, la heterobanda terminal del brazo IIS, que en *S. ignescens* se ha relacionado con el sexo, es posible que corresponda a la heterobanda HB IIS—43 de *S. furcillatum*. No



FIGURA 6

Heterobandas (3.200 X). a. HB IL-26. b. HB IIS-43. c. HB IIL-56. d. HB IIL-66. e. HB IIIL-85.

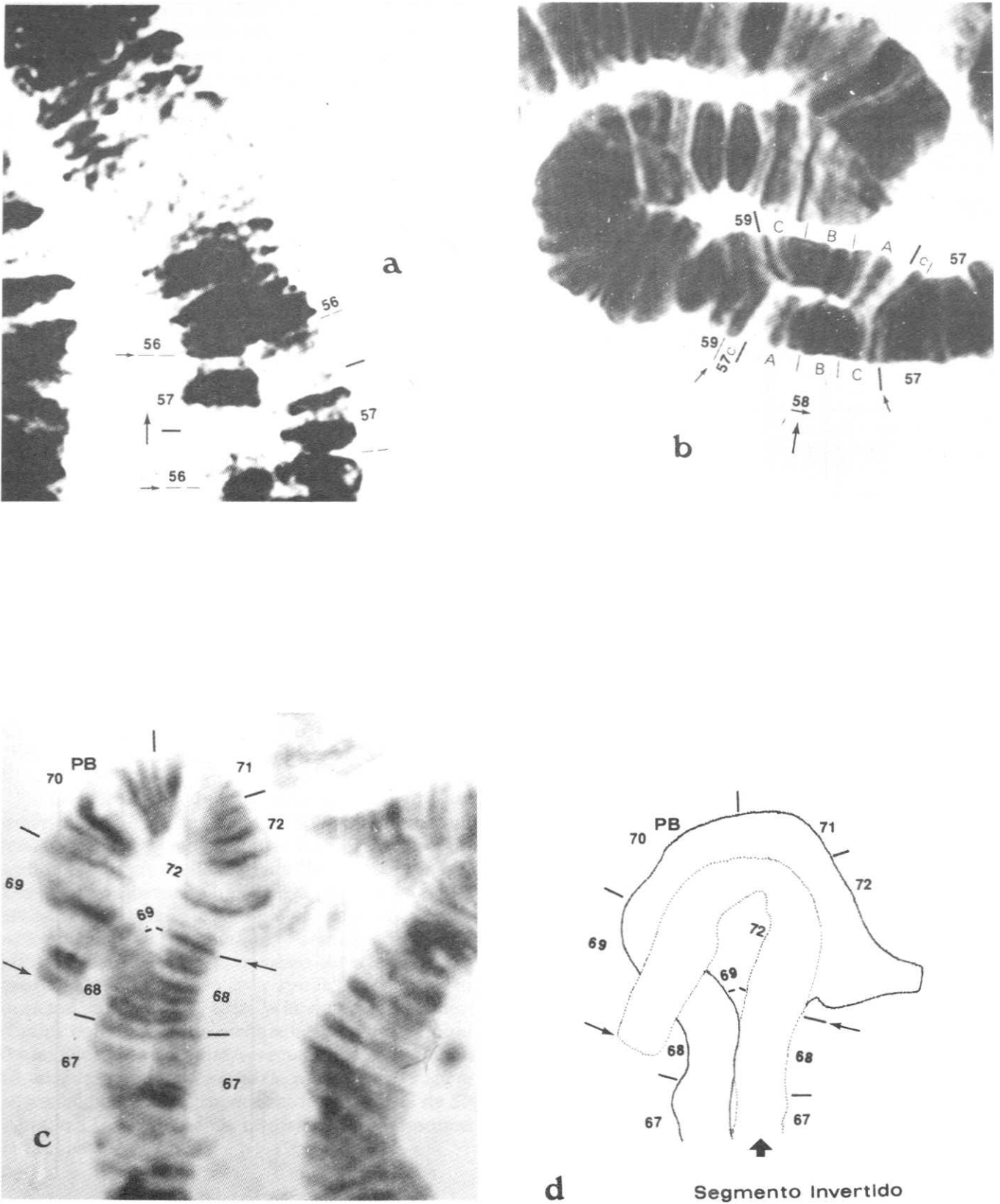


FIGURA 7

Inversiones. a. IIL-1 (3.200 X). b. IIL-2 (3.200 X). c. IIL-3 (3.200 X). d. Representación esquemática de la inversión IIL-3.

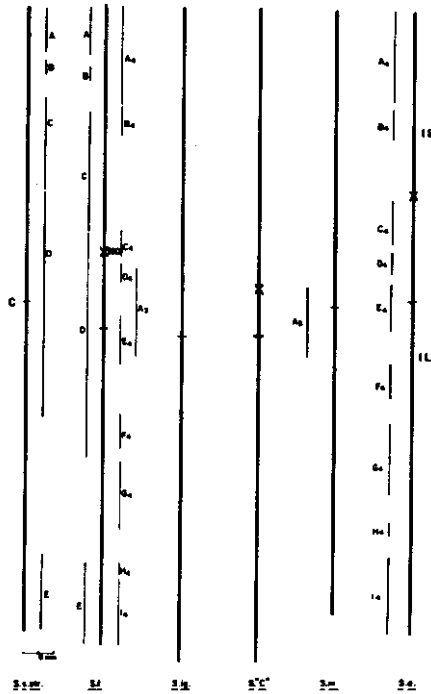


FIGURA 8

Idiograma del cromosoma I para *Simulium s. str.*, *S. furcillatum* (S. f.), *S. ignescens* (S. ig.), *S. "C"*, *S. muiscorum* (S. m.) y *S. exiguum* (S. e.). Las líneas letreadas indican las homologías de *S. furcillatum* con *S. s. str.* (A-E), *S. muiscorum* (A3), *S. exiguum* (A4-14). Los brazos IS y IL de *S. furcillatum*, *S. ignescens* y *S. "C"* son completamente homólogos, excepto por la ausencia de NO en la base del brazo IS de *S. ignescens*. Las flechas indican la orientación contraria; C, centrómero; NO, Organizador nucleolar. Cada división de la escala representa una sección cromosómica.

se tienen láminas de *S. ignescens* pero los mapas indican una posición semejante de la heterobanda en las dos especies. Los resultados indican mayor homosecuencialidad de bandas entre *S. furcillatum* y *Simulium "C"* que entre *S. furcillatum* y *S. ignescens*, incluso es mayor que la anotada previamente entre *S. ignescens* y *Simulium "C"* (Duque et al., 1988). Con base en lo anterior se puede decir que la secuencia de bandeamiento para *S. furcillatum* puede ser la más conservativa dentro de las tres especies y por tanto, ser tomada como la central para el grupo de especies del subgénero *Ectemnaspis*, contrario a lo sustentado por Duque et al. (1988) quienes propusieron que los mapas de *S. ignescens* fueran considerados como los centrales.

Las homologías cromosómicas encontradas entre los mapas de *S. furcillatum* y los mapas estándar del subgénero *Simulium* (Rothfels et al., 1978) corresponden con las homologías anotadas entre *S. ignescens* y *Simulium s. str.* (Duque et al., 1988) lo cual refuerza las homologías halladas y las que existen entre *S. ignescens* y *S. furcillatum*. Por tanto, cabe pensar en una secuencia central para el subgénero *Ectemnaspis* que tiene gran homología con la secuencia estándar del subgénero *Simulium*. Además, entre *S. furcillatum* y *Simulium s. str.* aparecieron más homologías en los brazos IIL y IIIL que las señaladas entre *S. ignescens* y *Simulium s. str.*

En IIL la región homóloga G cubre la inversión (IIL-4) de dos especies hermanas del complejo *S. venustum/verecundum* y corresponde con la secuencia estándar en *S. furcillatum*.

En las comparaciones de *S. furcillatum* con *S. muiscorum* y *S. exiguum* se observa una homología decreciente del cromosoma I al cromosoma III. La forma Bucay de *S. exiguum* (IIL-5-6) (Procunier et al., 1985) presenta la misma orientación que *S. furcillatum* para la región homóloga E4 de IIL, mientras que la forma Cayapa (estándar) la posee invertida; la inversión fija IIL-6, en la forma Bucay, es una de las inversiones que diferencia las formas Bucay de la Cayapa.

En resumen, *S. furcillatum* se caracteriza cromosómicamente por tener un bandeamiento homogéneo en sus tres cromosomas, leves asinapsamientos y algunas variaciones intraespecíficas. El cromosoma I se distingue por el NO en la base del brazo IS y su región centromérica ligeramente expandida. El cromosoma II por el anillo de Balbiani basal, el centrómero poco conspicuo, la banda gris y un Parabalbiani sobresaliente. El cromosoma III por las bandas intensas o "heavy", la ampolla, el centrómero bastante notorio dentro de una zona abombada y el grupo "tres pesado" dividido. Se cree necesario examinar un número mayor de individuos para hacer una caracterización del segmento o segmentos sexuales; sin embargo, la heterobanda terminal del brazo IIS ya ha sido relacionada con el sexo en *S. ignescens*, aunque en forma parcial.

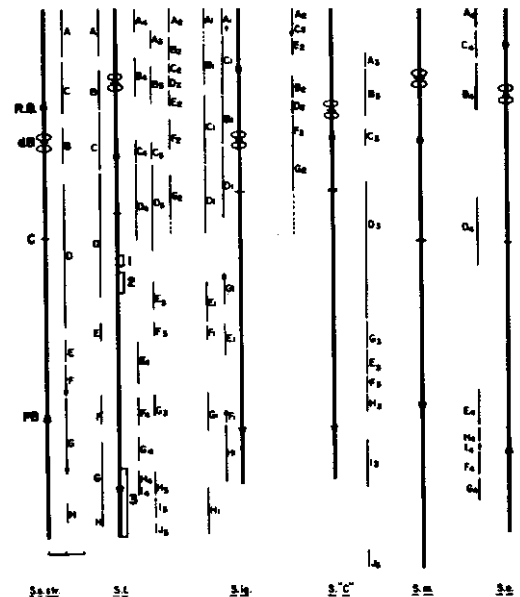


FIGURA 9

Idiograma del cromosoma II para *Simulium s. str.*, *S. furcillatum* (S.f.), *S. ignescens* (S. ig.), *S. "C"*, *S. muiscorum* (S. m.) y *S. exiguum* (S. e.). Las líneas letreadas indican las homologías de *S. furcillatum* con *Simulium s. str.* (A-H), *S. ignescens* (A1-H1), *Simulium "C"* (A2-G2), *S. muiscorum* (A3-J3) y *S. exiguum* (A4-14). Las flechas indican la orientación contraria; RB, anillo de Balbiani; dB, doble burbuja; C, centrómero; PB, parabalbiani. Los corchetes a la derecha muestran las inversiones flotantes IIL fu-1 a 3. Cada división de la escala representa una sección cromosómica.

Bibliografía

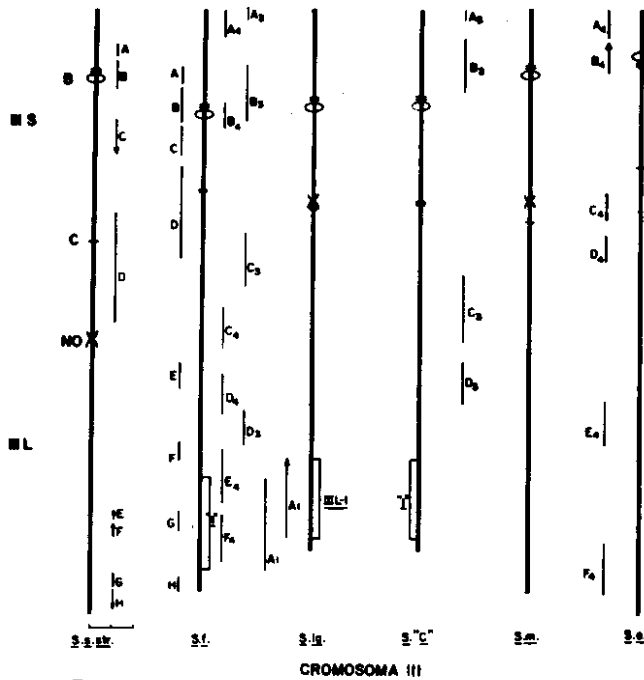


Fig. No. 10. Idiograma del cromosoma III. Convenciones como en las figuras No. 8 y 9.

FIGURA 10

Idiograma del cromosoma III. Convenciones como en las figuras Nos. 8 y 9. Las flechas indican la orientación contraria; B, ampolla o "blister". Los brazos IIIS y IIIL de *S. furcillatum*, *S. ignescens* y *Simulium* "C" son completamente homólogos, excepto por un segmento invertido (A1) en el brazo IIIL de *S. ignescens* y que corresponde a la inversión IIII-1 en *S. ignescens*. Cada división de la escala representa una sección cromosómica.

Los resultados de las comparaciones intrasubgenéricas sugieren que los mapas de *S. furcillatum* sean utilizados como centrales o estándar, por lo menos en un grupo de especies de este subgénero. Los estudios preliminares con *S. bicornutum* demuestran una gran homología cromosómica entre esta especie y *S. furcillatum*. Se puede hablar de afinidad cromosómica para varias especies del subgénero *Ectemnaspsis*, lo que ayuda a certificar su posición taxonómica. Esto y la semejanza cromosómica con especies de otros subgéneros: *Simulium* (complejos *S. venustum/verecundum*), *Notolepria* (*S. exiguum*) y *Hemicnetha* (*S. muisorum*) sugiere la posibilidad de un agrupamiento neotropical de *Simulium* s.l. con base en la cladística de cromosomas politénicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia y muy especialmente, a COLCIENCIAS por proporcionar el soporte financiero para la realización de este trabajo.

- Campos, J. 1989. Estudio citológico de *Simulium furcillatum* (Diptera: Simuliidae) Páramo de Chisacá. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 120 pp.
- Coscarón, S. 1984. Revision of the subgenus *Simulium* (*Ectemnaspsis*) Enderlein (Simuliidae: Diptera: Insecta). Rev. Soc. Entomol. 43: 283-325.
- Croskey, R.W. 1987. Part VIII. Black fly species of the world. 32 An annotated checklist of the world black flies (Diptera: Simuliidae): 425-520. In Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated World list. Eds., K.C. Kim and R. W. Merrit. The Pennsylvania State University. Press, University Park. 528 pp.
- Duque, S. 1980. Estudio citogenético de *Simulium ignescens* Roubaud, 1906. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 102 pp.
- Duque, S., Muñoz de Hoyos, P. & K.H. Rothfels. 1988. The polytene chromosomes of *Simulium* (*Ectemnaspsis*) *ignescens* Roubaud and related species *Simulium* "C", both from Colombia. Can. J. Zool., 66: 300-309.
- French, W.L., Baker, R.H. & J.B. Kitzmiller. 1962. Preparation of mosquito chromosomes. Mosquito News 22: 376-383.
- Guhl, E. 1982. Los Páramos Circundantes de la Sabana de Bogotá. Jardín Botánico "José Celestino Mutis". Bogotá, 127 pp.
- Moreno, C.H. 1982. Estudio citogenético de *Simulium* (*Hemicnetha*) *muisorum* Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos, 1979. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 80 pp.
- Muñoz de Hoyos, P., M.L. Bueno & L.I. Moncada. 1982. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. II. Especies de simúlidos registradas en Colombia. Scientia 1: 141-146.
- Procunier, W.S., Shelley, A.J. & M. Arzube. 1985. Sibling species of *Simulium exiguum* (Diptera: Simuliidae), the primary vector of onchocerciasis in Ecuador. Rev. Ecuat. Hig. Med. Trop. 35: 49-59.
- Rothfels, K.H. 1987. Cytological approaches to black fly taxonomy: 39-52. In Black flies: Ecology, Population Management, and Annotated world list. Eds. K.C. Kim and R.W. Merrit. The Pennsylvania State University. Press, University Park. 528 pp.
- Rothfels, K., Feraday, R. & A. Kaneps. 1978. A cytological description of sibling species of *Simulium venustum* and *S. verecundum* with standard maps for subgenus *Simulium* Davies (Diptera). Can. J. Zool., 56: 1110-1128.
- Wygodzinsky, P. & S. Coscarón. 1982. Description of three unusual species of the black fly subgenus *Simulium* (*Ectemnaspsis*) from the Andes of Colombia (Diptera: Simuliidae). Am. Mus. Nov. (2736): 1-13.
- _____. 1989. Revision of the black fly genus *Gigantodax* (Diptera: Simuliidae). Bull. Am. Mus. Nat. Hist. (189). 269 pp.

DIVERSIDAD, ADAPTACIONES ECOLOGICAS Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS FAMILIAS DE PECES DE AGUA DULCE DE COLOMBIA *

por

Plutarco Cala**

Resumen

Cala, P.: Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las familias de peces de agua dulce de Colombia. Rev. Acad. Col. Cienc. 17 (67): 725-740, 1990. ISSN. 0370-3908.

Se presenta un análisis acerca de la diversidad de la ictiofauna dulceacuícola colombiana teniendo en cuenta los grupos taxonómicos y sus adaptaciones ecológicas; se discuten las principales hipótesis acerca del origen de la ictiofauna suramericana —aparentemente la más rica del mundo— y se proporcionan tablas relativas a la distribución de las familias por cuencas hidrográficas (tabla 1) y a su agrupación sistemática, ecológica y evolutiva (tabla 2).

Abstract

This work analyses the diversity of the Colombian freshwater fish fauna related to the main theories about the origin of South American fresh water ichthyofauna, apparently the richest in the world. Also, includes the taxonomical groups and their ecological, adaptations and tables of distribution in the river basins of the different fish families.

Introducción

La ictiofauna de agua dulce de Colombia es una de las más diversas del Neotrópico, pues es parte fundamental de la fauna íctica suramericana —la más diversificada y rica en el mundo— con cerca de 3 000 especies (aunque el número definitivo parece ser mayor). Se diferencia de la africana por que los peces suramericanos derivaron de menos ancestros básicos, no estando representadas acá las

familias más o menos primitivas y endémicas de Africa y los ciprinóideos; la suramericana es más rica en carácidos y silúridos, derivados por radiaciones adaptativas espectaculares iniciadas durante el aislamiento de Suramérica ocurrido en el Terciario. La ictiofauna colombiana está dominada por Characiformes y Siluriformes, seguidos por los Gymnotiformes (Roberts, 1972, señala para la Amazonia que estos tres grupos representan el 43, 39 y 3%, respectivamente).

La ictiofauna suramericana está constituida en primer lugar por unos pocos representantes de grupos ampliamente distribuidos en otros continentes, tales como los peces pulmonados, *Lepidosiren*; osteoglosidos — pirarocú, *Arapaima gigas*, las aroanas, *Osteoglossum*; las pequeñas 2 especies de peces

* Estudio leído en el recinto de la Academia el 23 de mayo de 1990 con ocasión de su posesión como académico correspondiente.

** Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

hoja de la familia Nandidae (*Monocirrhus*); también numerosos Cyprinodontiformes que incluyen las familias endémicas neotropicales Poeciliidae, Anablepidae, y un grupo de (*Orestias*) de Cyprinodontidae que se han especializado en el Lago Titicaca y otros lagos de los Andes (Parenti, 1981, 1984a, b, c). En segundo lugar por alrededor de 50 representantes de grupos predominantemente marinos, tales como rayas (Potamotrygonidae), sardinatas (Clupeidae), anchóas (Engraulidae), pácoras o curvinatas (Sciaenidae), lenguados o media cara (Soleidae), peces aguja (Belonidae), Peces sapo (Batrachoididae, e.g. *Daector quadrizonatus*), y por algunas especies de peces endémicas de aguas dulces pertenecientes a 6 familias (e.g. Scoloplacidae, Electrophoridae). El nivel altitudinal general bajo del terreno, las amplias bocas de los ríos con grandes áreas eurihalinas y las profundas bahías con aguas marinas antes del levantamiento de los Andes permitieron una penetración más fácil y una mejor adaptación a las aguas dulces de los peces marinos en Suramérica, no así en Africa. En tercer lugar, por los peces originarios de "Gondwanaland"-Characiformes, Siluriformes y Perciformes de la familia Chichlidae.

Según Lowe-MacConnell (1987), los géneros de cíclidos son más numerosos, ca. 20 con 100-200 especies, en general están mejor diferenciados en los ríos suramericanos que en los africanos, hecho notable en las lagunas laterales de los sistemas de ríos. No hay agrupaciones de especies de cíclidos comparables con las de los lagos de Africa, aunque el género *Cichlasoma* se ha diversificado en Centroamérica en unas 70 especies. Nelson (1984) menciona 680 especies de cíclidos, agrupados en 84 géneros. Kullander (1988) reporta 1111 especies válidamente descritas y 170 géneros, pero calcula en 1.532 especies y 198 géneros el total de Cichlidae, de ellas 234 especies y 33 géneros válidos para Suramérica, y con posibilidad de que las cifras finales puedan ser de 320 especies y 50 géneros una vez el inventario sistemático y los estudios taxonómicos se hayan completado.

Diversificación

La mayoría de los autores están de acuerdo en que la ictiofauna dulceacuícola suramericana ha evolucionado en la región amazónica, de donde se extendió a otras partes del Neotrópico. Myers (1947, 1949, 1966), Géry (1964), Menezes (1972) y Roberts (1972) brevemente comentan acerca del origen de la ictiofauna de la Amazonia. Todos ellos aceptan en mayor o menor grado las aseveraciones de Eigenmann (1906, 1909, 1912, 1917) en relación con la importancia de la cuenca del Amazonas como área de origen de esta compleja y numerosa ictiofauna, por ser este autor quien más ha discutido acerca del origen, distribución y diversificación de los peces de agua dulce de Suramérica.

Los planteamientos más completos acerca de la diversificación de los peces de agua dulce de Su-

ramérica son las de Myers (1947, 1949), y los de Roberts (1972); este último se ocupa de la diversidad de hábitats acuáticos disponibles para lo peces en el Amazonas y de la extrema diversidad morfológica existente entre los peces del área, y señala: "es concebible que la ictiofauna amazónica actual, con su gran número de especies, sea el producto de solo unos millones de años de evolución a partir de un grupo ancestral de 200 o 300 especies "fundadoras". Roberts (op. cit.) reconoce alrededor de 1.300 especies para la cuenca del Amazonas. Böhlke et al. (1978) estiman en más de 2.500 las especies dulceacuícolas de Suramérica, las cuales agrupan en 60 familias. La mayoría de estas familias se encuentran tanto en la cuenca del Amazonas como en la del Orinoco. Probablemente cerca de 2.000 de estas especies se encuentren en Colombia, representando unas 50 familias.

Géry (1964, 1969) afirma que la distribución de los peces de agua dulce en Suramérica sugiere un patrón más complicado que la simple dispersión desde la cuenca del Amazonas como lo sugirió Eigenmann (1909, 1912, 1917). Géry (1964, 1969) señala como algunos de los peces de la periferia de la cuenca amazónica muestran más similitudes entre sí que entre los de la cuenca misma, y sugiere que la actual distribución es el resultado de la dispersión alrededor de la cuenca desde el escudo de las Guayanas.

Weitzman & Weitzman (1982) mencionan como la ictiofauna de la cuenca Amazónica, casi sin duda, se derivó de la antigua fauna de los escudos Guayanés y Brasileño y de sus áreas periféricas. El levantamiento de los Andes durante el Terciario superior, la formación de las cuencas del Amazonas y del Orinoco, los antiguos lagos y las profundas bahías marinas, y su intercomunicación a través del Casiquiare, y el incremento de la pendiente de las corrientes, fueron factores decisivos en la evolución reciente de la actual ictiofauna suramericana.

Patterson (1967) menciona como los subórdenes mayores de teleosteos se extienden en el record de fósiles desde comienzos del Terciario (ca. 60 millones de años). Se estima que Suramérica y Africa se separaron durante el Cretáceo Superior (ca. 80 millones de años). Puesto que en Suramérica hay por lo menos 25 familias de peces otófeos que no están presentes en Africa, parece más seguro asumir que aunque hay un escaso record de fósiles de ellos (Roberts, 1975), la mayor parte o tal vez toda la evolución en estas familias y su gran diversidad genérica se produjeron durante el Terciario Inferior, o por parte en el Terciario Medio.

Weitzman & Weitzman (1982), señalan un problema en la hipótesis según la cual la evolución de estos peces tuvo lugar en el Terciario Inferior, puesto que la vertiente occidental de los Andes carece de muchos de los géneros y aún de algunas de las familias de peces encontrados en el flanco oriental

(Eigenmann, 1921, 1922). Concluyen que por lo menos algunos de estos grupos se habrían dispersado en estas áreas simultáneamente con el levantamiento de los Andes durante el Terciario. Recientes hallazgos de fósiles de cachama negra (*Colosso-ma macropomum*) (Lundberg et al., 1986) en La Venta, Mioceno (ca. 15 millones de años), en el valle del río Magdalena, especie actualmente abundante en la Amazonia y que disminuye su densidad poblacional hacia el norte de la Orinoquia, hacen más evidente la carencia de estudios ictiopa-leontológicos y de registros fósiles, en contraste con lo señalado por Weitzman & Weitzman (1982). Este descubrimiento corrobora con evidencia neontológica, un evento de vicariancia que contribuyó a que especies de la fauna del Mioceno del Amazonas-Orinoco hicieran parte de la fauna original regional del Magdalena (Lundberg et al., 1986).

Eigenmann (1922) anota como existen muchos más grupos de peces en el oeste húmedo del norte de Suramérica y en la parte norte de las cuencas de los ríos Magdalena y Sinú, mientras que desde el sur del Ecuador, y especialmente del Perú hacia el sur, donde prevalecen condiciones mucho más xéricas, los peces de agua dulce de todos los tipos van desapareciendo rápidamente. Puede ser que las corrientes relativamente cortas y más o menos caudalosas del occidente de los Andes centrales repetidamente se hayan secado debido a condiciones alternas xéricas y húmedas durante el Pleistoceno (e.g. Simpson, 1975), lo cual habría eliminado gran parte de la ictiofauna de dichas corrientes (Weitzman & Weitzman, 1982). Simpson (1975) también hace una síntesis sobre el levantamiento de los Andes.

Patterson (1975: 166) expresa como las relaciones entre los peces Otophysi son aun pobremente conocidas como para erigir hipótesis sólidas acerca del lugar de origen de los Characiformes o de los Siluriformes (los 2 grupos dominantes en las aguas dulces de Suramérica). Weitzman & Weitzman (1982) sustentan esta afirmación, y agregan que sin un completo registro de fósiles es imposible señalar los orígenes de los grupos en referencia.

Planteamientos definitivos acerca de la distribución de los peces de agua dulce de Suramérica requieren mayor información que la existente acerca de la ictiofauna reciente. La distribución actual se podrá explicar mejor cuando los conocimientos sistemáticos y taxonómicos alcancen un alto nivel de sofisticación. Un problema serio en relación con los estudios biogeográficos de los peces dulceacuicolas suramericanos es la ignorancia en cuanto a las relaciones filogenéticas existentes entre las distintas especies y géneros, y aún entre ciertas familias. Además, los hábitats de muchos, si no de la mayoría, de pequeños peces neotropicales de agua dulce no han sido adecuadamente estudiados. El problema se acentúa aún más debido a la insuficiencia de información bioecológica, sumada a la dificultad de la identificación y clasificación adecuada de gran

número de grupos y especies. Aunque no se puede hacer una estimación real, posiblemente un 50%, o más en algunos grupos, de los peces de agua dulce de Colombia (al igual que para los del resto de Suramérica) están por describirse, revisarse o redescibirse (Cala, 1987 a).

Distribución geográfica de las familias

De las 60 familias de peces de agua dulce de Suramérica, un 80-90% habitan aguas colombianas; en su mayoría están distribuidas al oriente de los Andes en la región Amazonia-Orinoquia (Tabla 1). Posiblemente más del 50% de las especies suramericanas estén presentes en Colombia, lo cual sin duda la convierte en el país con la ictiofauna más diversificada y rica en número de especies (similar a lo ocurrido con otros grupos faunísticos). Desafortunadamente la ictiofauna nativa ha sido incrementada irresponsablemente con más de 40 especies exóticas, introducidas con fines pisciculturales, proceso iniciado en 1939 con la introducción de la trucha arco iris. Muchas de las especies introducidas han invadido hábitats naturales en las diferentes cuencas; tal el caso de la trucha (*Salmonidae-Oncorhynchus mykiss*), las carpas chinas (*Cyprinidae-Cyprinus carpio*), tilapias (*Cichlidae-Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus*, *T. rendalli*), la perca americana o "largemouth bass" (*Centrarchidae-Micropterus salmoides*), el guppy (*Poeciliidae-Lebistes reticulatus* y gouramis (*Belontiidae-Betta splendens*, *Trichogaster pectoralis*).

A continuación se describen los grupos más importantes (órdenes y familias) de peces de agua dulce de Colombia, tanto por su diversificación, riqueza específica, abundancia relativa y distribución en los diferentes sistemas hidrográficos.

Orden CHARACIFORMES

Las radiaciones adaptativas de los Characiformes son tan dramáticas como las de los Cichlidae en los lagos de Africa, pero la diferenciación ha avanzado a un nivel filogénico más alto (Lowe-McConnell, 1987). Según Nelson (1984), se reconocen 10 familias con alrededor de 252 géneros y por lo menos 1335 especies. Cerca de 176 especies y 31 géneros son africanos; el resto está distribuido en el Neotrópico (México, Centro y Sur América). Aún no existe un acuerdo en cuanto a su agrupación a nivel de familias y la clasificación general de este orden es aún insatisfactoria. Weitzman (1962) y Gosline (1971) reconocen una familia; Greenwood et al. (1966) 16, todas endémicas neotropicales, excepto Characidae; Géry (1977) 14. Los Characiformes incluyen familias de peces pequeños, muchos de ellos bien conocidos entre los aficionados a los acuarios como los tetras, en general menores de 10 cm de longitud y que habitan aguas poco profundas en las orillas de los ríos, lagunas marginales de inundación y pequeñas corrientes de planos inundables.

La Characiformes mayores incluyen especies omnívoras del género *Brycon* (doradas, yamú), peces con dientes fuertes para romper frutos duros (e. g. cachamas: *Colossoma*), peces piscívoros que engullen entera la presa (e. g. la payara: *Hydrolicus*, agujones: *Boulengerella*), o peces detritívoros o chupadores de barro (bocachicos: *Prochilodus*).

CHARACIDAE. Estos peces se distribuyen desde el río Grande en el sur de Texas (*Astyanax mexicanus*), a través de Centroamérica, hasta cerca a la latitud 41° sur en Chile y Argentina (*Cheirodon*). La familia Alestidae de Africa incluye los equivalentes ecológicos de los Characidae americanos. Algunos ictiólogos reconocen sólo una familia para estos dos grupos de peces (e. g. Nelson, 1984), i.e. Characidae. La clasificación de los carácidos es aún confusa y hay muchas contradicciones. Géry (1977) estima en ca. 700 especies los carácidos para Suramérica, los que clasifica en 12 subfamilias dando rango familiar a varios grupos que otros autores estiman como subfamilias, e.g. Alestinae, Crenuchinae, Characidiinae, Serrasalminae. Los carácidos son los peces dominantes en densidad y número de especies en todas las cuencas colombianas. Son peces apetecidos por los aficionados a los acuarios y por los pescadores de peces de consumo. Su tamaño varía desde un par de centímetros hasta 90 cm como ocurre con algunas doradas (*Brycon*). Esta familia comprende más del 50% del grupo, con 10–12 subgrupos en su mayoría considerados como subfamilias, ya que sus relaciones aún no están claras. Es importante el grupo de las cachamas y caribes o pirañas (Serrasalminae), miembros de un grupo aparentemente monofilético (Géry, 1984), con dos adaptaciones de tipo alimenticio; dientes para romper frutos duros (e. g. Cachamas o carácidos de mayor tamaño: *Colossoma macropomum* y *Piaractus*) o para cercenar carne o aletas de otros peces (pirañas: *Serrasalmus*, *Pygocentrus*); la otra adaptación comprende a la condición semiparásita del pez lepidófago (comedor de escamas de otros peces), *Catoprion mento*. Esta familia está presente en todos los sistemas hidrográficos colombianos.

ERYTHRINIDAE. Es un pequeño grupo arcaico de Characiformes, compuestos por 3 géneros (*Erythrinus*, *Hoplerythrinus*, *Hoplias*) con 5 especies con amplia distribución geográfica, desde Panamá hasta el río de la Plata. En Colombia son abundantes (e. g. *Hoplias*, *Hoplerythrinus*) en la Amazonia, Orinoquia, Magdalena; también en el Sinú, Atrato y vertientes del Pacífico y del Catatumbo. Cuerpo cilíndrico; 5 radios branquiostegales; sin aleta adiposa, caudal corta y redondeada; escamas relativamente grandes; numerosos dientes en el paladar. Algunos son predadores y alcanzan el metro de longitud (e.g. *Hoplias*), unos cuantos pueden respirar oxígeno del aire a través de la parte anterior de la cámara posterior de la vejiga gaseosa que funciona como órgano accesorio de respiración aérea (*Hoplerythrinus unitaeniatus*).

CTENOLUCIDAE. Conocidos como agujones, son peces predadores de tamaño mediano a largo (20–100 cm); escamas ctenoides; mandíbula superior, generalmente más larga, termina en una carnicidad colgante. Comprende 2 géneros (*Tenolucius*, *Boulengerella*) con 4 especies distribuidas en aguas superficiales cálidas del norte suramericano. En Colombia se encuentran principalmente en la Amazonia, Orinoquia, ríos Magdalena, Sinú, Atrato y posiblemente en el Catatumbo.

CYNODONTIDAE. Se conocen con el nombre de payaras (*Hydrolicus*) y payarines (*Rhaphiodon*); boca oblicua y larga con dientes cónicos muy alargados, especialmente los anteriores, los cuales les permiten engullir la presa entera; algunos especímenes alcanzan 60 cm de longitud. Hay 4 especies, dos en cada uno de los géneros arriba anotados, distribuidas principalmente en corrientes de las cuencas del Amazonas y del Orinoco hasta el río de la Plata. En Colombia son frecuentes en la Amazonia y Orinoquia.

LEBIASINIDAE. Es una familia relativamente grande que incluye un grupo de peces de tamaño mediano: las saltonas y voladoras o rollizos (*Lebiasina*, *Piabucina*) de corrientes rápidas, con unas 13 especies, agrupadas en la subfamilia Lebiasininae; y los pequeños peces lapiceros o "pencil fish" (*Copeina*, *Copella*, *Nannostomus*, *Pyrrhulina*) con cerca de 14 especies agrupadas en la subfamilia Pyrrhulininae; habitantes de pequeños arroyos y de corrientes rápidas del pie de monte y hasta unos 1.000 m de altitud en las laderas de los Andes (e. g. *Lebiasina*, *Piabucina*), también de pequeños caños de la llanura y morichales (*Copella*, *Nannostomus*). En general habitan las aguas tropicales de Suramérica, principalmente en la Amazonia. En Colombia se encuentran prácticamente en todas las cuencas, excepto para la vertiente Caribe-Guajira.

PARODONTIDAE. Peces peculiares con boca ventral y dientes modificados raspadores de algas sobre las rocas; premaxilares con gran movilidad y muy alargados; 35–43 escamas sobre la línea lateral; longitud máxima hasta 15 cm. Son peces bentónicos de las corrientes del este de Panamá y Andes suramericanos. Dos géneros, *Parodon* y *Saccodon*, con 23 especies (Géry, 1977). En todas las cuencas colombianas, excepto la del Pacífico.

GASTEROPELECIDAE. Conocidos como pechonas, palometicas, voladoras; son peces pequeños hasta de 8 cm de longitud que se deslizan "volando" con una fuerza propulsora mientras están en el aire; viven en aguas superficiales en caños y aguas quietas marginales en áreas de bosque. Comprende 3 géneros (*Carnegiella*, *Gasteropelecus* y *Thoracocharax*), con 9 especies distribuidas desde Panamá hasta el río de la Plata. En Colombia se encuentran principalmente en las cuencas del Amazonas y Orinoco; también en el Magdalena, el Sinú, la vertiente del Pacífico, el Atrato, y posiblemente en el Catatumbo.

PROCHILODIDAE. Los bocachicos, patalós y sapuaras, son peces rápidamente reconocibles por sus labios carnosos alargados, que everten formando un disco succionario bucal. Es una forma de boca única dentro de los Characiformes y las sinapomorfias señaladas por Vari (1983) para los Prochilodidae están asociadas con las modificaciones del aparato oral. Son un grupo de peces chupadores de barro o detritívoros, con dentición labial reducida, con unas 30–40 especies clasificadas en 3 géneros (*Ichthyoelephas*, *Prochilodus* y *Semaprochilodus*), que pueden sobrepasar los 50 cm de longitud (e. g. *Ichthyoelephas*, pataló u hocicón). La familia requiere una buena revisión taxonómica. Comprende varias especies de importante valor económico, que realizan largas migraciones en grandes cardúmenes aguas arriba y aguas abajo (“subienda” y “bajanza”) asociadas con la reproducción (e. g. *Prochilodus*, bocachicos). Es una familia ampliamente distribuida en Centroamérica y Suramérica hasta el río de la Plata. En Colombia son muy abundantes en la Amazonia, Orinoquia, Magdalena, Sinú, Atrato, Catatumbo y vertiente Caribe-Guajira. En el Magdalena, Sinú y Atrato, el bocachico es la especie básica en las pesquerías.

CURIMATIDAE. Géry (1977) la considera como una subfamilia y, junto con Chilodinae, Prochilodinae, Curimatinae, Anodinae, forman la familia Curimatidae. Greenwood et al. (1966) reconocen las familias Curimatidae, Prochilodidae, Chilodidae y Anostomidae, las cuales fueron aceptadas por Vari (1983) como un grupo monofilético con 2 ramificaciones: clade Curimatidae y Prochilodidae, clade Anostomidae y Chilodontidae. Roberts (1974) había considerado *Anodus* más cercano a Hemiodontidae, hipótesis confirmada por Vari (1983). Los curimatidos fenotípicamente son más parecidos a los bocachicos pero sin la espina predorsal ni el disco succionario bucal; maxilas y dentario sin dientes; 4 radios branquiostegales; membrana branquiostegal unida al istmo; branquiospinas ausentes o muy rudimentarias. Los Curimatidae, a diferencia de los bocachicos, están siendo objeto de grandes revisiones taxonómicas (e. g. Vari, 1982, 1983, 1984, 1989). Incluye cerca de 25 géneros (e. g. *Curimata*, *Curimatopsis*, *Pseudocurimata*, *Potamorhina*), con un poco más de 100 especies ampliamente distribuidas a través de Suramérica. En Colombia han sido registrados para todas las cuencas, excepto para la Caribe-Guajira donde son escasas las colecciones.

ANOSTOMIDAE. Comprende un grupo de peces de tamaño mediano, conocidos como dentones, descarnadores, mijes, platanotes, pertenecientes a los géneros *Leporinus* y *Schizodon*; tienen mandíbula con algunas modificaciones poco comunes con dientes de tipo “forceps”; son fuertes nadadores de corrientes abiertas. Conforman el grupo Anostominae revisado por Winterbottom (1980). Otro grupo de peces pequeños (*Anostomus*) con boca hacia arriba y dientes compuestos para quitar pedazos de macrófitas, habita en la periferia de la

cuena. Varias de estas especies nadan con la cabeza hacia abajo, la mayoría son herbívoras o detritívoras. Comprende alrededor de 10 géneros (e. g. *Abramitis*, *Anostomus*, *Leporellus* *Leporinus*, *Schizodon*) con unas 70 a 80 especies de amplia distribución en gran parte de Suramérica. En Colombia son frecuentes en la mayoría de las cuencas, pero aún no han sido registrados para la vertiente del Pacífico, donde faltan colecciones. Algunos de estos peces llegan hasta los 40 cm de longitud.

HEMIODONTIDAE. Su cuerpo subcilíndrico a fusiforme (reófilos y veloces nadadores); membrana branquial libre; párpado presente en la adiposa; 50 a 125 escamas en la línea lateral; 18–23 radios pectorales. Ampliamente distribuidos en Suramérica, con 7 géneros (e. g. *Anodus*, *Argonectes*, *Bivibrachia*, *Hemiodus* o *Hemiodopsis*) y cerca de 27 especies, con una longitud máxima de 30 cm. *Argonectes* y *Bivibrachia* son los únicos caraciformes con verdaderas mandíbulas superiores protractiles. Se alimentan de detritus, partes de plantas y larvas de insectos; *Anodus* es un filtrador de plancton (Roberts, 1972). Todos los géneros, excepto *Micromischodus*, tienen la mandíbula inferior edentada en los adultos, de ahí su nombre familiar Hemiodontidae.

CHILODONTIDAE. Es una familia pequeña formada por 2 géneros (*Caenotropus*, *Chilodus*) con 3–4 especies de pequeños peces que no sobrepasan los 15 cm. Algunos de ellos, al igual que algunos Anostomidae, nadan con la cabeza hacia abajo (“head-standing behaviour”, conocidos como headstanders); con escamas grandes. Están bien distribuidos en el norte de Suramérica, principalmente en el río Negro y parte media y alta de la Amazonia y Orinoquia. En Colombia es frecuente encontrar *Chilodus* en las partes altas de la Amazonia y Orinoquia.

Orden SILURIFORMES

Los silúridos o bagres tienen el vomer generalmente dentado; aleta adiposa generalmente presente; espinas generalmente presentes al frente de las aletas pectorales y dorsal; cuerpo desnudo o cubierto con placas óseas; maxila rudimentaria (excepto en Diplomystidae) con una barbilla; ojos generalmente pequeños. Las barbillas son importantes para detectar alimento u obstáculos. Varias especies pueden causar severas heridas con sus espinas, especialmente con las pectorales, e inyectar un veneno producido por células glandulares de la epidermis del tejido que recubre las espinas. La punzada de *Plotosus lineatus* puede ser mortal (Nelson 1984).

Estos peces varían en tamaño desde las especies gigantes de *Brachyplatystoma*, que pueden alcanzar los 2 metros de longitud, hasta los diminutos Trichomycteridae. Después de los Characiformes son el segundo grupo en número de especies en Suramérica, con 14 familias (12 para Colombia)

y las otras 17 en otras regiones del mundo, pues la distribución de los Siluriformes abarca todos los continentes, aunque predominan en aguas dulces tropicales. Dos familias son marinas (Ariidae, presente en las costas colombianas). En total se reconocen 32 familias, con unos 400 géneros y unas 2.215 especies, de ellas cerca de 1.300 en América, principalmente en Suramérica (Nelson 1984).

DIPLOMYSTIDAE. Es un pequeño grupo relicto de peces de los Andes argentinos y chilenos. Un género (*Diplomystes*) con 2 especies.

SCOLOPLACIDAE. Con una especie (*Scoloplax dicra*) de la cuenca del Amazonas boliviano.

DORADIDAE. Generalmente cuerpo con una hilera lateral de placas óseas, la mayoría con espinas. Comprende unos 37 géneros, 25 con cabeza más ancha que larga (e. g. *Acanthodoras*, *Anadoras*, *Platyodoras*), y 12 con cabeza más larga que ancha (e. g. *Doras*, *Leptodoras*) con alrededor de 80 especies. Además, estos peces son notables por su tamaño hasta de 1 m en algunas especies (e. g. *Oxydoras*), sin ser carnívoros (Nelson 1984). Son propios de aguas cálidas desde Colombia hasta el río de la Plata. En Colombia se encuentran en las principales cuencas, principalmente en el Amazonas, en el Orinoco, y en el Magdalena.

AUCHENIPTERIDAE. Peces con cuerpo desnudo; 3 pares de barbillas (excepto una especie con un par), siendo las maxilares las más largas; fuertes espinas en las pectorales y dorsal. Alrededor de 19 géneros (e. g. *Auchenipterus*, *Centromochlus*, *Tatia*, *Trachycorystes*) con unas 60 especies (Mees 1974); alcanzan los 30 cm de longitud; el borde del ojo no es libre. Presentes en aguas cálidas desde Panamá y todo el éste de los Andes hasta la cuenca del río de la Plata; en Colombia en la Orinoquia y Amazonia, también en los ríos Magdalena, Sinú y Atrato.

PIMELODIDAE. Bagres y barbudos con cuerpo desnudo; 3 pares de barbillas, usualmente muy largas; adiposa presente. Comprende un grupo numeroso de peces ampliamente distribuidos en el Neotrópico, con unos 56 géneros (e. g. *Brachyplatystoma*, *Pimelodus*, *Pimelodella*, *Pseudoplatystoma*, *Rhamdia*, *Sorubim*, *Zungaro*) y alrededor de 300 especies. Incluye la mayoría de los bagres comerciales de los principales ríos suramericanos; con tallas desde unos pocos centímetros hasta cerca de los 2 m. El bagre rayado (*Pseudoplatystoma*), de tamaño considerable, es predador, aunque con dientes viliformes pero con una boca grande, que le permite capturar peces prácticamente de cualquier especie y buen tamaño. Reid (1983) reporta 37 especies de peces en la dieta alimenticia de *Pseudoplatystoma*, incluyendo miembros congénicos. Parte de la población de estos bagres realiza desplazamientos migracionales de tipo alimentario siguiendo cardúmenes de peces con migraciones ascendentes y descendentes de tipo reproductivo, como es el caso del bocachico (Dahl 1939, Reid *op. cit.*). En

Colombia están presentes en todas las cuencas, principalmente en el Amazonas y en el Orinoco; abundantes en el Magdalena, el Atrato y el Sinú, también se encuentran en el Catatumbo y en la vertiente del Pacífico.

AGENEIOSIDAE. Cuerpo desnudo; un sólo par de barbillas; aleta adiposa muy pequeña; alcanza los 40 cm de longitud. Comprende 2 géneros (e. g. *Ageneiosus*) y unas 25 especies. Se distribuyen desde Panamá hasta el río de la Plata; en Colombia han sido encontradas en la mayoría de las cuencas (Amazonas, Orinoco, Magdalena, Sinú, Atrato); el principal representante de la familia es una especie de *Ageneiosus*.

HELOGENEIDAE. También son peces primitivos; cuerpo desnudo; aletas sin espinas, adiposa pequeña, si está presente; longitud máxima de unos 10 cm. Hay 4 especies: 3 en el Amazonas, Guayanas y Orinoco, del género *Helogenes*, y una en la Orinoquia colombiana en el río Guayabero (*Leyvaichthyes castaneus*).

CETOPSIDAE. Son peces robustos torpediformes de cuerpo desnudo; 3 pares de barbillas; sin aleta adiposa; vejiga gaseosa altamente reducida e incluida en una cápsula ósea; ojos casi escondidos en la piel. Comprende 4 géneros (e. g. *Cetopsis*, *Pseudoceptosis*) y unas 14 especies distribuidas principalmente en el norte de Suramérica. En Colombia se encuentran primordialmente en las cuencas del Amazonas y del Orinoco, también en el Magdalena, el Sinú, el Atrato y la vertiente del Pacífico.

HYPOPHTHALMIDAE. Cuerpo desnudo; 3 pares de barbillas; los ojos en posición muy baja hacia el fondo; longitud máxima de unos 60 cm; pelágicos y muy casuales; probablemente filtradores. Es una familia aparentemente monotípica con una especie reconocida, *Hypophthalmus edentatus*, distribuida desde la amazonia colombiana hasta la brasilera.

ASPREDINIDAE. Piel desnuda excepto por sus largos tubérculos que la recubren; no hay aleta adiposa; cuerpo anterior deprimido; la mayoría de las especies menores de 15 cm, excepto *Aspredo aspredo* que sobrepasa los 40 cm. La mayoría son de agua dulce, aunque algunas viven en aguas salobres (Aspredininae). Mees (1987, 1988) reconoce 10 géneros y cerca de 31 especies, distribuidas desde Colombia y Venezuela hasta la Argentina y Guayana a través del Amazonas. En Colombia se encuentra *Bunocephalinae* en las cuencas del Amazonas, el Orinoco, el Magdalena, el Sinú, el Atrato, y la vertiente del Pacífico.

TRICHOMYCTERIDAE. Cuerpo alargado y desnudo; barbillas mentonianas generalmente ausentes; 2 pares de barbillas maxilares; sin aleta adiposa; la mayoría son peces pequeños en forma de gusano, con dientes en los bordes externos de los huesos operculares dirigidos hacia atrás. Se distribuyen

desde Costa Rica y ampliamente a través de Suramérica tan al sur en Chile como la latitud 47° 31'. Es el registro más austral entre los peces primarios de agua dulce (*Hatcheria*) (Darlington, 1957). Comprende unos 30 géneros (e. g. *Trichomycterus*, *Eremophilus*, *Vandellia*, *Branchioica*, *Rhizosomichthys*) con alrededor de 136 especies (Baskin 1972, citado por Baskin et al. 1980). De las 14 familias y las 2.500 especies estimadas de Siluriformes suramericanos de agua dulce, sólo Trichomycteridae y Cetopsidae han sido reportadas por incluir especies parásitas (Gudger 1930, Kelley & Atz 1964), citados por Baskin et al. 1980. Eigenmann & Allen 1942, Roberts (1972), conocidas como candirú o carnero, de las 6 subfamilias de Trichomycteridae, Vandelliinae y Stegophilinae son las que incluyen las especies parásitas reportadas. Según Baskin et al. (1980) *Vandellia* (candirú o carnero) son los únicos parásitos hematófagos. También, estos autores (Baskin et al.) concluyen que los Cetopsidae son peces predadores y no parásitos. En Colombia están en todas las cuencas, principalmente en el pie de monte (elevaciones mayores de 200 m), llanuras altas (100–200 m de altitud), en corrientes rápidas de los Andes hasta más de 3.000 de elevación (e. g. *Trichomycterus*, *Eremophilus*). Un registro de *Trichomycterus* de gran significado biogeográfico, ya que estos peces son netamente primarios de agua dulce, fue hecho por Cala (1990) en la Isla Gorgona, lo cual apoya la creencia de que la Isla Gorgona tuvo una conexión continental en su pasado geológico.

CALLICHTHYIDAE. Cuerpo con placas óseas imbricadas en dos hileras longitudinales en sus flancos; aleta adiposa precedida por una espina. La mayoría de las especies son de tallas pequeñas (3–25 cm), y muy populares entre los aficionados a los acuarios. Incluye 8 géneros (e. g. *Corydoras*, *Hoplosternum*) con unas 110 especies (Nijssen & Isbrücker 1979), distribuidas desde Panamá hasta el río de la Plata. En Colombia se encuentran principalmente en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, también en el Magdalena, el Sinú y el Atrato.

LORICARIIDAE. Cuerpo cubierto por 5 hileras de placas o escudos óseos, generalmente imbricados, con abundantes denticulos dermales u odontos; el labio inferior forma un disco bucal succionario; barbillas cortas; aleta adiposa que cuando está presente, va precedida por una espina. Son peces bentónicos, con su parte central anterior plana; su boca en forma de disco succionario le ayuda a varias especies a mantenerse debajo y sobre objetos sólidos en aguas con corrientes fuertes; su dieta alimenticia va desde detritus y algas hasta pequeños animales bentónicos. Comprende alrededor de 620 especies nominales, asignadas a 81 géneros (Isbrücker 1980, 1981; Nijssen & Isbrücker, 1987), distribuidas desde Costa Rica hasta el río de la Plata; en Colombia están presentes en todas las cuencas, 110 especies nominales, clasificadas en 31 géneros y 4 de las subfamilias reconocidas. Muchas especies de loricáridos son de tallas pequeñas (4–20 cm) por lo

que son muy empleadas en acuarios, mientras que algunos *Hypostomus* pueden sobrepasar el metro de longitud. Los conocimientos taxonómicos y ecológicos sobre estos peces son muy pobres.

ASTROBLEPIDAE. Cuerpo desnudo; boca ventral con el labio inferior revertido para formar un disco succionario; aleta adiposa generalmente presente. Se reconoce sólo un género (*Astroblepus*) aún poco estudiado, con cerca de 35 especies habitantes de corrientes torrenciales del norte de los Andes desde Panamá hasta Bolivia.

Orden GYMNOTIFORMES

Conocidos como peces cuchillo, eléctricos, ca-loches, muestran notables convergencias con el grupo de peces africanos no emparentados Mormyroides, también peces nocturnos (e. g. Mormyridae) que se esconden durante el día en grietas u otros lugares resguardados. Fink & Fink (1981), con base en un estudio cladístico, consideran a los Gymnotiformes como descendientes de los Siluriformes, mientras que Mago-Leccia & Zaret (1978) y Géry (1984) los consideran descendientes de los Characiformes. Son peces estrictamente neotropicales. Se reconocen 6 familias, todas con órganos electrogeneradores como también receptores, que permiten una forma de comunicación a nivel intraespecífico e interespecífico así como detectar la presa o los obstáculos. La gigante "anguilla" eléctrica (*Electrophorus electricus*) es la única especie donde el "generador" es lo suficientemente potente como para producir fuertes descargas (hasta de 650 voltios, 350 voltios en promedio), como para matar o paralizar vertebrados relativamente grandes. Los órganos eléctricos a veces son visibles a trasluz en la región de la cola (e. g. *Eigenmannia*) o evidentes como filamentos cilíndricos mentonianos y humerales (*Steatogenys elegans*), mas no barbillas. Comprenden 23 géneros y cerca de 55 especies. Todas las familias están presentes en Colombia. Son peces con escamas cicloides, excepto Electrophoridae que no tiene el cuerpo cubierto de escamas; línea lateral completa, menos en *Hypopomus* e *Hypopygus*; aletas dorsales ausentes, excepto por un filamento en Apterontidae, que a su vez es la única familia con una aleta caudal distinguible; cintura y aletas pélvicas ausentes; aleta anal muy larga (más de 140 radios) que le permite al pez movimientos hacia adelante y hacia atrás; dientes presentes o ausentes en ambas mandíbulas, excepto *Sternarchogiton* con dientes sólo en la mandíbula inferior; vejiga gaseosa típicamente con dos cámaras; huesos intermusculares presentes y de 4 tipos; número de vértebras muy variable (40–240), a veces resultado de procesos regenerativos caudales; apertura anal bajo la cabeza o aletas pectorales.

STERNOPYGIDAE. Peces con dientes viliformes; cuerpo comprimido; hocico relativamente corto. Comprende 5 géneros (e. g. *Sternopygus*, *Eigenmannia*), con unas 11 especies distribuidas en las

aguas cálidas suramericanas. En Colombia se encuentran principalmente en las cuencas del Orinoco, el Amazonas y el Magdalena; también en el Sinú, el Atrato y la vertiente del Pacífico y posiblemente en el Catatumbo.

RHAMPHICHTHYIDAE. Peces con un hocico tubular largo; habitan corrientes tranquilas en cuyos lechos fangosos o arenosos se entierran; dientes ausentes en ambas mandíbulas; origen de la aleta anal no oculto por un repliegue de la piel y siempre a nivel o por delante de la base de la aleta pectoral. Incluye 2 géneros, el monotípico *Rhamphichthys* y *Gymnorhamphichthys* (Nijssen et al. 1976); pueden llegar a 1.5 m (e. g. *R. rostratus*). Presentes en aguas cálidas suramericanas. En Colombia se les ha encontrado en las cuencas de la Orinoquia y la Amazonas (Cala, 1977).

HYPOPOMIDAE. Dientes ausentes en la mandíbula inferior; narinas bien separadas, las anteriores más cercanas al ojo que a la punta anterior del hocico; origen de la aleta anal oculto por un pliegue de piel y generalmente ubicado detrás de la base de la pectoral. 4 géneros (e. g. *Hypopomus*, *Steatogenys*) con unas 12 especies. Habitan aguas dulces suramericanas. En Colombia se encuentran en la Orinoquia, el Amazonas, el Magdalena, el Sinú, el Atrato, y la vertiente del Pacífico (R. San Juan), representados por 2 especies de *Hypopomus*.

APTERONOTIDAE. Peces de aguas dulces suramericanas, desde Panamá hasta el río de la Plata: es el único gimnótido con una aleta caudal presente; con filamento dorsal en lugar de una aleta dorsal. 10 géneros (e. g. *Apteronotus*, *Adontosternarchus*, *Ubidia*) con cerca de 25 especies; alcanzan los 80 cm de longitud. En Colombia se han registrado principalmente en la Orinoquia, la Amazonia, el Magdalena, y el Sinú.

GYMNOTIDAE. Peces de aguas dulces de Centro y Suramérica (Guatemala — río de la Plata). Las narinas anteriores tocan el labio superior, a veces escondida en él; cuerpo casi cilíndrico; mandíbula inferior muy robusta y sobresaliente; cuerpo con bandas laterales verticales. Un género (*Gymnotus*) con 3 especies; crecen hasta los 60 cm de longitud. En Colombia básicamente se han reportado de la Amazonia, Orinoquia, Magdalena, Sinú, Atrato, vertiente Pacífico, probablemente también en el Catatumbo.

ELECTROPHORIDAE. Estas "anguillas" eléctricas o temblones están ampliamente distribuidos en la Amazonia y Orinoquia, incluyendo la parte colombiana. Son los gimnótidos sin escamas; cuerpo redondeado, con órganos eléctricos grandes, localizados en ambos lados de la columna vertebral y que cubren la parte posterior (quinta-sexta parte del cuerpo) del animal. Los mismos producen cargas letales (350 a 650 voltios de corrientes directa hasta de 2 amperios) para privar o aturdir la presa, generalmente peces. Organismos mayores, incluido

el hombre, pueden ser lesionados por el choque eléctrico, el cual puede producirse a intervalos de 0.002 a 0.005 segundos. El temblón es linealmente polar, su cabeza es positiva y su cola negativa. Otra curiosidad de este pez es que es respirador aéreo obligatorio (i. e. el pez muere si no se le permite tomar oxígeno del aire, incluso en condiciones normóxicas del agua donde habita). La familia es monotípica, y está integrada por la especie *Electrophorus electricus*; la validez de una segunda especie nominal requiere confirmación (Nelson, 1984). El temblón alcanza los 2.5 m de longitud.

Orden CYPRINODONTIFORMES

Peces con una sola aleta dorsal; cabeza generalmente deprimida; aletas generalmente sin espinas; segundo hueco circumorbital ausente. Comprende 3 subórdenes con un total de 13 familias, 120 géneros y cerca de 845 especies. Suborden Exocoetoidei (al que algunos ictiólogos dan el "status" ordinal de Beloniformes), línea lateral baja (ausente en algunos Hemiramphidae y en *Elassichthys*); 6—15 radios branquiostegales; mandíbula inferior alargada por lo menos en algún estadio de su ciclo de vida; aletas dorsal, anal y pélvicas muy atrás en el cuerpo; comprende 4 familias (e. g. Hemiramphidae, Belonidae) con 34 géneros (e. g. *Hemiramphus*, *Belonion*, *Potamorhaphis*) y 164 especies. Suborden Adrianichthyoidei — línea lateral ausente; 4—7 radios branquiostegales; narinas pares. 3 familias con 4 géneros (e. g. *Adrianichthys*, *Oryzias*) y 11 especies. Rosen & Parenti (1981, citados por Nelson, 1984) sólo reconocen la familia Adrianichthyidae. Son peces de agua dulce de la India, Japón al Archipiélago Indoaustraliano y las Islas Célebes. Suborden Cyprinodontoidei (microciprínidos) — línea lateral principalmente en la cabeza, no sobra el cuerpo; aberturas pares de las narinas; 3—7 radios branquiostegales; machos generalmente de colores brillantes. Parenti (1981) describe varios caracteres derivados compartidos en el grupo, en estructuras tales como: esqueleto caudal, mandíbula superior, arcos branquiales y posición de la primera costilla pleural. Miembros de este suborden son peces populares entre los aficionados a los acuarios y en los laboratorios experimentales. Parenti (1981) hace un estudio detallado de estos peces, clasificándolos en el orden Cyprinodontiformes, 2 subórdenes (Aplocheiloidei y Cyprinodontoidei) y 9 familias. Nelson (1984) reconoce 6 familias (e. g. Aplocheilidae, Cyprinodontidae, Poeciliidae) con 82 géneros (e. g. *Austrofundulus*, *Pterolebias*, *Rivulus*, *Rachovia*, *Orestias*, *Poecilia*, *Gambusia*, *Xiphophorus*).

BELONIDAE. Son peces epipelágicos de aguas tropicales y templadas, marinas y dulces, e. g. de Suramérica, India y sureste asiático. Con escamas pequeñas: apertura bucal larga, mandíbulas alargadas con numerosos dientes en forma de aguja (2 especies suramericanas de agua dulce del género *Belonion* tienen la mandíbula superior corta, similar a

Hemirhamphidae). 9–10 géneros (e. g. *Belonion*, *Potamorhaphis*) con 32 especies (Collette, 1982). En Colombia se han reportado belonidos de aguas dulces tranquilas de la Amazonia y la Orinoquia.

APLOCHEILIDAE. Los rivulines son los únicos peces del suborden con la base de las aletas pélvicas insertadas cerca la una de la otra; 3 radios branquiostegales. Parenti (1981) le dio "status" subordinado a esta familia, incluyendo los peces africanos y parasiáticos en la familia Aplocheilidae, y los rivulines americanos (encontrados desde el sur de la Florida, Centroamérica y a través de Suramérica hasta el Uruguay) en la familia Rivulidae. Miembros de este grupo también están, en un sistema alterno y clásico, clasificados en la subfamilia Rivulinae dentro de los Cyprinodontidae. Una de las especies (*Rivulus marmoratus*) comprende individuos con gónadas funcionales simultáneamente como ovarios y testes (hermafroditas con fertilización propia). La fertilización es interna y luego ponen los huevos (Harrington, 1961, citado por Nelson, 1984). 2 especies del género suramericano *Cynolebias* tienen fertilización interna. Algunos miembros de esta familia son conocidos como peces anuales ya que los adultos desovan durante el último período de lluvias de fin de año y los huevos sobreviven el período seco (diciembre-abril) enterrados en el substrato, e. g. *Austrofundulus myersi* Dahl, 1971), en el noroeste de Colombia (Córdoba y Sucre). El nacimiento se efectúa al inicio de la siguiente estación lluviosa (mayo-junio), pero la eclosión de los huevos no está sincronizada o se hace simultáneamente en el mismo lugar de inundación o reservorio de aguas lluvias. La familia comprende unos 15 géneros (e. g. *Austrofundulus*, *Cynolebias*, *Pterolebias*, *Rivulus*, *Rachovia*). Se conoce su existencia en Colombia en la Amazonia, la Orinoquia, el Magdalena, el Sinú, el Atrato, la vertiente del Pacífico y la Caribe-Guajira.

POECILIIDAE. Peces vivíparos o con fertilización interna, excepto *Tomeurus gracilis*, que es ovípara (pone huevos fertilizados) o facultativamente vivípara, lo cual conlleva a que todos los poecilidos pueden considerarse vivíparos. También, son fácilmente definidos como grupo monofilético en sentido cladístico, particularmente por el único carácter derivado del gonopodio y otras modificaciones anatómicas reproductivas para su viviparidad. Dos géneros de poecilidos tienen biotipos altamente exitosos que se presentan en forma natural y producen solamente monosexos hembras. Clones unisexuales hembras de *Poecilia* se encuentran en el noreste de México y sur de Texas, también formas todas hembras de *Poeciliopsis* las hay en el noroeste mexicano. Ambos géneros incluyen diploides (2n) y triploides (3n), todos ellos producto de la hibridización (Schultz, 1989). *Poecilia formosa*, un pez unisexo de origen híbrido (Schultz op. cit.) es uno de los varios vertebrados unisexuales que se reproducen por ginogénesis —esperma de una especie bisexual cercana es necesario para iniciar el desarrollo de los huevos (Hubbs & Hubbs 1946, citado por

Balsano et al. 1989) pero no contribuye con ningún material genético; todo el material hereditario es de origen materno (Kallman, 1962, Darnell et al. 1967). Las hembras producen huevos diploides por apomixis (Monaco et al. 1984), lo cual implica la supresión de la meiosis I, por lo que no hay división de reducción ni bivalentes. Endoduplicación premeiótica, seguida por meiosis normal se presenta en la mayoría de los unisexos de reproducción ginogénica (Morre, 1984). *P. formosa*, natural del sureste de Texas y noreste de México, es un "parásito sexual" de su congénero *P. latipina*, especie bisexual y simpátrica de los ríos costeros y de *P. mexicana* en los ríos del interior (Darnell & Abramoff 1968, citados por Balsano et al. 1989). Una vez obtenido este monosexo triploide, aparentemente sólo se reproduce por ginogénesis ya que sólo pueden sobrevivir en el laboratorio por cruce con machos congénicos (Rasch & Balsano 1974, Strömmen et al. 1975, tomados de Balsano et al. 1989).

Los Poeciliidae incluyen unas 200 especies de pequeños peces, en su mayoría menores de 5 cm de longitud, de latitudes tropicales y subtropicales del nuevo mundo, con una concentración en Centro y Suramérica; constituyen la base de la industria de peces ornamentales. En Colombia se encuentran principalmente en el río Magdalena, vertiente Caribe-Guajira, río Sinú, vertiente Pacífico, río Atrato; en la Orinoquia se ha encontrado *Poecilia reticulata* (Cala 1977), seguramente introducida en el sistema del alto río Metica en los alrededores de Villavicencio, al igual que en la mayoría de las cuencas hidrográficas colombianas.

Orden PERCIFORMES

Los perciformes constituyen el orden más diversificado de todos los peces y a la vez el grupo más grande de los vertebrados por lo que dominan en muchas aguas tropicales y subtropicales. Su clasificación es controvertida; algunos autores proponen incluir en este orden otros grupos (e. g. Scorpaeniformes) y excluir algunos (e.g. Mugiloidei). Peces con espinas en las aletas; 2 aletas dorsales, sin aleta adiposa; escamas ctenoides; una espina y 5 radios blandos (a veces menos) en la aleta pélvica; fisoclistos (ducto ausente en la vejiga gaseosa). Los Perciformes están divididos en 82 subórdenes, 150 familias y alrededor de 1367 género con unas 7800 especies (Nelson, 1984). Nelson reporta cerca de 680 especies de cíclidos, mientras que Kullander (1988) menciona 1111 especies válidamente descritas, lo cual aumentaría el número de especies de Perciformes a unas 8231.

SCIAENIDAE. Son peces marinos, de aguas salobres, y de aguas dulces particularmente en Suramérica. Tienen una aleta dorsal larga, con una ranura profunda separando la porción espinosa de la blanda, la primera con 6–13 espinas y la segunda con 1 espina y generalmente 20–35 radios blandos; línea lateral con escamas hasta el final de la aleta

caudal; caudal ligeramente emarginada a redondeada; borde superior óseo del opérculo bifido; cabeza con largos canales cavernosos (parte del sistema de la línea lateral); poros conspicuos en el hocico y mandíbula inferior. Las curvinatas, o roncós, producen sonidos usando la vejiga gaseosa como una cámara de resonancia. Algunas especies son importantes como peces comestibles. Esta familia agrupa unos 50 géneros (e. g. *Cynoscion*, *Micropogon*, *Ophioscion*, *Umbrina*, *Plagioscion*) con cerca de 210 especies. Chao (1978, citado por Nelson 1984) da una lista de los 4 géneros (e. g. *Aplodinotus*, *Plagioscion*, *Pachyurus*) y las 22 especies nominales de agua dulce y del nuevo mundo. En Colombia, las especies de agua dulce (*Plagioscion*) se encuentran en la Amazonia, Orinoquia y el Magdalena.

NANDIDAE. Peces hoja de agua dulce (ocasionalmente en aguas salobres) del noreste suramericano, oeste africano y sur de Asia. Cabeza generalmente larga; boca usualmente larga y altamente protractil; aleta dorsal continua; caudal redondeada; línea lateral incompleta o ausente. En estado de reposo, la mayoría semejan falazmente hojas flotantes (homocromía). Longitud máxima de unos 21 cm; 7 géneros (e. g. *Monocirrhus*, *Polycentrus*) con unas 10 especies. En Colombia se ha reportado una especie (*Monocirrhus polyacanthus*) de la Amazonia y la Orinoquia.

CICHLIDAE. Son peces de agua dulce y salobre del Neotrópico (con una especie que se extiende hacia el norte hasta Texas), Indias occidentales, Africa, Madagascar, Siria, Srilanka y costas de la India. Tienen un par de narinas; línea lateral interrumpida. Longitud máxima hasta de 80 cm. Los cíclidos son importantes tanto como peces comestibles (e. g. *Cichla* o pavón, *Caquetai* o mojarra amarilla, *Oreochromis* p. ej. tilapia nilótica), o como peces ornamentales (*Pterophyllum* o escalares, *Symphysodon* o discos, *Astronotus* u óscares). Algunas especies de esta familia tienen actividades reproductivas altamente organizadas; tres formas de cuidado parental pueden ser reconocidas: incubación oral donde generalmente la hembra lleva los huevos fertilizados en la boca (e. g. *Oreochromis niloticus*); ambos sexos pueden cuidar los huevos puestos en el substrato; unas pocas especies combinan los dos métodos anteriores, los huevos son puestos y cuidados sobre el substrato, pero los recién nacidos son llevados a la boca de los padres para protegerlos. La piel del pez disco (*Symphysodon*) produce una secreción mucosa lechosa para alimentar sus crías a los 2 o 3 días de la eclosión, una vez las larvas nadan libremente y se colocan en los flancos de los cuerpos de los padres.

Los cíclidos han atraído mucho la atención en la biología evolutiva debido a la existencia de congregaciones de especies (species flocks) en Africa (Greenwood 1974). Un caudal de información sobre la biología, radiación adaptativa y especiación de los cíclidos africanos es dado por Fryer & Iles (1972). Los cíclidos endémicos constituyen la ma-

yoría de la ictiofauna de los tres grandes lagos africanos; el lago Victoria con unas 300 especies de cíclidos (casi todas endémicas) es el más joven, de ellos pues se originó hace menos de un millón de años. Toda evidencia indica que con los cíclidos del Victoria estamos observando una fase incipiente de evolución de vertebrados de inmenso valor para estudios de biología comparada y evolutiva de vertebrados.

En 1960 el pez perca del Nilo (*Lates niloticus*) encontró la vía hacia la parte norte del Lago Victoria, aparentemente desde estanques aledaños donde había sido llevado, en espera del arreglo de una disputa sobre la conveniencia de su introducción en el lago. La perca del Nilo se fue extendiendo en el lago, pero solamente a finales de los años 70 se notó un aumento alarmante de este pez y una concomitante disminución de los cíclidos del grupo Haplochrominae y de otros peces del lago en las aguas de Kenya. Los haplocromines virtualmente habían desaparecido (antes del establecimiento de la perca se capturaban cientos de miles por hora de pesca de arrastre (trawling); en 1984 sólo 2 de ellos se obtuvieron con un esfuerzo similar de pesca; la pesca consistió principalmente de *Lates niloticus* (Barel 1985). Con base en esta información se presume que gran parte de las múltiples especies de Haplochrominae del Lago Victoria desaparecerán. Este caso real pone de presente el peligro que representa la introducción prematura y el escape al medio natural de especies exóticas sin el debido estudio de impacto ambiental.

Orden PLEURONECTIFORMES

Los peces planos o lenguados adultos son asimétricos, con cuerpo altamente comprimido, algo redondeado en el lado del cuerpo con ojos y plano en el lado ciego; aletas anal y dorsal generalmente largas; en su mayoría 6 a 7 radios branquiostegales, raramente 8; adultos casi siempre sin saco gaseoso; cavidad celómica pequeña; escamas cicloides, ctenoides o tuberculares.

Son peces muy distintivos. Los peces planos jóvenes tienen simetría bilateral y nadan hacia arriba, pero pronto en su desarrollo un ojo migra a través de la parte superior del cráneo para colocarse adyacente al ojo del otro lado. Luego, los peces yacen y nadan sobre el lado sin ojos. El cambio implica una modificación compleja de los huesos del cráneo, nervios y músculos, dejando un lado del pez ciego (lado inferior) y el otro lado con 2 ojos (lado superior). El lado superior es pigmentado, mientras que el lado inferior es generalmente blanco. La mayoría de las especies de Pleuronectiformes tienen ambos ojos en el lado derecho y yacen sobre el lado izquierdo (son derechos o diestros) o tienen ambos ojos en el lado izquierdo (son izquierdos o siniestros). En algunas especies hay individuos diestros y siniestros, e. g. el Pleuronectidae *Platichthys stellatus* del Pacífico norte. Aparentemente, no hay

argumentos convincentes sobre una ventaja adaptativa para que estos peces sean diestros o siniestros; en algunas regiones dominan los siniestros y en otras los dos tipos se presentan en proporciones semejantes, v. gr. los pleuronectidos de las aguas japonesas y de California, respectivamente.

Se reconocen cerca de 538 especies, clasificadas en 117 géneros y 6 familias. Li (1981) presenta un estudio filogenético del orden en 84 caracteres morfológicos, seguido en la presentación de las familias por Nelson (1984). Son peces bentónicos y carnívoros. Tamaño máximo hasta casi 3 m, pero mucho más pequeños en la mayoría de los grupos. Muchas especies son importantes en las pesquerías y muy apreciadas en la alimentación.

En Colombia hay lenguados marinos siniestros de las familias Bothidae y Cynoglossidae; también peces planos marinos diestros de la familia Soleidae, con algunas especies de agua dulce en la Orinoquia y Amazonia.

SOLEIDAE. Peces lenguados o planos, principalmente marinos, con algunas especies en aguas dulces; ojos diestros y 2 subfamilias. Los Achirinae son peces anfiamericanos con varias especies en aguas dulces; margen del preopérculo representado por una ranura superficial; aletas dorsal y anal libres de la caudal; aleta pélvica derecha unida a la anal; comprende 9 géneros (e. g. *Achirus*, *Trinectes*) con 28 especies. La subfamilia Soleinae está distribuida principalmente en Europa y llega hasta Australia y Japón; margen del preopérculo completamente encubierto; aletas dorsal y anal libres o unidas a la caudal; pélvicas libres de la anal; 22 géneros (e. g. *Solea*, *Zebrias*). En Colombia se han registrado Achirinae que entran a las partes bajas de los ríos de la vertiente del Caribe (*Achirus fasciatus*); también 2 especies dulceacuícolas en la Amazonia y la Orinoquia de los géneros *Achirus* y *Apionichthys*.

Conclusiones y Discusión

En este trabajo la diversidad es definida como el número de familias, de géneros y especies de peces. Así, cuando se compara la ictiofauna de las zonas templadas con la de las tropicales, es claro que las comunidades de peces tropicales son generalmente mucho más diversas que sus contrapartes de latitudes templadas.

Las causas de la alta diversidad en los sistemas de ríos tropicales (e. g. Orinoco y Amazonas, ictiológicamente uno de los sistemas más complejos) no son muy claras, y las hipótesis hasta ahora propuestas no son convincentes debido a la falta de información. Mejores estudios sobre la filogenia, la geología histórica de las cuencas, mayor información

sobre distribución, y registros fósiles son necesarios para una adecuada interpretación.

Los tres factores utilizados para explicar la alta diversidad son: el tiempo, la estabilidad del clima y la heterogeneidad espacial. De acuerdo con el factor tiempo, las comunidades tropicales de las llanuras son muy antiguas, por lo cual muchas especies se han acumulado a través de largos períodos. El factor de la estabilidad climática implica que las regiones templadas, que las zonas tropicales por su latitud permanecieron más estables durante las glaciaciones —no hubo disminución de la fauna—, por lo menos en algunas áreas como la “gran cuenca” Amazonas-Orinoco. El factor heterogeneidad espacial supone la existencia de más nichos en los sistemas tropicales que en los templados. Weitzman & Weitzman (1982), han señalado como la complicada historia geológica y climatología de la región a partir del Cenozoico inferior, especialmente en relación con las áreas periféricas de los escudos de las Guayanas y brasileño, y el levantamiento de los Andes, pueden ser responsables de gran parte de la diversidad íctica observada en la actualidad.

La ictiofauna colombiana está relativamente bien conocida a nivel de familia, a pesar de no existir una clasificación universalmente aceptada, en especial en lo relativo a los Characiformes (Greenwood et al 1966, Géry 1977, Vari 1983, Nelson 1984). De las 92 familias de peces representados en las aguas dulces de Suramérica (Swing & Ramsey 1989), 24 corresponden a familias marinas algunas de cuyas especies remontan temporalmente aguas dulces, 15 son principalmente marinas con algunas especies propias de agua dulce, 47 son netamente de agua dulce y 6 son familias exóticas para el área y cuyas especies han sido introducidas.

Acá se relacionan 59 familias registradas en aguas epicontinentales colombianas, 38 primarias de agua dulce, 11 marinas con especies de aguas dulces, 6 marinas con especies que remontan temporalmente las aguas dulces y 4 exóticas o con especies introducidas (Tabla 1).

Los peces de agua dulce de Colombia se pueden dividir en 5 grupos principales (Tabla 2). Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes (cada uno representa grupos relacionados); peces misceláneos (taxones que no encajan en ninguno de los otros grupos); derivados marinos (taxones cuyos parientes son en su mayoría oceánicos). De manera similar Goulding et al. (1988) agrupan la ictiofauna del río Negro. Aunque la ecología de las aguas continentales colombianas está insuficientemente conocida, cabe enumerar algunas de las adaptaciones más importantes: Cala (1990 a) peces de superficie, peces de aguas intermedias, peces de fondo, peces con órganos accesorios de respiración, peces con migraciones laterales.

TABLA 1

Distribución de las familias de peces de agua dulce registradas en Colombia, 1: vertiente Pacífico, 2: cuenca río Atrato, 3: cuenca río Sinú, 4: cuenca río Magdalena, 5: vertiente Caribe-Guajira, 6: cuenca río Catatumbo, 7: cuenca río Orinoco, 8: cuenca río Amazonas (Cala 1977). Un asterisco (*) indica familias básicamente marinas con especies de agua dulce; dos asteriscos (**) indican familias marinas con especies que penetran aguas dulces temporalmente; (i) indica presencia de una familia exótica debido a introducción por el hombre. Clasificación según Nelson (1984), excepto para algunos Characiformes.

Taxones	1	2	3	4	5	6	7	8
CHONDRICHTHYES								
Lamniformes								
Carcharhinidae**				+				+
Rajiformes								
Pristidae**			+	+				
Dasyatidae**				+				
Potamotrygonidae		+		+			+	+
OSTEICHTHYES								
Lepidosireniformes								
Lepidosirenidae								+
Osteglossiformes								
Osteoglossidae							+	+
Elopiformes								
Megalopidae**			+	+				
Anguilliformes								
Anguillidae					+			
Clupeiformes								
Clupeidae*							+	+
Engraulididae*				+			+	+
Cypriniformes								
Cyprinidae (i)			+	+			+	+
Characiformes								
Characidae	+	+	+	+	+	+	+	+
Erythrinidae	+	+	+	+	+	+	+	+
Ctenolucidae		+	+	+		+	+	+
Cynodontidae							+	+
Lebiasinidae	+	+	+	+		+	+	+
Parodontidae		+	+	+	+	+	+	+
Gasteropelecidae	+	+	+	+		+	+	+
Prochilodidae		+	+	+	+	+	+	+
Curimatidae	+	+	+	+		+	+	+
Anostomidae		+	+	+	+	+	+	+
Hemiodidae		+	+	+			+	+
Chilodontidae							+	+
Siluriformes								
Ariidae**			+	+				
Doradidae				+			+	+
Auchenipteridae		+	+	+			+	+
Pimelodidae	+	+	+	+	+	+	+	+

(Continúa)

TABLA 2

Lista alfabética de las familias de peces hasta ahora conocidas de aguas dulces de Colombia. Las familias están divididas en 5 grupos mayores: Characiformes (Caracines), Siluriformes (bagres), Gymnotiformes (peces eléctricos o cuchillos), peces misceláneos o derivados marinos. Los caracines, bagres y peces eléctricos representan cada uno grupos relacionados. Misceláneos son los taxones que no encajan en ninguno de los otros grupos aquí definidos. Derivados marinos son taxones cuyos parientes son en su mayoría oceánicos. No se incluyen familias con especies que temporalmente remontan corrientes de agua dulce, ni las exóticas.

CHARACIFORMES

Anostomidae
Characidae
Chilodontidae
Ctenolucidae
Curimatidae
Cynodontidae
Erythrinidae
Gasteropelecidae
Hemiodontidae
Parodontidae
Prochilodontidae

SILURIFORMES

Ageneiosidae
Aspredinidae
Astroblepidae
Auchenipteridae
Callichthyidae
Cetopsidae
Doradidae
Helogenidae
Hypophthalmidae
Loricariidae
Pimelodidae
Trichomycteridae

GYMNOTIFORMES

Apteronotidae
Electrophoridae
Gymnotidae
Rhamphichthyidae
Sternopygidae

PECES MISCELANEOS

Anguillidae
Aplocheilidae
Cichlidae
Lepidosirenidae
Nandidae
Osteoglossidae
Poeciliidae
Potamotrygonidae
Synbranchidae

DERIVADOS MARINOS

Batrachoidae
Belonidae
Clupeidae
Eleotridae
Engraulidae
Gobiesocidae
Gobiidae
Sciaenidae
Soleidae
Syngnathidae
Tetraodontidae

Bibliografía

- Balsano, J.S., E.M. Rasch & P.J. Monaco. 1989. The evolutionary ecology of *Poecilia formosa* and its triploid associate. In Meffe, G.K. & F.F. Snelson, Jr., (eds.), Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. pp. 277-297.
- Barel, C.D.N. 1985. Cichlid species flock of Lake Victoria on the verge of extinction. *Haplochromis Ecol. Surv. Team (HEST)*, Leiden. 2 pp.
- Baskin, J.N. 1972. Structure and relationships of Trichomycteridae. Ph. D. Dissertation, City University of New York. 509 + xxi pp.
- Baskin, J.N., T.M. Zaret & F. Mago-Leccia. 1980. Feeding of reportedly parasitic catfishes (Trichomycteridae and Cetopsidae) in the Rio Portuguesa, Venezuela. *Biotropica* 12 (3): 182-186.
- Bohlke, J.E., S.H. Weitzman & N.A. Menezes. 1978. Estado actual da sistemática dos peixes de água doce da América do Sul. *Acta Amazónica* 8 (4): 657-677.
- Cala, P. 1977. Los peces de la Orinoquia Colombiana: lista preliminar anotada. *Lozania* 24: 1-21.
- . 1987a. La ictiofauna dulceacuícola de Colombia: una visión histórica y su estado actual. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 16 (62): 69-84.
- . 1987b. The fish fauna and aquatic milieu of the Llanos of Colombia (Orinoco basin) with special regard to respiratory

- patterns of fishes inhabiting extreme hypoxic waters. in Kullander, S.O. & B. Fernholm (eds.) Proc. V. Congr. europ. Ichthyol., Stockholm 1985, pp. 117-126.
- _____. 1990a. Diversidad, adaptaciones y ecología de los peces de la Orinoquia. Resúmenes XI Congr. Lat. Zool., Cartagena 1990, Colombia. pp. 16-17.
- _____. 1990b. Biodiversidad en aguas dulces de la Isla. in Aguirre, J. & O. Rangel (eds.), Biota y ecosistemas de Gorgona. FEN, Colombia. pp. 282-295.
- Chao, L.N. 1978. A basis for classifying western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). NOAA Tech. Rep. NMFS Circ. 415. 64 pp.
- Collette, B.B. 1982. South American freshwater needlefishes of the genus *Potamorhaphis* (Beloniformes: Belonidae). Proc. Biol. Soc. Wash. 95: 714-747.
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. INDERENA, Bogotá. 391 pp.
- _____. 185. Jaguar. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 184 pp.
- Darlington, P.J., Jr. 1957. Zoogeography: the geographical distributions of animals. Wiley, New York. 675 pp.
- Darmell, R.M., P. Abramoff, & E. Lamb. 1967. Matroclinal inheritance and clonal structure of a Mexican population of the gynogenetic fish, *Poecilia formosa*. Evolution 21: 168-173.
- _____. 1968. Distribution of the gynogenetic fish, *Poecilia formosa*, with remarks on the evolution of the species. Copeia (1968): 354-361.
- Eigenmann, C.H. 1906. The fresh-water fishes of South and Middle America. The popular Science Monthly 68 (34): 515-530.
- _____. 1909. Part 3. The fresh-water fishes of Patagonia and an examination of the Archiplata-Archhelenis theory. In Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896-1899, 3: 227-374. Princeton Univ. Princeton, N.J.
- _____. 1912. The fresh-water fishes of British Guiana, including a study of the ecological grouping of species and relation to the fauna of the plateau to that of the lowlands. Mem. Carnegie Mus. 5 (1): iii-xxii, 1-554.
- _____. 1917. The American Characidae. Part 1. Mem. Mus. Comp. Zool. 43: 1-102, 16 pls.
- _____. 1921. The origin and distribution of the genera of the fishes of South America west of the Maracaibo, Orinoco, Amazon, and Titicaca basins. Proc. Amer. Phil. Soc. 60: 1-6.
- _____. 1922. The fishes of western South America. Part 1. The fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia, Panamá, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with and appendix upon the fishes of the rio Meta in Colombia. Mem. Carnegie Mus. 9 (1): 1-346, 35 pls., 1 map.
- _____. & W.R. Allen. 1942. Fishes of western South America. University of Kentucky, Lexington. 494 pp.
- Fink, S.V. & W.L. Fink. 1981. Interrelationships of the Ostariophysan fishes (Teleostei). Zool J. Linn. Soc. 72: 297-353.
- Fryer, G. & T.D. Iles. 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Oliver & Boyd, Edinburgh. 641 pp.
- Géry, J. 1964. Poissons characoides nouveaux ou non signalés de l'Illa do Bananal, Brésil, Vie et Milieu, Supplement 17: 447-471.
- _____. 1969. The fresh-water fishes of South America. In Fittkau, E.J., J. Illies, H. Klinge, G.H. Schwabe & H. Siofi (eds), Biogeography and ecology in South America, 2: 828-848. Monogr. Biol. 19. Dr. W. Junk, The Hague.
- _____. 1977. Characoid of the world, TFH Pub., Neptune City, N.J. 672 pp.
- _____. 1984. The fishes of the Amazonia. In H. Siofi (ed.), The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. W. Junk, Dordrecht. pp. 353-370.
- Gosline, W.A. 1971. Functional morphology and classification of teleostean fishes. Univ. Press Hawaii, Honolulu. 208 pp.
- Goulding, M., M. Leal Carvalho & E.G. Ferreira. 1988. Río Negro, rich life in poor water. SPB Academic Publishing by, The Hague. xi + 200 pp.
- Greenwood, P.H., D.E. Rosen, S.H. Weitzman & G.S. Myers. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 131 (4): 339-455.
- Greenwood, P.H. 1974. The cichlid fishes of Lake Victoria, east Africa: the biology and evolution of a species flock. Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.), Suppl. 6: 1-134.
- Gudger, E.W. 1930. On the alleged penetration of the human urethra by an Amazonian catfish called candirú with a review of the allied habits of other members of the family Pygidiidae, parts I and II. Amer. J. Surgery, n. s. 8: 170-188, 443-457.
- Hubs, C.L. & L.C. Hubbs. 1946. Experimental breeding of the Amazon molly. Aquarium J. 17: 4-6.
- Isbrücker, I.J.H. 1980. Classification and catalogue of mailed Loricariidae (Pisces, Siluriformes). Versl. Techn. Geg. Inst. Taxon Zool. (Zoöl. Mus.), Univ. Amsterdam, 22: 1-181.
- _____. 1981. A treatise of the Loricariidae BONAPARTE, 1831, a family of South American mailed catfishes, with emphasis on the subfamily Loicariinae (Pisces, Siluriformes). Thèse d' Université. 224 pp., 52 pls.
- Kallman, K.D. 1962. Population genetics of gynogenetic teleost. *Mollienesia (Poecilia) formosa*. Evolution 16: 497-504.
- Kelly, W.E. & J. ATZ. 1964. A pygidiid catfish that can suck blood from goldfish. Copeia (1964): 702-704.
- Kullander, S.O. 1988. Cichliderna. Sydamerikas brokiga abborrar. Fauna och Flora 83 (4): 158-167.
- Lowe-McConnell, R.H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 382 pp.
- LI, S.Z. 1981. On the origin, phylogeny and geographical distribution of the flatfishes (Pleuronectiformes). Trans. Chin. Ichthyol. Soc. 1981 (1): 11-20.
- Lundberg, J.G., A. Machado-Allison, & R.F. Kay. 1986. Miocene characid fishes from Colombia: evolutionary stasis and extirpation. Science 234: 208-209.
- Magó-Leccia, F. 1978. Los peces de la familia Sternopygidae de Venezuela. Acta Cient. Venez. 29 (Supl. 1): 1-89.
- _____. & T.M. Zaret. 1978. Taxonomic status of *Rhabdolichops trachelii* (Kaup, 1856) and speculations on gymnotiform evolution. Fav. biol. Fish. 3 (4): 379-384.
- Mees, G.F. 1974. The Auchenipteridae and Pimelodidae of Suriname (Pisces, Nematognathi). Zool Verhand. 132: 1-256, 15 pls.

- _____. 1987. The members of the subfamily *Aspredinae*, family *Aspredinidae* in Suriname (Pisces, Nematognathi). Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Ser. C. 90 (2): 173-192.
- _____. 1988. The genera of the subfamily *Bunocephalinae* (Pisces, Nematognathi, *Aspredinidae*). Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Ser. C. 91 (1): 85-102.
- _____. & P. Cala. 1989. Two new species of *Imparfinis* from northern South America (Pisces, Nematognathi, *Pimelodidae*). Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Ser. C, 92 (3): 279-394.
- Menezes, N.A. 1972. Distribuição e origen da fauna de peixes da água doce das grandes bacias fluviais do Brasil. In: poluicao e piscicultura, notas sobre poluicao, ictiologia e piscicultura. Publ. Comissao Interstadual Bacia Paraná-Uruguaí. pp. 73-78.
- Monaco, P.J., E.M. Rasch & J.S. Balsano. 1984. Apomitic reproduction in the Amazon molly, *Poecilia formosa*, and its triploid hybrids. In B.J. Turner (ed.), evolutionary genetics of fishes. Plenum Press, New York, pp. 311-328.
- Moore, W.S. 1984. Evolutionary ecology of unisexual fishes. In Turner B.S. (ed.) evolutionary genetics of fishes. Plenum Press, New York. pp. 329-398.
- Myers, G.S. 1947. The Amazon and its fishes. Part. 4. The fish in its environment. Aquar. J. 18 (7): 8-19, 34.
- _____. 1949. Salt-tolerance of fresh-water fish groups in relation to zoogeographical problems. Bijdragen Dierk. (Leiden) 28: 315-322.
- _____. 1966. Derivation of the freshwater fish fauna of Central America. Copeia, 1966 (4): 766-773.
- Nelson, J.G. 1984. Fishes of the world. 2nd. ed. John Wiley, New York. 523 pp.
- Nijssen, H. & I.J.H. Isbrücker. 1979. Chronological enumeration of nominal species and subspecies of *Corydoras* (Pisces, Siluriformes, Callichthyidae). Bull. Zool. Mus. Univ. Amsterdam 6: 129-135.
- _____. 1983. Review of the genus *Corydoras* from Colombia, with description of two new species (Pisces, Siluriformes, Callichthyidae). Beaufortia 33: 53-71.
- _____. 1986. Review of *Corydoras* from Perú and Ecuador (Pisces, Siluriformes, Callichthyidae). Stud. Neotrop. Fauna and Environ. 21 (1-2): 1-68.
- _____. 1987. *Spectracanthicus marinus*, nouveaux genre et espèce de poisson-chat cuirassé du Rio Tapajós, Est Pará, Bresil, avec des remarques sur d'autres genres de Loricariidés (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). Revue fr. Aquariol. Herpétol. 13 (4): 93-98.
- _____. & J. Géry. 1976. On the species of *Gymnorhamphichthys* Ellis, 1912, translucent sand-dwelling gymnotid fishes from South America (Pisces, Gymnotiformes, Gymnotoidei). Stud. Neotrop. Fauna and Environ. 11: 37-63.
- Parenti, L.R. 1981. A phylogenetic and biogeographic analysis of Cyprinodontiform fishes (Teleostei, Atherinomorpha). Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 168 (4): 335-557.
- _____. 1984a. Killifish classification. The Aquarist, June, 20-22.
- _____. 1984b. A taxonomic revision of the Andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 178: 107-214.
- _____. 1984c. Biogeography of the Andean killifish genus *Orestias* with comments on the species flock concept. in Echelle, A.A. & I. Kornfield (eds.), evolution of fish species flocks. Univ. Maine Press, Orono, Maine. pp. 85-92.
- Patterson, C. 1967. Telcostei. In W.B. Harland et al. (eds.), the fossil record. London Geol. Soc. pp. 564-656.
- Rash, E.M., & J.S. Balsano. 1974. Biochemical and cytogenetic studies of *Poecilia* from eastern Mexico. II. Frequency, perpetuation, and probable origin of triploid genomes in females associated with *Poecilia formosa*. Rev. Biol. Trop. 21: 351-381.
- Reid, S. 1983. La biología de los bagres rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum* en la cuenca del Río Apure, Venezuela. Rev. UNELLEZ Cienc. Tecnol., Ser. Prod. Agric., 1 (1): 13-41.
- Roberts, T.R. 1972. Ecology of fishes in the Amazon and Congo basins. Bull. Mus. Comp. Zool. 143 (2): 117-147.
- _____. 1974. Osteology and classification of the Neotropical characoid fishes of the families Hemiodontidae (including Anodontinae) and Parodontidae. Bull. Mus. Comp. Zool. 146 (9): 411-472.
- _____. 1975. Characoid fish teeth from Miocene deposits in the Cuenca Basin, Ecuador. J. Zool. (London), 1975 (175): 259-271.
- Schultz, R.J. 1989. Origins and relationships of unisexual poeciliids. In Mefee G.K. & F.F. Snelson, Jr., (eds.), ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Prentice Hall, New Jersey. pp. 69-87.
- Simpson, B.B. 1975. Pleistocene changes in the flora of the high tropical Andes. Paleobiology 1 (3): 273-294.
- Strömmen, C., E.M. Rasch, & J.S. Balsano. 1975. Cytogenetic studies of *Poecilia* (Pisces). V. Cytophotometric evidence for the production of fertile offspring by triploids related to *Poecilia formosa*. J. Fish Biol. 7: 667-676.
- Swing, C.K. & J.S. Ramsey. 1989. A field key to fish families reported from South American fresh waters. Occ. Pap. Mus. Nat. Sci. 64: 1-73.
- Vari, R.P. 1982. Systematics of the Neotropical characoid genus *Curimatopsis* (Pisces: Characoidei). Smithsonian Contrib. Zool. 373: 1-28.
- _____. 1983. Phylogenetic relationships of the families Curimatidae, Prochilodontidae, Anostomidae, and Chilodontidae (pisces: Characiformes). Smithsonian Contrib. Zool. 378: 1-60.
- _____. 1984. Systematics of the Neotropical characiform genus *Potamorhina* (Pisces: Characiformes). Smithsonian Contrib. Zool. 400: 1-36.
- _____. 1989. Systematics of the Neotropical characiform genus *Pseudocurimata* Fernández-Yépez (Pisces: Ostariophysii). Smithsonian Contrib. Zool. 490: 1-28.
- Weitzman, S.H. 1962. The osteology of *Brycon meeki*, a generalized characid fish, with an osteological definition of the family. Stanford Ichthyol. Bull. 8 (1): 1-77.
- _____. & M. Weitzman. 1982. Biogeography and evolutionary diversification in Neotropical freshwater fishes, with comments on the refuge theory. In G.T. France (ed.), biogeographical diversification in the tropics. Columbia Univ. Press, New York. pp. 403-422.
- Winterbottom, R. 1980. Systematics, osteology, and phylogenetic relationships of fishes of the ostariophysan subfamily Anostominae (Characoidei, Anostomidae). Life Sci. Contrib. R. Ont. Mus. 123: 1-112.

ASPECTOS DEL MECANISMO DE DEFENSA DE LAS PLANTAS *

por

Virginia Montes de Gómez**

Resumen

Montes de Gómez, V.: Aspectos del mecanismo de defensa de las plantas. Rev. Acad. Colomb. 17 (67): - 741-747, 1990. ISSN 0370-3908.

Se proporciona información acerca de los mecanismos de reconocimiento de algunos patógenos (hongos y bacterias) que afectan a las plantas, sobre la especificidad de la interacción hospedero-patógeno y sobre la respuesta de las plantas a la presencia de patógenos y se muestran resultados de investigaciones realizadas en las interacciones *Coffea arabica* var. *Colombia-Hemileia vastatrix* y *Fusarium oxysporum*-*Dianthus carophyllus* cultivar. *Nohra Barlo*.

I. Introducción

Durante su ciclo de vida, las plantas están expuestas a un sin número de organismos potencialmente patógenos:

- Las semillas germinan en suelos donde existen numerosos microorganismos que las pueden atacar en este estado o que esperan la formación de raíces capaces de estimular su actividad.
- Las partes aéreas están en contacto permanente con esporas de hongos, virus y células bacterianas transportados por el aire, las lluvias y los animales.

Sin embargo, los intentos de invasión por patógenos frecuentemente fracasan y la mayoría de las plantas permanecen sanas; esto no implica una erradicación del microorganismo pues es un hecho irrefutable el que las plantas y sus patógenos han co-existido por largos períodos evolutivos.

La naturaleza y la economía de un ecosistema dependen de una serie de informaciones que controlan el metabolismo y la persistencia de una comunidad biótica específica en un medio determinado. Dentro de ellas, la existencia de mecanismos de defensa que permiten a los organismos subsistir en un medio potencialmente adverso, ocupa un papel crucial.

- ¿Cuál es el mecanismo que permite a la planta reconocer un patógeno potencial?
- ¿Por qué los patógenos no atacan a todas las especies vegetales?
- ¿Por qué algunos patógenos producen síntomas más severos que otros?

* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia el 26 de septiembre de 1990 con ocasión de su posesión como académica correspondiente.

** Dr. SC. Profesora Asociada, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

- ¿Por qué un patógeno, una vez establecida la infección continúa invadiendo y destruyendo unas plantas y otras no?
- ¿Cómo responde la planta una vez que ha reconocido al patógeno?

Para tratar de responder a estas preguntas, nos centraremos en los siguientes aspectos:

Como en los animales, en las plantas existen mecanismos que le permiten diferenciar entre compuestos propios y los que no lo son; dentro de estos últimos, también son capaces de reconocer los provenientes de organismos patógenos.

Hay en las plantas barreras preformadas que actúan sin el estímulo inicial causado por el patógeno, pero además también se producen respuestas dinámicas que se activan por la presencia de microorganismos. Estas respuestas no son iguales en todos los cultivares ni se inducen con igual rapidez.

La definición de algunos términos relacionados con estos mecanismos da mayor claridad, pero es necesario tener en mente que estas definiciones tienen relación con la respuesta de una planta específica frente a un patógeno dado.

Susceptibilidad: Es la aptitud de la planta para ser invadida por el patógeno; a menudo conlleva pérdidas en la producción vegetal.

Resistencia: Es el grado de inmunidad (total o parcial) que presenta una planta dada para impedir la penetración del patógeno.

Tolerancia: Es la forma de resistencia presentada por aquellos cultivares que a pesar de estar severamente infectados, no muestran reducción en su producción.

La virulencia y la avirulencia de un parásito es su capacidad para colonizar los tejidos de una planta dada, o sea que un mismo patógeno puede ser virulento (capaz de colonizar rápidamente) con respecto a una variedad vegetal dada, mientras que en otra variedad no se propaga (avirulento).

Deveral (1977) señala tres categorías, alta, intermedia y nula para los tipos de infección resultante de la interacción planta-patógeno. Estas categorías dependen de factores genéticos y de otros atributos tanto del parásito como del hospedero.

Atributos del parásito	Atributos de las plantas	Tipo de Infección resultante
Alta virulencia	Susceptible	Alta
Baja virulencia	Baja resistencia	Intermedia
Avirulencia	Alta resistencia	Nula

Es decir, que tanto la resistencia o la susceptibilidad de la planta a una infección, como la avirulencia o la virulencia de un patógeno, son la expresión de la interacción de los complejos génicos y citoplasmáticos afectados por el medio ambiente. Este último actúa individualmente sobre el hospedero y sobre el patógeno como también sobre la interacción entre ellos (Flor, 1956).

La susceptibilidad y la resistencia involucran muchos procesos integrados, pre-existentes o activados por la presencia del patógeno. El resultado es el desarrollo del patógeno, su inhibición o su eliminación.

La resistencia comprende dos grupos de factores, los pasivos y los activos. Ambos pueden ser químicos o físicos.

Los pasivos no son específicos; los activos son las acciones de carácter dinámico dirigidos a un patógeno específico o inducidos por él.

Impresionados por las noticias de que la roya y el *Fusarium* podían atacar inmisericordemente nuestros principales productos agrícolas de exportación, surgió la idea de investigar, desde el punto de vista bioquímico, los medios de defensa contra estos enemigos.

Hacia finales de la década de los setenta se conformaron dos grupos de investigación que dirigen sus esfuerzos al estudio de enzimas involucradas en las interacciones hospedero-patógeno y al estudio de los mecanismos que permitan estimular la resistencia de las plantas.

En el primero participan, investigadores de la Universidad Nacional, la Federación Nacional de Cafeteros y alumnos de grado y posgrado de Química de la Universidad Nacional de Colombia. Este grupo investiga sobre la interacción cafeto-roya.

En el segundo participan docentes del Departamento de Química y de la Facultad de Agronomía con alumnos de estas instituciones y personal científico de la empresa Floramérica S.A. En este grupo se investiga sobre la interacción *Fusarium oxysporum*-clavel.

Luego de revisar conceptos básicos que ayudan a clarificar los alcances de estas investigaciones, se presentan algunos de los resultados obtenidos.

II. Reconocimiento del patógeno

Para impedir la penetración de los patógenos, las plantas poseen:

1. Barreras pasivas
2. Barreras químicas preformadas
3. Reacciones de defensa inducidas por el patógeno.

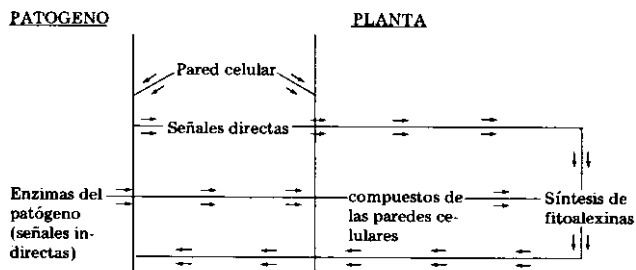
Las barreras pasivas incluyen las paredes celulares y la cutícula; las barreras químicas preformadas, los metabolitos secundarios tóxicos presentes antes del contacto con el patógeno.

Las reacciones de defensa inducidas implican alguna forma de reconocimiento del patógeno. Este envía señales que desencadenan esas respuestas.

Algunas de esas señales, desencadenan directamente en la planta los mecanismos de defensa, mientras que otras actúan indirectamente alterando compuestos de la planta para producir, a partir de ellos, moléculas señales. Como ejemplos de estas últimas podemos mencionar los oligosacáridos resultantes de la degradación de la pectina por la poligalacturonasa del *Rhizopus stolonifer* al interactuar con el *Ricinus communis* (Lee y West, 1981), la producción de proteínas ricas en hidroxiprolina (Esguerre-Tugaye y colaboradores, 1984), o la liberación de inhibidores de proteasas (Ryan, 1984).

En los hongos y las bacterias, las señales directas incluyen componentes de sus paredes. Estos pueden ser oligosacáridos provenientes de la quitina (Pearce y Ride, 1982), de su producto de hidrólisis parcial, el quitosán (Walter-Simmons y colaboradores, 1983), otros glucanos (Darnill y Albersheim, 1984), así como péptidos y glicoproteínas (De Wit y Spikman, 1982).

En la siguiente figura podemos resumir la acción de las señales de reconocimiento.



En los vegetales, el reconocimiento es debido a uniones específicas entre grupos químicos de las superficies de los organismos que interactúan. Los carbohidratos o los lípidos unidos a fracciones proteicas son los más opcionados para este papel.

a. Bacterias

Los estudios realizados con bacterias gram negativas suministran evidencias convincentes de que los polisacáridos actúan en los primeros contactos, tanto en bacterias que se adhieren a las paredes vegetales y penetran las células como en las que permanecen libres en los espacios intercelulares. (Ayers y colaboradores, 1985).

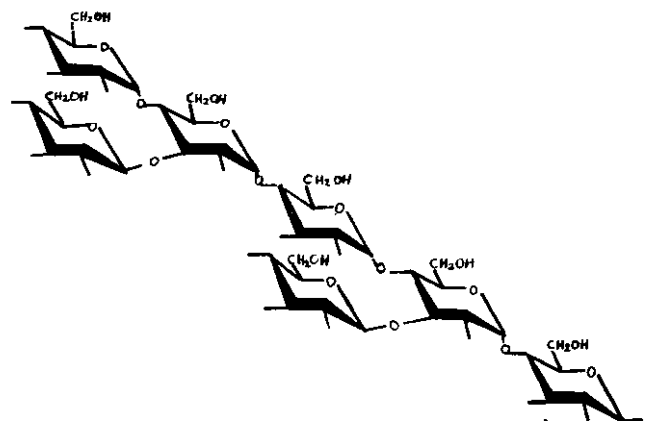
En la membrana externa de estos microorganismos se encuentran el lipopolisacárido (LPS) y las glicoproteínas que pueden ser fuentes de estos carbohidratos (Rietschel y colaboradores, 1982).

La unión de las bacterias a las paredes celulares de los vegetales requiere la presencia de receptores apropiados en estas últimas. Como candidatos se han mencionado las lectinas (Pérez, 1986) y sustancias pécticas (Rao y colaboradores, 1982).

Los estudios anteriores muestran que existe el reconocimiento entre plantas y bacterias y él puede conducir a interacciones exitosas (susceptibilidad) o a reacciones de resistencia. Los compuestos involucrados no son los mismos en todos los vegetales ni en todas las bacterias.

b. Hongos

Entre los componentes de las paredes de varios hongos se encuentra el glucano formado por cinco residuos glucosídicos unidos por enlaces $\beta - 1, 6$ con dos ramificaciones $\beta - 1, 3$. Este es el oligómero más pequeño que se ha detectado con actividad elicitora, o sea con capacidad de inducir respuesta en las plantas (Darnill y Albersheim, 1984).



Los elicitores de tipo glucano pueden ser obtenidos directamente en los filtrados de los cultivos, por extracción de éstos con agua caliente o por hidrólisis de las paredes celulares (Ayers y colaboradores, 1985).

Respecto a los receptores en los vegetales, se ha observado que algunas porciones de paredes vegetales influyen en la diferenciación de las estructuras del hongo, mientras que las membranas plasmáticas de ellos son importantes en la determinación del tipo de respuesta celular que se obtiene; es decir si se produce biotrofia o muerte de las células vegetales.

Evidencias indirectas sugieren la existencia de este tipo de receptores en la membrana plasmática vegetal. Preparaciones de *Phytophthora infestans* ricas en glucanos son capaces de aglutinar y matar protoplastos de papa (Doke y Tomiyama, 1980), a su vez, los haptenos de este elicitor, como los metil glucósidos y otros oligosacáridos, pueden bloquear los síntomas del elicitor cuando actúan sobre tejidos de este tubérculo.

III. Especificidad de la interacción hospedero-patógeno

Si regresamos a los interrogantes señalados al comienzo de este análisis vemos que las respuestas están basadas en la teoría del gen por gen, planteada inicialmente por Flor en 1942 para ciertos hongos (Flor, 1956) y que luego ha sido generalizada para otros organismos.

Este mismo tipo de correspondencia se ha visto en interacciones de las plantas con virus, bacterias, nemátodos, plantas parásitas e insectos (Day, 1974) y se puede resumir en el siguiente cuadro.

Genotipo del patógeno (avirulencia)	Genotipo de la planta (resistencia)	r_1 R_1 r_2 R_2	r_1 r_2 R_2 R_2
a_1 A_1 a_2 a_2		Interacción Incompatible	Interacción Compatible
a_1 a_2 a_2 A_2		Interacción Compatible	Interacción Incompatible

El patrón de interacción se puede explicar tomando como base la correspondencia entre genes del hospedero y genes del patógeno, o sea el hecho de que la planta produce receptores específicos para componentes específicos del patógeno.

Una vez que se produce el reconocimiento, se inducen en las plantas respuestas que conducen finalmente a impedir, en las interacciones incompatibles, la diseminación del patógeno en el tejido de la planta.

Uno de los posibles modelos de la interacción entre los productos de los genes de resistencia con los de la avirulencia involucra los siguientes aspectos:

- Los genes de resistencia codifican la información de los receptores de la membrana plasmática.
- Los genes de avirulencia producen glicosil transferasas que participan en la síntesis de las fracciones glicosídicas de las glicoproteínas extracelulares (ej. enzimas hidrolíticas).
- Los residuos glicosídicos anteriores intervienen en la unión al correspondiente receptor y es esta unión la que desencadena las respuestas que conducen a la resistencia.
- En el caso de las variedades susceptibles no se produce ese reconocimiento.

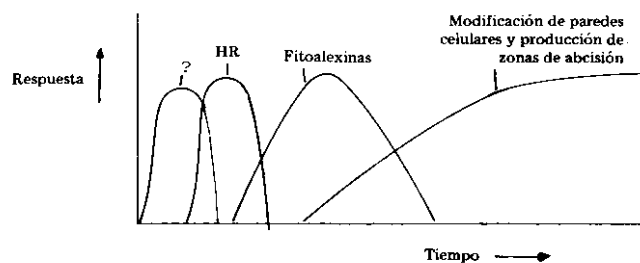
IV. Respuesta de la planta a la presencia de patógenos

Uno de los hechos que diferencian las especies resistentes de las susceptibles es la rapidez con que se produce la respuesta de defensa, después del reconocimiento de determinado patógeno.

Esta puede ocurrir en segundos, minutos o semanas. En segundos como la necrosis de las células que están en contacto con el patógeno, llamada reacción hipersensible (HR) (característica de especies resistentes), en minutos o días como la acumulación de fitoalexinas que ocurre en las células vecinas o en semanas como el desarrollo de zonas de abscisión en los pecíolos de las hojas infectadas.

Se desconoce si estos mecanismos son activados en forma independiente o no pero se sabe que se requiere de varios de ellos para que la planta resista y se libere del patógeno:

- a. Reacción hipersensible
- b. Acumulación de fitoalexinas
- c. Inducción de enzimas
- d. Producción de inhibidores enzimáticos
- e. Modificación de paredes celulares
- f. Modificación de capas celulares



(Ayers y colaboradores, 1985)

a. Reacción hipersensible (HR)

Con este término se conoce la necrosis rápida que ocurre en la célula en contacto con el patógeno, lo mismo que en sus vecinas.

Inicialmente se produce pérdida de la integridad de los organelos y aparición de granulaciones citoplasmáticas que conducen finalmente a la necrosis de la célula.

Entre las hipótesis que se han planteado para explicar por qué la reacción hipersensible disminuye la posibilidad de colonización en las células vecinas, se ha mencionado que en el caso de los patógenos biotróficos, la muerte celular priva de nutrientes al invasor y produce la liberación de enzimas y otros compuestos que pueden interferir con el crecimiento del patógeno.

Se sabe que cuando ocurre la muerte celular, hay acumulación de fitoalexinas (tóxicos para el patógeno) en las células vecinas. Esto se puede ex-

plicar considerando que la reacción hipersensible libera señales estimuladoras de la producción y/o acumulación de fitoalexinas.

Con la reacción hipersensible se produce una estimulación del metabolismo fenilpropanoide (Ebel, 1986) y a menudo se observa lignificación de las células atacadas (Reisener y colaboradores, 1986), lo que implica la participación de enzimas como la fenilalanina amonio liasa (PAL) y las polifenoloxidasas (PFO).

En la pérdida de la integridad de las membranas deben estar involucradas enzimas del tipo de las lipooxigenasas (LOX) y superóxido dismutasas (SOD).

b. Acumulación de fitoalexinas

Si las fitoalexinas se acumulan rápidamente, se disminuye en igual forma la colonización por el patógeno (Bailey y colaboradores, 1980).

La inhibición de la biosíntesis de fitoalexinas permite la colonización por organismos que normalmente no lo hacen (Moesta y Grisebach, 1982).

Se sabe que la acumulación de fitoalexinas implica la "producción de novo" de éstas. Los RNAs_m mensajeros correspondientes a la enzimas involucradas en estos procesos pueden detectarse minutos después de que se produce la estimulación o elicitación. La acumulación de fitoalexinas es clara en horas (Hahlbrock y colaboradores, 1984).

La distribución de estas sustancias en las diversas plantas no está totalmente esclarecida pero sí se conoce que hay una relación entre la naturaleza química de la fitoalexinas y la familia de las plantas (Ingham y Harbone, 1976). Por ejemplo, las leguminosas generalmente producen isoflavonoides, las solanaceas, diterpenos, las compuestas, poliacetilenos y las orquideas dihidrofenantrenos.

Esto ha permitido usar las fitoalexinas como marcadores taxonómicos en el caso de especies difíciles de clasificar.

c. Inducción de Enzimas

Se ha observado en plantas que además de la acumulación de fitoalexinas también se producen enzimas que contribuyen al ataque del patógeno como son las peroxidasas (Gaspar y colaboradores, 1982) o a la liberación de señales a partir del patógeno, como en el caso de enzimas hidrolíticas.

d. Producción de inhibidores enzimáticos

Se ha establecido la acumulación de este tipo de compuestos en algunos casos de infección (Ayers y colaboradores, 1958). Su función sería el interferir con la acción de enzimas utilizadas por el patógeno durante la invasión.

e. Modificación de paredes celulares

Los patógenos liberan enzimas capaces de degradar componentes de la pared celular de las plantas permitiendo su penetración. A la vez los productos de estas degradaciones pueden ser usados como nutrientes por ellos.

Como respuesta, la planta puede modificar su pared celular para disminuir su degradabilidad. Este proceso incluye fenolizaciones (Baayen, 1988), lignificaciones (Vance y colaboradores, 1980), deposición de proteínas ricas en hidroxiprolina (Esguerra-Tugaye y colaboradores, 1984) modificación de xiloglucanos (Mc Dougall y Fry, 1989) o procesos de suberización.

f. Modificación de capas celulares

Finalmente se puede señalar que otra respuesta de las plantas a la infección es la producción de capas corchosas y la abscisión de hojas infectadas.

V. Resultados

a. Interacción caféto — Roya

— La cuantificación de las actividades enzimáticas en las hojas de caféto se dificulta debido al alto contenido de fenoles que entran en contacto con las proteínas, durante la maceración. Este problema se resuelve macerando las hojas en presencia de acetona a -20°C para lograr la extracción de los fenoles.

A partir de estos polvos de acetona se pueden extraer las enzimas con las soluciones también apropiadas para cada caso pero en presencia de antioxidantes (ej. el 2—mercaptoetanol), de polivinil pirrolidona (absorbe fenoles residuales) y pequeñas cantidades de detergente (0,2% de triton X—100 para solubilizar las proteínas de las membranas). La adición de albúmina en altas proporciones con respecto a las proteínas de la hoja, evita la inactivación de éstas por el fenol.

Los resultados alcanzados por nosotros muestran que parte de las polifenoloxidasas del caféto están en las paredes y membranas de las células. Por consiguiente, pueden participar en las interacciones del caféto con la roya.

El Cu⁺² (principal constituyente de los fungicidas usados para la roya) activa la PFO ligada a las paredes y membranas celulares. Este resultado es importante si se tiene en cuenta que los productos de la PFO, pueden tener acción fungitóxica.

— Las variedades de caféto resistentes: catimor A e híbrido de Timor, presentan niveles de PAL superiores a las variedades susceptibles. Esto puede ser un indicio de su posible relación con los caracteres de resistencia. Actualmente se estudian las variaciones de la concen-

tración de esta enzima durante el proceso de infección.

La elevación de la temperatura tiene efecto benéfico en la actividad de PAL, dentro del rango de 15 a 40°C. Como el café crece en climas cálidos, es de esperar su activación en estas condiciones.

La LOX, participa en la conversión de los ácidos grasos insaturados de los fosfolípidos de membrana a hidroperóxidos. Por tanto, las variaciones en su actividad con respecto a un estado basal pueden tomarse para monitorear el daño de las membranas.

La estimulación temprana de la LOX en la variedad Colombia (cafeto resistente) cuando entra en contacto con la roya, y no en la variedad catuira (susceptible) es una indicación de su posible participación en la expresión de resistencia.

Esta elicitación también se logra con hongos no patógenos para el cafeto, como el *Fusarium oxysporum*.

En el caso del cafeto, la reacción hipersensible se parece, desde el punto de vista bioquímico de la LOX a una rápida senescencia.

La actividad de las superóxido dismutasas es superior en variedades resistentes que en susceptibles y los patrones electroforéticos de sus isoenzimas presentan diferencias entre variedades.

La presencia de elicitores provenientes de *Fusarium roseum* en cultivos de células de cafeto en suspensión produce un incremento en la concentración de ácido clorogénico y de la cafeína. Estos compuestos son sustancias preformadas que pueden considerarse como barreras pasivas para limitar la entrada de patógenos.

Esta inducción también se presenta cuando el cultivo de células sufre estrés nutricional.

b. Interacción *Fusarium oxysporum* — Clavel

La utilización de los cultivos "in vitro" en estudios de mejoramiento genético se debe fundamentalmente al aumento de variabilidad genética que se produce cuando se regeneran plantas a partir de callos (masas amorfas de tejidos parenquimatosos originados de la proliferación de células no diferenciadas del tejido paterno).

El empleo de medios de cultivo con concentraciones tóxicas de elicitores provenientes de los hongos, somete a los tejidos a una presión de selección. Sólo sobreviven aquellos que manifiestan caracteres de resistencia.

A partir de pétalos (variedad Nohora Barlo) provenientes de botones florales cerrados, es posible regenerar plántulas al emplear combinaciones

hormonales de citoquininas (BAP) y auxinas (NAA), en la producción de callos y de 2, 4 D en la regeneración de plántulas a partir de ellos.

La adición de extractos de *Fusarium oxysporum* autoclavados al medio empleado en la obtención de callos, permite producir, a partir de ellos, plántulas tolerantes a este hongo. Este resultado es debido probablemente a la variabilidad genética que se induce al permitir el paso por callos en presencia del elicitor.

El cultivo "in vitro" de meristemas en condiciones similares de presión de selección no permite la regeneración de plántulas.

Los resultados obtenidos en los dos casos anteriores, señalan la necesidad del paso por estados no diferenciados (callos) para lograr la variación somaclonal de inducción de resistencia.

Los tratamientos exitosos logrados aquí para una variedad de clavel altamente susceptible a *Fusarium oxysporum* pueden adoptarse para estudios de inducción de resistencia en otros casos de interacciones hongo-planta.

Bibliografía

- Ayers, A.R., J.J. Goodell & P. De Angelis, 1985. Cap. 1. In G.A. Cooper-Drive, T. Swain & E.E. Corun (eds). Chemically mediated interactions between plants and other organisms. Plenum Press, New York.
- Bailey, J.A., P.M., Rowell & G.M. Arnold 1980. *Physiol Plant Pathol* 17: 329-339.
- Baayen, R.P. 1988. *Fusarium wilt of carnation, disease development, resistance mechanism of the host and taxonomy of the pathogen*. Tesis de Doctorado. Aan de Rijksuniversiteit te Utrecht.
- Darnill, A.G. & P. Albersheim 1984. *Annu. Rev. Plant. Physiol* 35: 243-275.
- Deverall, B.J. 1977 In *Defense Mechanisms of plants*. Brian & Pringle (eds), Cambridge Monographs in experimental biology 19: 1-9.
- De Wit P.J. & G. Spikman 1982. *Physiol. Plant.* 21: 1-11.
- Doke, N., K. Tomiyama & N. Furnichi 1982 In *Plant infection: The Physiological and Biochemical Basis*. J. Asada, W.R. Bushnell, S. Ouchi & C.P. Vance (eds) p. 97. Japan Sci. Soc. Press, Tokyo.
- Day, P.R. 1974. *Genetics of Host. Parasite Interactions*, 238 p. W.H. Freeman & Company, San Francisco.
- Ebel, J. 1986. *Annu. Rev. Phytopathol* 24: 235-264.
- Esquerre-Tugaye, M.T., D. Mazau; B. Pelissier; D. Roby; D. Rumeau & A. Toppan 1984. In *Cellular and Molecular Biology of plant stress*, UCLA SYMPOSIA ON Molecular and Cellular, new series. J.L. Key, & T. Kosuge (eds) 22; Alan R. Liss Inc., New York.
- Flor, H.H. 1956. *Advan. Genet.* 8: 29-54.

- Gaspar T., C. Penel; T. Thorpe & H. Greppen** 1982. Peroxidases 1970-1980. A survey of their Biochemical and physiological roles in higher plants. Université de Genève Centre de Botanique. Genève.
- Hahlbrock, K., J. Chappell, D.N. Kun, M. Walter & E. Schumelzer** 1984. In Cellular and Molecular Biology of plant stress, UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology, new series. J.L. Key & T. Kosuge (eds) 22. A. R. Liss, Inc., New York.
- Ingham, J.L. & J.B. Harbone** 1976. Nature 260: 241.
- Lee, S. & C.A. Est** 1981. Plant. Physiol 67: 633-639.
- Moesta, P. & H. Grisebach** 1982. Physiol. Plant Pathol. 21: 65-70.
- Mc Doygall, G.J., & S.C. Fry** 1989. Plant. Physiol. 89: 883-887.
- Pearce, R.B., & J.P. Ride** 1982. Physiol. Plant Pathol. 20: 99-123.
- Pérez, G.** 1986. Resúmenes, XVII Congreso Latinoamericano de Química, octubre 12-19, Bogotá, Colombia.
- Rao, S.S., Lippincott, B.B. & Lippincott J.A.** 1982. In Bailey J. & Deverall B.J. 1984 the dynamics of Host defense. Academic Press, Inc., New York, p. 16.
- Ryan, C.A.** 1984. In Cellular and Molecular Biology of plant stress, UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology, new series, Key J.L. & T. Kosuge (eds), 22, Alan R. Liss Inc., New York.
- Reisener, H.J., R. Tiburzy; K.H. Kogel, B. Moerschbacher & B. Heck** 1986. In Biology and Molecular biology and Plant Pathogen interactions. J. Bailey (ed) Springer Verlag. Berlin.
- Vance, C.P., T.K; Kirk & R.T. Sherwood** 1980. Annu. Rev. Phytopathol 18: 259-288.
- Walter-Simmons, M., L. Hadwiger & C.A. Ryan** 1983. Biochem. Biophys Res. Commun. 110, 194-199.

ACTIVIDAD ELECTRICA CARDIACA EN HUEVOS Y ALEVINES DE TRUCHA ARCO IRIS (*SALMO GAIRDNERI*)

por

Jorge Reynolds, Fernando Trujillo, Mauricio Prieto,
Rafael Rosado, Edwin Ruiz y Jorge León

Resumen

Reynolds, J. & al.: Actividad cardíaca en huevos y alevines de trucha arco iris (*Salmo gairdneri*). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 749-751, 1990. ISSN 0370-3908.

Se describen las fases de desarrollo, el corazón y el sistema circulatorio de la trucha y la metodología utilizada para determinar la actividad eléctrica en cuatro huevos en los cuales se midió la frecuencia de la espiga.

Introducción

La trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) pertenece a la familia Salmonidae; se distingue por sus escamas de menor tamaño, manchas pequeñas en la superficie del cuerpo, con un moteado abundante en la cola y las aletas y una línea iridiscente en la parte inferior de cada lado que se hace evidente según el ángulo de incidencia de la luz (1).

Las truchas son peces de aguas frías (5° C—20° C), ricas en oxígeno (no inferior a 5 ppm y óptimo de 7 a 9 ppm), con pH comprendido entre 6.5 y 8, y una alcalinidad favorable de 40 miligramos por litro (2).

Originaria de Norteamérica, la trucha arco iris fue introducida al país en 1936 cuando se incubaron las primeras ovas embrionadas en la Estación Piscícola de las Cintas en el Lago de Tota. Desde ese año su cultivo industrial se ha difundido en el piso frío colombiano. La especie soporta mejor los cambios de temperatura y el menor contenido de oxígeno; su desarrollo es más rápido, el período de incubación más corto y el crecimiento se realiza con mayor rapidez (3).

Fases de desarrollo. Se distinguen tres fases en el período comprendido desde el principio de la incubación hasta que finaliza la reabsorción de la vesícula vitelina: Fase 1: Desde la fecundación hasta la aparición de los ojos (20 días, 210 grados día aproximadamente). Fase 2: Desde la aparición de los ojos hasta la eclosión (10 días, 100—120 grados día aproximadamente) y Fase 3: Desde la eclosión hasta la reabsorción del saco vitelino (20—30 días, 180 grados día aproximadamente).

Preferiblemente, las ovas no deben ser manipuladas hasta que aparezcan los ojos. La eclosión de un lote dura aproximadamente 50 grados día. En la tercera fase el alevín cambia totalmente de aspecto. Esta parte del desarrollo consiste más en una transformación del organismo que en un aumento de tamaño.

Los huevos de trucha se caracterizan por tener un diámetro de 3 a 5 mm, son translúcidos con una coloración variable que va del color amarillo al anaranjado. Los huevos muertos son fácilmente identificables porque su coloración se va tornando opaca (4).

Sistema circulatorio y corazón. Embriología: El origen del corazón es de tipo mesodérmico y ocurre por una migración desde la parte caudal del embrión, de la placa mesodérmica, abriéndose paso a través del endodermo y el ectodermo. Al llegar a la parte anterior se forma un triángulo mesodérmico cuya parte posterior es la que origina el corazón (5).

El origen de los vasos y células sanguíneas se produce en islotes sanguíneos en donde se lleva a cabo una diferenciación celular que produce dos tipos de células: unas que conformarán los vasos sanguíneos y otras que serán las células sanguíneas como tales (6).

Schmidt-Nielsen (1982) describe cómo el corazón está constituido por dos cámaras situadas en serie, una aurícula y un ventrículo. En el lado venoso, el corazón está precedido por una cámara de tamaño aumentado (seno venoso), que ayuda a asegurar un flujo continuo de sangre al corazón.

El sistema arterial está seguido por una parte muscular engrosada de la aorta ventral, denominada bulbo arterioso. Una presión negativa en el corazón facilita el llenado mediante "succión" de la aurícula a partir del gran seno venoso (8).

El desarrollo del corazón varía considerablemente en relación con el tamaño. El seno venoso es un saco de paredes delgadas que colecta la sangre venosa. La aurícula ocupa la mayor parte de la región del pericardio dorsal y puede envolver parcialmente el ventrículo. La contracción auricular permite el paso suave de la sangre al ventrículo. Tanto el seno venoso como la aurícula, tienen la pared muy delgada en comparación con el ventrículo (9).

La entrada dentro del ventrículo es elipsoidal o circular y la sangre pasa a través de un válvula atrio-ventricular para que la sangre no retorne a la aurícula. El ventrículo es eficaz con paredes relativamente delgadas y un saco muscular en la porción ventrocaudal del saco pericárdico. Su forma es la de una pirámide invertida (10).

En los alevines se observa claramente la presencia de una vena denominada onfalomesentérica o vitelina que es la encargada de absorber las sustancias nutritivas del saco vitelino hacia el alevín.

Los objetivos tenidos en cuenta para la realización de este trabajo fueron:

1. Registrar y analizar la actividad eléctrica del corazón y establecer en que momento de la embriogénesis se inicia ésta.
2. Analizar y determinar en lo posible, un registro de la actividad auricular y ventricular.
3. Tratar de detectar la existencia de actividad eléctrica en el seno venoso y en el bulbo arterial.

4. Observar y grabar por medio de esteroscopio de luz, el sistema cardiovascular del embrión de la trucha.

Material y métodos

El material del estudio se obtuvo en la Estación Piscícola de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Bogotá) localizada en el Embalse del Neusa, en la Sabana de Bogotá.

Los huevos se recogieron mediante el método seco y se fecundaron artificialmente. Se tomó un número determinado de hembras a punto de desovar, produciéndoles una suave presión con los dedos en la parte abdominal para inducirles el desove. Posteriormente se utilizó un número menor de machos, se les llevó a cabo el mismo procedimiento para obtener la esperma. Tanto huevos como esperma se recogieron en un mismo recipiente donde se manipularon cuidadosamente con una pluma de ave para favorecer la mezcla y asegurar la fertilización.

Los huevos fueron trasladados en dos estadíos. Para el primero, recién fecundadas (ovas verdes), el transporte se efectuó en un frasco de vidrio con agua y éste colocado en una nevera de icopor con hielo. Las ovas embrionadas (segundo estadío), se envolvieron en una gasa húmeda y se colocaron en una pequeña caja de icopor con hielo.

Al llegar al laboratorio se procedió a aclimatar gradualmente los huevos. Se trató de mantener la temperatura a niveles bajos utilizando cubos de hielo. Durante todo el tiempo se mantuvo un control de temperatura.

Los huevos se almacenaron en un acuario de 80 cm de largo por 40 de ancho y 50 cm de alto. El volumen de agua no sobrepasó los 10 cm de altura. Durante todo el proceso se mantuvieron los huevos en oscuridad total, oxigenando permanentemente con una bomba de aire. Con intervalos de dos días, se retiraron los huevos y alevines muertos.

Equipos: Para poder obtener la actividad eléctrica cardíaca, se utilizó un sistema de micro manipulación, según métodos convencionales, construido en nuestro laboratorio. Por encima de la caja y para homogenizar la iluminación se implementó una lámpara de luz fría de fibra óptica.

A la bandeja se le efectuaron dos orificios para que, por medio de mangueras, se estableciera una circulación de agua similar a la que encuentran los huevos en incubación, una temperatura que oscila entre 10°C y 12°C ($\bar{X} = 11.3^\circ\text{C}$), tratando de obtener oxigenación y temperatura homogéneas.

Para poder mantener en la bandeja los huevos o alevines en posición, se elaboró un bloque plástico con ranuras y orificios pulidos de tal manera, que la iluminación fuera uniforme (12).

El sistema óptico se implementó utilizando una cámara de Video Color Fisher 1/1800 sec Camcorder 8 FVC 801, a la cual se le acopló por medio de un anillo, una lente Pentax de 500 mm 1.4, para lograr un sistema macro invertido. De esta manera se obtuvo una magnificación aproximada de 120 aumentos. Se usó un conmutador que a su vez se conecto a un Televisor Sony Triniton KV 2140 RWP.

Se usó un preamplificador de dos canales de alta ganancia diseñado y construido en nuestro laboratorio. Al osciloscopio de dos canales y memoria, Tektronix 214 Storage, se le anexó una cámara oscura a una Video Cámara Color, Handycam CCD-TR5, cuya salida se conectó al conmutador para poder recurrir al mismo televisor alternativamente como monitor.

Como auxiliar para grabar el Video, se empleó una cámara Sony Video Walkman, 8 Recorder GV-9. Como sistema óptico alterno, se utilizó un estereoscopio Wild Heerbrugg Plan XI que tiene incorporada una cámara fotográfica de 35 mm Pentax y una Cámara Video Color Panasonic Mod WV 3100.

Resultados

Usando micropipetas con una punta aproximadamente de 1 (μ m), fue posible con relativa facilidad, hacer contacto con el huevo. Luego de perforar la membrana externa, acomodando los microelectrodos en diferentes posiciones, se comenzó a observar actividad eléctrica de aproximadamente 15 microvoltios. La frecuencia de la espiga fue de 120 por minuto, con una duración de más o menos 100 msec.

Se consideró que la actividad eléctrica es un 80% positiva y un 20% negativa, en relación con línea de base.

En los cuatro huevos estudiados se obtuvieron resultados similares; se pudieron constatar cambios de frecuencia de la espiga con respecto a la temperatura. Con el agua a temperatura de 10°C, la frecuencia fue de 120 por minuto, al añadir hielo a la preparación, inicialmente la frecuencia subió y al calentarse el agua, la frecuencia comenzó a descender hasta desaparecer la actividad eléctrica en el trazado.

Conclusiones

Se considera que por el bajo voltaje de la preparación, no se observan los artefactos espúreos eléctricos, que imposibilitan realizar un análisis de la morfología de las espigas.

Es importante anotar que al cambiar la posición interna de los microelectrodos, la morfología es diferente.

Para futuros trabajos, es recomendable utilizar sistemas de aislamiento para disminuir las interferencias y obtener trazados más limpios.

Bibliografía

1. Roberts, R. & C. Shepherd 1980. Enfermedades de la trucha y el salmón.
2. Pons-Rosello, J. 1971. Cría de truchas. De: Capacitación Agraria. Madrid, España.
3. Huet, M. 1973. Salmónidos americanos. De: Tratado de piscicultura. 3: 95-96. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
4. _____ . 1973. Reproducción artificial de salmónidos. op. cit. 3: 105-106.
5. Romer, A.S. 1966. Primera fase de desarrollo de los vertebrados. De: Anatomía comparada. 5: 78-84. Ed. Interamericana, S.A. México.
6. Balinski, B.I. 1983. Desarrollo de los vasos sanguíneos. De: Introducción a la embriología. 14 (6): 472-77. Ed. Omega, Barcelona.
7. Schmidt-Nielsen, K. 1982. Circulación. De: Fisiología animal. 4: 92-93 Ed. Omega, Barcelona.
8. Hill, R. 1980. Fisiología animal comparada. p 635 Ed. Reverte. Barcelona.
9. Lagler K.F., Bardach, J.E., Miller, R.R. & D.R. May Passino. 1977. Diagrama de corazón de trucha. De: Ichthyology. 7: 198. Ed. John Wiley & Sons.
10. _____ , _____ , _____ , _____ . 1977. Blood and circulation. op. cit. 7: 198-199. Ed. John Wiley & Sons.
11. Bures, J., Petran, M. & J. Zacher. 1967. Electrophysiological apparatus and technique. (F) electrodes. De: Electrophysiological Methods in Biological Research. 2: 222-227. Czechoslovak. Library of Congress, N.Y.
12. Geddes, L.A. 1972. Surface electrodes. De: Electrodes and the measurement of bioelectric events. 2: 67-74. Ed. Wiley Interscience, N.Y.

ANALISIS DE LA GENESIS MINERAL EN COLOMBIA

por

Jaime Galvis Vergara

Resumen

Galvis, J.: Análisis de la génesis mineral en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 753-777, 1990. ISSN 0370-3908.

Se hace un análisis de la génesis de minerales en relación con la evolución geológica del territorio colombiano siguiendo un orden cronológico. Más que una lista exhaustiva de ocurrencias minerales conocidas, busca las posibilidades de nuevos depósitos de acuerdo con los diferentes eventos geológicos y con prospectos conocidos.

Abstract

The present paper tries to analyse the genesis of minerals in relation with the geological evolution of the colombian territory in a chronological order. More than an exhaustive list of known mineral occurrences, it looks for the possibilities of new deposits: according to the different geological events and to the known prospects.

1. El precámbrico

El conocimiento de las posibilidades metalogénicas de esta era es de primordial importancia, ya que más de la mitad de la producción mundial de minerales de origen no orgánico, proviene de mineralizaciones depositadas durante el Precámbrico. Esta era ha sido dividida cronológicamente en dos períodos: Arqueano y Proterozóico. En el primero, comprendido hasta hace 2500 millones de años, la tierra tuvo una superficie de composición petrográfica y química notablemente similar a la que presenta actualmente el fondo oceánico con gran abundancia de rocas volcánicas y ultrabásicas. La actividad volcánica de ese tipo produjo enormes depósitos de sulfuros de cobre, níquel y zinc, que constituyen algunos de los mayores yacimientos mundiales de esos metales. También son importantes durante ese período grandes mineralizaciones de oro.

El período Proterozóico comprendido entre 2500 y 520 millones de años, es especialmente importante porque durante él se formó la corteza sílica y ocurrieron las primeras sedimentaciones de margen oceánica. Al comienzo de este período la atmósfera fue químicamente reductora. Estos factores permitieron el depósito de grandes formaciones de hierro bandeado, cuyo origen lo explican algunos autores (Eugster & al.1973) como evaporitas costeras de cloruro ferroso, sal ésta, que predominaba en los mares antes de hacerse la atmósfera oxidante, y posteriormente transformadas en óxido férrico. Durante el Proterozóico, aparecieron las kimberlitas diamantíferas y a lo largo de éste período también se depositaron los conglomerados uranio-oro, restringidos también a la época en que la atmósfera fue reductora (Preterorius, 1976). Son importantes además en el Proterozóico los grandes complejos cónolíticos estratificados, productores de cromo, platino, hierro, titanio, etc., así como gran-

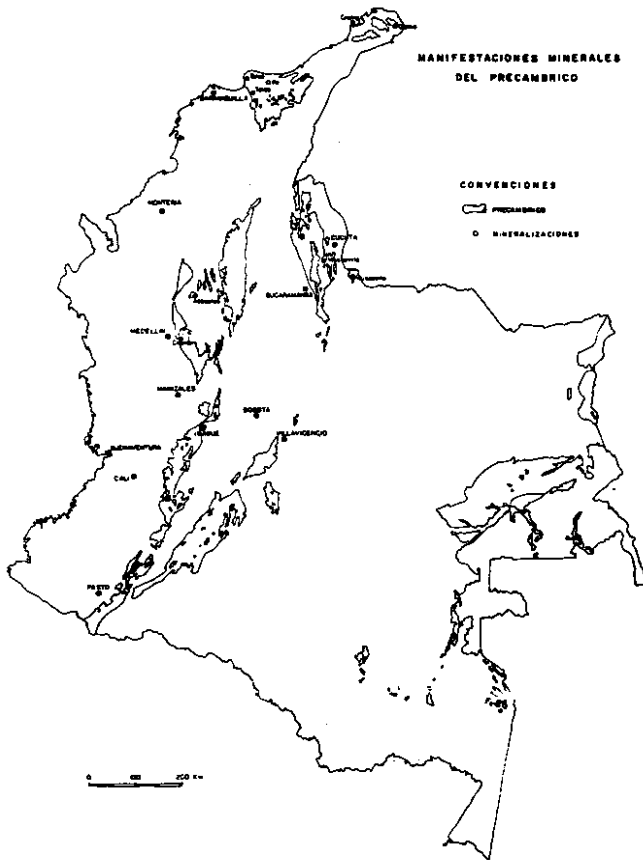


FIGURA 1

des depósitos estratiformes de plomo, zinc, que son prácticamente los primeros depósitos de tipo exhalativo que aparecen en la tierra.

Además de todo lo anterior hay algo muy importante para anotar con respecto al Proterozoico: Durante este período se formó la corteza siálica de la tierra, con lo cual llegaron a la superficie grandes cantidades de álcalis y sílice, durante varios episodios, no comparables al magmatismo de épocas posteriores. Se presentó entonces un fenómeno aparentemente metasomático de enormes dimensiones, en el cual también ingresaron a la corteza terrestre elementos tales como uranio, estaño, mercurio, wolfranio, plomo, molibdeno, zirconio, hafnio, torio y tierras raras. Algunos de ellos como el uranio parecen haber sido suministrados a la corteza terrestre exclusivamente durante el Proterozoico y por tanto, los eventos geológicos posteriores únicamente han reciclado este elemento, no encontrándose acumulaciones de dicho metal donde no existe corteza siálica.

1.1 El Precámbrico en Colombia

Presenta una amplia exposición tanto en la Orinoquia-Amazonia como en el área Andina. A pesar de ello sus posibilidades metalogénicas no han sido suficientemente estudiadas. Esto se debe

principalmente al desconocimiento cartográfico y petrológico de las rocas formadas en esta era.

El Precámbrico de la zona Amazónica escasamente se conoce en estudios regionales en gran parte fotogeológicos; el de la Orinoquia, menos conocida aún, sólo ha sido estudiado por algunas compañías prospectoras de uranio.

En la zona Andina, las unidades litológicas correspondientes a esta era geológica han recibido una gran cantidad de denominaciones, dando lugar a una enorme confusión en su identificación, ya que al no hacerse una correlación petrográfica, geoquímica y textural de carácter general en todo el país, se ha dado una serie de denominaciones locales, agravado el problema con numerosas dataciones radiométricas que al reflejar eventos térmicos de mayor o menor intensidad durante el Fanerozoico, han llevado a varios investigadores a considerar como plutonitas y metamorfitas de diversas edades rocas granitoides, neisoides, aploides, pegmatoides, etc. cuyas características mineralógicas, petrográficas, texturales y químicas indican que se trata de la corteza siálica emplazada muy probablemente durante uno o varios ciclos de migmatización en el Proterozoico.

Esta distinción es de primordial importancia en el enfoque exploratorio, ya que en los granitos

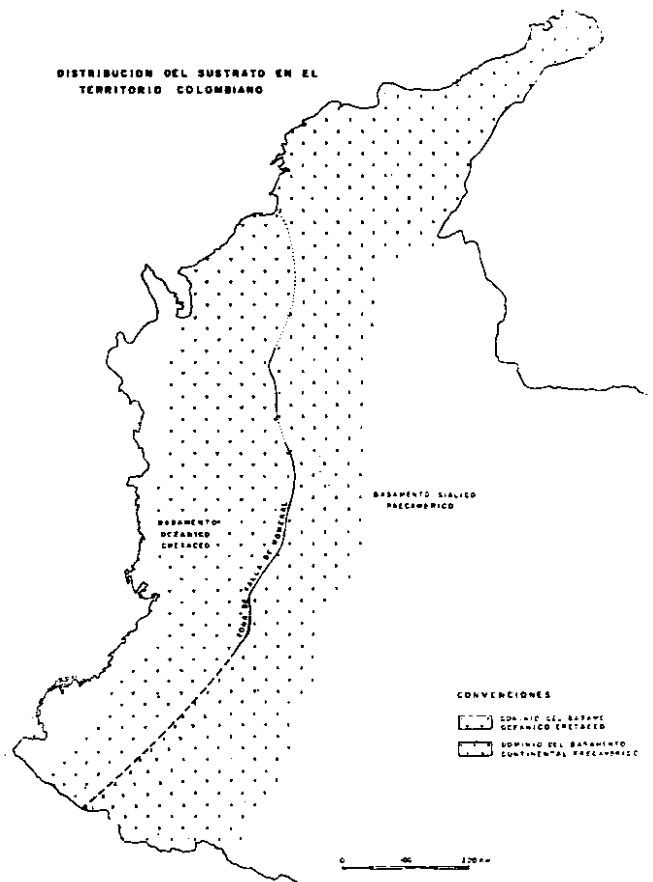


FIGURA 2

metasomáticos del Proterozóico no pueden encontrarse las mineralizaciones de contacto ni diseminadas típicas de intrusiones fanerozóicas. El tipo de depósitos que puede esperarse es completamente diferente; por tanto el enfoque exploratorio debe ser otro.

En la figura 1 pueden observarse las áreas en que están expuestas unidades litológicas cuyas características son típicas del Precámbrico. Es posible que la extensión de estas áreas sea aún mayor, ya que existen unidades litológicas, tales como las Formaciones Cajamarca y Valdivia cuya edad es incierta o áreas donde el conocimiento cartográfico es pobre o nulo. Además de las áreas indicadas, hay que tener en cuenta que prácticamente en casi todo el país, al oriente de la depresión Cauca-Patía, el basamento que infrayace las diversas unidades litológicas fanerozóicas es Precámbrico (véase figura 2); por tanto las áreas delimitadas en la figura 1 son simples ventanas geológicas de ese basamento.

Al examinar las realidades y posibilidades metalogénicas del Precámbrico en Colombia, hay que anotar en primer lugar como en el territorio colombiano no se ha comprobado hasta el presente la existencia de rocas de edad Arqueana. Es factible que algunas de las inclusiones o paleosomas de rocas básicas y ultrabásicas en los granitos precámbricos sean restos del Arqueano, pero no hay forma de comprobarlo concluyentemente. Sin embargo, los paleosomas de rocas básicas, son interesante tema de estudios dada la posibilidad de localizar restos de depósitos antiguos de sulfuros masivos.

Dentro de los tipos de depósitos típicos del Proterozóico, cabe hacer referencia en primer lugar al oro y uranio de conglomerados, al ser una realidad el hallazgo de un prospecto de este tipo en la Serranía de Naquén, en la Comisaría del Guainía. Existen depósitos de esta clase en varios lugares del mundo, tales como Blind River (Canadá) principalmente uraníferos con escaso oro; Witwatersrand (Sudáfrica) con oro y uranio; Jacobina (Brasil) solamente oro. El prospecto de Naquén, parece ser similar al de Jacobina, principalmente aurífero.

Las posibilidades exploratorias en el Guainía son muy interesantes, ya que el área en que se presentan rocas detríticas de la Formación Roraima, favorables para esta clase de mineralizaciones, es muy amplia y comprende extensas serranías tales como Raudal Alto, Chaquiro, etc., entre los ríos Guaviare e Isana.

Hay también evidencias de la presencia de metaconglomerados auríferos al Norte de Antioquia en Localidades tales como la Bramadora, La Trinidad, La Aurora (entre Segovia y Zaragoza), etc.

Otro tipo de depósito característico del Proterozóico es la formación de hierro bandeado, con ocurrencias conocidas en algunos afloramientos ais-

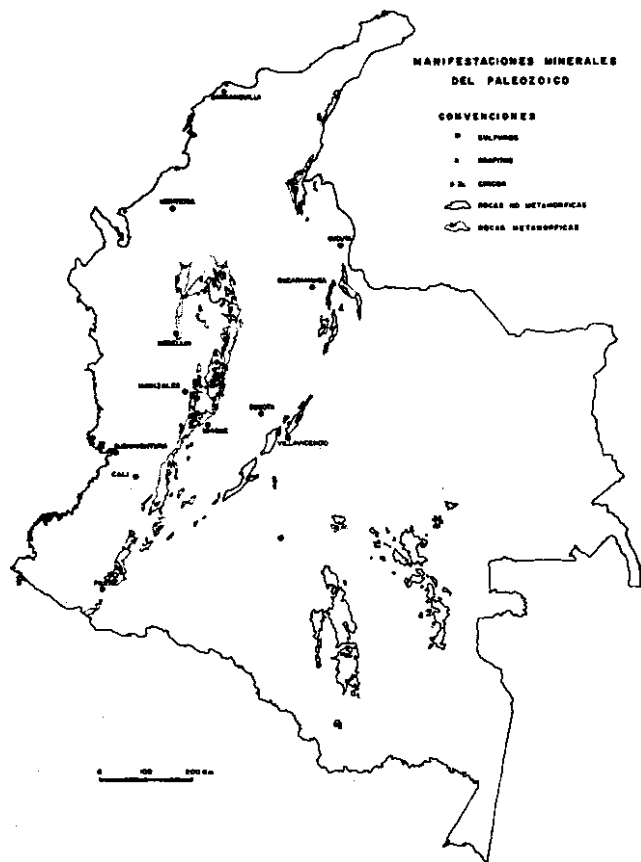


FIGURA 3

lados al norte de la Pedrera (Amazonas) aunque no se tiene una idea clara de las dimensiones. El área de posibilidades exploratorias de estos depósitos es relativamente reducida, ya que se limita a las serranías próximas a la confluencia de los ríos Caquetá y Apaporis.

Existe además el ambiente geológico adecuado para hallar depósitos de uranio del tipo discordancia en la base de la formación Roraima; sin embargo, hasta la fecha no se ha registrado hallazgo alguno de esta clase. Hay una interesante anomalía de uranio, al oriente de la población de San Alberto (Cesar) que presenta algunas características que permiten suponer un posible depósito de este tipo, tal vez parcialmente removilizado (véase figura 4).

En la Sierra Nevada de Santa Marta, existen manifestaciones de ilmenita asociadas a anortositas, en forma de bandas en que alternan el mineral ferrotitanífero y el apatito (véase figura 1). Este tipo de ocurrencias es común en el Proterozóico de varias partes del mundo, siendo especialmente conocidas las de Kiruna y Gallivare (Suecia). Las posibilidades en cuanto a este tipo de manifestaciones en la región de Santa Marta sólo fueron estudiadas muy preliminarmente durante el Inventario Minero Nacional en la década de los 60. Estas mineralizaciones pueden tener interés no solamente en lo que

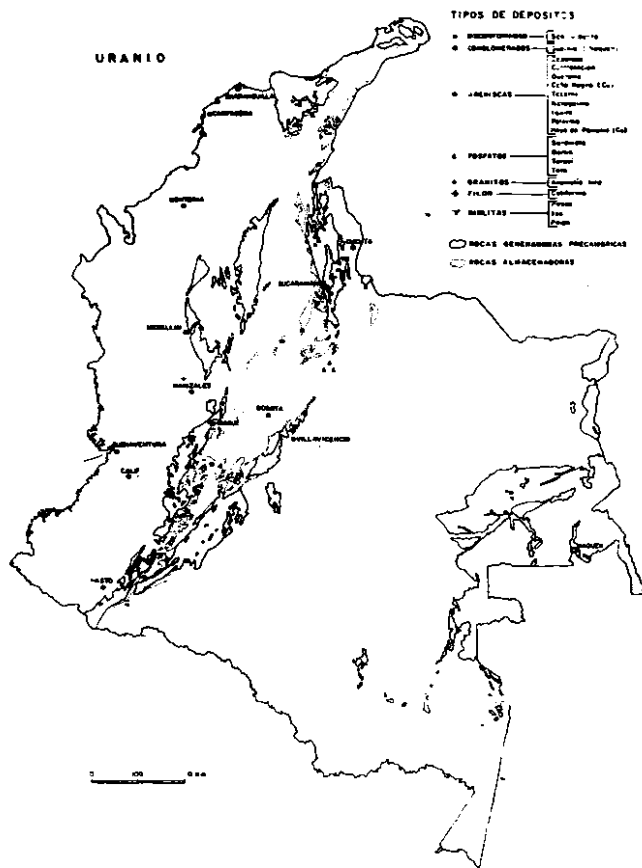


FIGURA 4

se refiere a la magnetita, la ilmenita y el hierro titanífero, también a la presencia de Vanadio que en magnetitas de este origen se presenta en más de 1%.

Al oriente del sistema de fallas de Romeral existen rocas ofiolíticas en varios lugares del país entre ellos: al oriente y norte de la Ciudad de Medellín, muy próximas al área urbana; al norte de Antioquia, áreas de Campamento, Anorí y Cedeño; al noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el Cabo de la Vela y otros lugares de la Alta Guajira. La presencia de esta clase de rocas en esos lugares ha recibido numerosas explicaciones y se les han asignado diferentes edades, sin embargo, el ámbito geológico en que se presentan y sus características petrográficas y estructurales, permiten postular una edad precámbrica para ellas. Este tipo de ofiolitas son comunes en los escudos, constituyendo las mayores fuentes de cromo y asbestos en el mundo y como ventanas geológicas se conocen en zonas orogénicas en varias localidades de las cuales es interesante mencionar el Macizo del Tapo en los Andes del Perú (Megard, 1978), del cual se explota la cromita que produce dicho país. Algo que es importante anotar con respecto a estas rocas ultrabásicas, es la cubierta esteatítica que presentan en mayor o menor grado, a diferencias de la ofiolitas más recientes de la depresión Cauca-Patía y occidente de la misma, en las cuales no se presentan zonas talcosas. Las rocas ultrabásicas al oriente de

Romeral presentan un importante depósito de asbestos (Las Brisas), algunas manifestaciones de cromita próximas a Medellín y prácticamente todas las manifestaciones de talco que han sido objeto de explotación en Colombia.

Otros aspectos en los que se pueden mencionar posibilidades en el Precámbrico de Colombia, son los metales típicos de corteza sílica como estaño, niobio y Wolframio. En proximidades de la frontera colombiana en el territorio amazónico de Venezuela hay algunas ocurrencias filonianas de estaño, niobio y tántalo. Se presenta una perspectiva interesante en algunas fallas regionales en el Guainía y El Vichada, a lo largo de las cuales se han emplazado pequeñas intrusiones que producen alteración turmalínica típica de mineralizaciones estanníferas, con buenos ejemplos en la falla de Caño Nabuquén al Nordeste de la Comisaría de Guainía.

En el Precámbrico de la zona andina de Colombia hay algunos cinturones calcáreos característicamente dolomíticos (véase figura 16). Las rocas carbonatadas de edad Proterozóica, en algunos países son importantes fuentes de Wolframio; un ejemplo interesante se encuentra en la zona wolframífera de Río Grande de Norte de Brasil. Este tipo de perspectiva no se ha estudiado en Colombia.

En resumen, cabe afirmar que la importancia metalogénica del Precámbrico es innegable. En la

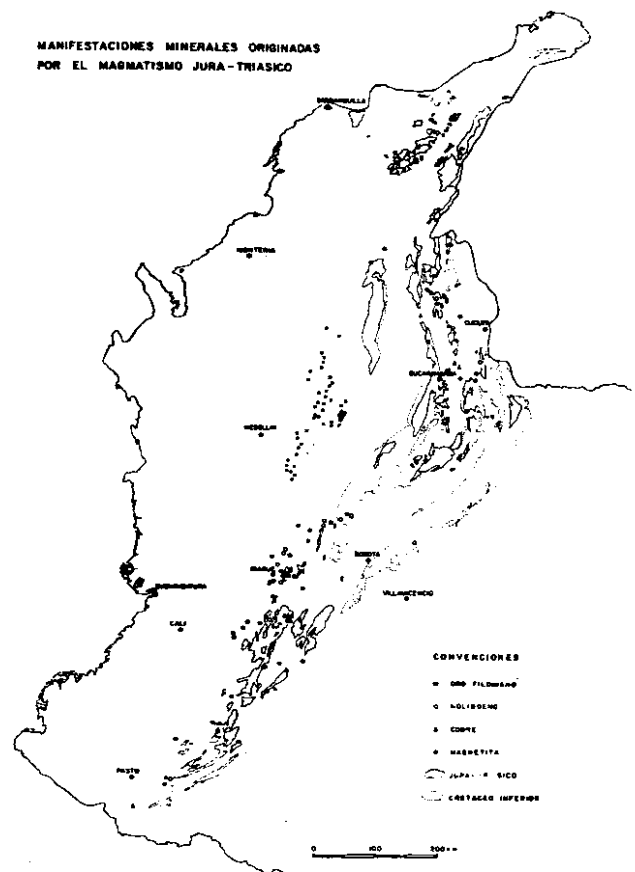


FIGURA 5

escala del tiempo geológico abarca un lapso varias veces mayor que todo el eón Fanerozóico, con una gran variedad de eventos geológicos, potencialmente mineralizantes. Es necesario identificar sus unidades litológicas y sus ambientes geológicos. Como ejemplo pueden citarse dos episodios de vulcanismo observables al oriente de la Orinoquia-Amazonia, formando fajas paralelas de dirección norte-sur, uno a lo largo del río Atabapo, que se prolonga hacia la región del Orinoco al norte y hasta el río Traira (afluente fronterizo del Apaporis) al sur y otro que dio lugar a la depositación de la formación Piraparaná al occidente de Mitú.

Los ambientes de sedimentación proterozóicos fueron muy variados y con posibilidades tan amplias como los del Fanerozóico. Además de las perspectivas que presentan las unidades litológicas precámbricas directamente, hay que tener en cuenta que las rocas de esta era son la fuente de gran parte de los metales que se acumularon por procesos minerogénéticos en áreas que sobreyacen corteziática o continental. La corteza siática en sí misma es pobre en elementos tales como oro, cobre, zinc, platino, cromo, níquel, etc. Los depósitos de estos metales en áreas continentales frecuentemente obedecen a removilizaciones por eventos magmáticos fanerozóicos de concentraciones precámbricas en forma de sulfuros masivos, conglomerados auríferos u otro tipo de yacimientos. En cuanto a los metales de afinidad siática como estaño, uranio, wolframio, niobio, etc., también su distribución parece haber tenido lugar durante el Proterozóico y los episodios magmáticos posteriores únicamente los remobilizan produciendo las mineralizaciones.

Con el uranio ocurre una circunstancia especial; a partir de rocas de edad proterozóica, los procesos sedimentarios fanerozóicos producen las acumulaciones que constituyen los depósitos económicos. Este elemento químico, altamente disperso en minerales accesorios de granitos proterozóicos, tales como el zircón y la allanita, fue transportado por aguas meteóricas y acumulado en ambientes químicamente reductores durante el Fanerozóico. Por lo tanto el Precámbrico debe explorarse no solamente desde el punto de vista de la mineralización primaria sino como generador indirecto de yacimientos. Este factor ha sido determinante en la definición de provincias metalogénicas en los continentes, de lo cual existen ejemplos interesantes, tal como los cinturones estanníferos circumatlánticos (Schuiling, 1967). Uno de estos cinturones, al menos teóricamente, cruza gran parte del territorio colombiano.

2. El Fanerozóico

Bajo esta denominación están comprendidos los últimos 520 millones de años en la historia de la tierra. Aunque es un lapso corto en comparación con el Precámbrico, los eventos geológicos ocurridos en él están más al alcance del observador para su conocimiento e interpretación.

Algunos fenómenos geológicos cesaron de ocurrir en el Fanerozóico, tales como los grandes procesos magmatizantes que formaron la corteza siática. En cambio otra clase de eventos se hizo común o por lo menos es identificable. Son notables las evidencias de la deriva continental y con esto los diversos procesos de comprensión, distensión y esfuerzo cizallante que definen la tectónica de placas. Estos fenómenos al producir magmatismo de diferentes características químicas y petrográficas abren variadas posibilidades metalogénicas e igualmente permiten la formación de diversos ambientes de sedimentación, con variadas posibilidades de depositación de minerales de utilidad económica.

Durante el Fanerozóico la vida pasó a ser un importantísimo factor en la acumulación de minerales siendo los materiales orgánicos los productos más importantes del subsuelo en las unidades litológicas de este eón.

Dentro de las mineralizaciones no sedimentarias, la metalogenia fanerozóica tiene dos importantes fuentes primarias: Por una parte las acumulaciones minerales existentes en la corteza siática o continental desde el Precámbrico, removilizadas por procesos magmáticos y por otra, la corteza oceánica, la cual permanece en constante renovación, a partir de las dorsales oceánicas, consumiéndose en los bordes continentales donde suministra metales. Los ambientes de sedimentación guardan también una relación con la evolución tectónica y con ello los depósitos minerales que puedan originar.

A continuación se hace un resumen de la evolución geológica del territorio colombiano durante el Fanerozóico y de las posibilidades mineralógicas a que dio lugar en cada una de sus eras y períodos.

2.1 El Paleozóico

El Paleozóico Inferior fue la época de los mares epicontinentales en el mundo, pues en ninguna otra etapa de la evolución geológica de la tierra tuvieron tanta extensión los mares de poca profundidad y en todo el orbe se conocen sedimentos característicos de ese ambiente en el Cambro-Ordovícico. En el territorio colombiano hay extensas áreas donde se presentaron esas condiciones especialmente durante el Ordovícico. Lo evidencian los sedimentos conocidos como Formación Araracuara, expuestos en una dilatada extensión de la Amazonia colombiana y parte de la Orinoquia. Esta formación predominantemente arenosa al sur, gradualmente cambia hacia el norte y en la Orinoquia es predominantemente pelítica.

En el Valle Medio del Magdalena se han datado sedimentos Cambro-Ordovícicos, denominados Formación La Cristalina, que representan un ambiente de sedimentación marina más profundo que el de la Formación Araracuara, con predominante sedimentación pelítica, potentes niveles calcáreos, algunas lilitas y en menor proporción, sedimentos

arenáceos. La Formación La Cristalina en su mayor parte presenta metamorfismo regional. Esta formación parece prolongarse al sur del Tolima, en el Huila y región oriental de Nariño, zonas donde se conocen exposiciones de rocas meta-sedimentarias muy similares lo cual permite suponer la existencia de una cuenca larga y estrecha en dirección nortesur, donde parece haber existido un ambiente de notable actividad biológica, ya que los sedimentos arenáceos y pelíticos presentan abundante grafito.

Al Occidente, hacia lo que constituye el eje de la cordillera Central, se encuentran rocas metasedimentarias y metavolcánicas, que han recibido los nombres de Formación Cajamarca (Nelson, 1954) y Formación Valdivia (Hall, & al. 1972). La edad de estas formaciones es incierta, aunque algunos autores coinciden en considerarlas del Paleozóico Inferior. No hay nada concluyente a pesar de las numerosas dataciones radiométricas, de las cuales han llegado algunas hasta Cretáceo Superior (79 ± 10 millones de años; Núñez, & al. 1979). Lo único claro con respecto a estas formaciones es el hecho de presentar rocas metavolcánicas que en caso de confirmarse una edad Paleozóica Inferior, constituirían el único evento volcánico reconocido en Colombia durante ese intervalo de tiempo.

Respecto al Paleozóico Inferior queda por referir la actividad magmática alcalina representada

por la sienita nefelinica de San José del Guaviare, expuesta en la confluencia de los ríos Guaviare y Ariari y en Cerro Cumare (aproximadamente equidistante entre los ríos Caguán y Yari), cuya datación (Pinzón, 1962) no ha sido objetada hasta el presente.

Al examinar la litología del Paleozóico Inferior prescindiendo de Formaciones como Silgará, de la cual no hay dato confiable que permita situarla en este lapso, las posibilidades metalogénicas no son especialmente favorables. Por una parte la ausencia de actividad volcánica en la extensión de las formaciones Araracuara y La Cristalina hace improbable la presencia de sulfuros masivos. La falta de intrusiones tampoco permite creer en posibles depósitos de contacto o filonianos. No hay evidencias de cuencas evaporíticas que permitieran la formación de depósitos del tipo Mississippi Valley (descrito más adelante). Tampoco se han identificado posibilidades en cuanto a fosforita ni a hierro sedimentario. Por otra parte no se conocen sedimentos continentales del Cámbrico u Ordovícico que sean potenciales acumuladores de uranio.

Las formaciones Valdivia y Cajamarca presentan la posibilidad de hallar sulfuros masivos, al tratarse de secuencias de metavulcanitas básicas alternando con metasedimentos de origen oceánico. Existen algunas manifestaciones de sulfuros en la Cordillera Central, que parecen tener este origen (véase figura 3). Como se anotó antes, las edades de estas formaciones es dudosa y es difícil explicar porqué las vulcanitas de las mismas no se encuentran en la Formación La Cristalina. Es muy factible que estas unidades sean anteriores, posiblemente Precámbricas o constituyan un alóctono acrecionado al continente después de la depositación de la Formación La Cristalina.

Otras posibilidades metalogénicas del Paleozóico Inferior debe buscarse en las intrusiones alcalinas de San José del Guaviare, donde existe la perspectiva de hallar acumulaciones de elementos de tierras raras y zirconio, así mismo, la posibilidad de hallar intrusiones carbonatíticas (fuente de tierras raras), con frecuencia asociadas del plutonismo alcalino.

Además es interesante anotar que los calcáreos de la Formación La Cristalina (véase figura 20) constituyen los yacimientos de mármol más grande de Colombia, con la presencia de algunas localidades de silicatos de calcio de uso industrial, tales como wollastonita, granate, etc. Las facies arenosas de la Formación La Cristalina presentan abundante grafito, mineral que también es frecuente en la Formación Cajamarca. En la Formación Araracuara no se conocen ocurrencias minerales dignas de mención.

El período Silúrico no ha sido registrado en Colombia; posiblemente fue una etapa orogénica que produjo el metamorfismo de las unidades ante-

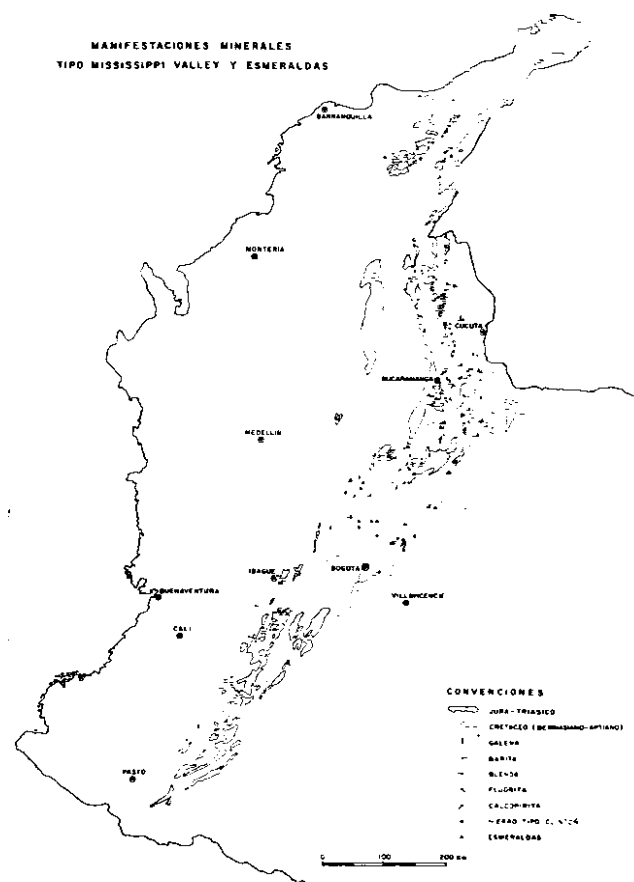


FIGURA 6

riores, en especial la Formación La Cristalina. No se ha identificado actividad ígnea de el Silúrico.

La historia geológica del Paleozóico Superior tiene un primer evento en la transgresión del Devónico. Durante este período se depositaron sedimentos marinos, que se encuentran expuestos en Ambica (Huila) La Jagua (Huila), cabeceras del río Ariari (Meta), oriente de Rovira (Tolima), en el Macizo de Quetame al oriente de Cundinamarca, Floresta (Boyacá), norte de Bucaramanga, Convención y Teorama (Norte de Santander), región Nevado en los límites de Boyacá y Santander, Mogotes (Santander), al oriente de Curumaní (Cesar) y en aproximidades de Manuare (Cesar).

En general el Devónico está representado por sedimentos marinos de poca profundidad, conglomeráticos hacia la base, arenosos en su parte intermedia y hacia el tope calcáreos (Forero, 1969). Algunos autores (Champetier de Rives, & al. 1963) conceptúan que la base del Devónico en Perijá presenta carácter tobáceo, sin embargo, no hay total certeza al respecto. Durante el Carbonífero tuvo lugar una sedimentación epicontinental, depositándose una secuencia que en parte basal es calcáreo detrítica y hacia la parte media y superior presenta sedimentos rojos de posible origen continental.

Por lo común en la mayor parte de las localidades donde se ha encontrado el Devónico se halla

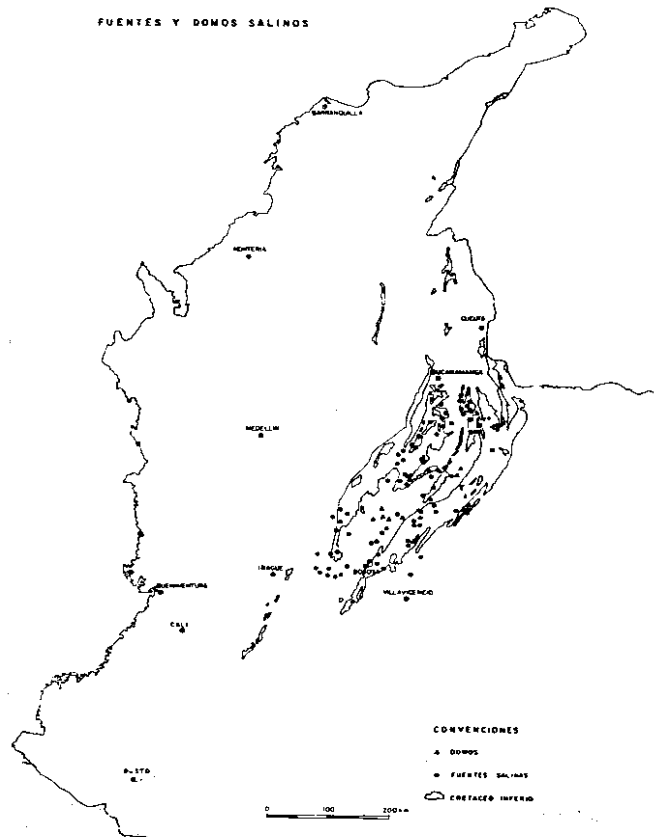


FIGURA 7

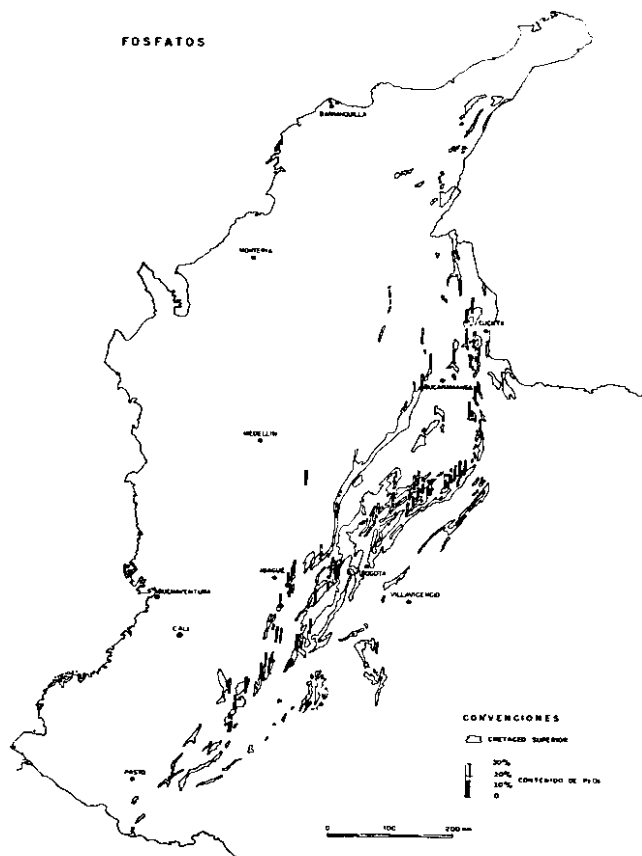


FIGURA 8

también el Carbonífero, aunque generalmente no se registra su parte inferior. Esta sólo se ha localizado en la región del río Batá 9 (Burgl, 1958).

La sedimentación del Devónico y Carbonífero presenta dos grandes ciclos con un hiato en el Carbonífero Inferior. La sedimentación calcárea del Devónico Superior parece no ser continua; en cambio la del Carbonífero se ha registrado en todas las localidades. El área de aporte de sedimentos durante los dos períodos parece haber estado al oriente, en este sentido es interesante el trabajo realizado por la Compañía Minatome (Faure, 1977), en el cual fue determinada durante el Carbonífero una zona de sedimentación deltáico-lagunar al oriente de los Farallones de Medina. Al final de este período se presentan sedimentos rojos evidenciando una posible emersión y el comienzo de una orogenia pérmica. El registro sedimentológico del Pérmico es exiguo, existen dos exposiciones de sedimentos datados correspondientes a ese período; localizados uno al oriente de la población de Manuare (Trumpy D., 1943) y en la otra en inmediaciones de la Ciudad de Bucaramanga (Ward D. & al. 1969). En ambas localidades se trata de sedimentos calcáreos expuestos en una área restringida.

Hay además algo muy importante para tomar en cuenta en lo referente al período Pérmico, es el Batolito Antioqueño. La edad de esta intrusión ha sido bastante controvertida; dataciones potasio-

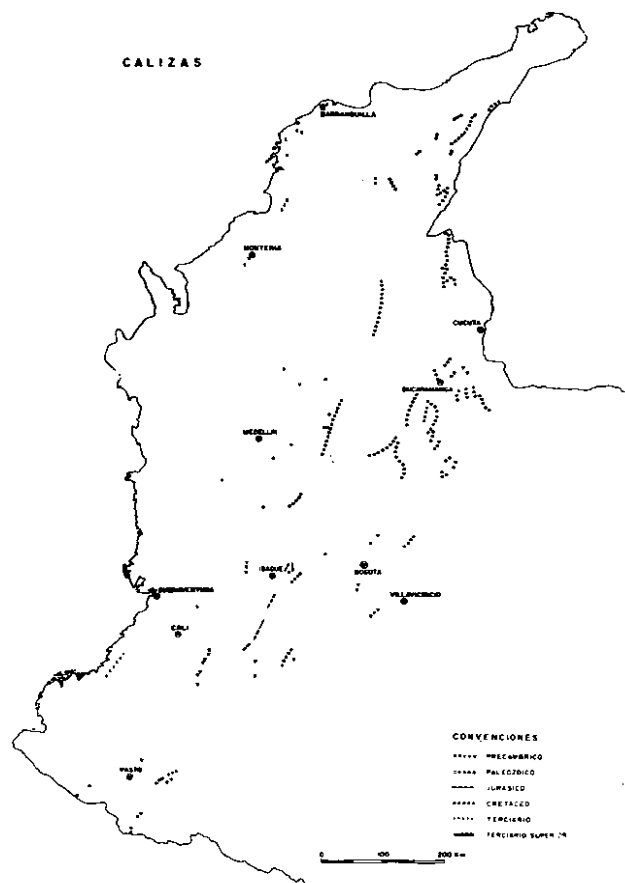


FIGURA 9

argón (Botero, 1963) dieron una edad de 79.3 ± 3 millones de años. Posteriormente el Batolito Antioqueño fue datado por medio de isocromas de rubidio-estroncio por la Compañía Prospectora de Uranio Minatome (Faure, 1977) con un resultado que sitúa esa intrusión entre 258 millones y 268 millones de años. Es claro, dado el alcance de los métodos de datación, que el Rb/Sr por isocronas tiene más confiabilidad, por tanto el Batolito Antioqueño puede considerarse como una intrusión paleozóica concretamente pérmica.

Al examinar la historia del Paleozóico en Colombia pueden hacerse las siguientes reflexiones con respecto a su potencial metalogénico: en primer lugar hay que hacer referencia a las formaciones Cajamarca y Valdivia, las cuales constituyen lo más interesante entre lo que se atribuye generalmente al Paleozóico. Hay en ellas depósitos cuyas características los asimilan con yacimientos del tipo sulfuros masivos, tales como La Marina (Quindío) y Berlín (norte de Antioquia). Sin embargo, la asignación de edad Paleozóica a estas Formaciones es en extremo dudosa, ya que las relaciones del Valdivia con las metatonalitas de Puquí (Precámbrico) parecen indicar una edad anterior a éstas. Realmente no se conoce una razón totalmente valedera para considerar fanerozóicas estas formaciones. En una extensa área del norte de Antioquia y sur de Bolívar hay metamorfitas consideradas del Paleozóico

Inferior, sin embargo se tienen numerosos indicios que permiten creer en una amplia exposición de rocas precámbricas. Las características petrográficas de unidades tales como los mármoles dolomíticos de Amalfi, las migmatitas (denominadas neises intrusivos) y los metaconglomerados de cuarzo totalmente homogenizados hasta constituir una cuarcita de tono lechoso, en la cual escasamente se intuye el origen detrítico, son rasgos muy característicos del Precámbrico en varias zonas de Colombia y Venezuela. Esto tiene gran importancia en la interpretación de las posibilidades metalogénicas.

Hasta ahora no se ha dilucidado el origen de los grandes aluviones auríferos del río Nechí. No parece posible que se hubieran originado únicamente en los filones del área de Segovia, cuyo volumen no se considera suficiente para generar el gran tamaño de los placeres. Es interesante anotar la abundancia de guijarros de metaarenisca y metaconglomerado en algunos aluviones auríferos, tales como La Viborita (Hall, & al. 1970), lo cual abre un amplio campo de investigación acerca de la posibilidad de que dichos aluviones tengan como fuente primaria conglomerados auríferos precámbricos.

Las unidades litológicas del Paleozóico de las cuales existen dataciones paleontológicas indudables, evidencian una notable pobreza evolutiva. No hay eventos volcánicos claramente identificados, la actividad magmática fue escasa o nula en varios períodos del Paleozóico y no se conoce sedimentación que permita considerar mineralizaciones importantes.

La metalogena de la Era Primaria en Colombia, es pobre, existen algunas ocurrencias de uranio y cobre en sedimentos del Carbonífero en la Cordillera Oriental (véase figura 4) pero ninguna tiene potencial económico.

La intrusión del Batolito Antioqueño no parece haber generado mineralizaciones, su posible emplazamiento profundo sin acceso a superficie y por tanto sin actividad volcánica, constituye un factor negativo en sus posibilidades metalogénicas.

2.2 El Mesozóico

Esta era es especialmente interesante en cuanto a realidades y posibilidades metalogénicas. La evolución geológica del Mesozóico en Colombia está caracterizada por un gran evento tafrogénico que se inició en el Triásico y culminó en el Cretáceo (Estrada, 1972).

Durante el Triásico y el Jurásico predominó la sedimentación continental, caracterizada por espesos prismas de sedimentos detríticos con una extensión longitudinal muy grande, pero lateralmente limitados, los cuales corresponden a antiguos abanicos formados en los flancos de un "rift". Estos sedimentos se presentan intensamente oxidados, con características de haberse depositado en un ambien-

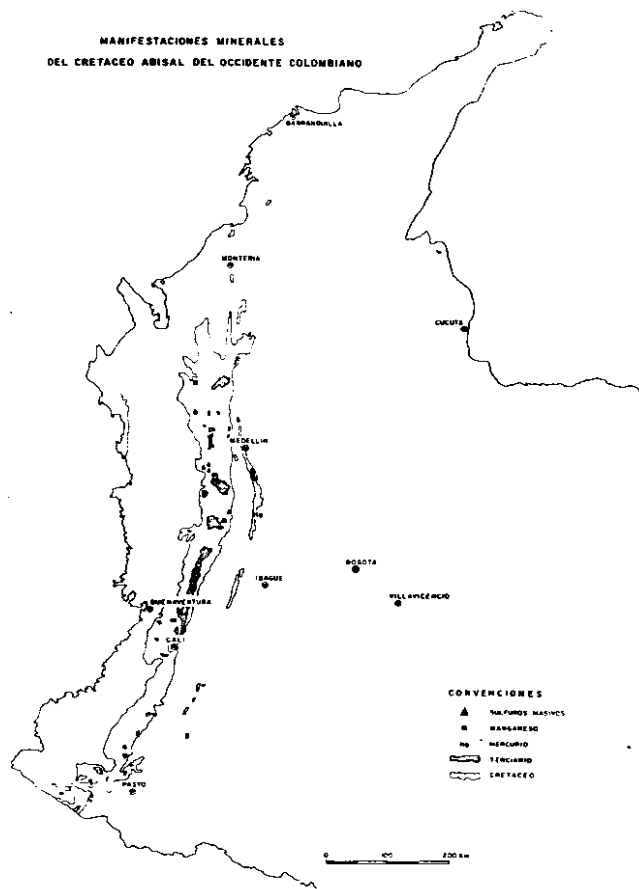


FIGURA 10

te climático de extrema aridez. La nomenclatura estratigráfica del Juratriásico ha sido notablemente confusa existiendo más de quince denominaciones, tales como: Formación Girón (Hettner, 1982). Formación La Quinta (Kunding, 1938), Formación Pre-Payandé (Rez, en Trumpy, 1943). Formación Luisa (Geyer, 1973), Formación Jordán (Cediél, 1968), Formación Gualanday (Sheibe, 1934), Formación Chicoral (Chenevert, 1963), Formación Guatapuri (Tschanz, 1969) Formación Uipana (Renz, 1960), Formación Guasasapa (Renz, 1969), Formación Batá (Burgl, 1958), Formación o Grupo La Ardita (Segovia, según Segovia y Renzoni, 1965), Formación Saldaña (Cediél, & al. 1980), Formación Motema (informes de compañías petroleras), Formación Seca (De Porta, 1966), Formación Hoyón (De Porta, 1966), Formación Pepino (Olsson, in Jenks, 1965).

Al observar la distribución de los sedimentos juratriásicos (véase figura 5) se nota que forman fajas angostas: una al pie de la Cordillera Central en el Putumayo la cual continúa en el Huila en la región de Tesalia, occidente de Turuel, Palermo, Aipe y más al norte en el Tolima en la región de Ataco, Ortega, San Luis, Gualanday Piedras y cruzando el Magdalena, en la zona de Cambao. Esta faja tiene continuidad en Santander, al sur de Landázuri y al norte en la Serranía de los Cobardes y en la región de Lebrija y Girón. Más al norte se presenta en la

Serranía de Perijá. Otra faja de sedimentos detríticos rojos del Jura-Triásico se encuentra en el Huila, al pie de la Cordillera Oriental en la región de Acevedo, continúa al oriente de Campoalegre, San Antonio y Colombia y más al norte está expuesta en la región de Batá (Boyacá), al occidente de Duitama, al Oriente de Guaca (Santander), al Oriente de Pamplona y en la región de Ocaña observable en la toma del Tarra y la zona de Convención-Teorama.

Hay otra faja discontinua de sedimentos detríticos del tipo antes mencionado en el flanco oriental de la Sierra de San Lucas, que se prolonga en el Piedemonte suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. También se conoce este tipo de depósito sedimentario en la Alta Guajira. El evento tafrogénico del Juratriásico, originó además una intensa actividad magmática de tipo alcalino que produjo espesos depósitos volcánicos y pequeñas intrusiones. Hay exposiciones de vulcanitas juratriásicas, al extremo occidental del Putumayo, en el Huila, Tolima, Santander, Norte de Santander, Boyacá, Cesar, La Guajira, Antioquia, y Sur de Bolívar. (En la figura 5 pueden observarse las áreas que cubren la sedimentación y el vulcanismo juratriásico). En gran parte los canales de "rifting" en el Juratriásico no tuvieron ingreso marino y solamente se conocen sedimentos calcáreos (Formación Payandé) en el Alto Magdalena, los cuales representan una entrada marina o posiblemente un lago salado aislado. En la

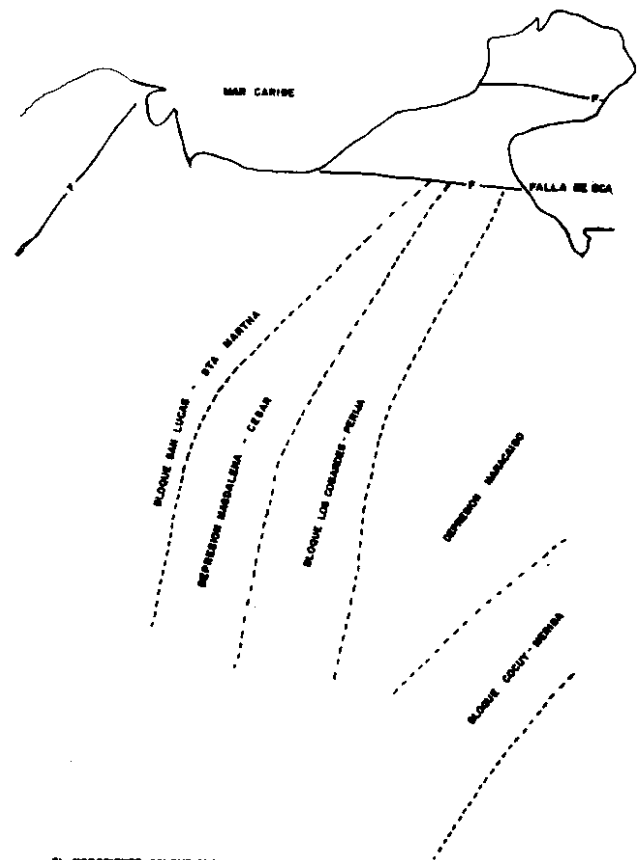


FIGURA 11

Motilonia (Norte de Santander) se conoce una caliza similar, pero su posición estratigráfica no está totalmente definida. Hay un notable caos en la formación estratigráfica del Jura-Triásico, con fusiones de granitos Precámbricos con intrusiones de esta edad, interpretaciones cronoestratigráficas mal orientadas, etc. Si se examinan en conjunto las unidades plutónicas, volcánicas y sedimentarias del Juratriásico desde el Putumayo hasta La Guajira, se puede observar que presentan características inconfundibles en cuanto a ambiente geotectónico, paleoclimático y composición petrográfica y química.

Durante el Cretáceo ocurrió el ingreso marino al rift; posiblemente la comunicación fue intermitente durante el Cretáceo Inferior, en tal forma que en algunos intervalos existió un sistema de lagos salados sin unión al océano. Esto explicaría las condiciones de alta salinidad que predominaron durante el comienzo de dicho período. Hay indicios de un ambiente de esta naturaleza hasta el Albiano-Aptiano.

En el Conniaciano debió existir una apertura total a la influencia oceánica, ya que el depósito de fosfatos evidencia la existencia de corrientes ascendentes. El mar cretáceo se expandió excediendo

ampliamente las márgenes del antiguo rift. Hacia el fin del Cretáceo se produjo un suave levantamiento que en forma intermitente continuó en el Terciario.

La intensa actividad magmática del Juratriásico disminuye hasta casi anularse durante el Cretáceo. La actividad ígnea de la primera parte del Mesozoico fue de tipo petrográficamente ácido, la del Cretáceo básica e intermedia (Fabre, 1982).

Durante el Cretáceo existió otro ambiente geotécnico en el occidente del país, al cual se hará referencia en forma separada.

Al estudiar las posibilidades metalogénicas del "rift" mesozoico de Colombia, es interesante comparar la situación con los modelos espaciales geotectónicos propuestos por Cook & McElhinny en el Artículo "Phosphate Deposits in Light of Plate Tectonics" (1970).

"Modelo Espacial A"

- Sedimentación Continental
- Movimiento norte-sur de placas litosféricas que produce un rift este-oeste en una localización de baja latitud, vulcanismo asociado.
- Desarrollo en gran escala de evaporitas durante el estado de separación incompleta de placas. La magnitud de los depósitos evaporíticos dependerá de la naturaleza del rift y de la aridez del área.
- Separación completa de las placas e iniciación de una vía marina este-oeste. Un fuerte sistema de corrientes dirigidas al oeste producirá fuerte surgencia y esto estará asociado con la formación de fosforitas (ejemplo: fosforitas cretáceas de la región de Tethys).
- Como continúa la expansión del fondo oceánico, la vía marina se hace más ancha; las fosforitas pueden volverse menos abundantes y los carbonatos más frecuentes, en tanto que el agua del mar se hace más cálida y la surgencia más débil.
- La expansión puede continuar hasta el estado donde el límite norteño del mar longitudinal esté localizado dentro de la zona de deriva del viento occidental. Esto puede resultar en una ascensión dinámica de alta latitud, tanto en la costa norte como en la costa sur.
- La expansión puede continuar hasta el estado donde las costas no estén dentro de los cinturones de vientos alisios y occidentales y consecuentemente, el área no se constituye una provincia potencialmente fosfogénica.

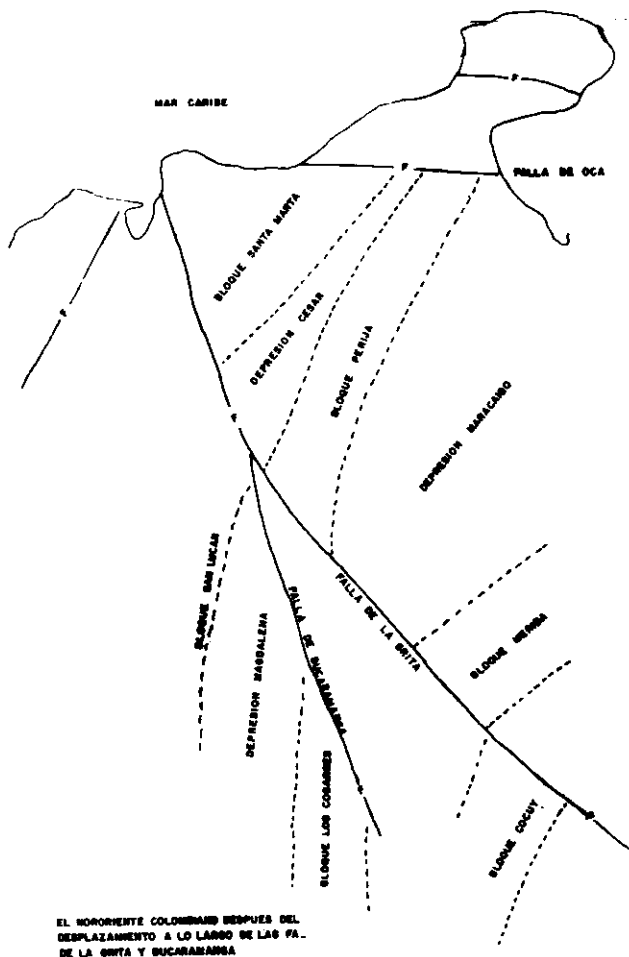


FIGURA 12

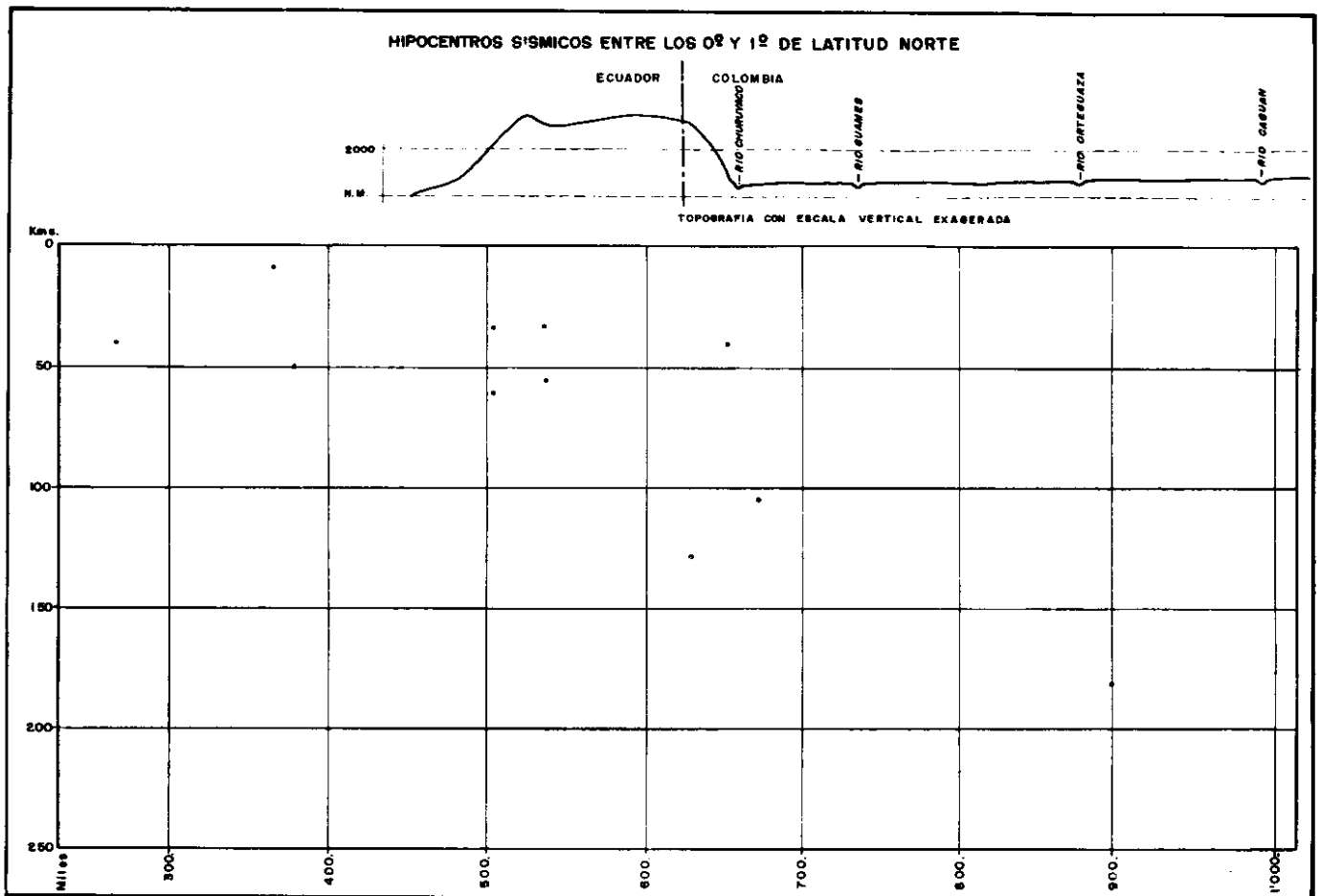


FIGURA 13

“Método Espacial B”

- Sedimentación Continental
- Movimiento este-oeste de placas litosféricas produciendo un rift norte-sur en un amplio intervalo de latitudes, vulcanismo asociado.
- Desarrollo de evaporitas, en gran escala durante el estado de separación incompleta de placas, particularmente en las áreas de baja latitud.
- Separación completa de las placas y la iniciación de una vía marina norte-sur sin un patrón de corrientes dominantes. Las aguas oceánicas pueden estar casi estancadas y pobremente oxigenadas. Durante este período, se pueden depositar en este tiempo, sedimentos ricos en materia orgánica.
- Al continuar la expansión del fondo marino, la vía marina puede eventualmente volverse lo suficientemente oceánica. Esto da lugar a la ascensión en el lado oeste del océano y a la formación de fosforitas en localizaciones de baja latitud. El tiempo entre el desarrollo de evaporitas y fosforitas es enteramente dependiente de la rata de expansión del fondo oceánico y probablemente varía de 15 millones de

años a más de 100 millones de años. Las aguas del fondo también llegan a ser más oxigenadas.

- Eventualmente este estado es alcanzado cuando hay un mar amplio con corrientes giratorias oceánicas estabilizadas.

Los modelos espaciales citados, particularmente el primero, parece que estuvieron describiendo la evolución geológica de la parte central de Colombia durante el Mesozóico. Por tanto puede considerarse que las posibilidades metalogénicas están estrechamente relacionadas con un episodio de rifting.

En primer lugar cabe hacer referencia a los aspectos mineralogénicos del Juratriásico: La actividad magmática de este período fue intensa, evidenciada por los extensos depósitos lávicos y piroclásticos relacionados con ésto. Las ocurrencias minerales (véase figura 5) pueden agruparse así: Mineralizaciones diseminadas o cobre porfídicos de los cuales se conocen algunos en las Cordilleras Central y Oriental, tales como Mocoa, Los Andes, El Infierno, Dolores y California. Los tres primeros localizados en la Cordillera Central se caracterizan por una relativa abundancia de molibdeno. Es típica la frecuencia de este elemento en ocurrencias minerales en el flanco oriental de la Cordillera Central, posiblemente reflejando una relativa abundancia de dicho metal en la corteza siálica de esa re-

numerosas manifestaciones filonianas con magnetita.

En los skarns formados por cuerpos intrusivos del Mesozóico se presenta magnetita asociada con sulfuros de cobre, en localidades tales como Los Granates, El Sapo, Los Guayabos, Las Palmitas y Payandé. En esta última localidad se conoce además la presencia de minerales de wolframio.

Por último cabe mencionar algunas manifestaciones de cobre nativo, relacionadas con flujos volcánicos subaéreos, en general sin interés económico, observables al Norte de Santander, Cesar y Sur del Tolima.

La metalogenia del Mesozóico, relacionada con procesos sedimentarios tiene un amplio campo de posibilidades mineras. La evolución geológica durante esta era permitió la existencia de una amplia variedad de ambientes de sedimentación. En un orden cronológico, la génesis mineral sedimentaria del mesozóico es la siguiente: En primer lugar cabe mencionar la sedimentación continental del Juratriásico. En los sedimentos detríticos de este período se encuentran manifestaciones de uranio en paleocanales (véase figura 4) en localidades tales como Contratación y Zapatoca (Santander), Pacarín y Palermo (Huila). También se conocen algunas ocurrencias de sulfuros en los sedimentos rojos en la localidad de Peñón (Santander).

Durante el Juratriásico se presentan las primeras manifestaciones evaporíticas de la era Secundaria, a saber, los yesos de la Formación Payandé. Estas evaporitas son el prelude de las cuencas salinas del Cretáceo Inferior con sus amplias posibilidades metalogénicas. El depósito evaporítico fue especialmente importante en la Cordillera Oriental (véase figura 7), en Cundinamarca, Nemocón, Sesquilé y Tausa y numerosas ocurrencias menores. En Santander y Boyacá con depósitos de rocas yesíferas y numerosas fuentes salinas.

Las salmueras altamente concentradas son el medio para el transporte y depositación de mineralizaciones de tipo Mississippi Valley (Cathles, & al. 1983), tipo de ocurrencia muy frecuente en la cordillera Oriental y Valle del Alto Magdalena.

Se conocen más de cincuenta ocurrencias de este tipo, en asociaciones de galena-blanda, galena-barita, galena-barita-fluorita, galena-blanda-calcopirita (véase figura 6), con determinadas características comunes, tales como el encontrarse emplazadas en rocas precretáceas inmediatas a la superficie de discordancia, o dentro de los sedimentos cretáceos principalmente en sus facies calcáreas. Generalmente las galenas son pobres en plata y las blendas ricas en cadmio. Las mineralizaciones encajadas en rocas pre cretáceas parecen truncarse en la superficie de discordancia y son las que generalmente presentan fluorita. Las ocurrencias en las cuales se

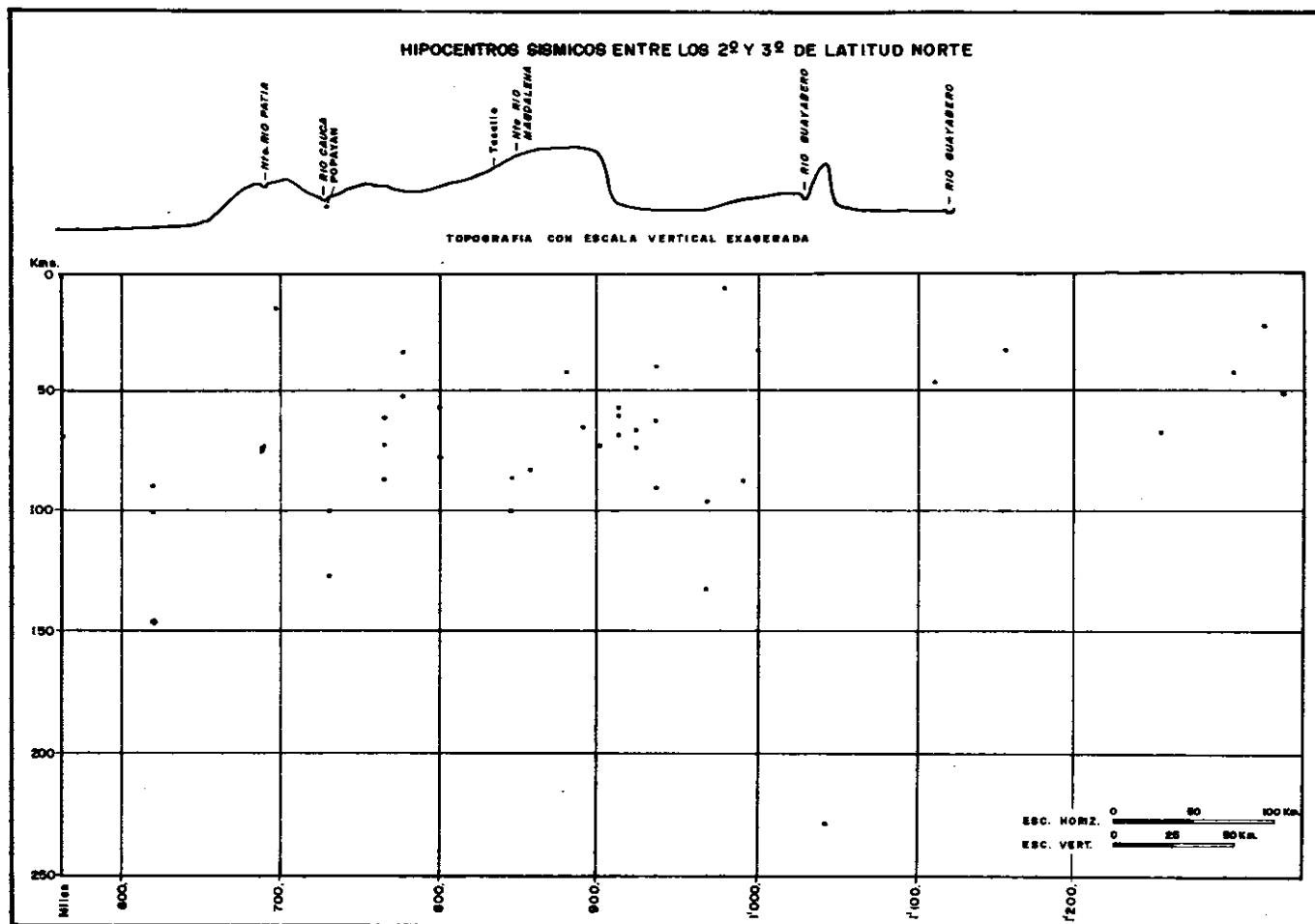


FIGURA 15

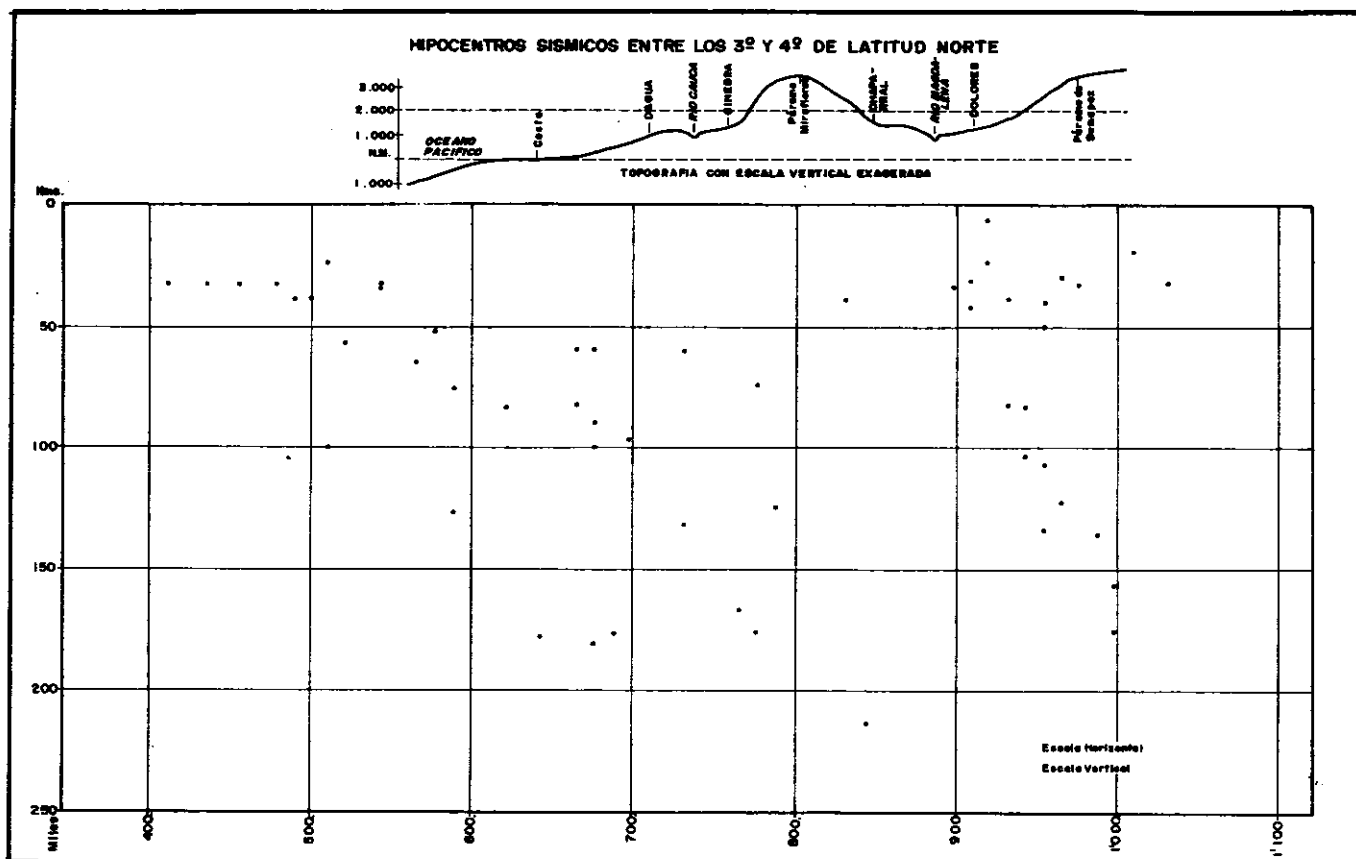


FIGURA 16

presenta blenda generalmente se encuentran dentro de los sedimentos cretáceos.

Se conoce una interesante localidad para observar el posible mecanismo de precipitación en los minerales en esta clase de ocurrencias. En el río Murca, afluente del río Guavio al oriente de Cundinamarca, se presenta yeso, azufre nativo y sulfuros de zinc y plomo, dentro de un mismo afloramiento; el yeso presenta manchas de azufre indicio claro de reemplazo por reducción; al progresar este proceso, el azufre debió ser reducido a ácido sulfhídrico, el cual reaccionó con los metales disueltos en forma de cloruros complejos precipitándose los sulfuros metálicos. El agente reductor es bacteriano, posiblemente del tipo de sulfovidrio. La asociación yeso azufre sulfuros también ha sido descrita en las minas de Zipaquirá (Mc. Laughlin & al. 1971). Cabe agregar que la roca encajada en el río Murca presenta un aspecto similar al "rute" de las salinas. Los sulfuros pueden ser disueltos y redepositados por lo cual a menudo se presentan rellenando cavidades karsticas en rocas calcáreas.

Otro aspecto importante en la génesis mineral de la sedimentación del Mesozóico, lo constituyen las esmeraldas. Se encuentran estas gemas en el flanco occidental de la cordillera Oriental, región de Muzo, Peñas Blancas y Coscuéz y en la vertiente oriental de la misma cordillera en la región de Ubalá, Chivor y Somondoco (véase figura 6). Estratigráficamente se hallan en el Cretáceo Inferior.

Algunos autores (Hall, 1976) atribuyen un origen magmático a las esmeraldas. Sin embargo hay una serie de razones para considerar que tienen origen sedimentario y que las evaporitas son un factor clave en la mineralización, junto con un evento metamórfico de bajo grado que afectó la región puesto en evidencia por la frecuente presencia de plagioclasa sódica y de otros silicatos en las lutitas. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en su estudio de las esmeraldas hizo un interesante análisis de este posible mecanismo de mineralización, según el cual salmueras altamente concentradas actuaron como medio de movilización de berilio el cual fue precipitado como berilo debido a cambios en el pH del medio. La mineralización presenta un claro control tectónico, ya que las zonas de fallas son los lugares principales de depósito. En el oriente de Cundinamarca esto no es tan evidente; sin embargo, es muy clara la relación espacial de las evaporitas y las mineralizaciones esmeraldíferas en lugares tales como la cuenca inferior del río Murca.

En los sedimentos del Cretáceo Inferior existen algunas manifestaciones de hierro en localidades de Cundinamarca, tales como Manta, Tibirita, Ubalá y la Pradera. El mineral primario es siderita incluida en forma lenticular en lutitas, la cual por oxidación superficial produce hematita y goethita. En general, los cuerpos mineralizados alcanzan algunas decenas de metros de longitud pero su espesor es reducido y parecen estar confinados a un determinado nivel estratigráfico. Las características ano-

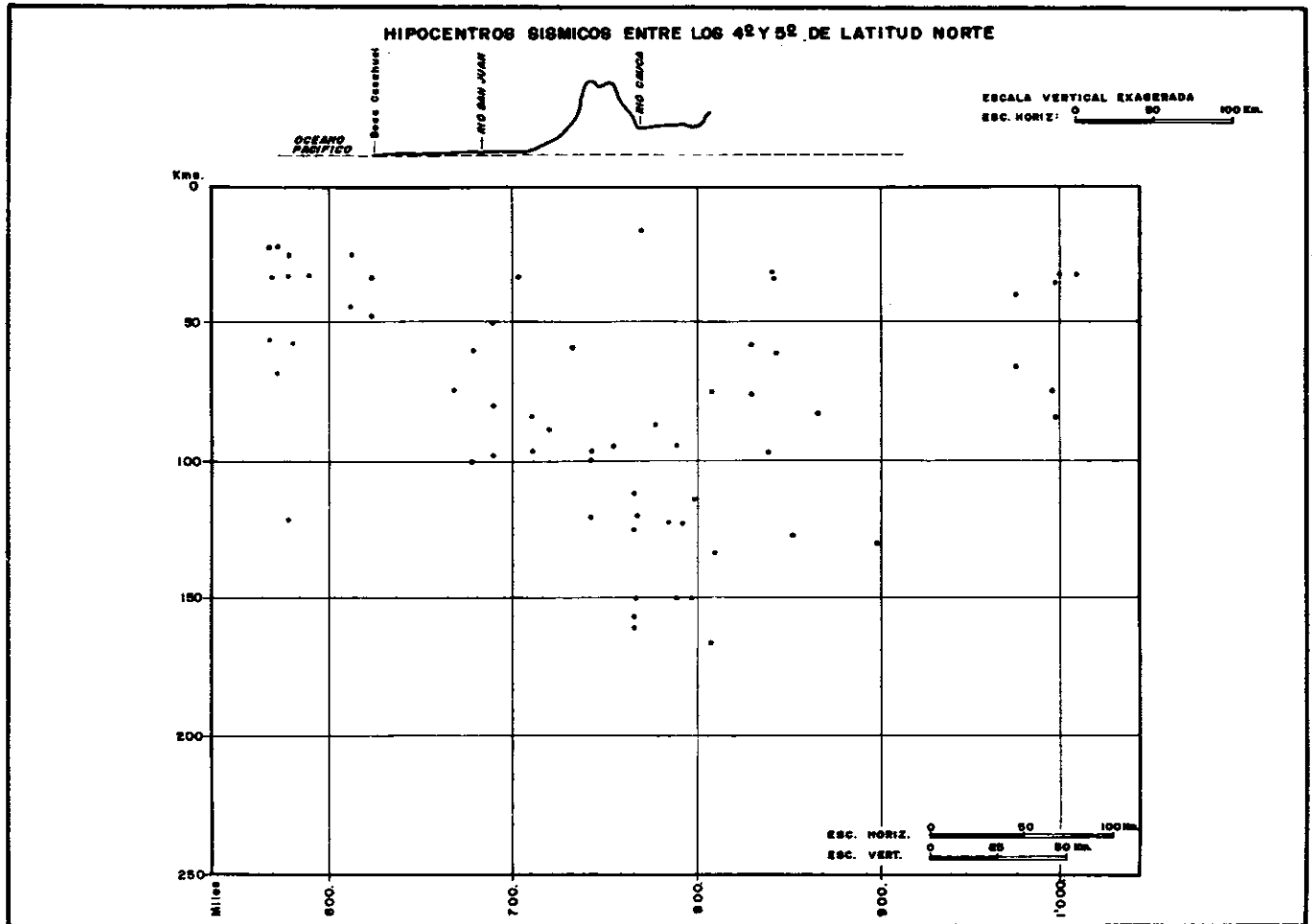


FIGURA 17

tadas son muy semejantes a las de los depósitos tipo Clinton de los Apalaches, aunque de dimensiones más pequeñas.

En el Cretáceo Superior no se presentan ambientes de alta salinidad. Durante el Conniaciano empezó el depósito de capas fosfáticas proceso que continuó en el Santoniano. Al observar la distribución geográfica de los fosfatos es evidente su presencia hacia el centro-occidente de la cuenca cretácea y notoria su ausencia al oriente y hacia los extremos norte y sur (véase figura 8). En general los fosfatos conocidos en el país presentan un alto contenido de carbonato y solamente aquellos sometidos a lixiviación por agentes atmosféricos, están libres de ese compuesto.

Cabe agregar que algunos niveles fosfáticos presentan concentraciones apreciables de uranio; de estos es digno mencionar el prospecto de Berlín (Caldas).

A lo mencionado sobre la génesis mineral en el Cretáceo del centro del país, hay que agregar que a lo largo de ese período hubo depósitos de sedimentos calcáreos en extensas áreas desde Putumayo hasta la Guajira (véase figura 9). Este es el período de mayor sedimentación de calizas en toda la historia geológica del territorio colombiano.

Con respecto al período Cretáceo queda un importante tema, es lo referente a la región ubicada al occidente de la actual cordillera Central. Allí existió un ambiente geológico muy diferente al anteriormente descrito. La litología cretácea del occidente Andino comprende basaltos oceánicos, complejos ultramáficos y una espesa secuencia sedimentaria compuesta de lutitas, lutitas pizarrosas, grawacas, liditas y prismas de diamictitas. Existen varias denominaciones para las unidades litológicas enumeradas, entre otras: Formación Diabásica (Hubach & al, 1932), Grupo Faldequera (Hubach, & al. 1934). Grupo Diabásico (Hubach, 1957), Grupo Cañasgordas (Alvarez, & al. 1978), Formación Quebradagrande (Botero, 1963), Complejo Ofiolítico del Cauca (Tossaint & al, 1978). Formación Espinal (Hubach, 1981), Basaltos de Nuevo Paraíso (Dueñas, & al. 1981), Peridotitas de Planeta Rica (Dueñas, 1981), etc.

Resumiendo la información de la copiosa nomenclatura estratigráfica existente, se puede generalizar que existen basaltos oceánicos, complejos ofiolíticos y una espesa secuencia turbidítica que los sobreyace.

Las manifestaciones minerales que se generaron en este ambiente son las de las siguientes clases: Manganeso vulcanogénico en Samaniego y Curcuel

(Nariño), Apía (Risaralda), Vallesí y Abejorral (Antioquia) y Anchicayá (Valle), en todas las cuales hay especialmente una relación estrecha con liditas negras que sobreyacen los basaltos. Sulfuros masivos tipo Chipre como el depósito El Roble (Chocó). Otras ocurrencias minerales que presentan características que los asimilan con ese tipo de depósitos son Santa Anita y El Socorro ambas en la vertiente occidental de la cordillera Occidental en el Chocó. Por último (véase figura 10) pueden mencionarse las ocurrencias minerales relacionadas con ultrabásitas tales como las magnesitas de Bolívar (Valle), serpentinitas explotadas con diversos fines en Pácora y otros lugares, manifestaciones menores de cromita en los Almendros (Córdoba). También cabe mencionar los complejos ultramáficos como la roca originadora de los prospectos níquelíferos, sin embargo, sobre ese tema se hará referencia al tratar el Terciario, período en que tuvo lugar el proceso de laterización que formó esos depósitos.

Resumiendo las características de la geología mesozóica de Colombia y las perspectivas metalogénicas a que da lugar, pueden destacarse los siguientes puntos:

- El magmatismo Juratriásico es un evento del que pueden esperarse acumulaciones importantes de metales de afinidad continental, entre ellos estaño, wolframio, niobio, molibdeno, zirconio, uranio, etc. Estos elementos se pueden presentar en diversos tipos de acumulaciones de origen magmático, tales como di-

seminaciones (estaño, molibdeno, uranio), skarns (estaño, wolframio) pegmatitas (estaño, niobio, molibdeno, uranio, wolframio), filones (estaño, wolframio, uranio, molibdeno).

- Para la prospección de depósitos de las clases mencionadas es muy importante localizar las verdaderas intrusiones juratriásicas ya que existen confusiones con los granitos proterozoicos.
- También es interesante hacer referencia a las posibles mineralizaciones de hierro (Magnetita) relacionadas a la actividad ígnea juratriásica. Aunque en general los depósitos relacionados a este tipo de eventos no son de enormes dimensiones, constituyen prospectos de alta calidad. Esta clase de mineralizaciones abastecen de hierro a Perú y Chile.
- Las posibilidades metalogénicas de la sedimentación juratriásica, radican principalmente en el uranio. La abundancia de material detrítico sedimentado en ambiente continental y la procedencia de ese material producto de la erosión de granitos proterozoicos, hacen óptimas las circunstancias para hallar depósitos en areniscas.
- El ambiente de sedimentación de la Formación Payandé, así como el del Cretáceo Inferior, en áreas tales como Los Santos (Santan-

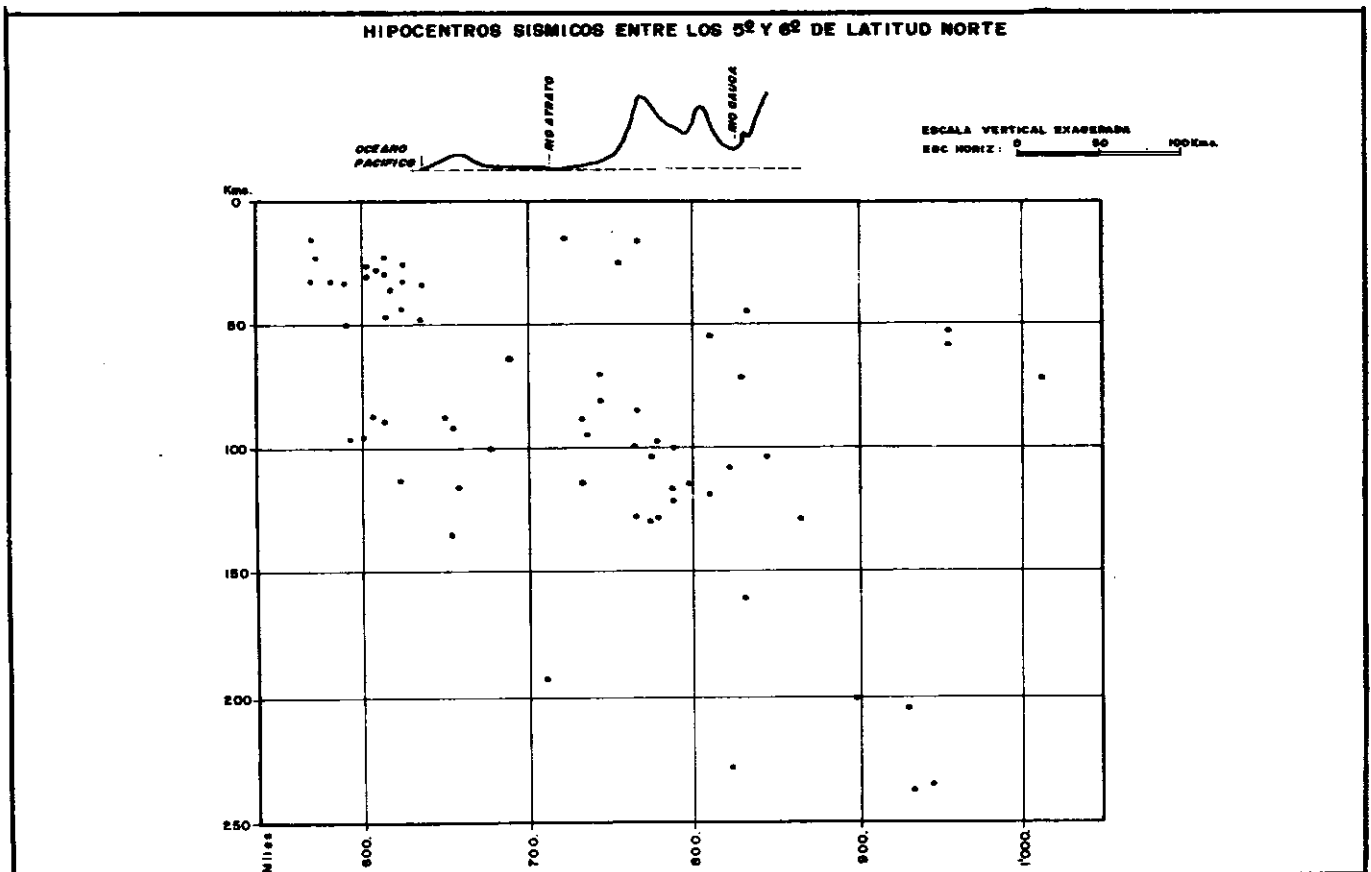


FIGURA 18

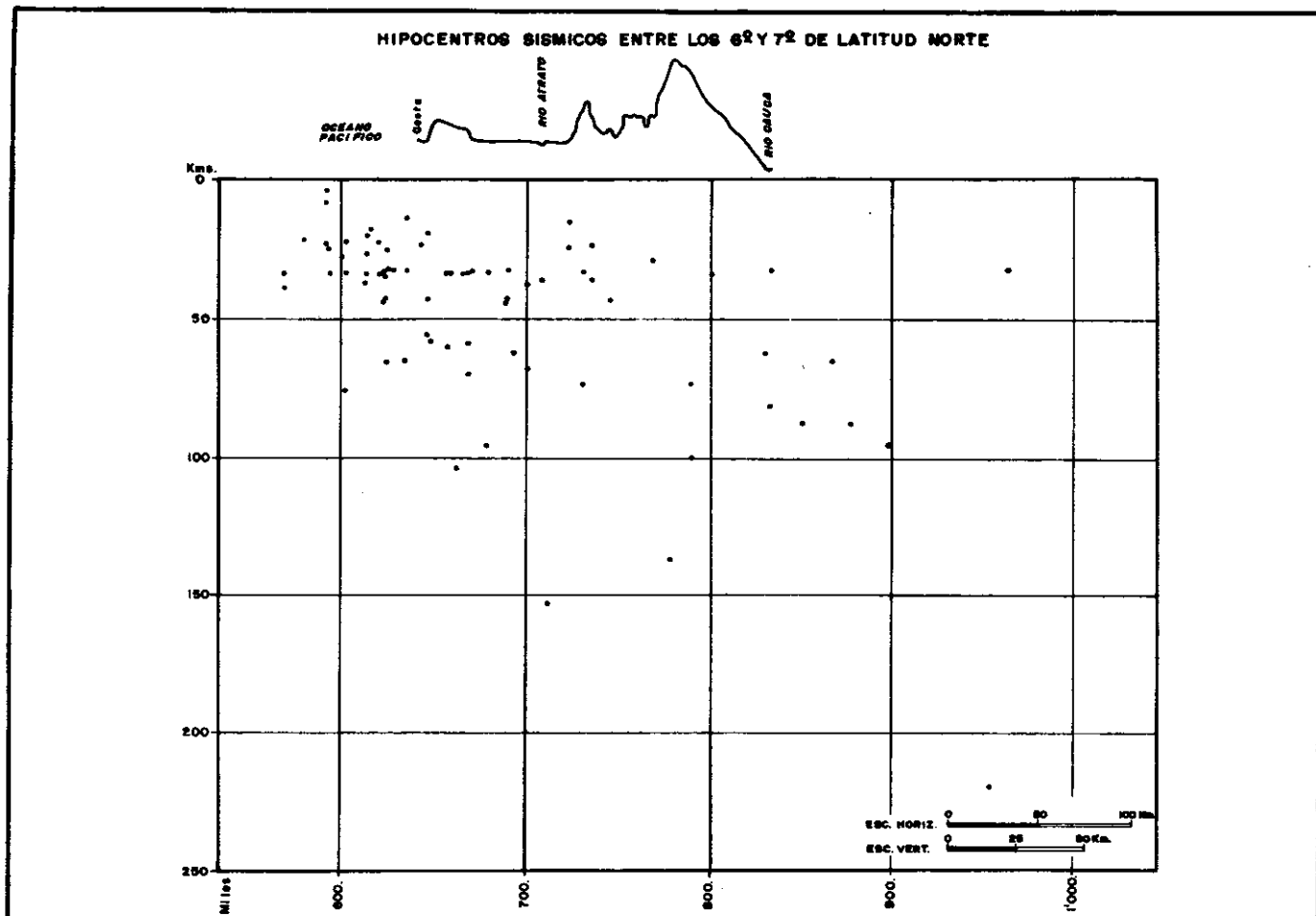


FIGURA 19

der), presenta una buena posibilidad en lo referente a sales de potasio. Gran parte de los depósitos mundiales se han encontrado en secuencias sedimentarias donde se asocian las calizas dolomíticas con rocas yesíferas, tal como se conocen en la Formación Rosablanca.

- El Cretáceo Inferior también presenta el ambiente para localizar depósitos de metales del tipo Mississippi Valley, aunque en general puede aseverarse que este tipo de prospecto todavía no se ha localizado con volúmenes apreciables en el país.
- El principal proceso de génesis mineral en la sedimentación marina del Cretáceo Superior es el depósito de fosfatos, en este aspecto, tal vez la mejor posibilidad para prospectar nuevos depósitos se encuentra en los Valles del río Cesar y del río Ranchería. Al examinar la estratigrafía de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y compararla con la del Valle del Cesar, se encuentran casi idénticas. En apariencia una falla de dirección noroeste en parte coincidente con la de Santa Marta y movimiento sinistral, desplazó hacia el noroeste del Valle del Cesar, Perijá y la Sierra Nevada, separándolos de sus continuaciones al sur en el Valle Inferior del Magdalena, Sierra de los Cobardes y Sierra de San Lucas (véase figuras 11 y

AREAS DE DENUDACION DURANTE EL TERCARIO INFERIOR

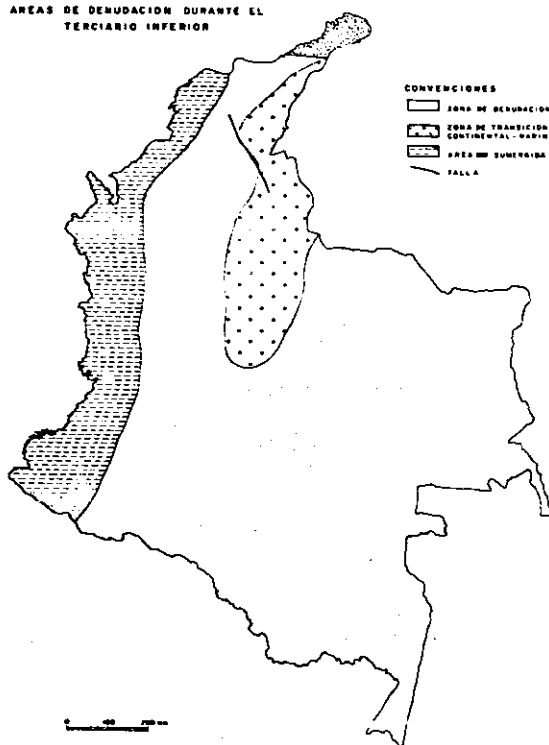


FIGURA 20

12). Por tanto en la Formación La Luna, del Valle del Cesar, cabría esperar la continuación de los niveles fosfáticos de la Formación homónima en los Santanderes.

- Para concluir las observaciones referentes al Cretáceo de la zona Central de Colombia se puede hacer una corta referencia a la poca conocida sedimentación cretácea continental.

Frecuentemente se han confundido las unidades de la sedimentación continental del Cretáceo con las del Terciario y aún con las del Jurásico. Hay algunas denominaciones tales como la Formación Rionegro (Hedberg, 1931) y Formación Yaví (Mojica, & al. 1980) que identifican secuencias de tipo fluvial del Cretáceo. Al Occidente de Cundinamarca existe una espesa secuencia de conglomerados y areniscas conocidas como Formación San Juan de Rioseco, de edad Cretácea que pueden ser una fuente de materiales pétreos de construcción para la ciudad de Bogotá (véase figura 27).

- Las posibilidades metalogénicas del Cretáceo del Occidente de Colombia se pueden resumir así: En los basaltos y en la base de la secuencia sedimentaria turbidítica existe la perspectiva de hallar sulfuros masivos tipo Chipre. Dentro de la secuencia de sedimentos pueden hallarse sulfuros masivos de tipo exhalativo. Existen posibilidades para localizar prospectos de manganeso volcánico en la base de la secuencia sedimentaria, principalmente asociado con las liditas negras.

2.3. El Cenozoico

Constituye la era geológica más importante en la génesis mineral en Colombia. Sería demasiado prolijo tratar de enumerar las formaciones geológicas a las que se ha atribuido edad terciaria en el país; baste anotar que pasan de trescientas. A pesar de su relativa brevedad, el Cenozoico tuvo una evolución geológica muy interesante, ya que en los sesenta millones de años que comprende, ocurrieron eventos orogénicos y sedimentación de diversos tipos.

La historia geológica del Terciario se puede resumir así: En primer lugar cabe mencionar un episodio tectónico que es determinante en la evolución de los Andes de Colombia. En el Océano Pacífico, al occidente de lo que constituyó la zona continental durante el Mesozoico, hubo un rompimiento de la corteza oceánica en dirección norte-sur, comenzando un cabalgamiento del bloque oriental sobre el occidental, con lo cual se inicia la formación de un arco de islas. La cronología de este episodio no se puede precisar con exactitud, pero puede situarse entre el Cretáceo Superior y el Eoceno.

Al progresar el cabalgamiento o subducción se produjo magmatismo, formándose durante el Eoce-

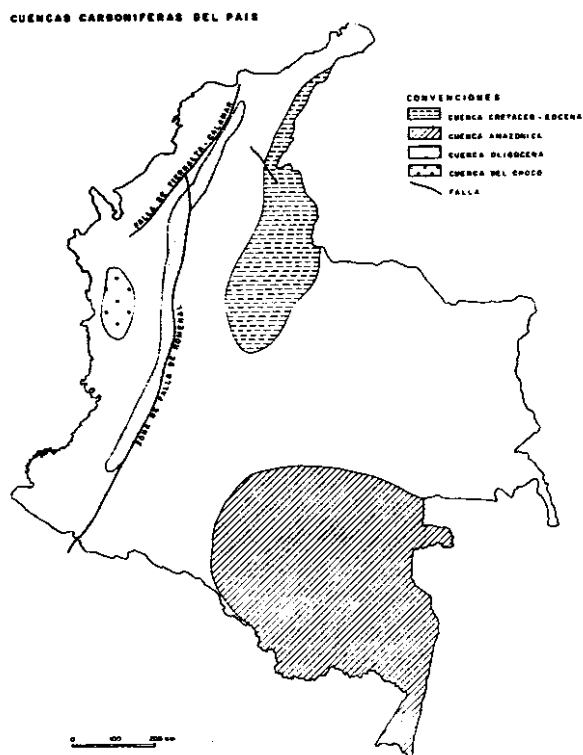


FIGURA 21

no una cadena volcánica. Posteriormente al continuar la subducción, el frente magmático migró gradualmente hacia el oriente.

Durante la mayor parte del Cenozoico, el arco de islas constituyó una unidad geotectónica independiente del Continente Suramericano. Una situación parecida a la de las Antillas actuales.

En el Terciario Tardío ocurre un acercamiento del arco de islas y el Continente Suramericano, con la formación de una angosta cuenca intermedia. Posteriormente se presenta la acreción y con ello el intenso plegamiento que formó la cordillera Occidental. La subducción continuó, penetrando la placa proveniente del Pacífico bajo la corteza sílica del continente suramericano (véase secciones de la superficie sísmica figuras 13 a 19) dando lugar a la actividad magmática que formó la cadena volcánica actual de la cordillera Central.

En el área Continental la evolución geológica tuvo el siguiente desarrollo: Hacia finales del Mesozoico el mar Cretáceo empieza a retroceder permitiendo la formación de extensas zonas paludales costeras (véase figura 20) que debido a un clima pluvial fueron ocupadas por una densa vegetación, posiblemente muy similar a los actuales manglares. La zona donde ocurrió la regresión marina entre el Cretáceo Superior y el Eoceno puede apreciarse con sólo observar la distribución de los carbones de esas edades (véase figuras 21 y 22).

Las áreas que permanecieron emergidas durante el Terciario Inferior, y que por lo tanto constituyeron zonas de denudación, se localizan en la actual cordillera Central, donde pueden observarse restos de las antiguas superficies peneplanadas actualmente inclinadas hacia el oriente, la región del Bajo Cauca y Bajo San Jorge, la depresión de Mompós y las regiones de Plato y El Banco (Magdalena) (véase figura 21). Toda la extensión emergida durante el Terciario Inferior tuvo un relieve maduro con características claramente cratónicas. Al Oriente existió otra zona cratónica muy similar a la anterior que comprendió la parte centro y norte de la Orinoquia y la Amazonia.

Al occidente de la actual cordillera Central, existió un litoral que durante el Terciario Inferior parece haberse situado directamente en el talud continental, ya que no hay registro de sedimentación de aguas someras anterior al Oligoceno. Este litoral se extendió aproximadamente con la misma forma de la actual depresión Cauca-Patía y al Norte estuvo definido por una gran falla de dirección nordeste que para efectos del presente informe se denominará Falla Tierralta-Calamar (véase figura 21).

Luego en el Oligoceno Medio, hay una transgresión con lo cual una extensa zona cratónica queda sumergida (parte del Bajo Cauca, depresión de Mompós áreas de Plato, etc.). (Dueñas, 1979). El clima pluvial del Oligoceno, favoreció la formación de un extenso manglar (Dueñas, & al. 1981). El litoral de esta época parece haber tenido una paleogeografía similar al actual litoral Pacífico. Al Occidente de la Falla Tierralta-Calamar existió una zona de gran profundidad, no afectada por cambios eustáticos, con sedimentación turbidítica, donde solamente algunas grandes eminencias submarinas permitieron el desarrollo de arrecifes coralinos.

La sedimentación en el arco de islas tuvo un desarrollo independiente de los descritos atrás. Durante el Eoceno Superior ocurre una sedimentación de calizas lidíticas, lúditas negras, margas y areniscas (Haffer, 1967); en el Oligoceno y Mioceno Inferior se depositaron calizas arenosas y areniscas, durante el Mioceno Medio y Superior hubo sedimentación fluvial y lacustre de arcillas, conglomerados y arcillas conglomeráticas. En algunas zonas la secuencia terciaria de esta región presenta intercalaciones de rocas piroclásticas. En la región del Alto San Juan (Tadó-Istmina) hubo depósito de carbones, cuya edad se desconoce.

En resumen, de la poca información sobre la sedimentación del arco de islas puede concluirse que se trata de una secuencia de carácter regresivo.

Al final del Cenozoico tiene lugar la acreción del arco de islas al Continente Suramericano, configurándose la geografía actual del país. Ocurre también el levantamiento de las cordilleras Occidental y Oriental, se presenta el basculamiento del gran bloque constituido por la cordillera Central y la Si-

erra Nevada de Santa Marta, y se forman los grandes estrato-volcanes de la cordillera Central. Por otro lado se presenta vulcanismo fisural básico en la Cordillera Central entre los Farallones de Cali y El Dovio (Velle) durante el Pleistoceno y se desarrolla un evento volcánico alcalino en el área de Paipa cuyo origen no se ha establecido.

La actividad magmática del Terciario dio lugar a ocurrencias minerales de varias clases (véase figura 23). Cobres porfídicos del tipo cobre-oro en Dojura, Neguá, Acandí, Murindó, Pantanos, etc. Los cuatro primeros localizados al borde occidental del Batolito de Mandé al contacto con rocas andesíticas. Existen condiciones similares a las anteriores en el borde occidental del Batolito del Telembí (Nariño) (véase figura 23). Al oriente existen intrusiones más recientes, menos expuestas por la erosión que los batolitos atrás mencionados. Una de ellas es el stock de Marmato con una mineralización diseminada del tipo cobre-oro. Existen intrusiones similares en la cordillera Occidental y en la depresión Cauca-Patía, sin embargo no presentan mineraciones de gran volumen. El prospecto de El Pismo es tal vez la única manifestación de tipo diseminado y origen Terciario conocida al oriente de Marmato.

Se conocen numerosas mineralizaciones filonianas de oro, plata, antimonio, etc. en las cordilleras Occidental y Central (véase figura 23). Estas manifestaciones se encuentran hacia el oriente has-

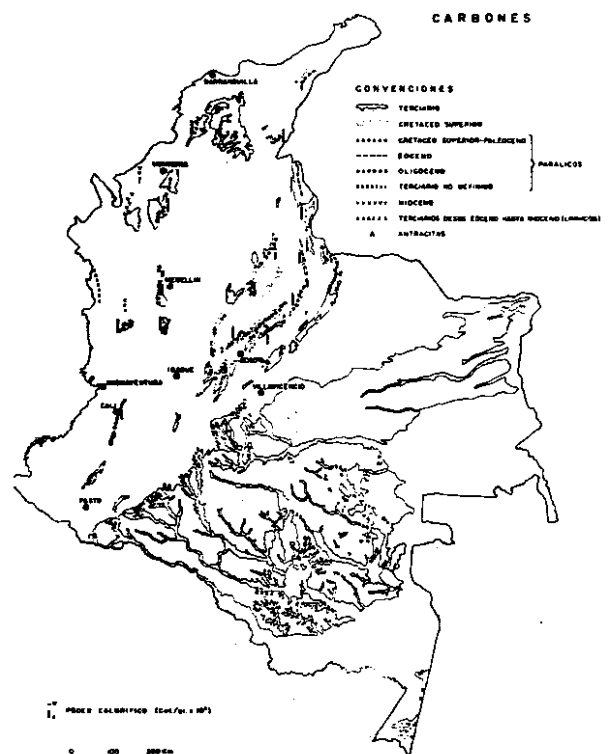


FIGURA 22

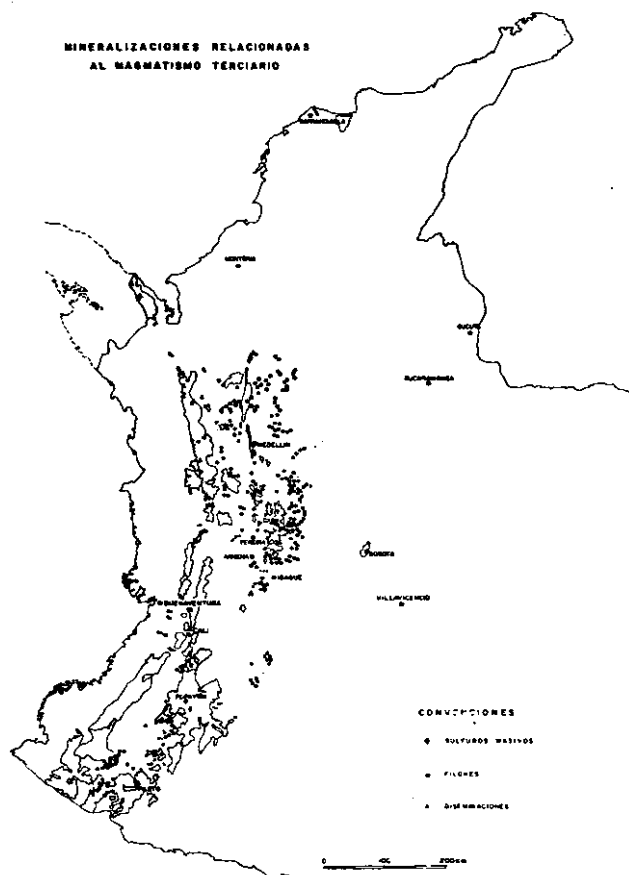


FIGURA 23

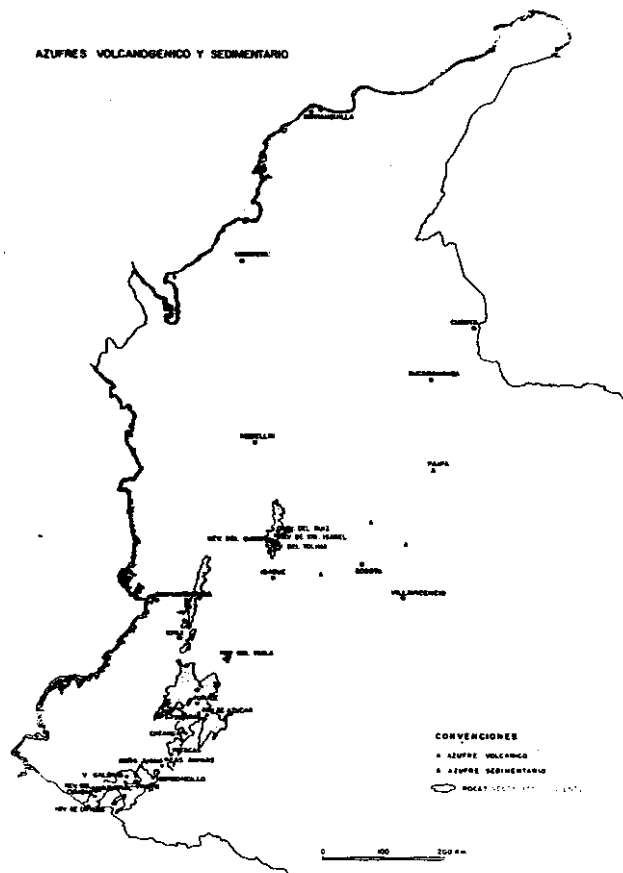


FIGURA 24

ta donde ha llegado la Placa del Pacífico, como se puede observar en las secciones de las superficies sísmicas.

En general es frecuente la presencia de mineralizaciones de tipo epitermal en la Cordillera Central tal vez el mejor ejemplo de ellas es el prospecto de Las Nieblas (Salento, Quindío). Hay un notable vacío de manifestaciones minerales en la cordillera Central al sur de la altitud de Tuluá, sector que coincide con un incremento en la pendiente de la placa como puede observarse en la superficie sísmica entre 3° y 4° de latitud norte (véase figura 16). Esto puede ser la causa de que la actividad magmática haya sido escasa o nula en este sector.

El magmatismo terciario también dio lugar a una manifestación de sulfuros masivos tipo Kuroko en la Serranía del Darién, en la frontera con Panamá. Es casi seguro que los grandes aluviones auríferos del Chocó y Nariño se originaron en mineralizaciones diseminadas del Terciario.

Por último es importante mencionar las ocurrencias de azufre vulcanogénico relacionadas al magmatismo Cenozoico más recientes (véase figura 24).

La sedimentación del Terciario es muy importante en la génesis mineral en los siguientes aspectos:

En primer lugar los carbones, como puede verse en las figuras 21 y 22, la deposición de carbones del Cretáceo Superior al Eoceno ocurrió en la mayor parte de los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, parte del Cesar y sur de la Guajira. Los carbones del Cesar y la Guajira parecen constituir la continuación de los del Occidente de Cundinamarca y Santander, desplazados por una falla noroeste como se observa en las figuras 11 y 12.

La segunda cuenca carbonífera en importancia la constituye una faja discontinua de edad Oligoceno que se extiende por los Departamentos de Cauca, Valle, Caldas, Antioquia, Córdoba y Magdalena.

En la región oriental de Colombia existe una extensa cuenca carbonífera poco conocida. Aparentemente son carbones de origen límnic y características diferentes a los del resto del país tal como se conocen en las comisarías del Amazonas, Vaupés, Guaviare y en el departamento de Caquetá.

Hay carbones de edad Mioceno en localidades como San Jacinto y Urabá.

La calidad de los carbones colombianos, está directamente relacionada con la edad, siendo los del Cretáceo-Terciario Inferior los de mejores propiedades (véase figura 22). Otro factor que modifi-

ca las propiedades del mineral es la actividad ígnea o las elevaciones locales del gradiente geotérmico que producen antracitización. Este efecto se conoce en algunas localidades del Valle y Antioquia (actividad ígnea) y en Landázuri (alto gradiente geotérmico local).

Otro aspecto metalogénico importante de la sedimentación cenozoica, es la laterización. Este fenómeno fue muy acentuado en el Terciario Inferior (Eoceno) cuando dio lugar a la formación de bauxitas en lugares como Losada al sur de la Macarena, Santa Rosa de Osos, etc. y a la formación de lateritas níquelíferas en Cerromatoso, los Almendros, Uré, etc. (véase figura 25). Esto ocurrió en concordancia con un hecho establecido a nivel mundial; el Eoceno fue el período de máxima formación de bauxitas en la Tierra. Aparentemente las condiciones climáticas fueron óptimas para la laterización. Durante el Pleistoceno tuvo lugar un proceso edáfico diferente, que dio lugar a la formación de arcillas bauxíticas en el Valle del Cauca (véase figura 25), típicos andosoles.

Durante el Terciario se depositó hierro oolítico en varias localidades de las cuales se destaca la zona central de Boyacá, región de Mitú (Vaupés), la Chorrera (Amazonas) y Barranco Minas (Vichada) (véase figura 26).

La sedimentación cenozoica tiene gran interés en lo referente a materiales de construcción. Las

calizas que consumen las fábricas de cemento del Valle, Tolcementos, Caribe y Colclinker tienen esta edad. Igualmente son Cenozoicas las fuentes (véase figura 27) de arcillas y materiales pétreos que abastecen gran parte del consumo de Bogotá, Valle del Cauca, Cúcuta. Costa Atlántica, etc., (véase figura 27).

Las posibilidades metalogénicas del Cenozoico se pueden sintetizar así:

La subducción del occidente colombiano es un evento interesante para la génesis de minerales metálicos. El arco de islas presenta las siguientes unidades geotectónicas: un arco externo y zonas de melange en la Serranía del Baudó y zona costera adyacente, donde se encuentran condiciones favorables para la prospección de depósitos de cromitas, asbestos y sulfuros masivos tipo Chipre. Una cuenca intermedia representada en los Valles del Atrato, San Juan y bajo Patía, con posibilidades de hallazgos de carbones. El arco interno o arco magmático, representado en los batolitos de Mandé y Talembí y vulcanitas comagmáticas, donde se presentan excelentes posibilidades para la búsqueda de cobres porfídicos tipo cobre-oro. El borde occidental de los batolitos mencionados es de especial interés en ese aspecto. Las vulcanitas terciarias de esa zona son de gran interés para la prospección de sulfuros masivos tipo Kuroko. En la Cordillera Occidental hay altas posibilidades en los cuerpos intrusivos para el hallazgo de depósitos de tipo diseminado. En este sentido es necesario hacer la distinción entre los plutones emplazados a poca profundidad, con posible acceso de aguas freáticas y generalmente con indicios de actividad efusiva que presentan amplias zonas de mineralizaciones diseminadas o filonianas y los cuerpos plutónicos profundos, caracterizados por producir metamorfismo de contacto en la roca encajante, generalmente estériles (como el plutón de Anchicayá).

En la cordillera Central el magmatismo es más reciente, por lo que las pilas volcánicas no se encuentran erosionadas, debido a esta circunstancia, predominan las manifestaciones de tipo epitermal con sulfosales y generalmente ricas en minerales de plata. Aunque en la Cordillera Central la placa Pacífica ha penetrado bajo la corteza siálica no hay posibilidades de molibdeno porfídico, ya que la placa no ha llegado a la profundidad donde se generan magmas que puedan producir este tipo de depósitos (más de 260 Km según Westra, 1981). Según puede observarse en las secciones de las superficies sísmicas (figuras 13 a 19), debajo de la cordillera Central ha llegado solamente a 200 Km de profundidad aproximadamente.

Al examinar la metalogenia Cenozoica hay algo sin resolver: El origen de platino aluvial. Generalmente se ha atribuido a rocas ultrabásicas, pero sucede que en las zonas próximas a los aluviones platiníferos no se presentan grandes exposiciones de esas rocas. Es frecuente que el oro Chocoano se

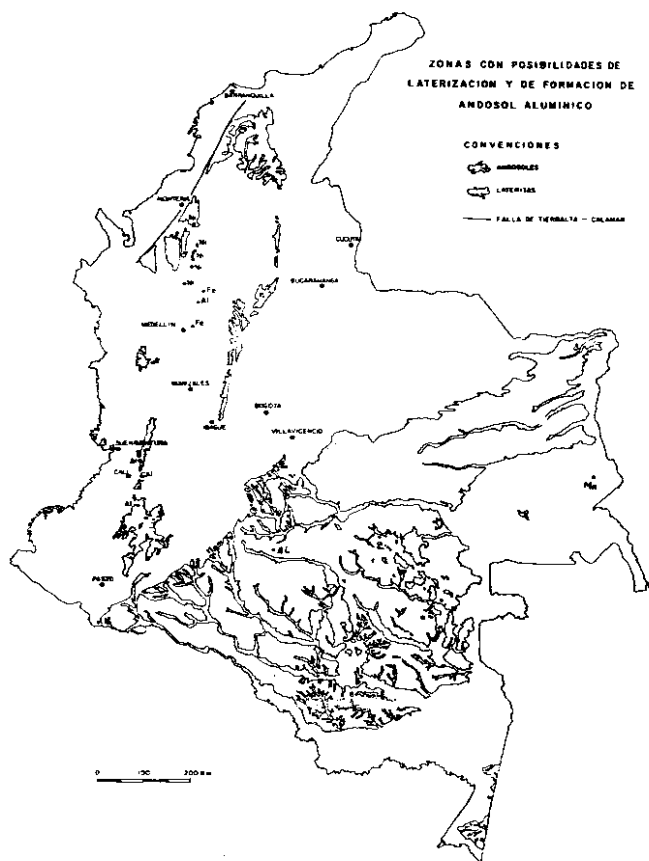


FIGURA 25

encuentre aleado con platino; esto puede dar base para plantear la hipótesis de un origen común para los dos metales en el borde occidental de los batolitos de Mandé y Talembí. Es factible que el platino haya sido extraído por esas intrusiones.

Las posibilidades minerogenéticas de la sedimentación terciaria pueden analizarse, empezando por el carbón. No hay una necesidad práctica de localizar nuevas cuencas carboníferas. Cualquier esfuerzo exploratorio tendría como fin principal, estudiar y evaluar mejor las cuencas conocidas en los carbones de mejor calidad y localizados más favorablemente en relación con los mercados o puertos de exportación.

La gran cuenca del Cretáceo-Eoceno (véase figura 20), la más interesante en todos los aspectos, tiene contornos muy definidos. Existen dentro de ella áreas poco conocidas de gran interés, tal vez el mejor ejemplo de esto lo constituye el prospecto de la Gabarra en el Bajo Catatumbo, de gran importancia por la calidad del carbón y facilidades de explotación.

En el Valle del río Cesar existe una extensa zona por explorar, en especial sería interesante determinar una posible continuidad areal entre los carbones del Cerrejón y La Loma.

La cuenca Oligocena presenta un sector poco conocido en su extremo nordeste en los Departamentos de Bolívar y Magdalena.

La cuenca carbonífera del Chocó, poco conocida puede tener interés dada la alta potencialidad calorífica de sus carbones (9.000 cal/gr) en muestras de Tadó (Escorce, 1969).

La cuenca carbonífera amazónica es la menos conocida ya que no hay datos de calidad ni se conoce claramente la estratigrafía de la región. No hay perspectivas que hagan previsible su exploración en un futuro cercano.

Las posibilidades exploratorias de minerales de origen laterítico se pueden resumir así:

Durante el Terciario Inferior se presentaron las condiciones óptimas para el desarrollo de este proceso. Las áreas que estuvieron sometidas a denudación en esa época se encuentran en la Comisaría del Vichada y gran parte del Departamento del Meta, permanentemente expuestas hasta el presente. La mayor parte de la Comisaría del Guainía estuvo expuesta a denudación durante el Terciario pero gran parte de las superficies de laterización están cubiertas de arenas eólicas. Existen extensas áreas de laterización en la Costa Atlántica al sureste de la falla Tierralta-Calamar, en gran parte cubiertas por sedimentos marinos del Terciario Superior. Por último cabe mencionar las superficies de denudación del flanco oriental de la cordillera Central, donde prácticamente se puede hablar de una

penillanura inclinada. Además del proceso de laterización, para la formación de bauxitas se requiere que la roca expuesta sea pobre en cuarzo, por tanto, existe esta posibilidad en lateritas desarrolladas en basaltos, calizas, sedimentos arcillosos, rocas metamórficas no cuarzosas, rocas intrusivas de composición intermedia, etc. Otro factor importante para su formación es que la laterita se halle por encima del nivel freático permanente o estacional, ya que al entrar en contacto con aguas freáticas, la bauxita reacciona con la sílice que llevan en solución produciéndose caolín (Valetón, 1972). En el Guainía es posible observar como las lateritas contienen niveles de caolín muy puro. Si en la extensa zona que permaneció expuesta durante el Terciario Inferior (véase figura 20) se disponen los cuerpos de rocas subsilícicas, tales como el Granito Parguaza en el Vichada (realmente sienita) o los basaltos presentan más interés para la prospección de bauxita. Las arcillas bauxíticas del Valle del Cauca y Cauca, tuvieron origen en un proceso diferente ya que se trata de andosoles o sea suelos que se desarrollan muy rápidamente en rocas volcánicas vítreas, tal como las que se presentan en esas áreas y en un sector del Valle del Atrato (véase figura 25).

Con respecto al níquel, otro gran producto de laterización, las posibilidades no son tan amplias. Además de la laterización se requiere la presencia de las poco frecuentes rocas ultramáficas. El mayor cinturón de rocas de este tipo en Colombia se encuentra en la depresión Cauca-Patía, en cuyo extremo norte está el yacimiento de Cerromatoso y don-

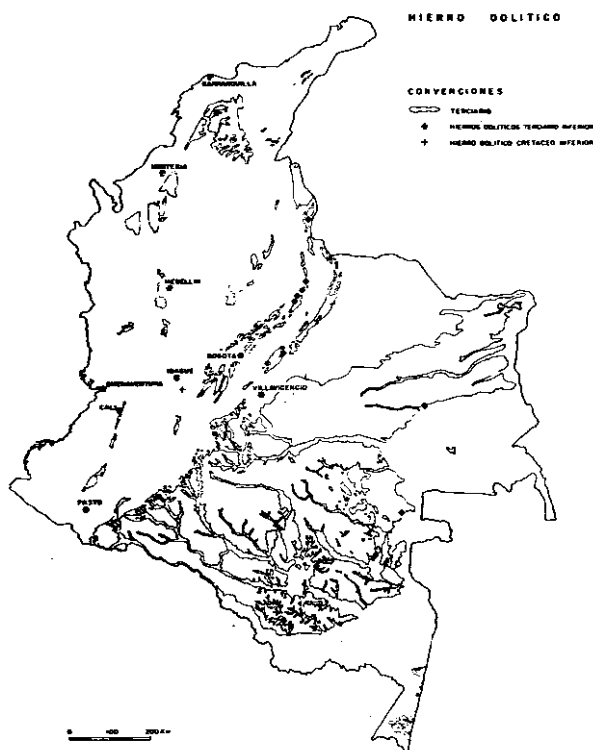


FIGURA 26

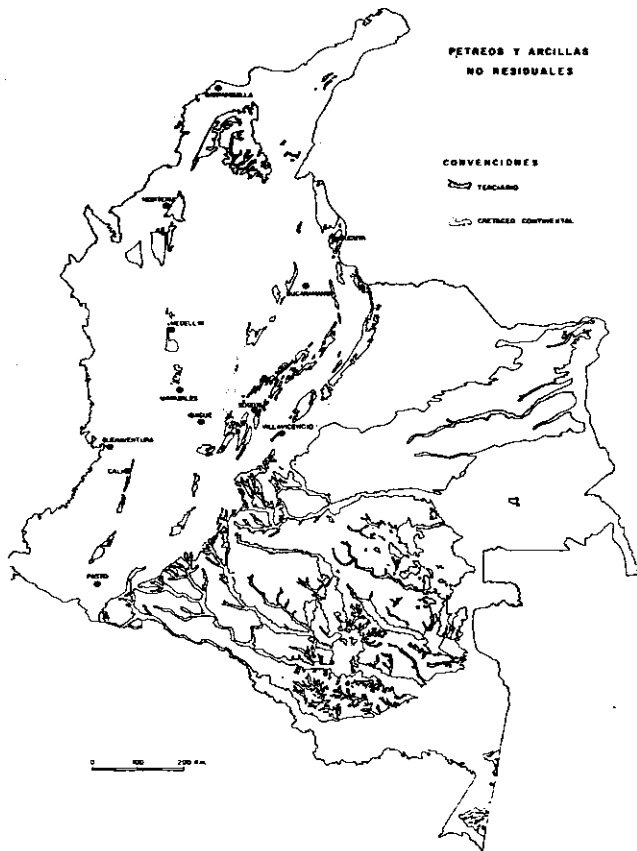


FIGURA 27

de también se conocen otras exposiciones de rocas ultrabásicas laterizadas, tales como La Viera, Mogambo, San Juan Alto, El Oso, Los Almendros, etc. pero ninguna llega a conformar un depósito de la calidad y magnitud del primer yacimiento nombrado.

Las rocas ultrabásicas de otros sectores del país no estuvieron expuestas durante el Terciario Inferior, o se encuentran en áreas de intensa erosión, lo que no permitió la conservación de la cubierta laterítica.

Entre las posibilidades metalogénicas del Terciario merecen una breve mención los hierros oolíticos (véase figura 26). Las perspectivas de hallazgos de este tipo de yacimientos son muy buenas en la zona oriental del país. En varios lugares hubo condiciones posiblemente lacustres donde son frecuentes las ocurrencias de esta clase de depósitos, pero infortunadamente en localizaciones geográficas que hacen poco factible su aprovechamiento económico. Además hay que tener en cuenta que la industria siderúrgica mundial está dejando a un lado este tipo de mineral, debido a su bajo contenido de hierro en relación con otras menas.

La exploración de materiales de construcción en sedimentos del Terciario es un tema muy extenso. En lo referente a materiales pétreos y arcillas se

presentan unas condiciones óptimas. Las sedimentaciones continentales y transicionales del Cenozoico presentan arcillas de gran calidad para la industria cerámica. Estos minerales ofrecen ventajas con respecto a la arcilla residual, ya que el transporte y sedimentación produce una selección granulométrica que las separa de los fragmentos de cuarzo y otras impurezas que disminuyen su plasticidad. Por otra parte, a diferencia de sedimentos similares de eras geológicas anteriores no presentan desarrollo de micas que impiden su uso en cerámica. Los conglomerados de origen fluvial del Cenozoico son ideales en la producción de pétreos al no requerir trituración.

Las siguientes Formaciones geológicas presentan los materiales antes mencionados: Formación Buga y Grupo Cauca en el Valle del Cauca; Formaciones León y Guayabo en Norte de Santander; Formaciones Guaduas y Bogotá en Cundinamarca; Formaciones Ciénaga de Oro y Cerrito, San Antonio en la Costa Atlántica; Terciario Carbonífero de Antioquia; Formación Honda en el Alto Magdalena, etc.

Este aspecto de los materiales de construcción es el que más fácilmente da resultados rápidos con exploración de bajo costo y aún con el uso inteligente de la cartografía geológica existente en consultas de biblioteca.

Cronológicamente los últimos depósitos del Cenozoico son los placeres aluviales y las arenas magnéticas de playa. Con relación a los primeros debe reiterarse el criterio de que cualquier prospección de aluviones con metales preciosos ha de ligarse estrechamente con la identificación y localización de la fuente primaria. En este aspecto, hay placeres cuyo origen es relativamente claro; cabe mencionar los de los ríos Telembí y Bajo Patía, San Juan, Atrato, río Cauca en la región de Asnazú y algunos de menores proporciones cerca de Marmato, en Acandí, Bajo Lebrija y región de Mocoa.

Hay otros en los que la fuente primaria no está claramente identificada; cabe mencionar los placeres del río Nechí, Bajo Cauca, río Bagre, río Saldaña, río San Jorge, río Sinú. Por último puede referirse al caso de Guainía donde se identificó en primer lugar la fuente primaria y posteriormente han empezado a localizarse y explotarse los aluviones.

Las arenas magnéticas usadas en algunos países como materia prima para la siderúrgica (como en caso de Nueva Zelandia) han sido objeto de estudio preliminar en la Costa Atlántica con resultado poco halagador. La zona más interesante se sitúa al oeste en la región de Acandí. En la Costa Pacífica hay un extenso campo para explorar posibilidades si las necesidades de la siderúrgica nacional algún día lo requieren.

Referencias citadas

- Alvarez, J. & H. González, 1978. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo 1-7 Urrao. Inf. 1761. Inst. Nal. Inve. Geol. Min., Bogotá.
- Botero, G. 1963. Edades Radiométricas de algunos Plutones colombianos. Revista de Minería, Medellín Nos. 169-170.
- Burgi, H. 1958. El Jurásico e Infracretáceo del Río Batá, Boyacá. Bol. Geol. 6 (1-3): 169-211. Bogotá.
- Cathles, L.M. & A. Smith. 1983. Thermal Constraints on the Formation of Mississippi Valley Type Lead-Zinc deposits and their implications for Episodic Basin Dewatering and Deposit Genesis. Economic Geology 78: 983-1002
- Cediel, F. 1968: El Grupo Girón una Molasa Mesozóica en la Cordillera Oriental de Colombia. Bol. Geol. Vol. XVI Nos. 1-3, 5-96.
- Cediel, F., J. Mójica & C. Macía, 1980. Definición Estratigráfica del Triásico en Colombia Suramérica. Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña. Newsl. Stratigr. 9 (2). 73-104 Berlín Stuttgart.
- Cook, P. J. & M. McElhinny 1979: A reevaluation of the Spatial and Temporal Distribution of Sedimentary Phosphate Deposits in the Light of Plate Tectonics. Econ. Geol. 74: 315-330.
- Champetier de Rives, G., P. Pagnacco, L. Radelli & G. Weecksteen 1963. Geología y Mineralizaciones Cupríferas de la Serranía de Perijá entre Becerril y Villanueva. Bol. Geol. 10 (1-3):133-138.
- Chenevert, C. 1963. Les Dorsales Transverses Anciennes de la Colombie et leur Homologues de la Amerique Latin. Ecl. Geol. Helv. 56 (2): 907-927.
- De Porta, J. 1965. La estratigrafía del Cretáceo Superior y Terciario en el Extremo Sur del Valle Medio del Magdalena Boletín de Geología UIS. 19: 5-30.
- . 1966. Geología del Extremo Sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí. *Ibid.* (22-23): 318.
- Ducñas, H. 1979. Estudio Palinológico del Pozo Q-E-22 Oligoceno Superior a Mioceno Inferior Planeta Rica Norte de Colombia. Bol. Geol. 12 (3): 97-109.
- Ducñas, H. & Duque, H. 1981: Geología del Cuadrángulo F-8 Planeta Rica. Bol. Geol. 26 (1): 35.
- Ecorce, E. 1969. Ocurrencias Minerales en el Departamento del Chocó. Inf. 1620 Inst. Nal. Inv. Geol. Min. Bogotá.
- Estrada, A. 1972. Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes. Thesis M. Sc. Stanford U., 115 pp.
- Eugster, H.L. & Chow, J.M. 1973. The Depositional Environments of Precambrian Banded Iron Formations. Econ. Geol. 68: 1144-1168.
- Fabre, A. & Delaloye, M. 1982. Intrusiones Básicas Cretáceas en las Sedimentitas de la Parte Central de la Cordillera Oriental de Colombia. Geol. Norandina 6: 19-29.
- Faure, D. 1977: Informe Anual, presentado por Minatome de Colombia al Instituto de Asuntos Nucleares.
- Forero, A. & Stibane, F 1969. Los Afloramientos del Paleozóico en la Jagua (Huila) y Río Nevado (Santander). Geol. Colombiana 6: 31-69.
- Geyer, O. 1973. Das Präkretazische Mesozoikum von Kolumbien. Geol. Jb. (Hannover) 85: 156.
- Haffer, J. 1967. On the Geology of the Uraba and Northern Chocó Regions Northwestern Colombia (Ined.)
- Hall, M. 1976. Mineralogía y Geoquímica de las Vetas Esmeraldíferas de Muzo Departamento de Boyacá con Implicaciones en la Prospección futura de Esmeraldas en otras partes de Colombia. Inf. Inéd. Colciencias Bogotá, 316 pp.
- Hall, R., J. Alvarez, & H. Rico, 1972. Geología de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. Bol. Geol. 20 (1): 85.
- Hall, R., T. Feigninger, D. Barrero, H. Rico, H. & J. Alvarez, 1990. Recursos Minerales de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. Bol. Geol. 38 (2): 90.
- Hedberg, H.B. 1931. Cretaceous Limestone as Petroleum Source Rock in Northwestern Venezuela. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 15: 229-46.
- Hettner, A. 1892. Die Kordillere von Bogotá. Pettermans Mitt. Bd. 22, Erg 104, 131 pp.
- Hubach, E. & B. Alvarado 1932. Estudios Geológicos en la Ruta Popayán-Bogotá. Inf. 205. Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- . 1934. Geología de los Departamentos del Valle y del Cauca en Especial del Carbón. Inf. 224. Serv. Geol. Nal. Bogotá.
- Hubach, E. 1957. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus Alrededores. Bol. Geol. 6 (1-3): 93-112.
- Jenks, W.F. 1956. Handbook of South American Geology, an Explanation of the Geologic Map of South America. Mem. Geol. Soc. Amer. 65: 297-326.
- Lleras, R. 1927. Los Minerales de Colombia. Imprenta Nacional Bogotá, 148 pp.
- McLaughlin, D. & M. Arce 1971. Recursos Minerales de parte de los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta. Bol. Geol. 19 (1): 103.
- Megard, F. 1978. Etude Geologique des Andes du Perou Central. Memoires Orstom 86: 310.
- Mójica, J. & C. Macía 1981. Características y Edad de la Formación Yavi, Mesozóico de la Región entre Prado y Dolores, Tolima, Colombia. Geol. Col. 12: 7-32.
- Nelson, H.W. 1954. Contribución al Conocimiento de la Cordillera Occidental, Sección Cali-Buenaventura. Inf. 1051. Serv. Geol. Nal.
- Núñez, A., H. González & E. Linares, E. 1979. Nuevas edades Radiométricas de los Esquistos Verdes del Grupo Cajamarca. Publ. Esp. Geol. Fac. Ciencias U. Nal. Medellín: 23: 119-123.
- Pinzón, W.H. 1962. K Ar and Rb Sr Ages of Biotites from Colombia South America. Geol. Soc. Am. Bull. 73: 907-910.
- Pretorius, D.A. 1976. Gold in the Proterozoic Sediments of South Africa Systems, Paradigms and Models.
- Renz, O. 1960. Geología de la parte Sureste de la Península de la Guajira (Rep. de Colombia). Bol. de Geol. Publ. Esp. Caracas 3: 317-349.
- Scheibe, R. 1934. Las relaciones entre los Pisos Honda, Gualanday y Barzalosa. Comp. Est. Geol. Ofic. Col. I: 63-65.
- Schuiling, R.D. 1967. Tin Belts on Continents Around the Atlantic Ocean. Econ. Geol. 62: 540-50.
- Segovia, A. & G. Renzoni, 1965. Geología del Cuadrángulo L-12, Medina. Serv. Geol. Nal. (mapa a escala 1: 200.000).

- Toussaint, J.F. & J.J. Restrepo** 1978. Ocurrencias del Precámbrico en las cercanías de Medellín, Cordillera Central de Colombia. Publ. Esp. Geol. Fac. Ciencias U. Nal. Medellín 12: 45-53.
- Trumphy, D.** 1943. Pre-cretaceous of Colombia. Bull. Geol. Soc. Amer. 54 (9): 1281-1304.
- Tschanz, M., A. Jimeno & J. Cruz.** 1969. Recursos Minerales de la Sierra Nevada de Santa Marta. U. S. Geol. Service Techn. Letters CO-11, 79.
- Valeton, I.** 1972. Bauxites. Elsevier Publishing Co., 226 pp.
- Ward, D., R. Goldsmith, A. Jimeno, J. Cruz & H. Restrepo.** 1973. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona, Departamento de Santander. Bol. Geol. 21 (1-31); 132.
- Westra, G. & Keith, B.S.** 1981. Clasification and Genesis of Stockwork Molybdenum Deposits. Econ. Geol. 76: 844-873.

MAGNOLIACEAE NATIVAS DE VENEZUELA

por

Gustavo Lozano-C.*

Resumen

Lozano, G.: Magnoliaceae nativas de Venezuela. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 779-782, 1990. ISSN 0370-3908.

Se propone una nueva especie de *Talauma*, se presenta una clave para separar las tres especies de Magnoliaceae registradas para Venezuela, las cuales se describen e ilustran.

En desarrollo de la revisión de las Magnoliaceae para el Neotrópico, se han definido tres especies para Venezuela; dos de ellas pertenecen al género *Dugandiodendron* en tanto que la tercera corresponde a una nueva especie de *Talauma* que acá se describe.

Magnoliaceae. Saint-Hilaire, Exposition des Familles Naturelles 2: 74, tab. 83-84. 1805; De Candolle, Prodrromus 1: 77. 1824; Bentham & Hooker, Gen. Pl. 1: 16-17. 1865; Hutchinson, Plants 1: 81. 1926; Dandy, en Praglowski, World Pollen an Spore Flora 3: 2. 1974; Lozano, en Flora de Colombia 1. Magnoliaceae 120 pp, figs.

Arboles 8-20 m alto, glabros o provistos de indumento de pelos simples. Ramas jóvenes provistas de cicatrices en forma de anillo alrededor de cada nudo. Hojas siempre verdes, alternas pecioladas, simples, láminas enteras, catáfilos (estipelas) largas o cortas, rodeando el tallo y protegiendo las yemas, después deciduas y dejando una cicatriz anular alrededor del nudo, el catáfilo puede ser li-

bre del pecíolo o más o menos unido a él y en este caso dejando una cicatriz sobre la cara adaxial del pecíolo al desprenderse. Flores relativamente grandes bisexuales terminales o pseudolaterales, pedúnculos portando 1 a 3 hipsófilos vaginales deciduos, cuando las flores se abren cada hipsófilo deja una cicatriz en forma de anillo completo alrededor del pedúnculo. Perianto formado por 3 sépalos, 6-9 pétalos, blancos o crema; estambres numerosos dispuestos en 3-6 series espiraladas; carpelos 5-20, unidos formando un sólo órgano. Frutos secos sincárpicos con dehiscencia circuncísil.

La familia agrupa 12 géneros, de ellos 2 nativos de Venezuela: *Talauma* y *Dugandiodendron*; al parecer un género, *Magnolia* con especies cultivadas.

Clave para las especies nativas de Magnoliaceae de Venezuela.

1.—Pecíolo recubierto por abundante indumento al menos en las hojas jóvenes, cicatriz adaxial ausente.

2.—Hojas elípticas, hasta 12 cm long. x 8 cm lat.; envés recubierto por indumento corto

1. *Dugandiodendron chimantense*

* Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional, Apartado 7495. Bogotá, Colombia.

- 2.—Hojas anchamente elípticas o suborbiculares, más de 15 cm long. x más de 10 cm lat., envés recubierto por indumento largo
2. *D. ptaritepuianum*

- 1.—Pecíolo glabro con cicatriz adaxial; lámina foliar glabra, ovada
3. *Talauma venezuelensis*

1. *Dugandiodendron* G. Lozano-C. *Caldasia* 11 (53): 33. 1978.

Arboles siempre verdes; ramillas, pecíolos y láminas foliares por el envés generalmente recubiertas con indumento formado por pelos cortos o largos, simples; yemas foliares recubiertas por catáfilos amplexantes libres del pecíolo; pecíolos sin cicatriz. Flores pseudolaterales por desarrollo de la yema vegetativa, generalmente blancas o crema, cada flor puede llevar 1 hipsófilo vaginal, 3 sépalos, 6—8 pétalos, estambres numerosos distribuidos en cinco o seis series espiraladas, cada estambre por lo general termina en una prolongación setacea del conectivo; 5—20 carpelos unidos formando un sólo órgano. Frutos dehiscentes.

Distribución. Únicamente conocido al Norte de Suramérica con 14 especies de Colombia, Ecuador y Venezuela.

Dugandiodendron chimantense (Steyermark & Maguire) G. Lozano, *Caldasia* 12 (56): 9. 1977. Fig. 1

Magnolia chimantensis Steyermark & Maguire, *Mem. N. Y. Bot. Gard.* 17 (1): 443, fig. 2. 1967.



FIGURA 1

Dugandiodendron chimantense (Steyermark 75840) a. rama vegetativa; b. fragmento de rama florífera; c. pétalo; d. sépalo; e. gineceo.

Tipo. VENEZUELA: Estado Bolívar, Chimantá Massif, "Upper mixed *Clusia-Magnolia* forest above southeast-facing upper shoulder on slope leading to summit of Apácará-tepuí", alt. 2200—2300 m, 20 Jun 1953, *J. A. Steyermark* 75840, fl, fr (Holótipo F, Isótipos VEN, COL).

Arbol; ramillas teretes con nudos marcados, entrenudos al menos los de las ramillas jóvenes cubiertas de indumento lanoso adpreso, pelos color crema. Hojas alternas pecioladas, pecíolos delgados 1.0—1.3 cm long. x 0.3 cm diám., recubiertos por indumento lanoso, caduco; lámina foliar coriácea, elíptica, 9.7—11.8 cm long. (M = 11.0 cm, N = 10) x 5.1—6.2 cm lat. (M = 5.8 cm, N = 10), glabra por la haz, lanosa por el envés, nervios secundarios 13—15 por lado.

Flores solitarias pseudolaterales; 1 hipsófilo vaginal amplexante situado a 0.8 cm longitud del perianto; 3 sépalos ovados; 7—8 pétalos espatulados u obovados; estambres numerosos distribuidos en cinco series espiraladas; gineceo formado por 5—6 carpelos unidos, glabros, cada carpelo con 3—4 costillas longitudinales marcadas. Fruto no observado.

Distribución. Selva o Bosque Subandino, isomesotérmico subhigrofitico nublado, en el Estado Bolívar en Venezuela en una altura entre 2200—2300 m.

Dugandiodendron chimantense se asemeja en la forma de las hojas a *D. mahechae*; se diferencia de esta especie por tener las hojas más anchas en relación con la longitud, color y tamaño del indumento; consistencia de la lámina foliar, coriácea vs. cartácea, en la forma del ápice de la hoja, redondo vs. abruptamente acuminado; número de pétalos, 7—8 vs. 9 (—10).

Dugandiodendron ptaritepuianum (Steyermark) G. Lozano, *Caldasia* 11 (53): 42—43. 1975.

Fig. 2

Magnolia ptaritepuiana Steyermark, *Fieldiana Bot.* 28 (1): 233. 1951.

Magnolia roraimae Steyermark, loc. cit., p. 234. 1951.

Tipo. VENEZUELA: Estado Bolívar, "densely forested steep south-facing slopes overlying sandstone, between "Cave Rock" and base of high sandstone bluffs, Ptari-tepuí, alt. 2100—2285 m", 30 Oct 1944, *J.A. Steyermark* 59547, fl (Lectotipo F 1212813, Isotipos F, VEN).

Arbol 9—13 m alto. Ramillas teretes con nudos marcados y escasas lenticelas prominentes ovales, entrenudos 1.2—1.3 cm long. x 0.7 cm diámetro, al menos los jóvenes recubiertos con indumento tomentoso de color crema, caduco. Hojas alternas pecioladas, pecíolos abaxialmente convexo, adaxial-

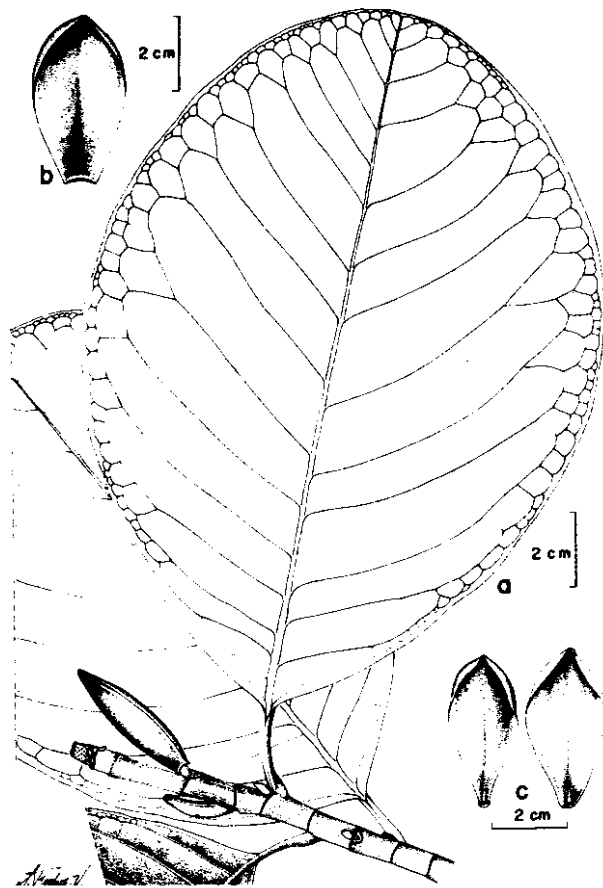


FIGURA 2

Dugandiodendron ptaritepuianum (Steyermark 59547). a, ramilla florífera; b, sépalo; c, pétalo.

mente canaliculado, basalmente engrosado; lámina foliar coriácea, anchamente ovalada o suborbicular, haz glabra lustrosa, envés tomentoso, indumento crema adpreso; costa y nervios secundarios impresos por la haz, prominentes por el envés, (8) 15–17 por lado.

Flores solitarias pseudolaterales; 1 hipsófilo vaginal amplexante situado a 0.35 cm del perianto; perianto blanco, fragante constituido por 3 sépalos y 6 pétalos, estambres numerosos distribuidos en seis series espiraladas; gineceo constituido por cerca de 13–20 carpelos unidos formando un sólo órgano. Fruto no observado.

Distribución. Selva o Bosque Subandino, isomesotérmico subhigrofitico nublado en Venezuela en una altura entre 2100–2285 m.

Material examinado. VENEZUELA. Estado Bolívar: "southwest-facing forested slopes between Rondon Camp and base of sandstone bluffs, Mount Roraima, alt. 2155 m", 30 Sep. 1944, J. A. Steyermark 59000 (F, tipo de *Magnolia roraimae*).

Dugandiodendron ptaritepuianum se asemeja en la forma de las hojas a *D. argyrothrichum*; difie-

re de esta por presentar entrenudos, al menos cuando jóvenes tomentosos vs. glabros; menor número de nervios secundarios 15–17 vs. 18–22; indumento color crema vs. plateado; pecíolo más largo; menor número de pétalos 6 vs. 8–10.

2. *Talauma* Juss. Gen 281. 1789

Arboles perennifolios; ramillas, pecíolos hojas provista de indumento o glabras; yemas foliares recubiertas por catáfilos amplexantes unidos al pecíolo; pecíolos con cicatriz por la cara adaxial. Flores terminales blancas o crema, cada flor puede llevar de 1–11 hipsófilos vaginales; 3 sépalos generalmente; 6 pétalos raro más; numerosos estambres dispuestos en varias series espiraladas, cada estambre termina en un conectivo de forma aguda; 6–222 carpelos formando un sólo órgano dependiendo de la especie. Frutos generalmente leñosos, con dehiscencia circuncísil. Semillas 1–2 por carpelo.

Distribución. Asia, Oceanía y América Tropical, en el Neotropico alrededor de 30 especies.

Talauma venezuelensis G. Lozano-C. sp. nov.

Fig. 3

Tipo. VENEZUELA. Lara, Morán, riachuelos tributarios del río Tacuyó, 15–18 km al sur de Humocar alto, hacia Guaitó, 1 jun 1974, Steyermark & Nehlin 109983, fl (Holótipo VEN).

Arbor 20 m alto, ramulis teretiusculis lenticellatis. Folia alterna petiolata, petiolo glabro, cicatrice stipulari omni faciei adaxialis percurrenti; lamina ovata coriacea, 21.0 cm long. x 14.0 cm lat., nervis lateralibus utrinque 10–11. Flores pedunculati, hypsophyllis vaginalibus 3, amplexantibus; sepalis 3; petalis 8; staminibus 32 in 3 seriebus adscendentibus spiraliter dispositis; gynoeccio ellipsoidali, carpellis 11. Fructus ahduc ignotus.

Arbol 20 m fuste; ramillas teretes, lenticeladas, glabras, corteza rimosa; entrenudos cortos 0.35–0.55 cm long. x 0.6 cm diám., de mayor longitud y menor diámetro los cercanos a la yema floral. Hojas alternas pecioladas, pecíolos glabros, 3.8–6.5 cm long. x 0.25 cm diám., basalmente engrosado y suberificado, abaxialmente convexo con estrias longitudinales, adaxialmente plano cubierto por la cicatriz estipular; lámina foliar ovada, 13.1–14.8 (–21.0) cm long. x 7.9–11.0 (–14.0) cm lat., coriácea, glabra, ápice y base redondeados, nervio medio y secundarios impresos por la haz, prominentes por el envés, retículo prominulo por ambas superficies; nervios secundarios 10–11 por lado.

Flores solitarias terminales, 3 hipsófilos vaginales amplexantes dispuestos respectivamente a 2.46, 1.56 y 0.66 cm long. del perianto; caliz formado por 3 sépalos crasos ovalados, base truncada, ápice agudo; corola formada por 8 pétalos gruesos, acinados o espatulados, con la base muy angosta, ápice

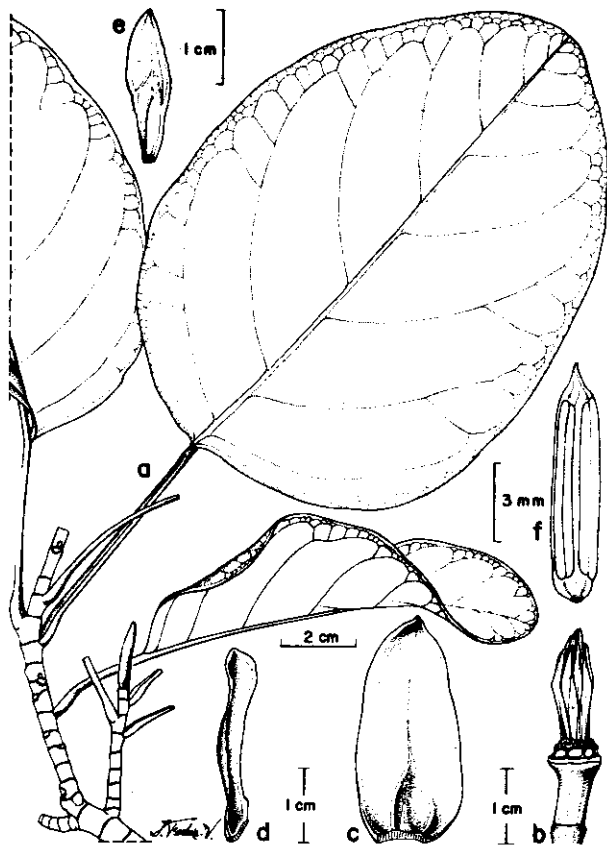


FIGURA 3

Talauma venezuelensis (Steiermark & Nehlin 109.983). a; ramilla florífera; b, pedicelo floral con cicatrices de hipsófilo vaginal, sépalos, pétalos, estambres y el gineceo; c, sépalo; d—e, pétalos; f, estambre.

ce agudo; estambres 32 dispuestos en tres series lineares, terminando en un conectivo muy agudo; ginoecio en el botón examinado elíptico, 1.45 cm long. x 0.65 cm diám., formado por 11 carpelos unidos formando un sólo órgano. Fruto no observado.

Distribución. Selva Subandina (Isomesotérmica Subhigrofitica nublada) a una altura entre 1.300—1.500 m en Venezuela.

Material examinado. VENEZUELA. Distrito Federal, camino entre "Portachuelo" y "Perita" en las cabeceras del río Chichiriviche entre Geremba y hacienda El Limón, 8—10 km abajo de Geremba, 1 may 1967, Steiermark, Buting & Dressler 77757, fl (VEN).

Talauma venezuelensis se asemeja a *T. dodecapetala* en la forma y tamaño de la lámina foliar, de ahí la determinación de los ejemplares realizada por Dandy y Steiermark incluyéndola en esta especie o como afín a ella respectivamente. Sin embargo características de *T. venezuelensis* como el pecíolo de mayor longitud y más delgado, mayor número de hipsófilos vaginales 3 vs. 1, forma, tamaño y número relativo de pétalos 8 vs. 6—9, menor número de estambres 32 vs. ca. 200, menor número de carpelos 11 vs. 40—50, probable forma del fruto elíptico vs. globoso, etc. la apartan indiscutiblemente de *T. dodecapetala* (Lam.) Urban.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia por haberme proporcionado el tiempo para la realización de este trabajo, al Herbario Nacional de Venezuela (VEN) al haber facilitado sus colecciones y en especial al Dr. Gilberto Morillo por haber permitido el remover la flor de uno de los especímenes de herbario para su análisis. Dos de las hermosas ilustraciones que acompañan este trabajo fueron magníficamente realizadas por el Sr. Silvio Fernández a quien hago extensivo mi agradecimiento por su constante colaboración.

Bibliografía

- Dandy, J.E. 1927. The genera of Magnoliaceae. Bull. Misc. Inf. R. Bot. Gard. Kew 257-264.
- Hernández C., M.E. 1980. Magnoliaceae en Flora de Veracruz 14: 1-14.
- Howard, R.A. 1948. The morphology and systematics of the West Indian Magnoliaceae. Bull. Torre. Bot. Club 75 (4): 335-357.
- Lozano C., G. 1977. Contribución al conocimiento de las Magnoliaceae de Colombia IV. Caldasia 12 (56): 3-12.
- _____. 1984. Consideraciones sobre el género *Dugandiodendron* (Magnoliaceae). Taxon 33 (4): 691-696.
- Pittier, H. 1926. Manual de las plantas usuales de Venezuela. 458 pp Lit. Comercio, Caracas.
- _____. 1939. Clave analítica de las familias de plantas superiores de la América Tropical. 81 pp. Tipografía La Nación, Caracas.
- Schetter, M.L. & G. Lozano C. 1985. Contribución al conocimiento de la estructura foliar de las especies de Magnoliaceae Colombianas. Caldasia 14 (67): 193-206.

NUEVA ESPECIE DE SOLANUM DE COLOMBIA

por

Rafael Castillo*

Resumen

Castillo, R.: Nueva especie de *Solanum* de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 783-784, 1990. ISSN. 0370-3908.

Se describe una nueva especie de *Solanum* que puede ser ubicada en la Sección *Leiodendra* y hasta ahora conocida de las cordilleras Oriental y Occidental de Colombia, Departamentos de Cundinamarca, Chocó y Valle.

Palabras clave: Solanaceae, *Solanum*, Colombia.

El estudio de material de Solanáceas depositadas en el Herbario Nacional Colombiano (COL) con el fin de preparar los manuscritos para el tratamiento de esta familia en la Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada, ha puesto de manifiesto una nueva especie de porte arbustivo o escandente, la cual se describe a continuación. El nuevo taxón se dedica al Profesor Polidoro Pinto Escobar, botánico colombiano, impulsador de la Flora de Mutis.

Solanum pintoi Castillo sp. nov.

Figs. 1 - 2

Frutex interdum subsarmentosus, ca. 2 m. alt. Rami teretes leviter anfractuosis, pilis stellatis cinnamomeis densi obsitis atque folia juvenilia, petioli, nervi medii et secundarii (in superficiebus ambabus folii), parte externa pedunculis, pedicelli et calyces (superficies externa). Folia alterna, petiolata; lamina membranacea integerrima, inaequalia, 4.2–11.8 cm. long.; 1.5–5.1 cm. lat, ovato-lanceolata (dimidia parte dextra modice latioral), leviter falcata,

nervo medio modice sinistrorsum incurvatis; basi inaequilatera, angustata vel rotundata; superne sensim et longe acuminato-acuta; pagina superiore atroviridi, trichomatibus stellatis ochraceis esparsae vestita; pagina inferiore trichomatibus similibus sed plus quam numerosis velata; nerviis secundariis utrinque 8–11 supra leviter impressis infra leviter prominulis; petiolatis teretibus 0.5–1.1 cm. long. Inflorescentiae cymosae concaulescentibus, ad unaquaque axilla folii valde distantibus, ca. 9–20 florum. Pedunculi 0.5–0.8 cm. long. Pedicelli graciles, 1.8–2.0 cm. long. Calyces turbinati, 0.4–0.5 cm. long., lobulis rotundatis apiculatis intus glabris. Corollae stellatae, albo-lutescentibus (González Sicard in sched.) vel alba (ex Icone Mutisiana No. 1567 et Dugand & Jaramillo in sched.) extus puberulae intus glabra, 0.7–1.2 cm. long., 0.5–0.8 cm. diam., lobulis acutis unusquisque manifestatus uninnervatis. Filamenta staminalis 0.15–0.20 cm. long.; antheris globosis, conniventibus, 0.3–0.35 cm. long.; poris terminalibus dehiscentibus. Ovaria ovoideo-conica, glabra, 0.8 cm. long. attenuata, stigmatum capitatis. Baccae ovoideo-conicae, virides (ex Icone Mutisiana No. 1567 sed verosimiliter nondum maturae).

* Profesor Titular. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.

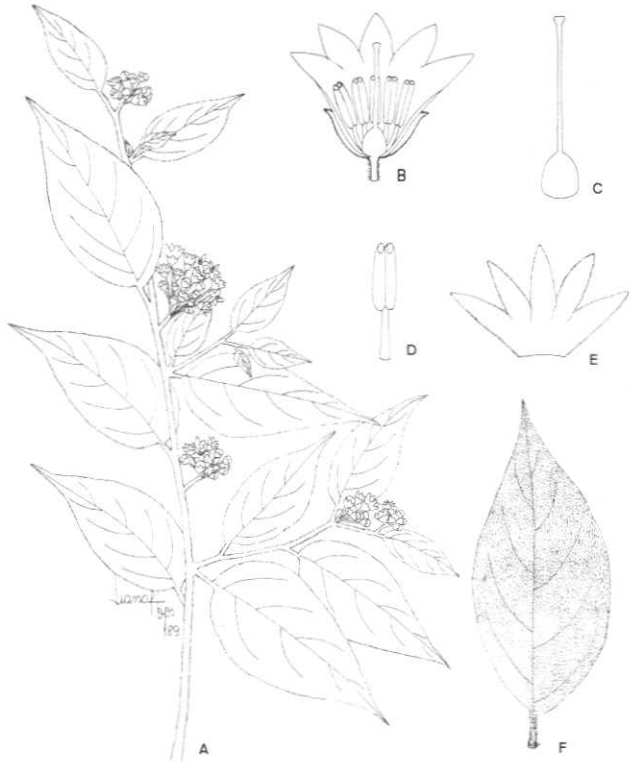


FIGURA 1

Solanum pintoii Castillo: A. Hábito; B. partes de la flor; C. Pistilo; D. Estambres; E. Cáliz; F. Hoja.
Tomado de González-Sicard 97.

Crescit in sylvis nebulosis frigidis declivitate occidentali Andium Orientalium, ditone Cundimarca, et prope crista Andium Occidentalium, ditone Valle, Republicae Colombiae, ad 2100-2740 m. supra mare.

Typus. COLOMBIA, Departamento de Cundinamarca, Carretera entre Anolaima y arriba de la Florida, 2700-2740 m.s.n.m.; noviembre 3 de 1941, José M. González Sicard 97, COL.

Otra colección: COLOMBIA, Departamentos del Valle y Chocó: Cordillera Occidental, vertien-

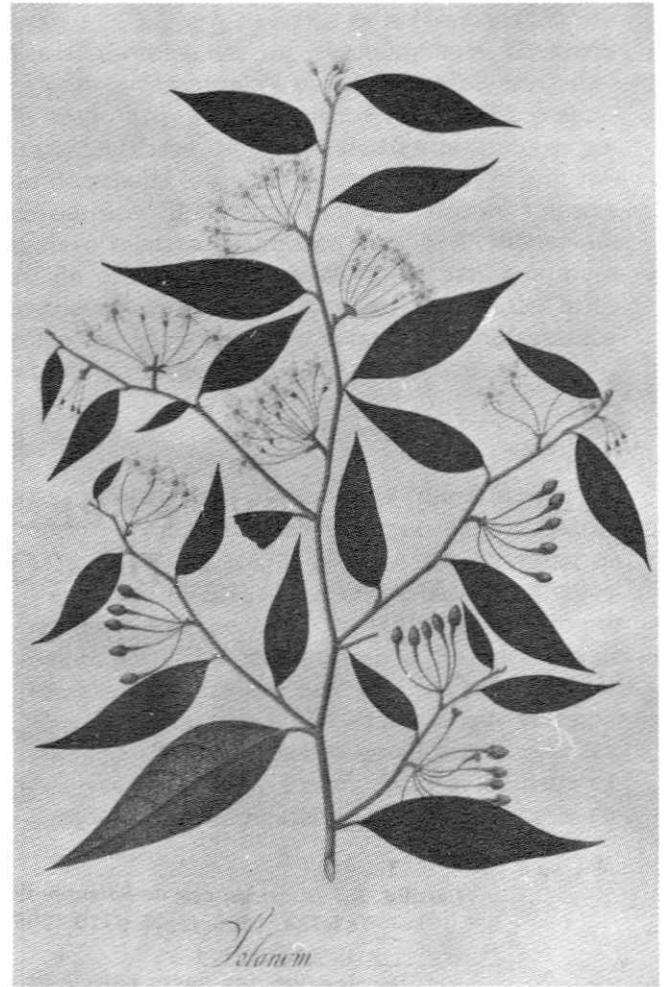


FIGURA 2

Lámina No. 1567 de la colección iconográfica de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada, la cual corresponde claramente con *Solanum pintoii* Castillo.

te occidental cerca del filo divisorio entre el Departamento de El Valle y la Intendencia del Chocó, al norte de Albán, 2100 m.s.n.m.; agosto 17 de 1941, A. Dugand & R. Jaramillo 3044, COL.

Agradezco al Dr. Jorge Hernández Camacho por la revisión del texto latino.

LAVOISIER Y LA QUÍMICA DEL SIGLO XVIII

por

Luis Eugenio Andrade*

Resumen

Andrade, L.E.: Lavoisier y la química del siglo XVIII. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17(67): 785-793, 1990. ISSN 0370-3908.

El papel jugado por Lavoisier en la llamada Revolución Química se ubica dentro del contexto de la química del S. XVIII. Se muestra la particularidad de su estilo que lo distancia de las dos tradiciones químicas más sobresalientes, la Mecánica Corpuscularista y la química de los Principios o Sustancialista. Se analiza como la química moderna fue abriéndose camino a partir de la resolución del problema de la combustión y del modo como abordó el problema de la composición de los cuerpos. Por último se examina su aporte en la introducción de un lenguaje analítico y racional en la química.

Summary

The rol played by Lavoisier in the so called Chemical Revolution is illustrated within the context of eighteenth century chemistry. His contribution is seen as a creation of a new style of thinking and doing chemistry, outside of the two main traditional chemical cultures known as the Chemistry of Principles and the Corpuscularist Mechanical Chemistry. It is shown how the resolution of the Combustion problem shed new light upon the problem of Composition of the Bodies and paved the way for the emerging Modern Chemistry. It is explained how the introduction of an analytical and logical language into Chemistry completed this Scientific Revolution.

Antecedentes

La tradición química moldeada en el Aristotelismo integró la teoría de los cuatro elementos griegos y los tres principios de Paracelso para llegar a estructurarse de una manera bastante coherente en el S. XVII en la doctrina que se conoce como la Química de los Principios. Predominaban en ella las explicaciones de tipo cualitativo postulándose que

detrás de cada propiedad o cualidad de la materia subyacía una sustancia o principio responsable de la misma (1). Dentro de esta tradición se destacan en el S. XVIII H. Boerhaave, J.J. Becher y G.E. Stahl. Este último a principios del S. XVIII racionaliza y sistematiza esta tradición proponiendo una química en la que integra las tres "tierras" de Becher con el "flogisto" al que se considera como principio constitutivo (2).

Contrapuesta a esta visión sustancialista de la naturaleza se oponía la tradición corpuscularista y mecanicista que remontándose a Epicuro y Lucrecio encuentra en el S. XVII en R. Boyle y en I. New-

* M.S. Profesor Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ton un mayor grado de solidez y estructuración, ofreciendo un programa para la química que le señala nuevos derroteros.

El programa newtoniano en la química tal como se entendía en S. XVIII básicamente proponía un nuevo concepto de "materia" ajustado a una teoría adecuada del "elemento" y un desarrollo de una teoría cuantitativa de la "fuerzas de atracción". El sistema newtoniano postulaba: 1o. Que la cantidad de materia se equipara con la masa. 2o. La existencia de una fuerza de atracción a distancia y 3o. La naturaleza corpuscular de la luz.

Boerhaave en su momento advertía sobre la insuficiencia del principio de la atracción universal para comprender las razones que llevan a una determinada sustancia a combinarse preferencialmente con otra y no con cualquier otra. Además sostenía que la atracción universal nos deja desarmados para dar cuenta de los fenómenos de disolución o de las propiedades específicas de cada uno de los "mens-truos". Argumentaba que en la materia hay un fenómeno selectivo de afinidad que la atracción universal no puede explicar (3) (4). Estas afinidades dependerían de la forma de las moléculas que interactúan y de su posición relativa. Pero la imposibilidad de conocer la forma de las moléculas y sus distancias hacían creer en las primeras décadas del S. XVIII que la química sería campo estéril para el newtonianismo.

El argumento principal esgrimido por G.F. Venel en 1730 contra el newtonianismo consistía en la idea de que las partículas últimas de la materia sensible además de tener la masa responsable de las propiedades explicadas por Newton, también posee otros componentes que no son masa y cuyas interacciones por lo tanto escapan a la ley de atracción obedeciendo a leyes diferentes (5). Estas leyes diferentes constituirían precisamente el objeto de la química (6). Venel considera a la química como la única ciencia que está en capacidad de penetrar al interior de la materia mientras que la física solamente puede abordarla desde el exterior, de ahí se sigue por consecuencia la supremacía que debería tener la química. Siendo así, Venel reclama para la química un estatus al menos igual al que disfruta la física pero reconoce que esto sólo se puede alcanzar mediante una revolución conducida por un nuevo Paracelso (7). Para los autores de la Enciclopedia, la revolución química constituye una necesidad sentida.

Paralelamente el newtonianismo hacía carrera invadiendo todas las esferas del saber con la autoridad y prestigio que le daban sus triunfos a nivel de la mecánica celeste. Efectivamente seducía las mentes más preclaras moldeando los distintos aspectos de la cultura y relaciones sociales de la época. El newtonianismo como ideología reforzaba a fines del S. XVII las posiciones políticamente conservadoras en Inglaterra, hecho que no impidió que gracias a la divulgación que del mismo hicieran Voltaire

y M^{de}. de Chatelet en Francia en la primera mitad del S. XVIII, jugara un papel renovador de las ideas y la cultura, llegando a ser considerado como subversivo en el continente (8). Sin embargo para los años 1750 los intelectuales de la Ilustración van más allá, cuestionan la nueva ortodoxia y propugnan por un concepto de "materia activa" opuesto a la dualidad "materia" — "fuerza" del newtonianismo. Este concepto de "materia activa" se acomoda más al concepto de materia manejado en química, geología y biología que al de la física (8).

El intento más importante de desarrollar el programa newtoniano en Francia está representado por Geoffroy, quien en 1718 presenta unas Tablas de Afinidad en oposición a la doctrina mecanicista de Lamery y sin necesidad de recurrir a las concepciones sustancialistas. Estas tablas consistían en una lista de tierras, álcalis y metales ordenados según su afinidad por cada uno de los ácidos conocidos, con el propósito fundamental de poder predecir el producto final de una reacción (9). La química se convierte de esta manera en una ciencia de las relaciones o interacciones entre diferentes cuerpos.

Su objeto son las reacciones y es la Afinidad la que hace posible el discurso químico (6). Se observan en química ciertas "relaciones" entre cuerpos diferentes, que hacen que ellos se unan fácilmente entre sí. Estas relaciones tienen sus grados y leyes. Venel afirma que allí donde los físicos ven masas, fuerzas, cualidades, los químicos ven cuerpos pequeños, relaciones, principios (10).

Los químicos newtonianos del período comprendido entre 1718-1742 en vez de especular como Boyle y Lemery sobre la estructura íntima de la materia, trataron de investigar cuales son los cuerpos que tienden a combinarse para dar un compuesto y cuáles son los cuerpos que los desplazan.

El proyecto de Geoffroy no condujo a resolver el problema de la Atracción o Afinidad entre los cuerpos aunque contribuyó notablemente a esclarecer ciertos problemas inherentes a la composición. Con él fracasó la tentativa de aquellos que buscaron hacer progresar la química por medio de su integración a la física newtoniana. Este desenlace contribuyó a aumentar el descrédito del newtonianismo entre la Ilustración Francesa a mediados del S. XVIII. Es significativo el hecho de que en 1730 la Academia Francesa haya prohibido el término de "attraction" y propusiese en su remplazo los términos de "rapport" y "affinité". Geoffroy habla de "relaciones" hasta 1720, fecha a partir de la cual sustituye el término por el de "afinidades" (11). Para Venel las relaciones se definen como acciones recíprocas que se ejercen entre los corpúsculos elementales, pero sin admitir que sean efecto de choques, presiones o atracciones mecánicas, haciéndolas depender de cualidades propias de los corpúsculos como su homogeneidad y heterogeneidad. Se hacía una opción por una concepción vitalista y dinámica de la materia. Se afianzaba de este mo-

do la alianza entre los químicos y el movimiento anti-newtoniano.

Entre 1750—1760 se hace más evidente la tardanza de la química para integrarse a la corriente de la revolución científica, pero al mismo tiempo se constata que buscaba abrirse su propio camino tratando de mantener su identidad sin dejarse absorber por el newtonianismo. Creo que esta actitud no fue en ninguna medida un impedimento para el desarrollo de la revolución química sino que por el contrario fue justamente la que permitió la creación de la moderna ciencia química que disfrutó de un prestigio similar al de la física durante el S. XIX.

Esta actitud de los químicos se vio favorecida por un contexto de agitación ideológica en el que los movimientos sociales que se expresaban en el radicalismo pre-revolucionario abogaban por una concepción más radical de la materia y la naturaleza, rechazando el modelo newtoniano del universo que dependía para su operación de la separación entre materia y movimiento y por lo tanto dependía de la participación activa de Dios en los asuntos naturales y humanos. En este contexto el anti-newtonianismo hacía parte de una heterodoxia más amplia (12).

En este panorama hace su aparición Lavoisier, llamado por algunos el Padre de la Química. ¿Qué significa haber revolucionado la química? ¿En qué radica su contribución que le hizo merecedor de una paternidad que se había atribuido anteriormente y aún algunos hoy día atribuyen a Robert Boyle?

Para entender la obra de Lavoisier es importante señalar que él se desinteresó de los problemas que habían inquietado a sus inmediatos predecesores newtonianos, como por ejemplo los problemas de la reacción química y las afinidades (13) (14).

Lavoisier acepta un modelo mecánico donde participan fuerzas de atracción y repulsión a la vez que manifiesta su acuerdo sobre la importancia capital del problema de las afinidades. Sin embargo decide no tratar este tema ni hacerlo parte fundamental de su obra. Argumenta que las afinidades constituyen un tema difícil de presentar, puesto que éstas varían con la temperatura abriéndose como resultado, de una manera difícil de prever, el abánico de las posibles reacciones químicas. Para Lavoisier todavía faltan datos suficientemente probados como para hacer de la teoría de las afinidades el fundamento de la química (15). Es así como Lavoisier decide más bien, centrar su atención sobre los siguientes problemas:

- 1o. El problema de la combustión, que lo condujo a reemplazar la teoría del flogisto por la del oxígeno.
- 2o. El problema de la composición de los cuerpos, cuya resolución lo llevó a adoptar un concep-

to de elemento que preparó el derrumbe de la química de los principios.

- 3o. El problema de la necesidad de una clasificación sistemática en la química, que resuelve con la creación de un nuevo lenguaje y nomenclatura.

Problema de la combustión

Tradicionalmente se planteaba la opinión de que los cuerpos combustibles eran susceptibles de transformarse en la materia del elemento fuego o más bien de regenerarla o sacarla de un estado de supuesta latencia. Por ejemplo se decía que el azúfre encerraba fuego en abundancia y que este fuego se fijaba en los cuerpos que transformaba. La alquimia conocía el papel del fuego en la transformación del "metal-vivo", en "estado libre" o "reducido a cuerpo", al de "metal-mortificado", "incorporal" u "óxido metálico". No obstante el papel del aire en estas transformaciones había pasado inadvertido, aunque ya Jean Rey en 1630 anotaba que el aumento de peso del estaño y del plomo cuando se calcinan se debe al aire que se les fija. Para Boyle en el S. XVII el aumento de peso de los metales calcinados en un recipiente cerrado se explica por una porción de la materia del fuego que atraviesa los poros del vidrio fijándose en el metal. Durante la primera mitad del S. XVIII Stahl avanza una explicación, según la cual los cuerpos combustibles poseen un principio particular llamado "flogisto" que se transforma en la materia del fuego cuando se somete a un aumento de temperatura disipándose en forma de llama, calor o luz. Según Stahl en el cuerpo combustible el "flogisto" se halla asociado con la "tierra" y puede pasar de un cuerpo a otro para transmitir la propiedad de inflamabilidad. El ácido vitriólico y el nítrico disuelven los metales quitándoles el "flogisto". Esta teoría tuvo gran arraigo en su época. Boerhaave la consideró como definitiva y todavía en 1800 Joshep Priestley era defensor de la misma. Podemos decir que antes de Lavoisier la calcinación de los metales se consideraba un fenómeno de sustitución de "flogisto" por aire y la combustión se veía como una descomposición. La teoría del "flogisto" nació en una escuela que rechazaba al aire como reactivo químico o ingrediente en la formación de compuestos. Fueron los desarrollos de la química neumática los que permitieron dejar sin piso a la teoría del flogisto al descubrirse los componentes del aire. El aire se venía considerando como un elemento de tal manera que se preguntaban si habría distintas clases de aires o no, o si los distintos aires identificados serían más bien modificaciones del aire atmosférico y no sustancias aparte. En 1737 J. Black identificó lo que dio en llamar "aire fijo". Un aire que se une a los óxidos de tierras alcalinas para quitarle su causticidad y que era regenerado por el fuego. Este "aire fijo" se confundía con el "ácido pingüe". En 1767 Cavendish caracterizó como "aire inflamable" al aire producido por la disolución del hierro en el ácido vitriólico.

En 1774 Pierre Bayen observó la pérdida de peso de la tierra roja (óxido de mercurio) por calentamiento y la atribuyó a la salida de "aire fijo". En ese mismo año J. Priestley repitió el experimento y observó que este aire liberado por la combustión del óxido de mercurio permitía la combustión y lo identificó con los óxidos del azoe. Al año siguiente Lavoisier repitió el experimento en presencia y en ausencia de carbón y concluyó que el aire liberado es el mismo aire atmosférico aunque más puro. Un aire además que en presencia de carbón produce el "aire fijo". En el mismo año de 1775 J. Priestley lo caracteriza como algo diferente al aire atmosférico y lo denomina "aire desflogisticado" por su propiedad de poder soportar la combustión absorbiendo flogisto y señala que Lavoisier está equivocado al caracterizarlo como aire atmosférico. Al año siguiente Lavoisier conociendo la crítica de Priestley, aunque no lo manifestó explícitamente, lo caracteriza como un componente del aire atmosférico asociado al "calórico" y en 1777 señala a este mismo componente del aire como principio de la acidez (17) (18).

Lavoisier muestra que el aumento de peso del mercurio durante la calcinación se debe a la fijación de un componente del aire. En 1777 entre otros gases se conocían los siguientes: el aire desflogisticado (oxígeno), el aire flogisticado (azoe), los óxidos de azoe (nitroso y nítrico), el aire nitroso desflogisticado (NO), el aire sacado del espíritu de la sal (ácido muriático), el aire sacado del ácido vitriólico (sulfúrico), el aire alcalino (amoníaco), el aire muriático desflogisticado etc. Lavoisier entiende que hay necesidad de unificar la teoría de los gases y propone que todos ellos están compuestos de un cuerpo simple caracterizado para cada tipo de gas y de un principio genérico el "calórico" o material del calor que sería responsable del estado aeriforme.

El oxígeno o el aire formador de ácidos estaría así mismo constituido por una base ponderable y por el "calórico", un principio imponderable. La base del oxígeno tendría más afinidad por los metales que por el calórico, explicándose de esta manera la calcinación de los mismos. La teoría del oxígeno permite explicar como un fenómeno único la calcinación, la combustión y la respiración. Todos éstos serían procesos por medio de los cuales ciertas sustancias descomponen el gas oxígeno, absorben su base y dejan escapar su "calórico" en forma de calor sensible. Lavoisier en 1778 escribió en su memoria sobre la Respiración que el aire después de la misma precipita el agua de cal a diferencia del aire en el cual ha ocurrido la calcinación, de donde concluye que la parte eminentemente respirable del aire, se convierte en aire fijo en el pulmón o se absorbe en el pulmón donde es reemplazada por aire fijo.

A partir de todos estos descubrimientos la teoría del flogisto se fue haciendo innecesaria. Las reacciones químicas se reinterpretaron sin "flogis-

to" en cuanto al peso y naturaleza de las sustancias que participan. La teoría del oxígeno se hizo importante no porque diera una nueva explicación a los fenómenos de la combustión y la acidez sino porque descartó al "flogisto" como principio constitutivo de ciertos cuerpos (20). La teoría del oxígeno trajo simplicidad a los modelos explicativos de la constitución de los cuerpos. El agua por ejemplo, cuya formación se representaba por la reacción:

$$\text{Aire inflamable} + \text{Aire desflogisticado} = \text{Agua}$$

$$(\text{agua} + \text{flogisto}) \quad (\text{agua} - \text{flogisto})$$

fue reemplazada por:

$$(\text{Base de Hidrógeno} + \text{Calórico}) + (\text{Base de Oxígeno} + \text{Calórico}) = \text{Agua} + \text{Calórico} \quad (21) \quad (22).$$

La teoría del flogisto tenía un amplio poder explicativo y coherencia interna aunque fallaba para explicar el aumento de peso durante la calcinación de los metales y la producción del aire fijo durante la reducción de los óxidos metálicos al devolverles el "flogisto" contenido en el carbón. La aparición de la teoría del oxígeno dividió a la comunidad de químicos, filósofos naturales y físicos de la época. Entre los partidarios de Lavoisier encontramos a C.L. Berthollet, L.B. Guyton de Moerveau, A. F. Fourcroy y J. Black. Entre los partidarios de la teoría del flogisto están K.W. Scheele y J. Priestley. De hecho a finales del siglo XVIII el flogisto seguía compitiendo como paradigma alternativo a pesar del entierro que la hiciera en 1782 Mme. Lavoisier quien vestida de sacerdotisa en singular ritual presidió la quema de las obras de Becher y Stahl. Esta polémica no estuvo exenta de tonalidades nacionalistas que reivindicaban una cultura y ciencia francesa contra el predominio de la tradición germánica y anglosajona.

Lavoisier eliminó al flogisto pero sin embargo nos dejó el legado del calórico. Es importante subrayar que el "calórico" no intenta de ninguna manera sustituir al "flogisto" que más bien encuentra un tipo de remplazo en el oxígeno, sino que obedece a la necesidad de preservar el discurso químico para explicar los cambios de estado y las propiedades de los gases (20). El "calórico" de Lavoisier está más emparentado epistemológicamente con la "materia-sutil" de Descartes y el "fuego" de Boerhaave que con el "flogisto" de Stahl (23). Para Lavoisier el paso de un cuerpo sólido a gaseoso se debe a la adición de una sustancia, el calórico libre, de tal manera que el cambio de estado obedece a las leyes de la química más que a las de la física. Lavoisier no se preocupa por explicar los cambios de estado o los fenómenos térmicos de acuerdo con los modelos mecánicos planteados por los atomistas. No ve al calor como un modo de movimiento sino como un fluido muy sutil que se insinúa a través de los corpúsculos (24).

Lavoisier acepta la estructura discontinua de la materia pero ella no ejerce en él la inspiración su-

ficiente para ponerla como base de una nueva química. Es un adepto intelectual del newtonianismo pero no cree que deba enrumbar a la química por el sendero ya trajinado por Boyle, Lemery, Geoffroy y otros corpuscularistas que no lograron aclarar los problemas de la composición de los cuerpos y de la reacción química. Lavoisier permanece sin hacer caso a la teoría mecánica del calor (25), a la vez que no se interesa por estudiar el mecanismo de las reacciones por considerar que la química todavía no ha llegado al punto de poder darle al cálculo de las reacciones la precisión con que la mecánica celeste predice la trayectoria de los planetas. Es decir que decide hacer la química que puede hacer sobre una base experimental firme, sin caer en elucubraciones que aunque fundamentadas en el newtonianismo no habían logrado mostrar su efectividad en química. Lavoisier da al "calórico" (principio gaseificante y causa del calor) el estatus de elemento a pesar de que renuncia a dejarse verificar por medio de la balanza. Para él, es considerado como un cuerpo simple gasificante así como el oxígeno es el principio acidificante (26). Está al mismo nivel de cualquier otro elemento químico y no se ubica como la base de un nuevo sistema químico, por contraposición al papel jugado por el "flogisto" en la química de Stahl, donde éste se convierte prácticamente en la base fundamental de su sistema.

Berthelot en su tratado sobre la Revolución Química en 1890, considera al "calórico" como un error que Lavoisier dejó pasar por romanticismo. Esto contrasta con la opinión de Metzger en el sentido de que si bien al calórico se le puede considerar como un sobreviviente del pasado, o un ilogismo o disparate a la luz contemporánea, en su momento fue uno de los mayores instrumentos doctrinales que Lavoisier utilizó para renovar la teoría química. El "calórico" pertenece a esa zona claro-oscuro del desarrollo de la ciencia donde no se percibe la lógica y armonía completa del sistema propuesto ya que apenas el pensamiento y la experiencia estaban luchando por abrirse un camino nuevo (27).

Problema de la composición de los cuerpos

La pregunta sobre si existe o no un componente único de la materia había intrigado a los filósofos de la antigüedad y en el S. XVII hacía parte de los problemas que más preocuparon a Robert Boyle. ¿Es la variedad de los cuerpos químicos algo real o más bien algo aparente que refleja un reordenamiento diferente de los mismos componentes básicos de la materia? ¿Existen cuerpos simples indecomponibles en la naturaleza? ¿Podemos identificar estos cuerpos simples por medio del análisis o por el contrario es durante las operaciones de análisis que estamos creando estas sustancias? (28) (29). Estos y otros interrogantes permanecían sin resolverse en la época de Lavoisier. La tradición corpuscularista había tratado de resolver estos interrogantes. Boyle por ejemplo creía en la existencia de un cuerpo simple o materia única y defendía que las espe-

cificidades de las diferentes sustancias se deben a una modificación de este cuerpo simple. La práctica analítica se interpreta como una descomposición más que como una transformación (28). Boyle planteó que cada sustancia homogénea diferente separada de un cuerpo con la ayuda del fuego, preexiste en ese cuerpo como principio o elemento. Para los corpuscularistas la existencia de los cuerpos simples o elementos se hace indispensable para poder dar cuenta de las reacciones materiales. Hacia 1750 se discutía la efectividad del análisis químico. Se proponía que el análisis era incapaz de separar los ingredientes que el análisis teórico afirmaba, es decir los principios elementales; a lo sumo el análisis nos haría ver los principios próximos. Estos serían el último término del análisis y bien podrían corresponder a principios elementales o a compuestos de los mismos. En este punto Lavoisier retoma el concepto de elemento planteado por Boyle, para saldar cuentas con una discusión metafísica de milenios. Lavoisier sostiene que nada podemos decir sobre la composición última de estos principios próximos a términos del análisis, lo que no impide que los consideremos como elementos con el fin de ir avanzando en la práctica química y en el desarrollo de una sistemática de las sustancias (30). Lavoisier toma partido por una definición operacional de elementos y deja de preocuparse por las preguntas sobre el número y naturaleza de los mismos. Señala que no podemos considerar como compuestos las sustancias que todavía no hemos podido descomponer sino hasta el momento que la experiencia nos muestre sus componentes. Del mismo modo tampoco podemos afirmar que los cuerpos simples en realidad lo sean, pues podría darse el caso que en un futuro pudieran descomponerse.

Por estas razones Lavoisier insiste en una práctica irreprochable con el fin de que los procedimientos químicos den resultados constantes, sin lugar a ambigüedades. En el "Tratado Elemental de Química", Lavoisier publica la lista de 33 sustancias que él considera son elementos. Es importante notar que para ese entonces Lavoisier ya había eliminado 19 radicales orgánicos, además de la potasa, la soda y el amoniaco de la lista de los elementos; sustancias que él mismo había considerado como tales apenas doce años antes y que aparecen en lista en la "Nomenclatura" que publicara en compañía de Guyton de Morveau (31) (32). Para 1789 la mayoría de los radicales orgánicos se habían logrado descomponer, incluyendo al amoniaco que mostró estar constituido por nitrógeno e hidrógeno. Se atribuyó al nitrógeno o azoe el principio de la alcalinidad de acuerdo con el estudio de Berthollet y por esta razón aunque la potasa y la soda no se habían descompuesto, se consideraron como compuestos de azoe el cual sería el responsable de sus propiedades alcalinas. En el primer subgrupo de los elementos, Lavoisier incluye cinco cuerpos simples que para él son más importantes que los otros porque gozan de una amplia distribución y presencia en numerosos compuestos, además de que se comportan como principios esenciales constituyentes portado-

res de las características de los cuerpos en que entran como componente.

Estos cinco elementos especiales de Lavoisier son: 1o. La "luz" considerada como base de la vida, el sentimiento, la organización y el pensamiento y que puede contribuir junto con el "calórico" a la formación de los gases (33). 2o. El "calórico" que es el principio que da cuenta del estado físico de un cuerpo. 3o. El oxígeno que es el principio responsable de la acidez. 4o. El azoe que sería el principio responsable de la alcalinidad. Le siguen en la lista 6 sustancias simples no metálicas oxidables; 17 sustancias simples metálicas y 5 sustancias simples salificables o terrosas.

Los elementos químicos definidos operacionalmente por Lavoisier pasan a convertirse en las unidades lógicas de su nomenclatura y taxonomía química. Se colocan en la base de toda creación de un lenguaje racional que permite darle a la química esa lógica interna ausente en la tradición sustancialista y que la tradición corpuscularista fue incapaz de otorgarle. El concepto operacional de elemento esta respaldado por una práctica analítica rigurosa y meticulosa basada en la práctica de la pesada como criterio indispensable de verificación. El uso de la balanza en el laboratorio no puede considerarse un aporte de Lavoisier. Su originalidad consiste en haberla utilizado como un instrumento de control (34).

Todo lo que entraba y todo lo que salía se sometía a la rigurosa medida de la pesada. Esta meticulosidad en cuantificar por medio de la pesada cuanto producto entrara o saliera de la reacción sin permitir que nada se le escapara, encuentra su paralelismo en las hojas de balance de contabilidad que Lavoisier como hombre de negocios llenara rigurosamente. En el uso de la balanza por Lavoisier el newtonianismo solamente influyó reforzando una noción del sentido común, según la cual el peso se equipara con la cantidad de materia. Esta noción era conocida por Van Helmont, Boyle, Lemery y Black, sin que por lo tanto se hubiera revolucionado la práctica química (35). Lavoisier usa la balanza partiendo del "a priori" de la ley de la conservación de la materia, la cual no pretende haber descubierto y que enuncia de una manera tangencial en el Tratado Elemental de Química, a propósito de las dificultades surgidas en la transformación del mosto de uva en alcohol y gas carbónico.

Escribió "Nada se crea ni en las operaciones del arte, ni en las de la naturaleza, pudiéndose plantear como principio que en toda operación hay una cantidad de materia igual antes y después de la operación, que la calidad de los principios es la misma y que no hay sino cambios y modificaciones" (36).

En resumen: Lavoisier logra sentar las bases para la solución del problema de la composición de los cuerpos al eliminar el "flogisto" como componente y al circunscribirse a una noción operacional

y no metafísica de elemento que permitió sistematizar los resultados del análisis químico. Esta sistematización, como veremos más adelante, lo llevó a crear un lenguaje apropiado para expresar las relaciones de composición. Para resolver el problema de la composición de los cuerpos no tuvo necesidad de abjurar de la química de los principios, ni de entregarse a la química corpuscularista newtoniana. Lavoisier supo hacer química a su manera. La nueva química preparó, sin preverlo él mismo, el derrumbe definitivo de la química de los principios y allanó el terreno que permitió después a Dalton en 1802 reincorporar el corpuscularismo desde una perspectiva diferente que mostró ser inmensamente fecunda (37).

Nomenclatura y sistemática química

En el prefacio al "Tratado elemental de Química, presentado en un orden nuevo y de acuerdo con los descubrimientos modernos" Lavoisier escoge un texto del Abbé de Condillac con el cual se identifica completamente, que expresa muy bien la concepción de lo que debe ser la ciencia y el lenguaje que ha de servirle. Condillac considera que hay que comunicarle al lenguaje la precisión y exactitud que se ha empleado en la observación, de manera que las palabras a través de las cuales pensamos correspondan a los objetos de la ciencia.

Hechos (objetos de la ciencia) = Ideas (representación de los hechos) = Palabras (expresión de las ideas).

Para evitar que los falsos juicios se filtren en el lenguaje, habremos de creer solamente en los hechos que nos presenta la naturaleza y que no engañan, de la misma manera que debemos someter el razonamiento a la prueba del experimento y observación antes de sacar conclusiones. Hay que asegurarse de que las ideas sean una consecuencia inmediata de una experiencia u observación a partir de lo conocido a lo desconocido, ya que la imaginación "tiende a conducirnos continuamente más allá de la verdad y a establecer conclusiones que no se derivan de los hechos" (38).

Lavoisier busca elevar la química a la perfección de la geometría manifiesta en el rigor lógico de sus proposiciones, pero tiene que partir de una química en la que no hay un acuerdo sobre como designar una gran cantidad de sustancias, ni una razón lógica detrás de los nombres por todos aceptados. Para Lavoisier la lógica se introducirá en el lenguaje químico cuando el nombre adoptado para un compuesto refleje de una manera precisa su composición. Los elementos de Lavoisier antes de verse objetivizados en los átomos de Dalton fueron convertidos en los átomos del andamiaje lógico construido por Lavoisier. Para Lavoisier los nombres antiguos que tenían la aprobación de una larga tradición y que hacían referencia a algunas propiedades del cuerpo, al lugar de procedencia, analogías botánicas, al estado físico, a su aspecto o simplemente

al capricho, debían desaparecer. Lavoisier se propone eliminarlos aún a sabiendas de que se trata de un lenguaje que ha sido el único vehículo de comunicación entre los distintos autores, y que aunque confuso e imperfecto ha sido utilizado por los grandes maestros. Para Lavoisier no es cuestión de reformar el lenguaje o de perfeccionarlo sino de crear uno completamente nuevo.

Citando a Bacon anota, que hay que olvidar todo lo aprendido para rehacer o enmarcar (to frame) el entendimiento humano de nuevo. Lavoisier considera que la química debe hacer su propia sistemática así como Linneo elaboró una taxonomía razonada que permitió develar el orden de la naturaleza. El clasificador debe crear el vocabulario adecuado para designar los objetivos que clasifica.

Entendamos que en la química se trata de objetos que en la mayoría de las veces hay que crear y luego designarlos en contraposición con la botánica que clasificaba las especies dadas en el entorno natural, puesto que la existencia de muchos compuestos y de los cuerpos elementales en la mayoría de los casos sólo se hace evidente después de que el cuerpo, tal como se encuentra en la naturaleza, ha sido sometido a una serie de transformaciones en los crisoles y alambiques del laboratorio. La Nomenclatura fue el producto de un trabajo conjunto en que participaron Berthollet, Fourcroy, M. de la Place y M. Monge. Todo el apoyo de un amplio sector de hombres de ciencia que también mostraban su desacuerdo con la teoría del flogisto. Aceptar la nueva nomenclatura implicaba necesariamente aceptar la nueva química, no era simplemente un problema de aceptar unos nombres nuevos sino de ver y entender la química de una manera completamente diferente a la tradicional. Para crear la nueva nomenclatura se trató de conservar al máximo los nombres tradicionales siempre y cuando estos no dieran lugar a confusiones. Los nombres nuevos se tomaban del griego y sus etimologías expresaban la propiedad más característica de los cuerpos que designaban. La nueva nomenclatura articulaba los cuerpos y los compuestos, clasificándolos en clases, géneros y especies. Cada nombre químico debía llevar a la vez el del género para recordar las propiedades comunes a un gran número de sustancias y el específico que recoge la idea de una propiedad particular de la sustancia en cuestión. Siguiendo este modo de razonar se unificó la nomenclatura de los ácidos, álcalis, óxidos, sales y cuerpos combustibles procedentes de los tres reinos (39). Entre los opositores a la nueva nomenclatura se encontraron Priestley, Cavendish y La Metherie quienes argumentaban que un lenguaje aceptado no podía ser eliminado en un día. Además consideraban que la química tradicional explicaba por medio del "flogisto" y los cuatro elementos la composición de diferentes sustancias y algunas propiedades importantes como la acidez y combustión. Para ellos la nueva teoría era igualmente incompleta pues no explicaba la naturaleza del oxígeno y del azufre, ni tampoco la causa de las reacciones químicas (40).

Además aquellos que como Buffon y Lamarck favorecían una visión dinámica de la naturaleza se oponían ferozmente al desarrollo de la nueva nomenclatura que encasillaba rigidamente a los cuerpos de la naturaleza en lugares fijos (41).

En el prefacio al Tratado Elemental de Química, se exponen los principios de lo que posteriormente pasó a conocerse como el programa positivista para la ciencia. Efectivamente, en el Prefacio se insiste en la importancia del experimento como fuente de conocimiento; se busca fundamentar todo razonamiento abstracto en hechos empíricos; se propone formular un lenguaje analítico y específico para la química y se expresa la convicción de que solamente el uso correcto de la razón y el experimento otorgarán a la ciencia su coherencia y unidad. Lavoisier prefigura a los científicos positivistas del S. XIX y coincidentalmente el desarrollo del paradigma de la ciencia positiva fue elaborado con base en una reflexión sobre el desarrollo de la ciencia tomando el caso de la química como modelo. Augusto Comte dedica la primera mitad del tercer volumen del Curso de Filosofía Positiva a la química (42).

En todo caso la revolución química se ubica en un momento de transición entre la ciencia considerada como parte de un Sistema de Filosofía Natural y la Ciencia fraccionada en el conjunto de las Ciencias Positivas. Esta transición se vivió muy rápidamente en la Francia revolucionaria donde como ya vimos no existían compromisos con el newtonianismo y por otro lado había una gran necesidad de consolidar un proyecto social por medio del dominio de la ciencia y la tecnología.

Anotaciones complementarias

El aporte de Lavoisier en la creación de la nueva química no puede ser entendido completamente si no consideramos sus contribuciones como reformador social y administrador, actividades a las que dedicó la mayor parte de su vida. Además el solo hecho de su muerte bajo la cuchilla jacobina debe motivar la curiosidad para analizar las relaciones entre la ciencia y la sociedad en el período que nos ocupa. Lavoisier de origen aristocrático fue un reformador incansable al servicio del viejo régimen. Hizo carrera como abogado. Tanto en su actividad pública como científica fue un reformador. Perteneció a la última generación de reformadores pre-revolucionarios. Hacía parte de aquel movimiento cultural e ideológico que buscaba en la ciencia la legitimación del orden social.

Para su generación, era claro que a través del estudio de la naturaleza podía adquirirse el conocimiento necesario para adelantar los proyectos de reforma social. Además, de una u otra manera la Ilustración buscaba a través de los éxitos científicos mostrar que bien podrían convertirse en los dirigentes naturales capaces de adelantar las reformas que la sociedad reclamaba. Se buscaba imponer la

autoridad de la ciencia como instancia legitimadora del orden social, papel que antiguamente se le había asignado a la religión. Como muchos estadistas de la época, Lavoisier asistió de joven a las conferencias de geología dictadas por Rouelle, siendo este su primer contacto con la química. La ciencia era la moda entre la gente ilustrada y hacía parte de las discusiones cotidianas. Por ejemplo Turgot quien dirigiera con Lavoisier una campaña para revitalizar las finanzas de la corona, publicó un artículo en la Enciclopedia sobre la expansibilidad de los gases. Marat quien habría de pronunciar la sentencia contra Lavoisier había publicado un trabajo sobre el Fuego que en su momento fue duramente criticado por Lavoisier.

La rivalidad con Marat a nivel científico y político se manifestó en la férrea oposición que Lavoisier hizo para impedir su ingreso a la academia de ciencias. En el espíritu de la época estaba el hecho de que todo aquel que tuviera pretensiones de gobernar debía ganarse un lugar de reconocimiento en el campo de la ciencia. Lavoisier trabajó durante muchos años como socio de una firma particular que recaudaba impuestos para la Corona, hecho

por el cual fue sentenciado cuando cayó la monarquía. No parece cierta la versión de que él haya sido decapitado por que la Revolución no tenía necesidad de sabios (43). Al contrario nunca antes se había visto esa estrecha vinculación entre los hombres de ciencia y el gobierno de la sociedad. La revolución entronizó la Razón y con ella a la Ciencia. No fue por azar que la mayoría de los artífices de la revolución química, como Fourcroy, Guyton, Berthollet hayan jugado papeles destacados en los clubes radicales. En el año II de la revolución un gran número de físicos y químicos participaron activamente en los trabajos de la Convención de la Montaña presidiendo comisiones de agricultura, comunicaciones, trabajos públicos u organizando milicias (44). Los jacobinos nunca pensaron que con la muerte de Lavoisier se perjudicara a la ciencia; vieron en él solamente al servidor del viejo régimen, que reivindicó la autoridad de la ciencia para justificar una serie de reformas sociales en una convulsionada sociedad, que como la química no tenía necesidad de Reforma sino de Revolución. Esto último fue lo que Lavoisier seguramente entrevió pero que su posición aristocrática le impidió asumir consecuentemente.

Bibliografía

- Villaveces, J.L., G. Cubillos & L.E. Andrade 1984. *Seminario de Historia y Filosofía de las Ciencias* "Del Sustancialismo al atomismo en la Química" Universidad de Antioquia e ICFES. P. 226.
- Crosland, M. 1980. "Chemistry and the chemical revolution" in G.S. Rousseau and Roy Porter (eds.), *The Ferment of Knowledge*, Cambridge University Press, p. 395.
- Metzger, H. 1930. "Newton, Sthal, Boerhaave et la doctrine chimique", Librairie Scientifique et Technique. Albert Blanchard (1930) 1974, p. 300.
- Taton, R. 1972. *Historia General de las Ciencias* (2). La Ciencia Moderna (de 1450 a 1800), Cap. V Nacimiento de la Química Moderna". Ed. Destino Barcelona. pp. 624-625.
- Venel, G.F. 1753. art. "Chymie" *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et de métiers par une société de gens de lettres*. (3) Diderot D. et d'Alembert J. eds. Paris, M. DCC. LIII. p. 413.
- Guedon, C. 1980. "Le statut epistemologique de la reaction chimique de L'encyclopedie a Gay-Lussac". Cologue Gay-Lussac, Ecole Polytechnique, pp. 106-109.
- Venel, G.F. 1753. op. cit. pp. 409-410.
- Shapin, S. 1980. "Social uses of science" in G.S. Rousseau and Roy Porter (eds), *The Ferment of Knowledge* Cambridge University Press, pp. 93-139.
- Siegfried, R. & B. Bobbs 1968. "Composition, a neglected aspect of the chemical revolution". *Annals of Science*, Vol. 24, No. 4, pp. 279.
- Venel, G.F. op. cit. pp. 416 (primera Columna).
- Taton, R. 1972. Op. cit. pp. 626.
- Jacob, M. 1977-78. "Newtonianism and the origins of the enlightenment: A reassessment", *Eighteenth-Century Studies* 11: 1-25.
- Metzger, H. 1935. "La philosophie de la matiere chez Lavoisier" *Actualités Scientifiques et Industrielles* 218 Exposés d'histoire et philosophie des sciences Publiés sous la direction de Abel Rey. Paris Hermann et Cie. Ed. p. 26.
- Guedon, J.C. 1980. op. cit. 1980.
- Lavoisier, A.L. 1789. *Traité Élémentaire de Chimie* Paris, Couchet ed. Discours préliminaire p. XIV.
- Metzger, H. 1930. "Newton, Sthl, Boerhaave et la Doctrine Chimique", Librairie Scientifique et Technique. Albert Blanchard (1930) 1974, pp. 159-188.
- Partington, J.R. *A History of Chemistry* (3) Chap. IX "Lavoisier". MacMillan Press. pp. 402-410.
- Kuhn, T.S. 1962. *The Structure os Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press. pp. 52-65.
- Siegfried, R., & B. Dobbs 1968. op. cit. pp. 280-281.
- Ihde, A. 1964. *The Development of Modern Chemistry* "Lavoisier and the chemical revolution" The University of Wisconsin Harper & Row Publishers. p. 71.
- Lavoisier, A.L. 1935. *Traité Élémentaire de Chimie* (1) p. 96. Citado por Metzger H. op. cit. p. 38.
- Metzger, H. 1935. op. cit. p. 39.

23. Lavoisier, A.L. 1935. *Traité Élémentaire de Chimie* (1) p. 41. Citado por Metzger H. op. cit. p. 41.
24. Metzger, H. 1935. op. cit. p. 42.
25. _____ 1935 op. cit. pp. 36-37.
26. _____ 1935 op. cit. p. 46.
27. _____ 1935 op. cit. p. 17.
28. Crosland, M. 1980 op. cit. p. 394.
29. Lavoisier, A.L. 1790 *Elements of Chemistry* (Tr. Robert Kerr) Edinburgh. p. XXIV. Citado por Siegfred R. 1968. op. cit. pp. 282-283.
30. Gillispie, C. 1981 *Dictionary of Scientific Biography* (7). Princeton University, Charles Scribner's sons New York. p. 82.
31. Lavoisier, A.L. 1935. (1) p. 170 Citado por Metzger op. cit. p. 34.
32. _____ . 1935. (1) p. 202 Citado por Metzger op. cit. p. 43.
33. Metzger, H. 1935 op. cit. p. 21.
34. _____ . 1935. op. cit. p. 19.
35. _____ . 1935. op. cit. p. 22.
36. Villaveces, J.L., G. Cubillos & L.E. Andrade 1984. op. cit. p. 232.
37. Lavoisier, A.L. 1979. op. cit. Discours Préliminaire. p. I – XIII.
38. Crosland M. 1962. *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Heinemann Educational Books Ltd. pp. 177-186.
39. _____ . 1970 op. cit. pp. 196-198.
40. Metzger, H. 1935. op. cit. 25-26.
41. Compe, A. 1830-42 *Cours de philosophie positive*, Primera edición, 6 Vols. Paris.
42. Crosland, M. 1983. "Lavoisier, le mal-aimé" *La Recherche*, 14 (145): 785.
43. Moss, H. 1983. "Scientists and Sans-culottes. The spread of scientific literacy in the revolutionary year II" *Fundamenta Scientiae*. 4 (2): 101-115.

**ESTUDIOS TAXONOMICOS,
ONTOGENETICOS, ECOLOGICOS Y
ETOLOGICOS SOBRE LOS OSTRACODOS
DE AGUA DULCE EN COLOMBIA
(OSTRACODA, PODOCOPIDA,
CYPRIDIDAE).
VI. ESTUDIO TAXONOMICO DEL GENERO
STRANDESIA STUHLMANN 1888—PARTE
III. EL GRUPO "STRANDESIA ELLIPTICA
(SARS 1901)".***

por

Ewald W. Roessler**

Resumen

Roessler, E.: Estudios sobre ostrácodos de agua dulce, VI. El grupo *Strandesia elliptica*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 795-804, 1990 ISSN 0370-3908.

En el presente estudio se describen rasgos taxonómicos de cuatro taxones colombianos del género *Strandesia* Stuhlmann, 1888. Las cuatro formas se incluyen en un sólo grupo taxonómico por compartir ciertas características morfológicas de las extremidades, de la furca y de las valvas. Destacan la asimetría del caparazón y un doblamineto de la zona marginal secundaria en la región dorsocaudal de la valva derecha. El doblamiento se continúa en dirección posterior, formando la parte medial de una protuberancia caudal, cuya dimensión varía con la especie. Tres de las cuatro formas se describen como nuevas para la ciencia.

Summary

The present study deals with taxonomic characteristics of four colombian species of the genus *Strandesia* Stuhlmann, 1888. The four forms are included in a single group in consequence of sharing certain morphological features of the extremities, the furca and the valves. Especially are standing out the asymmetry of the carapax and a fold of the second marginal region in the dorsocaudal area of the right valve, which posterior prolongation forms part of a caudal protuberance. Three of the four forms are new for science.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie werden taxonomische Merkmale vier kolumbianischer Arten der Gattung *Strandesia* Stuhlmann, 1888 beschrieben. Auf Grund bestimmter gemeinsamer morphologischer Merkmale der Extremitäten, der Furca und der Schalen werden die vier Formen in einer taxonomischen Gruppe zusammengefasst. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Carapaxasymmetrie sowie eine mediad gerichtete Faltung der sekundären Randzone im dorsocaudalen Bereich der rechten Schalenhälfte. Diese Faltung verlängert sich in einen caudalen Fortsatz, dessen Form und Ausdehnung mit der betreffenden Art variiert. Drei der vier beschriebenen Arten sind neue Formen.

* El estudio recibió el apoyo de COLCIENCIAS (Proyecto No. 1204-05-127-86) y de la Universidad de los Andes.

** Universidad de los Andes. Departamento de Ciencias Biológicas. Apartado Aéreo 4976. Bogotá, D.E. Colombia.

Introducción

La diversidad morfológica de las especies del género *Strandesia* Stuhlmann 1888 permite una subdivisión en varias unidades taxonómicas. En un estudio anterior se presentó con el grupo *Strandesia variabilis* Roessler, 1986 una primera unidad de especies colombianas. Broodbakker (1983) redefine dos subgéneros: *Acanthocypris* y *Neocypris*, originalmente introducidos por Claus 1892 y Sars (1901). Las descripciones de Sars incluyen dentro del subgénero *Neocypris* seis especies (*Neocypris gladiator*, *N. mutica*, *N. variegata*, *N. obtusata*, *N. elliptica* y *N. mucronata*), formas que también se encontraron en Colombia. En el mismo estudio Sars describe otras cinco especies que incluye en el género *Cypris*, tres de las cuales (*Cypris labiata*, *C. arcuata* y *C. iheringi*) pertenecen al género *Chlamydotheca* Saussure 1858, mientras las otras dos (*Cypris psittacea* y *C. inornata*) pertenecen al género *Strandesia* Stuhlmann 1888 y también forman parte de la fauna dulceacuícola colombiana.

En el presente estudio se describen o redesciben cuatro especies con similitudes taxonómicas especialmente en las valvas. Una de ellas, *Strandesia*

elliptica (Sars 1901) fue descrita brevemente por Sars y redescrita por Broodbakker a partir del material original de Sars. Las otras tres formas son nuevas para la ciencia. Fuera de una forma general ovoide o elipsoide del caparazón, destaca un doblez de la zona marginal secundaria en el borde dorsal de la bisagra en la parte caudal de la valva derecha. Este doblez se continúa en dirección posterior, formando la parte medial de un proceso caudal de reducidas dimensiones. Las cuatro especies se reúnen en un sólo grupo taxonómico que se denominará según la especie descrita por Sars *Strandesia elliptica* (Sars, 1901).

Materiales y métodos

Los especímenes de tres de las especies utilizadas en este estudio se capturaron en el Departamento del Meta, en el lado este de la Cordillera Oriental en alturas sobre el nivel del mar que oscilan entre los 550 y 800 mts., mientras una especie (*Strandesia tolimensis* n. sp.) fue capturada en el Valle del Río Magdalena en cercanías de la población de Saldaña, Departamento del Tolima, a aproximadamente 500 mts. de altura sobre el nivel del mar.

Se utilizaron las mismas técnicas; mediciones y definiciones como en los estudios anteriores (comp. Roessler, 1985) y se introdujeron algunas de las denominaciones, propuestas por Broodbakker & Danielopol (1982). Otras abreviaturas se explican en el texto.

Sistemática

Strandesia elliptica elliptica (Sars 1901)

Neocypris elliptica Sars 1901

Strandesia elliptica Broodbakker 1983

Material examinado. El siguiente material de referencia se encuentra depositado en el Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Ejemplar No. ICN-CR-221-84, ♀ adulta, Valvas secas en lámina micropaleontológica, extremidades incluidas en bálsamo y montadas sobre láminas. Ejemplares adicionales ♀♀ adultas, Nos. ICN-CR-222-84 hasta ICN-CR-230-84, conservados en alcohol; Nos. MUA-CR-321-84 hasta MUA-CR-330-84 (Colección del Museo de Historia Natural - Universidad de los Andes - Bogotá, Colombia), conservados en alcohol.

Localidad. Colombia. Pozos temporales en los alrededores de la población de Restrepo, Departamento del Meta. Estrato típico. Reciente.

Diagnosis. Especie de tamaño menor. Valvas similares de forma elíptica en vista lateral. Caparazón de vista dorsal ovoide, en vista posterior moderadamente asimétrico. Zonas de fusión primaria en ambas valvas acentuadamente anchas en la parte ventral anterior.

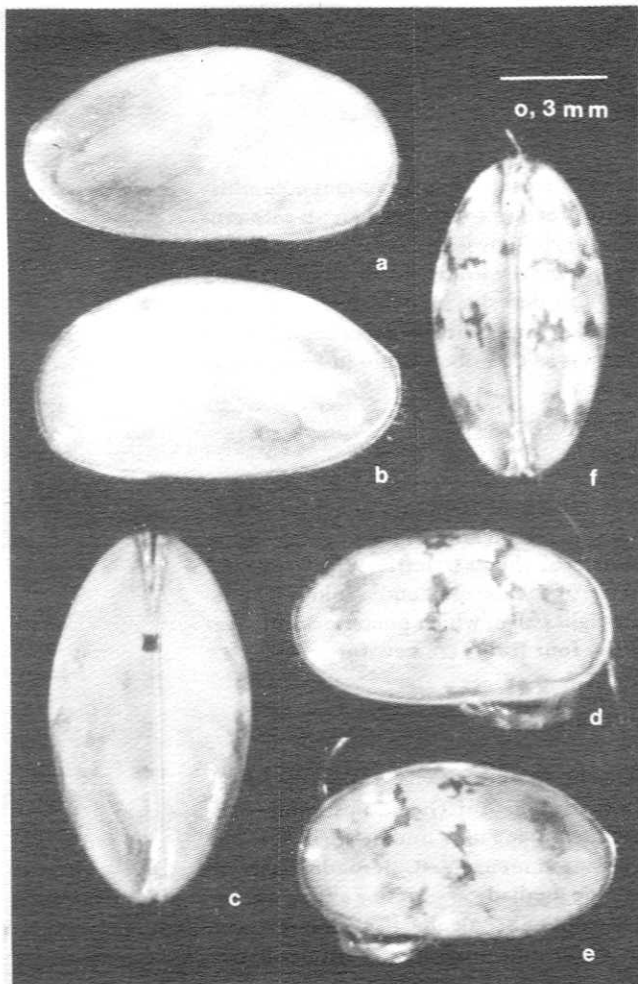


FIGURA 1

Strandesia elliptica elliptica (Sars, 1901), vistas laterales (d, e) y vista dorsal (f). Ejemplar (No. ICN-CR-222-84). *Strandesia elliptica mayor* n. subsp., vistas laterales (a, b) y dorsal (c), Ejemplar (No. ICN-CR-212-84).

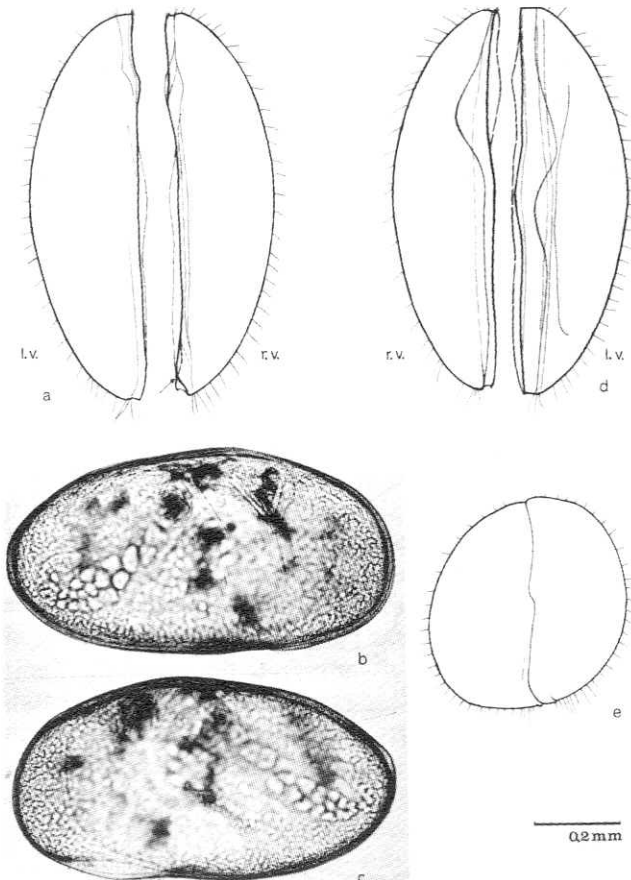


FIGURA 2

Strandesia elliptica elliptica (Sars, 1901), vista dorsal de las valvas (a), vistas laterales internas de la valva izquierda (b) y de la valva derecha (c); la flecha en (a) indica la protrusión medial del borde superior de la bisagra, típica para el grupo; vista ventral de ambas valvas (d); vista posterior del caparazón (e). Ejemplar No. (ICN-CR-221-84).

Valva derecha con doblamiento marcado de la zona marginal secundaria en la parte dorso-caudal que se prolonga en dirección posterior formando la parte medial de un proceso caudal de reducidas dimensiones. Valva izquierda sobrepasa ligeramente la valva derecha en los extremos anterior y posterior. Altura máxima de las valvas excede ligeramente la mitad de su longitud.

Color de fondo blanco-transparente con manchas de pigmentos negros en vandas transversales.

Descripción (Ejemplar No. ICN-CR-221-84)

Caparazón. El caparazón en vista dorsal es de forma ovoide y ligeramente alargado (Figs. 1f y 2a). La anchura máxima se encuentra cerca de la mitad. La valva izquierda sobrepasa ligeramente a la valva contralateral en los extremos anterior y posterior.

Las valvas en vista lateral son de forma elíptica con los extremos anteriores obtusamente redondos (figuras 2b y c). Los extremos posteriores circunscriben una curva de radio mayor. La altura máxima se encuentra un poco por delante de la mitad de la longitud. Los contornos dorsales en sus formas generales son redondeados. Se observa un án-

gulo más acentuado a nivel de la altura máxima, a partir de la cual el contorno dorsal descende en línea recta. Los contornos ventrales muestran curvaturas sinusoides por la presencia de una protrusión acentuada de la zona de fusión primaria. La superficie de las valvas transparentes tiene un aspecto brillante y está provista de numerosos poros finos y de setas sensoriales, cuya longitud es mayor en las regiones periféricas (figura 4h).

La valva derecha se caracteriza por la presencia de un doblamiento del borde dorsal de la bisagra en la parte posterior, formando una proyección medial. El doblamiento se prolonga en dirección posterior donde constituye la parte medial de un proceso de dimensiones menores (figuras 1e, 2a y c).

La valva izquierda presenta un fuerte listón interno, que aparentemente carece de los refuerzos tuberculosos, que son típicos para la mayoría de las especies del género (comp. Roessler, 1986).

El contorno del caparazón en vista anterior o posterior demuestra cierta asimetría (figuras 2a). Se observa que la valva derecha sobrepasa el contorno dorsal de la valva contralateral, mientras la

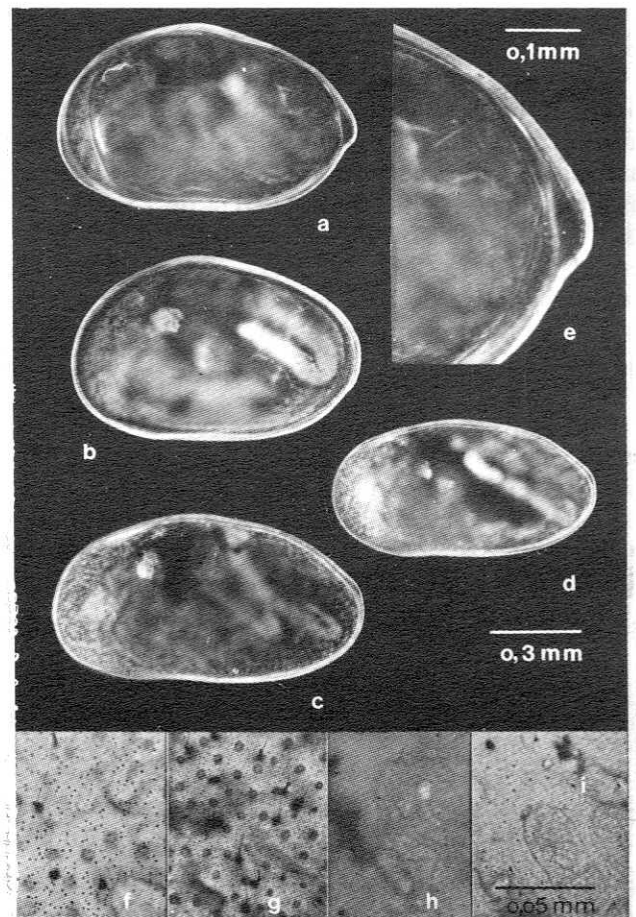


FIGURA 3

Vistas laterales internas de las valvas derechas de *Strandesia obtusata colombiensis* n. subsp. (a). Holótipo. *Strandesia tolimensis* n. sp. (b). Holótipo. *Strandesia elliptica mayor* n. subsp. (c). Holótipo. *Strandesia elliptica elliptica* (Sars, 1901), (d), (Ejemplar No. ICN-CR-221-84).

Vista interna de la parte posterior de la valva derecha de *Strandesia obtusata colombiensis* n. subsp., (e).

Vistas parciales de las superficies externas de las valvas derechas en la región de las impresiones musculares (Holótipos). *Strandesia obtusata colombiensis* n. subsp. (f); *Strandesia tolimensis* n. sp. (g); *Strandesia elliptica elliptica* (Sars, 1901), (h); *Strandesia elliptica mayor* n. subsp. (i).

valva izquierda sobrepasa el contorno ventral de la valva derecha. La valva izquierda es ligeramente más ancha que la valva derecha (figuras 2a. y b).

Las dimensiones de las valvas del espécimen No. ICN-CR-221-84 son:

Longitud: Valva derecha, 0,90 mm; valva izquierda, 0,92 mm.

Altura: Valva derecha, 0,49 mm; valva izquierda, 0,51 mm.

Anchura: Valva derecha, 0,25 mm; valva izquierda, 0,27 mm.

Relación longitudinal/altura: Valva derecha, 1,8; valva izquierda, 1,8.

Relación longitud/anchura: Valva derecha, 3,3; valva izquierda, 3,4.

Relación altura/anchura: Valva derecha, 1,96; valva izquierda, 1,89.

Extremidades. La relación de longitudes de las cinco unidades distales (IV hasta VIII) de las primeras antenas en dirección proximal - distal es de: 3,3: 1,5: 1,2: 1: 1,03. La relación de las longitudes del segmento IV con la seta sensorial y - a es de 1,6: 1.

Las setas natatorias de las segundas antenas sobrepasan ligeramente los extremos distales de las uñas terminales. La relación de longitudes de las unidades E-1: E (II-III) del endopódito con las uñas terminales G-1: G-2: G-3 es de 1,6: 1: 1,4: 1,3: 1,2. La relación de las longitudes de las uñas terminales G-1: G-2: G-3 es de 1,1: 1: 1,04. La longitud relativa de E-1 en comparación con Y es de 3,2: 1. Las longitudes relativas de E-1 con y-3 son de 4: 1.

El proceso masticatorio externo de las primeras maxilas porta las dos uñas fuertes, características para el género, con una hilera de dientes en ambos lados. La relación de longitudes del protopódito del primer toracópodo con las longitudes de los segmentos I y (II-III) y de la uña terminal es de 1,8 1: 1,2: 1,3 (figura 4).

Los lóbulos genitales tienen aspecto de un óvalo alargado. El soporte para las articulaciones de la furca presenta una apertura de forma triangular, su ramo ventral es poco desarrollado en el ejemplar de referencia, como en los demás especímenes de la población de la cual fue extraído (figura 4). En poblaciones procedentes de otras regiones este ramo puede ser más largo.

De esta especie no se han encontrado machos en Colombia.

Discusión. *Strandesia elliptica elliptica* (Sars, 1990) es la especie más pequeña entre las formas del género encontradas hasta la fecha en Colombia. Es al mismo tiempo la especie de mayor distribución y se encuentra generalmente en todo tipo de aguas dulces de las zonas cálidas del país, en con-

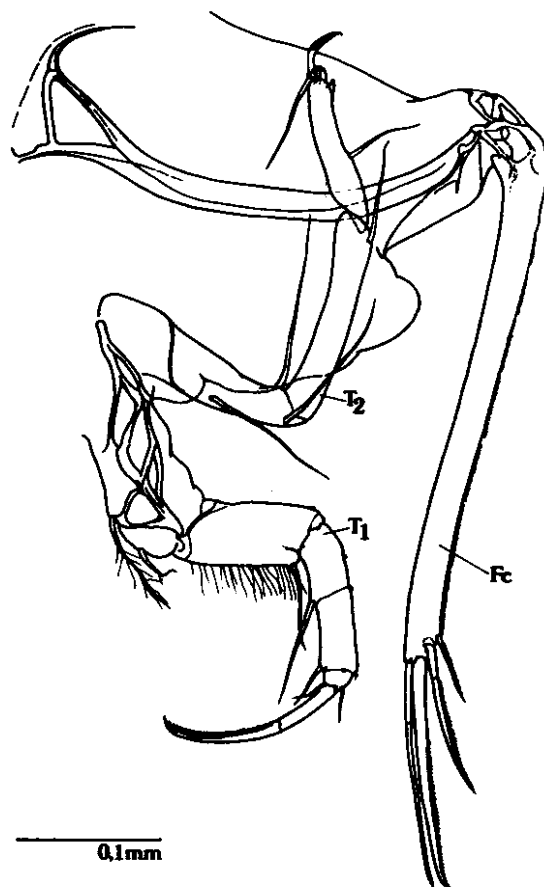


FIGURA 4

Strandesia elliptica elliptica (Sars, 1901), vista lateral de la región posterior del cuerpo con toracópodos y furca. (Ejemplar No. ICN-CR-221-84).

traste con las demás especies del grupo. El hallazgo de esta especie en el Brasil (Sars, 1901) sugiere una amplia distribución en las partes tropicales calientes del continente suramericano.

Strandesia elliptica mayor N. subsp.

Holotipo. ♀ adulta. No. ICN-CR-211-84. Valvas secas en célula micropaleontológica, extremidades incluidas en bálsamo y montadas sobre láminas.

Parátipos. ♀♀ adultas, Nos. ICN-CR-212-84 hasta ICN-CR-220-84, conservadas en alcohol: Nos. MUA-CR-311-84 hasta MUA-CR-320-84, conservadas en alcohol.

Localidad del holotipo. Colombia. Pozos temporales alrededor de la población de Granada, Departamento del Meta. Estrato típico. Reciente.

Diagnosis. Especie de tamaño menor. Comparación en vista dorsal ovaloide, en vista posterior a an-

terior moderadamente asimétrico. Valva derecha con doblamiento de la zona marginal secundaria en la región dorso-caudal medial y con proceso caudal de reducidas dimensiones. Valva izquierda sobrepasa ligeramente a la valva contralateral en los extremos anterior y posterior. Altura máxima de las valvas excede ligeramente la mitad de su longitud.

Color de fondo blanco transparente sin pigmentos en la superficie de las valvas con excepción de una estrecha franja periférica.

Descripción del holótipo

Caparazón. La forma de caparazón es muy similar a la de *Strandesia elliptica elliptica* (Sars 1901), pero de mayor tamaño (figuras 1a, b, c; 5c, d y e). En vista lateral las valvas de las dos formas son muy parecidas. La zona de fusión primaria de la valva derecha en la región ventral es menos acentuada en la presente forma, y la protrusión en la parte anterior visible especialmente en vista lateral es de menores dimensiones (figura 5d). También esta especie posee la dobladura característica de la región dorso-caudal medial de la valva derecha y se aprecia un proceso caudal poco acentuado (figura 3c; 5b y c). En la presente subespecie son más largas las setas sensoriales en la superficie de las valvas, tanto en las zonas marginales como en las regiones

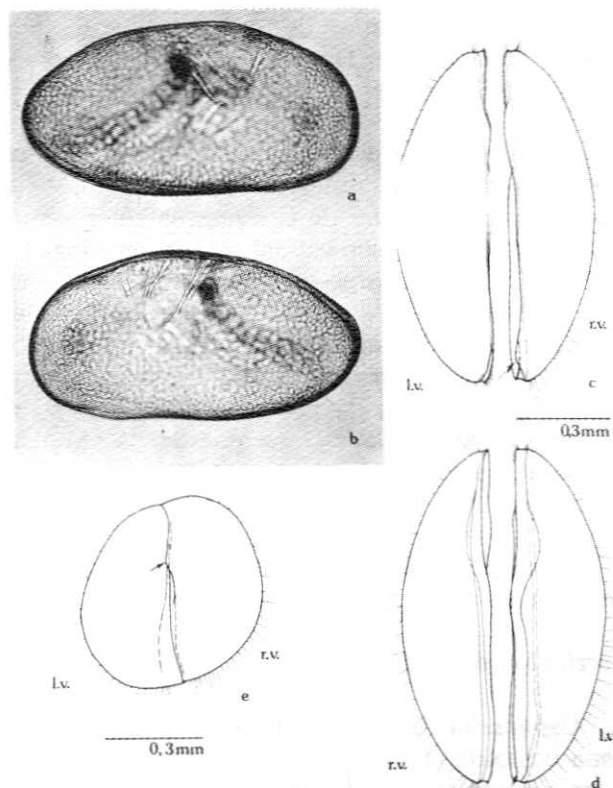


FIGURA 5

Strandesia elliptica mayor n. subsp., vistas laterales internas de la valva izquierda (a) y derecha (b); vista dorsal de ambas valvas (c). La flecha indica la protrusión del borde superior de la bisagra en el extremo posterior de la valva derecha (Holótipo, No. ICN-CR-211-84).

Vista posterior del caparazón (d); vista ventral de ambas valvas (e), Holótipo, la flecha en (d) indica la protrusión medial del gozne en el extremo posterior de la valva derecha.

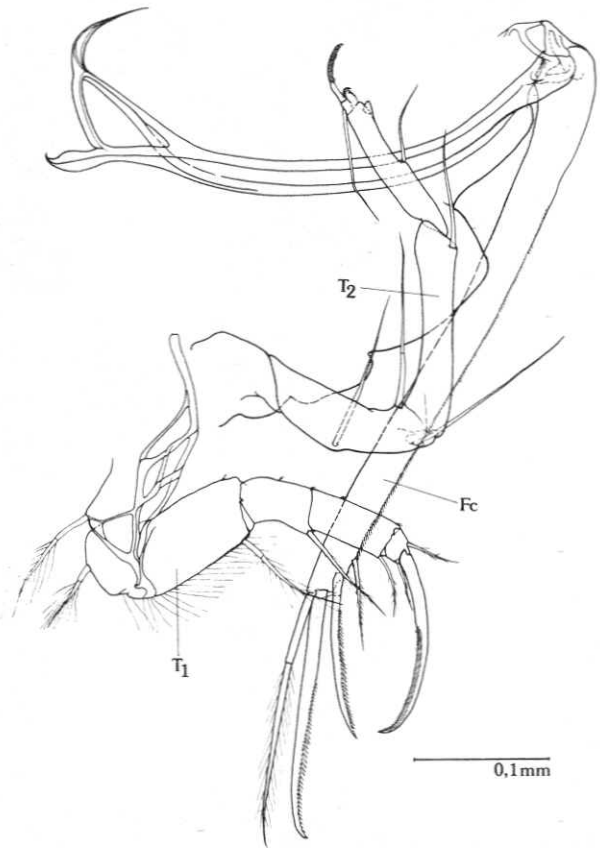


FIGURA 6

Strandesia elliptica mayor n. subsp., vista lateral de la región posterior del cuerpo con toracópodos y furca, Holótipo.

centrales (figuras 5c, d y e). La superficie externa de las valvas tiene un aspecto brillante y esta provista de poros muy finos (figura 3i).

Las dimensiones de las valvas del Holótipo (No. ICN-CR-211-84) son:

Longitud: Valva derecha, 1,06 mm; valva izquierda, 1,06 mm.

Altura: Valva derecha, 0,57 mm; valva izquierda, 0,58 mm.

Anchura: Valva derecha, 0,28 mm; valva izquierda, 0,30 mm.

Relación longitud/altura: Valva derecha, 1,86; valva izquierda, 1,83.

Relación longitud/ancho: Valva derecha, 3,5; valva izquierda, 3,6.

Relación altura/ancho: Valva derecha, 2,0; valva izquierda, 1,93.

Extremidades. La relación de las longitudes de las cinco unidades distales que conforman las primeras antenas, en dirección proximal-distal es de 2,8: 1,3: 1,1: 1: 1,03. La relación de longitudes del segmento IV con la seta sensorial terminal y-a es de 1,24: 1.

Las setas natatorias de las segundas antenas sobrepasan ligeramente los extremos distales de las

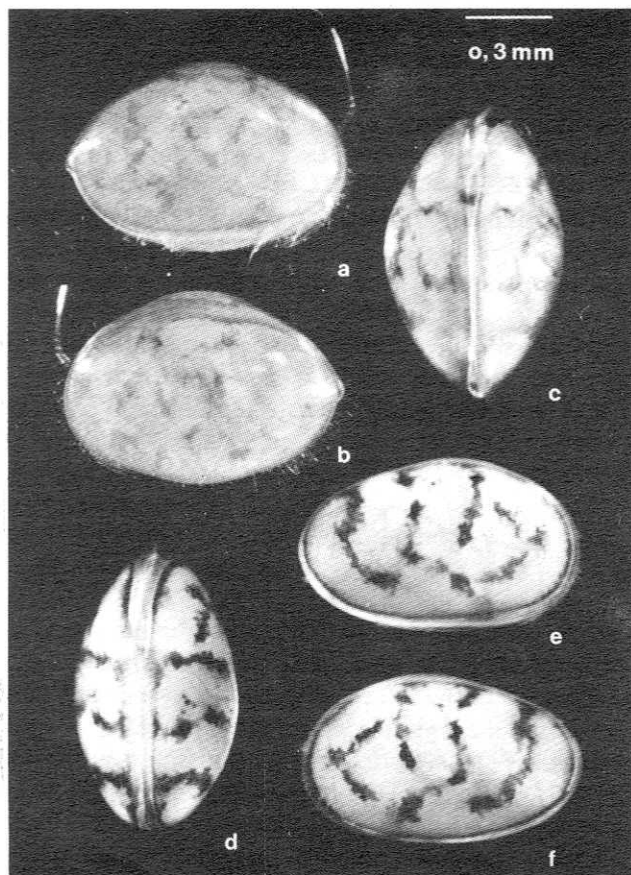


FIGURA 7

Strandesia obtusata colombiensis n. subsp., vistas laterales (a, b) y vista dorsal (c). Parátipo (No. ICN-CR-202-84). *Strandesia tolimensis* n. sp., vistas laterales (e, f), y vista dorsal (d), Parátipo (No. ICN-CR-147-85).

uñas terminales. La relación de longitudes de las unidades del endopódito E-I: E-(II-III) con las uñas terminales G-1: G-2: G-3 es de 1,7: 1: 1,6: 1,4: 1,5. La relación de las longitudes de las uñas terminales es de 1,1: 1: 1,1. Las longitudes relativas de E-I y de la seta sensorial Y son de 3,4: 1. Las longitudes relativas de E-I con y-3 son de 4,6: 1 (figura 6).

El proceso masticatorio externo de las primeras maxilas porta dos uñas fuertes con hileras de dientes en ambos lados. La relación de longitudes del protopódito del primer toracópodo y de los segmentos E-I: E-(II-III) y con la uña terminal es de 1,9: 1: 1,1: 1,4 (figura 6).

La furca es bien desarrollada, los ramos furcales son relativamente más anchos que en *Strandesia elliptica elliptica*. La relación de longitudes del ramo furcal con las setas y uñas marginales es de 7,1: 3,1: 2,9: 1,9: 1. El soporte para las articulaciones de la furca presenta una apertura de forma triangular, su ramo ventral es poco desarrollado (figura 6).

De esta especie no se han encontrado machos en Colombia.

Discusión. *Strandesia elliptica mayor* n. subsp. es una forma de reducidas dimensiones dentro de

las especies colombianas del género y es muy similar a *Strandesia elliptica elliptica* (Sars, 1901), de la que se distingue por su mayor tamaño y la ausencia de pigmentos en la superficie de las valvas. La pigmentación negra está restringida a una franja estrecha en la periferia de las valvas. Las dos formas conviven simpátricamente, pero la subespecie nueva presenta adaptaciones bio-ecológicas diferentes. *Strandesia elliptica elliptica* (Sars 1901) es muy común en prácticamente todo tipo de agua dulce de las zonas tropicales calientes en Colombia; mientras que *Strandesia elliptica mayor* sólo ha sido encontrada en un área restringida alrededor de la localidad del Holótipo, durante un período muy limitado a principios de la época del aumento de la pluviosidad.

Strandesia obtusata colombiensis N. subsp.

Holótipo. ♀ adulta, No. ICN-CR-201-84. Valvas secas en lámina micropaleontológica, extremidades incluidas en bálsamo y montadas sobre láminas.

Paratipos. ♀♀ adultas, Nos. ICN-CR-202-84 hasta ICN-CR-210-84, conservadas en alcohol; Nos. MUA-CR-301-84 hasta MUA-CR-310-84, conservadas en alcohol.

Localidad del holótipo. COLOMBIA. Pozos temporales en cercanías de la población de San Juan de Arama, en el Departamento del Meta. Estrato típico. Reciente.

Diagnosis. Especie de tamaño menor. Valvas ovaladas y de forma similar en vista lateral. Valva derecha con dobladura de la zona marginal secundaria en su parte dorso-caudal que se prolonga en dirección posterior formando la parte medial de un proceso caudal. Valva izquierda sobrepasa la valva contralateral en los extremos anterior y posterior con excepción del proceso caudal. Caparazón notablemente asimétrico; la valva derecha sobrepasa el contorno dorsal de la valva izquierda; la valva izquierda sobrepasa al contorno ventral de la valva contralateral.

Color de fondo amarillento-claro transparente con manchas de pigmentos negros.

Descripción del holótipo

Caparazón. El caparazón en vista dorsal es de forma ovaloide (figuras 7c y 8c). La anchura máxima se encuentra en poco detrás de la mitad de la longitud en la valva izquierda. Ambas valvas tienen aproximadamente la misma longitud. La valva izquierda sobrepasa a la valva derecha ligeramente en el extremo anterior, mientras la protuberancia caudal de la valva derecha sobrepasa el contorno posterior de la valva izquierda tanto en vista lateral como en vista dorsal (figuras 7a, b y c; 8c y e). En vista lateral y especialmente en vista posterior o anterior destaca una asimetría acentuada, causada por

una especie de joroba de la valva derecha en su parte dorsal (figuras 7a, b y 8a). Por otra parte se observa que la valva izquierda sobrepasa considerablemente al contorno ventral de la valva derecha, formando una protrusión ventral, lo que da al caparazón un aspecto oblicuo (figura 8e).

En vista lateral ambas valvas son de forma ovalada con irregularidades en las zonas dorsales y dorso-caudales. Se observa una dobladura acentuada de la zona marginal secundaria en el borde dorsal de la bisagra de la valva derecha en su parte posterior que se continúa hacia atrás, formando parte del proceso caudal (figuras 7c; 8a, c y e). La dobladura forma una zona de fusión secundaria, penetrada por algunos canales de poro. El proceso caudal sobrepasa notablemente el contorno posterior de la valva izquierda en el caparazón cerrado (figuras 7c, 8a y c).

La zona de fusión primaria es relativamente estrecha en la parte ventral de la valva derecha y mejor desarrollada en la valva izquierda (figura 8d). Las valvas cuentan con paredes gruesas. Su superficie externa tiene aspecto brillante y está provista de numerosos poros finos y otros de mayor diámetro pero en menor número (figura 3f). Se observan cerdas sensoriales finas cuyo número aumenta en las regiones periféricas (figuras 8c, d y e).

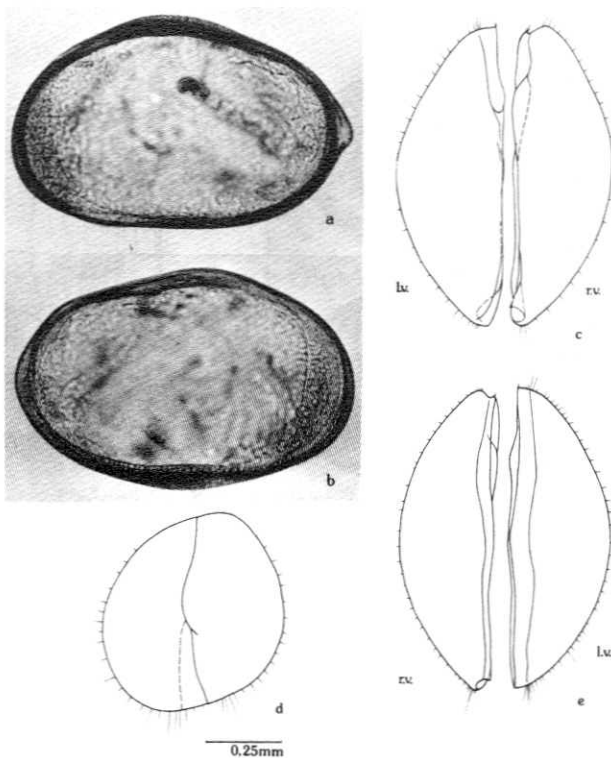


FIGURA 8

Strandesia obtusata colombiensis n. subsp., vistas laterales internas de la valva derecha (a) e izquierda (b), vista dorsal de ambas valvas (c); la flecha indica la protrusión medial del borde superior del gozne en el extremo posterior de la valva derecha, Holótipo (ICN—CR—201—84).

Vista posterior del caparazón (d) y vista ventral de ambas valvas (e), Holótipo; la flecha en (d) indica la protrusión medial del borde superior del gozne en el extremo posterior de la valva derecha.

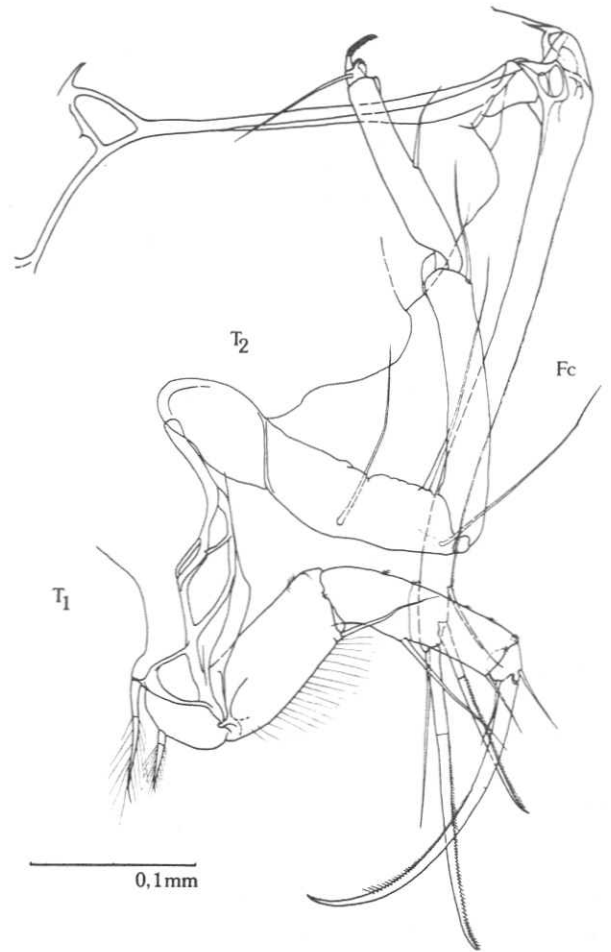


FIGURA 9

Strandesia obtusata colombiensis n. subsp., vista lateral de la región posterior del cuerpo con toracópodos y furca, Holótipo.

La valva izquierda cuenta con un listón interno bien desarrollado con refuerzos tuberculosos típicos (comp. Roessler, 1986).

Ambas valvas de la presente subespecie son aproximadamente de la misma anchura; la anchura máxima se encuentra un poco detrás de la mitad (figuras 7c; 8c y d).

Las dimensiones de las valvas del Holótipo (No. ICN—CR—201—84) son:

Longitud: Valva derecha, 0,99 mm; valva izquierda, 0,99 mm.

Altura: Valva derecha, 0,62 mm; valva izquierda, 0,63 mm.

Anchura: Valva derecha, 0,31 mm; valva izquierda, 0,37 mm.

Relación longitud/altura: Valva derecha, 1,6; valva izquierda, 1,57.

Relación longitud/anchura: Valva derecha, 3,2; valva izquierda 2,7.

Relación altura/anchura: Valva derecha, 2,0; valva izquierda, 1,7.

Extremidades. La relación de longitudes de las unidades IV hasta VIII de las primeras antenas es de 2,9: 1,3: 1,2: 1: 1,05. La relación de longitudes del segmento IV con la seta sensorial y-a es de 1: 1,3.

Las setas natatorias de las segundas antenas sobrepasan ligeramente a los extremos distales de las uñas terminales. La relación de longitudes de las unidades E-I: E (II-III) del endopódito y de las uñas terminales G-1: G-2: G-3 es de 1,8: 1: 1,9: 1,7: 1,8. La relación de las longitudes de las uñas terminales G-1: G-2: G-3 es de 1,1: 1: 1,06. Las longitudes relativas de E-I con la seta sensorial Y son de 3,5: 1. La relación de longitudes de E-1 con la seta sensorial y-3 es de 4,6: 1 (incluyendo la base de la seta).

El proceso masticatorio externo de las primeras maxilas porta las dos uñas fuertes dentadas, características para el género.

La relación de longitudes del protopódito del primer toracópodo con las longitudes de los segmentos I hasta III y con la uña terminal es de 1,8: 1,1: 1,75 (los segmentos II y III se tratan como una unidad).

La furca es bien desarrollada con ramos fuertes y una dentición muy fina en su borde dorsal. El ramo furcal presenta una ligera curvatura en su extremo distal (figura 12). La relación de longitudes del ramo furcal con las setas y uñas marginales en dirección anterior-posterior es de 6,3: 1,6: 2,9: 2,1: 1 (figura 9).

Los lóbulos genitales son de forma ovalada. El soporte para las articulaciones de las furcas presenta una apertura triangular (figura 9).

En Colombia no se han encontrado machos de esta especie.

Discusión. *Strandesia obtusata colombiensis*, es una forma de menor tamaño dentro de las especies del género en Colombia. Se separa de la especie descrita por Sars a causa de diferencias menores, especialmente de las furcas. El caparazón de la presente subespecie se destaca por una asimetría acentuada. La valva derecha sobrepasa con una especie de joroba al contorno dorsal de la valva contralateral, mientras esta última sobrepasa el contorno dorsal de la valva derecha con una protrusión similar, correspondiente a la zona marginal secundaria. La redescrición de *Strandesia obtusata* (Sars, 1901) por Broodbakker (1983) a partir de un lectotipo de la colección original revela una forma diferente de las valvas, que en el caso de la especie colombiana se aproximan mucho más a un ovaloide.

Es de mencionar que los especímenes de Sars proceden de cultivos de laboratorio, lo que puede implicar alteraciones morfológicas como se comprobó en cultivos de otras especies (Roessler, 1980-

1986, sin publicar). Las alteraciones comprometen entre otros, la altura de las valvas y la asimetría del caparazón. No se conocen ejemplares de *Strandesia obtusata* procedentes del lugar de origen de los huevos utilizados en los estudios de Sars. Es posible que ambas formas sean idénticas y en este caso debería suprimirse la subespecie aquí propuesta.

Strandesia tolimensis N. sp.

Holotipo. ♀ adulta. No. ICN-CR-146-85. Valvas secas en "Célula de Franke", extremidades incluidas en bálsamo y montadas sobre láminas.

Paratipos. ♀♀ adultas, Nos. ICN-CR-147-85 hasta ICN-CR-160-85, conservados en alcohol; Nos. MUA-CR-246-85 hasta MUA-CR-260-85, conservados en alcohol.

Localidad del holotipo. COLOMBIA. Pozos temporales y semipermanentes a largo de la carretera que de Espinal conduce a Natagaima, en el Departamento del Tolima. Estrato típico. Reciente.

Diagnosis. Especie de tamaño menor. Valvas similares; en vista lateral de forma elíptica. Valva derecha con proceso caudal poco acentuado, que se extienden en dirección ventral, sobrepasando el nivel de la mitad de la altura. En vista dorsal caparazón elipsoide, en vista posterior ligeramente asimé-

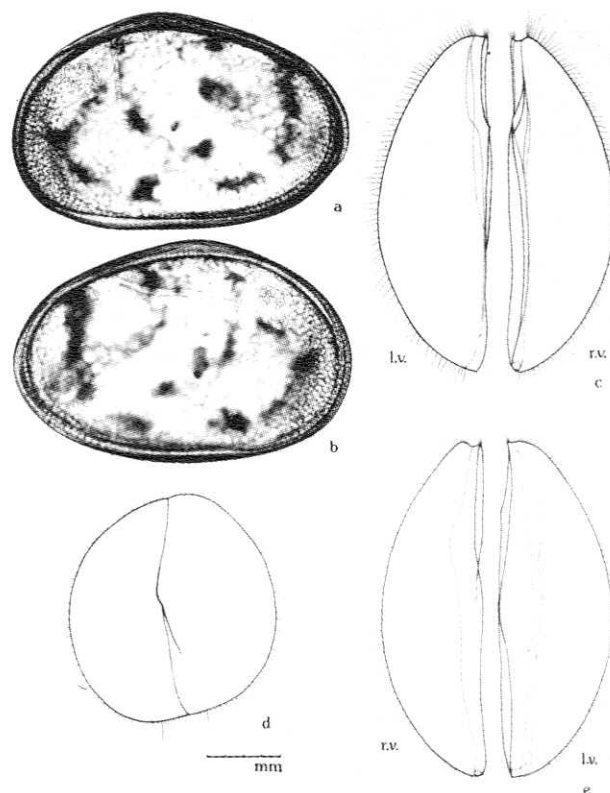


FIGURA 10

Strandesia tolimensis n. sp., vistas laterales internas de la valva derecha (a) e izquierda (b), vista dorsal de ambas valvas (c); la flecha indica la protrusión medial del borde superior del gozne en el extremo posterior de la valva derecha,

Holotipo (No. ICN-CR-146-85).

Vista posterior del caparazón (d), vista ventral de ambas valvas (e), Holotipo.

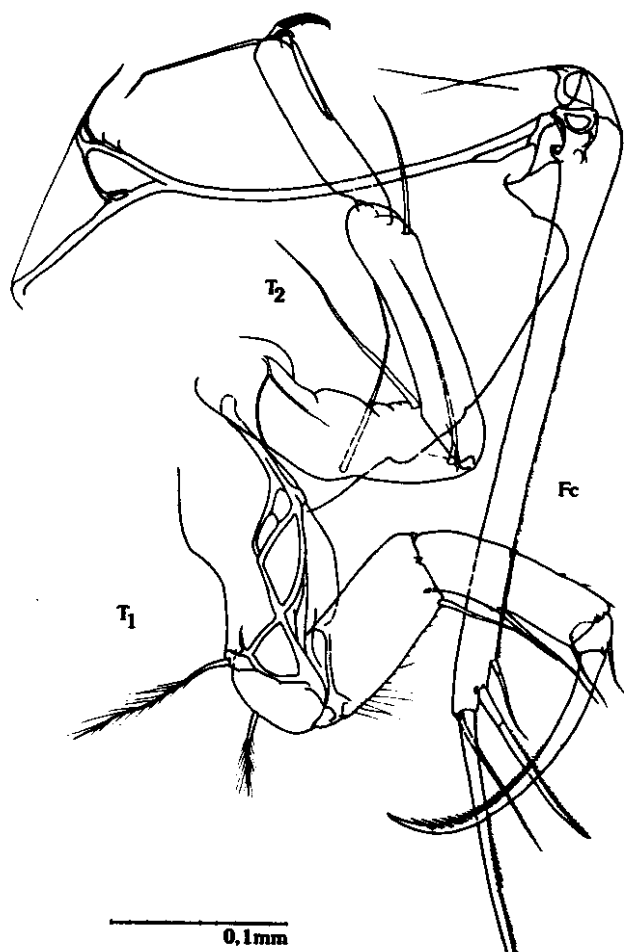


FIGURA 11

Strandesia tolimensis n. sp., vista lateral de la región posterior del cuerpo con toracópodos y furca, Holótipo.

trico. Valva derecha con doblez de la zona marginal secundaria en la región dorsocaudal que se continúa en dirección posterior, formando la parte medial de la protuberancia caudal. El proceso caudal no sobresale al contorno posterior de la valva izquierda.

Color de fondo amarillento claro con bandas transversales de pigmentos azul-oscuros.

Descripción del holótipo

Caparazón. El caparazón en vista dorsal es de forma elipsoide (figuras 7d y 10c). La anchura máxima se encuentra un poco por detrás de la mitad de la valva derecha y aproximadamente en la mitad de la valva contralateral. La valva izquierda sobresale ligeramente a la valva contralateral en la parte anterior. La protuberancia de la valva derecha sobrepasa ligeramente el contorno de la valva izquierda en el extremo posterior (figura 7d y f). El contorno del caparazón en vista posterior o anterior presenta una ligera asimetría (figura 10e).

En vista lateral ambas valvas son de forma elipsoide con irregularidades en las partes dorsales y

caudales especialmente de la valva derecha. La bisagra descende a partir de la altura máxima en línea casi recta hacia el extremo posterior. La altura máxima se encuentra un poco por delante de la mitad, formando un ángulo obtuso (figuras 7e, f; 10a y b). El extremo posterior de la valva derecha se caracteriza por la presencia de un doblamiento medial de la zona marginal secundaria, correspondiente al borde superior de la bisagra. Este doblez, característico de las especies del grupo, se extiende en dirección posterior y ventral, formando el borde dorso-medial de la protuberancia caudal (figuras 10a; y c). Se observa una zona de fusión secundaria con algunos canales de poros.

La zona de fusión primaria esta bien desarrollada en las partes ventrales de ambas valvas y especialmente en la valva izquierda (figura 10d).

Las paredes de las valvas son relativamente gruesas, su superficie externa tiene aspecto brillante y está provisto de poros finos y de otros de mayor diámetro en menor número. Se observan numerosas setas sensoriales (figura 3g).

La valva izquierda presenta un listón interno bien desarrollado. Sus refuerzos en forma de pilares calcificados no son tan visibles como en *Strandesia obtusata colombiensis*, o en la mayoría de las otras especies del género (comp. Roessler, 1986).

Las dimensiones de las valvas del Holótipo (ICN-CR-146-79) son:

Longitud: Valva derecha, 0,94 mm; valva izquierda, 0,94 mm.

Altura: Valva derecha, 0,61 mm; valva izquierda, 0,61 mm.

Anchura: Valva derecha, 0,29 mm; valva izquierda, 0,31 mm.

Relación longitud/altura: Valva derecha, 1,5; valva izquierda, 1,5.

Relación longitud/anchura: Valva derecha, 3,2; valva izquierda, 3,0.

Relación altura/anchura: Valva derecha, 2,1; valva izquierda, 2,0.

Extremidades. La relación de longitudes de las unidades IV hasta VIII de las primeras antenas es de 2,9: 1,6: 1,3: 1: 1,3; La relación de las longitudes del segmento IV y de la seta sensorial y-a es de 1: 1,3.

Las setas natatorias de las segundas antenas sobrepasan ligeramente los extremos distales de las uñas terminales. La relación de longitudes de las unidades E-I: e (II-III) del endopódito con las longitudes de las uñas terminales G-1: G-2: G-3, es de 1,6: 1: 1,8: 1,6: 1,7. La relación de longitudes de las uñas G-1: G-2: G-3 es de 1,1: 1: 1,06. Las longitudes relativas de E-I con Y son de 3,2: 1. La relación de longitudes de E-I con la seta sensorial y-3 es de 3,7: 1 (incluyendo la base de la seta).

El proceso masticatorio externo de las primeras maxilas porta dos uñas fuertemente dentadas, como es típico para el género.

La relación de longitudes del protopódito del primer toracópodo con las longitudes de los segmentos I hasta III y con la uña terminal es de 1,8: 1: 1,1: 1,5 (los segmentos II y III se tratan como una unidad).

La furca es bien desarrollada con ramos fuertes que portan dientes finos sobre sus bordes dorsales (figura 11). La relación de longitudes del ramo furcal con las cerdas y uñas marginales en dirección anterior-posterior es de 7,9: 2: 3,5: 2,3: 1.

El soporte para las articulaciones de la furca presenta una apertura de forma triangular.

De esta especie no se han encontrado machos en Colombia.

Discusión. *Strandesia tolimensis*, es una forma de menor tamaño cuyas características morfológicas permiten ubicarla taxonómicamente muy cerca de *Strandesia obtusata colombiensis*. Destacan las similitudes en la forma general de las valvas y en especial de las zonas marginales secundarias en las regiones dorsocaudales. De especial interés es la presencia de la zona de fusión secundaria en el doblez medial del proceso caudal de la valva derecha. La presente forma comparte esta característica con *Strandesia obtusata colombiensis* y con otras especies del género que se describirán en futuros trabajos de esta serie.

Características diferenciales son entre otras la protuberancia acentuada de la valva derecha en el caso de *Strandesia obtusata colombiensis*, en la cual sobrepasa visiblemente el contorno posterior de la valva izquierda en contraste con *Strandesia tolimensis*. Destaca la asimetría acentuada en el caso de *Strandesia obtusata colombiensis*; mientras en las

otras tres especies del grupo la asimetría también es característica pero de forma más moderada.

La relación de las dimensiones de las unidades que conforman las extremidades y la furca es del mismo rango en las cuatro formas.

Bibliografía

- Baird, W. 1845. Arrangement of the british entomostraca, with a list of species, particularly noticing those which have as yet been discovered within the bounds of the club. Trans. Berw. Naturalists' Club: 2 (13): 145-158.
- Broodbakker, N.W. 1983. The genus *Strandesia* and other Cypricerini (Crustacea, Ostracoda) in the West Indies. Part I. Taxonomy. Bijdr. Dierk., 53 (2): 327-368.
- Broodbakker, N.W. & Danielopol, D.L. 1982. The chaetotaxy of Cypridacea (Crustacea, Ostracoda) limbs: proposals for a descriptive model. Bijdr. Dierk., 52 (2): 103-120.
- Claus, C. 1892. Beitrage zur Kenntnis des Sueswasser-ostracoden. Arb. Zool. Inst. Univ. Wien, 10 (2): 147-216, pls I-XII.
- Mueller, G.W. 1894. Bestimmung der Ostracoden. In: Schmeil, O. Zur Hochlenfauna des Karstes. Zeitschr. Naturw. in Sachsen und Thueringen. 66 (5/6): 339-353.
- Roesler, E.W. 1985. Estudios taxonómicos, ontogenéticos, ecológicos y etológicos sobre los ostrácodos de agua dulce en Colombia. — V. Estudio taxonómico del género *Chlamydotheca* Saussure 1858 (Ostracoda, Podocopida, Cyprididae). Parte I. Aspectos morfológicos de una nueva especie colombiana del género *Chlamydotheca*. Caldasia, 14 (67): 329-354.
- . 1986. VI. Estudio taxonómico del género *Strandesia* Stuhlmann, 1988 (Ostracoda, Podocopida, Cyprididae) — Parte I. Aspectos morfológicos de una nueva especie colombiana del género *Strandesia*. Caldasia, 15 (71-75): 577-598.
- Sars, G.O. 1901. Contribution to the knowledge of the fresh-water entomostraca of South-America, as shown by artificial hatching from dried material. Part. II. Arch. Math. Naturw., 24: 1-52, pls. I-VIII.
- Stuhlmann, F. 1988. Vorlaeufiger Bericht ueber eine mit Unterstützung der Koeniglichen Akademie der Wissenschaften unternommenen Reise nach Ost-Afrika, zur Untersuchung der Sueswasser fauna. Stizungsber. K. Preuss. Akad. Wiss., 49: 1255-1269.

ARE WE CONDEMNED TO BE CRUSHED BY THE INFORMATION OVERLOAD?

by

Eduardo A. Castro*

Resumen

Castro, E.: Are we condemned to be crushed by the information overload? Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (67): 805-809, 1990. ISSN 0370-3908.

El exceso de información parece haber llegado para quedarse por largo tiempo. En nuestro alrededor hay demasiada información relativa a la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. La gente se siente agobiada por el diluvio de información y bajo esta presión, paradójicamente, cada nueva solución genera un nuevo conjunto de problemas. Cabe preguntarnos si estamos condenados a ser aplastados por el cúmulo de información. Acá se trata este problema haciendo énfasis en el desarrollo racional de un nuevo alfabetismo tecnológico que busca los fundamentos de una solución fértil y creativa.

Summary

Information overload seems to be here to stay for a long while. At the very heart of our lives there is too much information dealing with Science, Technology and Society. People feel to be drowning within a deluge of information and its high pressure yields a puzzling consequence: every new solution is the cause of a new set of problems.

Therefore, one is led to ask whether we are condemned to be crushed by the information overload.

This communication deals with this subject matter with special emphasis on the rational development of technological literacy pointing out the essentials for a fertile and creative solution.

* Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). División Química Teórica. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. Sucursal 4. Casilla de Correo 16. (1900) La Plata, Argentina.

I. Introduction

The explosion of knowledge and the associate overgrowth of information is one of the most remarkable trends in contemporary science. In fact, Garfield (1) estimates that between 20 and 25 million publications have appeared since the invention of the printing press, and assuredly the growth of publications is beyond doubt speeded up. A dreadful volume of papers has been brought forth over last years in every active scientific field, new journals have appeared, and the number of scientists has greatly increased. Although all this activity stands for the happy prospect of swiftly advancing knowledge on many fronts, the often recognized drawback is that any scientist can be up to date with just a minor amount of literature in even his own research field.

This information overload embodies very serious consequences that demand intense attention since everyone appears to be drowning in a flood of information.

The question is: what to do? Several answers have been given with different (frequently opposed) contents. But perhaps a more preceding question is: is it possible to do something?

I deem that, ultimately, each of us has to find his own particular solution in order to avoid to be crushed by the information overload.

Due to the fact overinformation phenomenon closely entails many dilemmas and paradoxes, a way to be well equipped to face the issue is to know about them. This will enable us to understand the subject in several different ways.

Many approaches to overinformation analysis follow the general trend of considering the phenomenon of such a sheer complexity, ambiguity and paradoxical character that it seems nearly impossible to deal with. The real challenge is to learn to manage this complexity.

The aim of the discussion offered here points to a way in which we can begin to take up this challenge by relying on the most valuable asset we have: our capacity for critical thinking (2).

I believe that by building on the knowledge of information dilemmas and paradoxes, we have a mean of enhancing our capacity for creative yet disciplined thought, in a way that allows us to grasp and deal with the many-sided character of information overload. And in doing so, I believe that we can find new ways of handling information and alternative avenues to approaching and solving information overload problems.

II. Some dilemmas and paradoxes on information overload

Journal proliferation

Whether or not one wholly adheres to the "publish or perish" saying, it is beyond doubt that the goal of scientific research is publication (3). This is so because a scientific experiment is not brought to its proper end until the results are published. Since the number of scientists and the research productivity have greatly increased over last years, it has led to the journal proliferation. According to some people the production of more and more scientific journals has conducted to a critical state of affairs of existing too many journals (4, 5). The availability of funds to keep up with their present rate of growth is a central point in this crisis. Keeping up with present subscription lists in driving the libraries into bankruptcy. Furthermore, most researchers have dozens of books, articles, and reviews waiting to be read. It is sometimes an uncomfortable feeling to be running constantly just to keep in place.

Although several proposals have been set up to surmount this problem (4, 14), no definitive answers seem to be available and meantime the demand to publish grows and no one seems prepared to give way first.

But, on the other hand, Garfield (15) considers the issue of too many journals as pure nonsense because when discussing the ever-expanding scientific literature authors frequently indulge in superficial analysis that distort reality, whether through misunderstanding or exaggeration. Lock (16) points out that this so-called journal explosion is an illusion since the rate of expansion from the beginning of serious publication in 1665 has been a constant 5 to 7% a year (17). Notwithstanding some current estimates put the total number of scientific journals at 100,000, a very impressive figure indeed, there are many more scientists around than there ever have been, and there is a cogent suggestion that the proportion of the number of journals to the number of scientists is constant.

It is a well-known fact that a mere handful of journals account for the great majority of significant publications in any field (Bradford's law of scattering) (18) and there are probably no more than 25 titles that an individual researcher needs to follow regularly. As part of being a professional scientist, the organized researcher makes use of modern information retrieval tools to scan the rest of the literature. In addition, one can consider that much of the growth is seen as a healthy part of the success and expansion of the scientific enterprise in the present century.

Many other arguments can be set up about for and against journal proliferation, but our aim is just to point out the issue.

The compulsion to publish

From the every beginning as graduate students, scientists are qualified chiefly by their publications and not by their ability to manipulate materials and equipments at laboratory, not by their true knowledge of scientific subjects, and really not by their sparkling or humorous personalities.

Thus, they become known or remain unknown forever by the qualite or/and quantity of their publications.

It is a well-known fact among scientists that a lengthy publication list is a key item to find a good job and to get the necessary funds to afford research.

Many referees of grant committees claim that they evaluate an applicant on the basis of the previous research quality, which presupposes a detailed and in depth analysis of the whole curriculum vitae and research project. However, it is common to know that someone has received a negative answer because of too few publications and no attempt at all has been made to judge the quality. Obviously, this last alternative only requires to count papers from the publication list, which is, by far, an easier task than the former one. Although applicants do not know whether they have been examined on the basis of the quality of their work, one has never heard about anyone who was rejected because of too many publications.

Thus, it is very difficult for researchers to deviate from the "publish or perish" rule and the compulsion to publish is settled down.

I deem that on a bona fide basis, every scientist wants to publish complete reports instead of fragmented results and to get rid of the overwhelming pressure to publish more and more papers for the sake of survival. Time is a so precious good to be wasted in huge proportions when on is urged to produce mere printed matter instead of real and valuable research work.

Naturally, the option here is to set up a serious judgement procedure to go beyond the mere count of papers. But this is easier said than made because it requires a thorough task from the referees which is not always what happens.

True or false?

Scientists are supposed to be moved by a deep motivation of curiosity about nature that would suffice to go through a continuous struggle to discover new truths. This last very word, truth, stands at the centre itself of the scientific scenery and enlightens the search of the unknown.

However, there are a number of well-documented cases of deliberate falsification of research

findings (19, 34) and scientific misconduct seems to have increased during last years. Naturally, it is rather difficult to assert what constitutes intellectual dishonesty. Scientific fraud takes a number of forms (35, 37) and divergent classifications of the misbehaviour of scientists contribute to difficulty in arriving at a consensual definition of fraud in individual cases.

Notwithstanding opinions and speculations on the incidence of scientific fraud are plentiful, the fact is that we simply do not know the extent of it.

The competitiveness of science is regarded by many as a significant contributor to scientific misconduct. Along with many other reasons, long lists of publications are often critical in securing for scientists grant, promotion, and tenured positions, so there is an emphasis on getting results and publishing them quickly. Fraud may well be a sign of the stresses in the contemporary scientific enterprise.

All in all, whichever are the causes and incidence of misconduct in science, what are its effects and the way to deal with it, scientific fraud and intellectual dishonesty exist and seems to be a second nature of the scientist behaviour, something like a dark shadow projected onto the scenery where truth continues being looked for.

Third World journals

As stated before, a small number of journals are really significant for the great majority of relevant publications in any field, so that there are most likely no more than 25 different journals that a scientist must pursue systematically.

Needless to say, practically all these significant journals are published by First World Societies and Editorials. This fact is well recognized by the whole scientific community, especially Third World Scientists, who want to publish their works in internationally acknowledgeable journals rather than local ones.

However, there are sound reasons to support the suitable publication of existing journals in developing countries and even to promote the edition of new ones when necessary and possible (38). A first argument is related to the universal character of Science and the open possibility that each country has its own journals to offer its scientists a local way to publish their works.

Another usually raised reason to support the developing countries publications is the maintenance of the local tongues. In fact, the first rate journals are mainly published in English and those belonging to the Thir World are not. I deem that the defence of different tongues is a sound argument and a way to do it is to publish science in different languages.

Besides, the having a set of valuable publications is a power factor that every developing country has the right to possess. All over the world, the Third World countries are rapidly losing out in the shuffle of centers of information preempting power.

However, it is clear that in order to go hand in hand with these claims, Third World publications must raise their standards, personnel get an appropriate training and local scientists be convinced that they are suitable home for their research work. One of the main problems with scientific journals in a developing country is clearly that they are not completely worth accepted by scientists in that own country and they aim at publishing their works in internationally recognized journals rather than local ones.

Science for everybody

Of necessity, scientific literature is very specific and only specialized people can understand it. Furthermore, each publication unit, the paper appearing in the scientific journals, deals with truly special and minute matters so that it is addressed to a reduce number of scientists. Although there exist the review papers which give an overview about a given subject and are supposed to be directed to a wider number of readers, they even make up a sort of specific literature.

But at the same time it is recognized the urgent need to bring science to the public (39) and that scientists must learn how to communicate with the media, just as they had to learn to teach and do research. This urgency arises from the public's right to participate in decisions concerning science and technology that today appears to be securely established. This issue is closely related to several interesting enough topics such as the different ways to involve the public in the science policy process; the manners to make available the technical information on which science policy is founded (40); the role of working science writers as the gate keepers of science news for the country (39); the promotion of science at the popular level; science literacy; its relevance and the possibilities for its improvement (41, 42), the involvement of scientists in promoting public awareness and understanding of science (43), etc.

And making science available to everybody necessarily entails the increase of the written word although there are several alternative ways to deal with these topics. Once again, we are face to face with a real dilemma.

Other dilemmas and paradoxes

The preceding list is just a reduce sample of dilemmas and paradoxes arising from a world dominated by the written word.

Michael (44) gave a really lucid panorama on this nearly disturbing subject matter:

"Information cuts bothways and herein lie the dilemmas or paradoxes arising from ever more information created, processed, and disseminated by proliferation information technologies. More information can result in more control but it also creates circumstances that reduce or defy control. It clarifies some issues but it obscures and complicates others. It enlarges the opportunities for participation in decision making and in doing so it both increases and reduces the incentives for adversarial confrontations in the courts and on the streets. It brings more ideas into the marketplace but at the cost of raising the noise level to where nothing can be heard clearly. Unprecedented amounts of information can be brought to bear on issues of policy and action but the persons who must use the information to make decisions become overload and everything gets muddled. In some cases one feels more information really gives an understanding of a situation. In more cases more information deepens a feeling of uncertainty. Information gives some ever greater access to a more complex world while condemning others to deeper isolation and alienation. It facilitates the coherence of groups and, at the same time, helps groups to splinter. It can make for both centralization and decentralization of power. In such ways information entices some into ever more demands for information and others to turn away from more information because it upsets habits of mind and action".

III. Towards a rational development of handling information overload

Information overload exists and it brings forth lot of consequences. At first sight it seems to be here to stay for a long while and perhaps for ever and this disturbing fact arouses remarkable feelings of doubt the way to handle the phenomenon in itself and its results. Unquestionably, though dilemmas and paradoxes of information usage are not essentially new, they embody very serious consequences that need great attention. When considering these, one feels to be oppressed by a heavy burden next to be crushed by the overweight and a sense of impotence arises at once with respect the way of handling them.

A superficial analysis seems to show that too much information is due to scientists misconduct and many other malpractices which should be solved through proper corrective measures, such as to force redundant journals to expire, to punish severely scientific misconduct and so on and so forth. This sort of solution reminds me that usual attitude of individuals suffering from headache and whose natural first reaction is to get rid of it at whatever price. But we know that the remotion of effects does not imply the removal of causes.

I take the position that the crisis of information overload should be the trigger of creativity in

looking for appropriate paths to deal with it, to use information in the best possible way, to resort to modern electronic devices of information storage and retrieval and even to dare to foretell future situations in this regard.

The dilemmas, paradoxes and contrasting features embodied in the illustrative topics presented in Section II as well as in others pointed out by Michael (44) compose a very rich arena to develop our capacity for creative and critical thinking about information overload.

I deem the question has a clear decisive relevance to the matter of science development and it is pertinent to speculate about it. All along this paper I have tried to say that on spite of the fact that at the very heart of our lives there is too much information dealing with Science, Technology and Society and people feel drowning within a deluge of information, it also exists the possibility of looking for a sensible solution by means of a rational development of critical thinking.

References

1. Garfield, E. 1986. "Mapping the World of Science: Is Citation Analysis a Legitimate Evaluation Tolls" in *Scientific Excellence, Origins and Assessment*, Jackson, D.N. and Rushton, J.P. Ed., p. 18-37, Sage Publications, California.
2. Meyers, C. 1986. *Teaching Students to Think Critically*, Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
3. Day, R.A., 1983, *How to Write and Publish a Scientific Paper*, 2nd. Ed., IDI Press, Philadelphia, p. ix.
4. Mermin, N.D. 1988. "What's Wrong with this Library? Physics Today, August p. 9.
5. Merriman, J.B. 1989 *Publishing or Perishing?*, Nature, 341: 349.
6. Kurtz, S. 1989 *Physical Today*, June p. 14.
7. Swanson, M.L., 1989 l. c.
8. Gall, C.A. 1989 l. c. pag. 15.
9. Lynch, R. 1989 l. c.
10. Goenner, H.F.M. 1989 l. c.
11. Carr, R., 1989 l. c. pag. 112.
12. Silverman, B.D. 1989 l. c.
13. Lauer, J.L., 1989 l. c.
14. Mermin, N.D. l. c.
15. Garfield, E. 1988. *The Scientist*, March p. 11.
16. Lock, S.P., 1989 *CBE Views* 12: 57.
17. Price, D.J.D. 1961 *Science since Babylon*, Yale University Press, New Haven, p. 149.
Ferné, G. 1989. *La Recherche*, 20. (208): 428
18. Garfield, E. 1981. *Essays of an information scientist*, ISI Press, Philadelphia, 4: 476.
19. Koestler, A. 1971, *The Case of the Midwife Toad*, London, Hutchinson.
20. Hearnshaw, L.S. 1979. *Cyril Burt*, Psychologist, London, Hodder and Stoughton.
21. Broad, W. & N. Wade. 1985. *Betrayers of the Truth: Fraud and Deceit in Science*, Oxford, Oxford University Press.
22. Zurer, P.S., 1989 *Chem. Eng. News*, August 7. p. 24.
23. Garfield, E. 1988. *Current Contents*, February 22, No. 8: 3.
24. Garfield, E. 1987. l. c. April 6, No. 14: 3.
25. Garfield, E. 1987 l. c. April 13 No. 15: 3.
26. Editorial, *Asia-Pacific Physics News*, 3: June/July 1988.
27. Nervis, J. 1988 *The Scientist*, November 28: 1.
28. Rosenzweig, R.M. 1988 l. c. December 12 p. 9.
29. Minsky, L. 1988 l. c.
30. Dixon, B., 1988 l. c. September 5, p. 1.
31. Kane, M. 1989 *Chem. Brit.*, June. p. 557.
32. Editorial, *La Recherche*, Juin 1989, p. 719.
33. Zurer, P.S. 1989 *Chem. Engin. News*, May 22, p. 27.
34. Heylin, M. 1989. l. c. p. 3.
35. Merton, R.K., 1973 *The Sociology of Science*. Chicago, University of Chicago Press.
36. Zuckerman, H. 1977 in *Deviance and Social Change*, Sajarin E., Ed., Beverly Hills, CA, Sage.
37. Heller, F. 1986. *The Use and Abuse of Social Science*, Sage, London.
38. O'Connor, M. 1987 *The Scientist*, July 27, p. 1.
39. Holland, E.M. 1986 l. c. December 15.
40. Jasanoff, S. 1989 *Chem. Brit.*, April p. 368.
41. Garfield, E. 1988 *Current Contents*, August 1, No. 31, p. 3
42. _____ l. c. August 8, No. 32, p. 3.
43. Royal Society. *The public understanding of Science*, London, Royal Society, 1985, p. 41.
44. Michael, D.N. 1984. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 25: 347

INFORME DE SECRETARIA

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL AÑO ACADEMICO 1989 — 1990

SESIONES DE LA ACADEMIA

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales realizó durante el año académico las siguientes sesiones:

Juntas Directivas: 13, los días septiembre 6, octubre 4, noviembre; diciembre de 1989; enero 24, febrero 2, marzo 7, abril 10, mayo 9, junio 7, julio 4, julio 10, agosto 1o. de 1990.

Sesiones Ordinarias: 9, los días septiembre 20, octubre 18, noviembre 15, de 1989; febrero 21, marzo, abril 18, mayo 16, junio 20, julio de 1990.

Sesiones Extraordinarias: 2. La estatutaria en agosto de 1989; y la posesión del Académico de Número Alvaro Torres Barreto el 25 de abril de 1990.

Sesiones Especiales: 6, para dar posesión a los académicos correspondientes Jorge Reynolds; Humberto Rodríguez; Plutarco Cala; Paulina de Hoyos; Augusto Rivera y Javier Pulgar.

Conferencias Académicas

Siguiendo con su política de realizar conferencias académicas sobre distintos temas, la Academia organizó, en conjunto con los Departamentos de Historia y Sociología y con la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, un ciclo de conferencias sobre el tema "Ciencia, Historia y Sociedad Colombianas", que se extendió entre los meses de septiembre y diciembre de 1989 y se ofreció de manera pública en la Universidad.

Además, organizó en su sede 16 conferencias discriminadas así:

— **Helmut Sturm.** "Ecología de los páramos colombianos" septiembre 20 de 1989.

— **Eduardo Calderón Gómez.** "La normalización técnica", octubre 18 de 1989.

— **Humberto Rodríguez Murcia:** "La energía solar: Desarrollo actual y perspectivas de Investigación", noviembre 8 de 1989.

— **Eduardo Caro Cayzedo:** "Teselaciones y entrelazados", noviembre 15 de 1989.

— **Paulina Muñoz de Hoyos:** "La importancia de los cromosomas politénicos en la determinación taxonómica de especies vectores", noviembre 22 de 1989.

— **Inés Bernal de Ramírez:** "Aporte de la química analítica al estudio de la cerámica arqueológica", febrero 21 de 1990.

— **Víctor S. Albis:** "Una aplicación de los grupos de simetría a la confirmación de períodos y subperíodos estilísticos en la cerámica de la región central de Panamá", marzo 21 de 1990.

— **Jorge Reynolds Pombo:** "Actividad eléctrica cardíaca en huevos y alevines de trucha Arco Iris, (*Salmo gairdneri*)" marzo 28 de 1990.

— **José Luis Villaveces Cardoso:** "La ciencia y los caminos hacia la modernidad en Colombia", abril 18 de 1990.

— **Alvaro Torres Barreto:** "Las aves de presa en la naturaleza y en la historia", abril 25 de 1990.

— **Santiago Díaz-Piedrahíta:** "Un hecho histórico con implicaciones nomenclaturales", mayo 16 de 1990.

— **Alvaro Torres Barreto:** "Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de

las familias de peces de agua dulce en Colombia", mayo 23 de 1990.

- **Javier Pulgar Vidal:** "El problema de la pobreza y la alimentación en América ecuatorial tropical y subtropical", mayo 30 de 1990.
- **Augusto Rivera Umaña:** "Bis-benzoxazinas, retrospectiva y perspectivas", junio 13 de 1990.
- **Juan Herkrath Müller:** "Reflexiones sobre algunos premios Nóbel de Física, especialmente en los últimos años", junio 20 de 1990.
- **Alvaro Torres Barreto:** "Consecuencias catastróficas del deterioro ambiental en la Sabana de Bogotá", julio 18 de 1990.

Publicaciones

Como estaba programado, dos números de la Revista salieron este año: el Número 65 en septiembre de 1989 en homenaje a José Cuatrecasas y el Número 66 en mayo de 1990.

También se publicaron dos libros: **Díaz S., Lourteig A.** "Génesis de una Flora", en agosto de 1989 y **Cubillos G., Poveda F.M., Villaveces J.L.** "Hacia una historia epistemológica de la Química" en diciembre de 1989.

Expociencia

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales se hizo presente en Expociencia con un puesto en el cual se colocó, además de información general sobre la Academia, un mostrador de venta de los libros y publicaciones que se encuentran disponibles.

Premios

Se concedió el Premio "Academia de Ciencias del Tercer Mundo" en su versión de 1989 en el área de la Química al Sr. **Daniel Ricardo Molina** "Síntesis y caracterización de carburo de silicio obtenido a partir de la cascarilla de arroz". Recibió mención especial el Químico **Sergio Gaviria** por su trabajo "Caracterización química y mineralógica de suelos y concreciones ferruginosas en dos ambientes ferralíticos de los Llanos Orientales".

Se declaró desierto el Premio "Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales" en su versión de 1989, convocado en el área de la Etnología.

A partir del año de 1990 la Academia modifica el reglamento de los premios que concede que en adelante serán tres: el Premio "Academia Colombiana de Ciencias" que se otorgará a un trabajo de investigación, el Premio "A la Obra de un Científico" que se otorgará a un investigador destacado,

por el conjunto de su obra y el Premio "Academia de Ciencias del Tercer Mundo", que se otorgará a un joven científico, por un trabajo de investigación realizado en una de las cuatro disciplinas: Biología, Física, Química y Matemáticas, que se rotarán anualmente.

Biblioteca "Luis López de Mesa"

Además de mantener el funcionamiento, el canje y la catalogación de los libros y revistas de la Biblioteca "Luis López de Mesa", durante este año la Academia logró completar, para su biblioteca, todos los volúmenes de la Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada, dentro del convenio existente con el Instituto de Cultura Hispánica. Por otra parte, también inició las gestiones para conectarla electrónicamente al moderno sistema puesto en funcionamiento por la Biblioteca Luis Angel Arango.

Relaciones Internacionales

En el campo de las relaciones internacionales, la Academia trabajó en la organización de la III Conferencia de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo que debería haberse realizado en Bogotá en octubre de 1989, pero que, por problemas de orden público en el país, se aplazó inicialmente y finalmente se canceló.

Siempre dentro de sus relaciones con la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, la Academia Colombiana gestionó dos pasantías internacionales: a **Amanda Lozano de Yunda**, al Brasil a trabajar en EMBRAPA y a **Flor Marina Poveda** a Venezuela a trabajar en IVIC.

En relación con el International Council of Scientific Unions ICSU, el Sr. Presidente de la Academia, **Dr. Luis Eduardo Mora Osejo** como miembro del Comité Directivo de esta institución, participó en la reunión plenaria en Lisboa entre octubre 9 y 13 de 1989.

La Academia forma parte de la Comisión de la ICSU que estudia el "Cambio Global" y como tal ha tenido una intensa participación en los últimos tiempos, tanto como organizadora de reuniones en Bogotá, como a través de la asistencia de nuestro delegado, el **Dr. Julio Carrizosa Umaña**, a las reuniones internacionales de este organismo. En representación de la Academia, el **Dr. Hernando Dueñas** asistió en diciembre de 1989 a la conferencia "Landscape Ecological Impact of Climatic Change" en Holanda, donde presentó el trabajo "Quaternary Climatic Changes in the Sabana of Bogotá". Los académicos **Correal** y **Dueñas** asistieron al Encuentro Regional para Suramérica sobre Cambios Globales, en Brasil, como delegados de la Academia y con el apoyo de ésta. El **Dr. Correal** presentó un trabajo sobre El Hombre Pleistocénico y el **Dr. Dueñas** uno sobre El Relleno Sedimentológico en la Sabana de Bogotá. En la reunión se estudiaron de cer-

ca los efectos de cambio climático en un futuro próximo, concluyéndose que para el año 2050 la temperatura del globo se habrá elevado aproximadamente en 3°C. El Dr. **Hernando Dueñas** fue invitado también a la Conferencia sobre "Calentamiento General" sostenida en Sao Paulo en julio de 1990.

Tratado Antártico

Desde septiembre de 1989, el académico **José A. Lozano** representa a la Academia Colombiana de Ciencias en la Comisión del Tratado Antártico y participó activamente llevando la posición de la Academia Colombiana de Ciencias en el sentido de que Colombia no debería enviar uno de sus buques oceanográficos a la Antártida, pues este viaje es muy costoso y de poco interés. El gobierno nacional acogió la tesis sostenida por la Academia de Ciencias, entre otras instituciones y canceló el viaje Antártico de un buque oceanográfico colombiano, aceptando que sería mejor enviar a científicos colombianos en las expediciones efectuadas por otros países.

En enero de 1990 el gobierno nacional solicita a la Academia representar oficialmente a Colombia en el Comité Científico de Investigaciones Antárticas, SCAR y la Academia presentó su candidatura, que fue aceptada en julio del mismo año. En desarrollo de esta política, en marzo el gobierno nacional dispuso que la Academia Colombiana de Ciencias será organismo de consulta obligatoria para todas las decisiones referentes a esta materia.

Real Academia Holandesa de Ciencias

Premio Heineken: La Academia presentó el nombre del Dr. **Marco Quijano Rico** como candidato al Premio Heineken 1989—1990 otorgado por la Real Academia Holandesa de Ciencias por trabajos en Bioquímica y Microbiología.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Premio Sasakawa: La Academia y el **INDERENA** presentaron conjuntamente el nombre del académico **Jorge Hernández** como candidato al Premio Sasakawa.

Relaciones Institucionales

Concejo Distrital

La Academia participó activamente en el Grupo de Trabajo sobre Impacto ambiental en el Concejo Distrital de Bogotá. El Dr. **Mora** dictó una conferencia sobre "Impacto ambiental del aumento de población en la Sabana de Bogotá" y varios académicos participaron activamente en el estudio del proyecto de urbanización de la margen occidental del Río Bogotá.

Parques Nacionales

En ejercicio de sus deberes legales, la Academia estudió y conceptuó sobre los programas de creación de cinco parques nacionales durante el año académico reseñado: los parques de Chiribiquete, Catatumbo-Bari, Nukak, Punaway y Bahía Málaga.

Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología

La Academia Colombiana de Ciencias participó activamente en las discusiones y estudios que condujeron a la elaboración del Proyecto de Ley que culminó finalmente en la Ley 29 de 1990, "Ley de Ciencia y Tecnología". También estuvo atenta al desarrollo de los trabajos de la Misión de Ciencia y Tecnología y participó en las sesiones en las cuales esta Misión entregó el resultado de su acción. En todos estos eventos, la Academia ha defendido el principio de que debe constituirse un "Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología", en el cual tome parte de manera fundamental la comunidad científica y académica colombiana, a través de sus cuerpos colegiados y muy en particular de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que, por Ley 34 de 1933 "es cuerpo consultivo del gobierno, especialmente para lo relativo a la organización y fomento de los estudios de aquellas ciencias . . ."

Veinticinco años de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia

La Academia Colombiana de Ciencias se vinculó a la celebración de las bodas de plata de la Facultad de Ciencias, por considerar que la labor cumplida por esta institución en estos cinco lustros ha sido fundamental para el desarrollo de la Ciencia en Colombia, que en muy buena parte de sus logros actuales a la investigación realizada por ella. La Academia entregó un pergamino conmemorativo, participó en las mesas redondas organizadas para la ocasión y presentó sus publicaciones en la Feria del Libro organizada para la ocasión.

Sede de la Academia

La Academia Colombiana de Ciencias se propuso adelantar todos los trámites posibles encaminados a la adquisición de una sede propia. Como, en primer lugar, por ley 34 de 1933, el Gobierno Nacional está obligado a proveerla de sede, el Sr. Presidente de la Academia entró en conversaciones con el Sr. Ministro de Educación y con funcionarios de la Dirección de Planeación Nacional tendientes a estudiar la posibilidad de que en la Ley de Presupuesto para el año de 1991 se incluya una partida adecuada orientada a este fin.

Por otra parte, se han adelantado trámites conducentes a la localización de la posible nueva sede.

Nuevos Académicos

La nómina de la Academia se vio acrecentada durante el período reseñado por el nombramiento de nuevos académicos así:

Honorarios: Eduardo Caro Cayzedo, Carlo Federici Cassa, Juan Herkrath Müller,

Numerarios: Alvaro Torres Barreto

Correspondientes: Plutarco Cala, Paulina Muñoz de Hoyos, Javier Pulgar Vidal, Jorge Reynolds Pombo, Augusto Rivera, Humberto Rodríguez y Helmut Sturm.

Correspondientes extranjeros elegidos: Oswaldo Goscinsky, Sven E. Isakson, Eduardo Lleras, Jorge Sahade.

Correspondiente nacional electa: Virginia Montes de Gómez.

JOSE LUIS VILLAVECES C.
Secretario
Agosto 22 de 1990

NOTAS DEL DIRECTOR

Nuevos académicos honorarios

Por iniciativa de la Junta Directiva y durante la sesión ordinaria realizada el pasado 18 de julio, el pleno de la Academia aprobó por unanimidad la promoción de tres de sus más distinguidos miembros a la categoría de académicos honorarios. Los académicos exaltados a esta categoría, doctores **Eduardo Caro Cayzedo**, **Carlo Federici Cassa** y **Juan Herkrath Müller** tomaron posesión durante la sesión solemne estatutaria anual celebrada el pasado 22 de agosto. En dicho acto y con tal motivo llevó la palabra en nombre de la Corporación el Profesor **Santiago Díaz-Piedrahíta**, quien pronunció las siguientes palabras:

"En algo que podría interpretarse como un acto de insensatez, acepté el honoroso pero difícil encargo de dirigirme a ustedes en la sesión solemne estatutaria anual con la cual esta corporación conmemora un aniversario más de la fundación del Observatorio Astronómico Nacional, e inicia un nuevo año de vida académica. Y hablo de insensatez, porque fui incapaz de negarme cuando el Señor Presidente me solicitó hiciera un elogio de quienes hoy reciben la máxima distinción que esta Academia concede a sus miembros.

Por varios motivos creo ser la persona menos indicada para ello; no obstante, en varias oportunidades me ha ocurrido el hecho de que, ante una solicitud sorpresiva actúe irreflexivamente aceptando responsabilidades que por lógica deberían corresponder a otros. Hace seis años cometí otro acto de insensatez al aceptar ser Secretario de la Academia; gracias a Dios y merced al respeto y aprecio que le profeso a la entidad logré cumplir con dicha tarea. Hace apenas unos días, acepté ésta, de la cual espero salir airoso con la benevolencia de todos, y en especial con la de los señores académicos **Eduardo Caro Cayzedo**, **Carlo Federici Cassa** y **Juan Herkrath Müller**, a quienes de antemano ofrezco disculpas por las omisiones en las cuales incurra.

Establecen los estatutos de la Academia que podrán ser declarados miembros honorarios ciudadanos colombianos o extranjeros de excepcionales méritos científicos y elevada jerarquía y los académicos de número que, por la excelencia de sus trabajos o por especiales circunstancias merezcan ser exaltados a esta categoría. Estas condiciones estatutarias se cumplen ampliamente en quienes la entidad hace hoy este reconocimiento.

No es fácil para mí elogiar la labor de tres destacados exponentes de las ciencias exactas, cuando desde niño tropecé con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, dificultades que me acompañaron a lo largo de mi vida estudiantil y que seguramente influyeron en mi inclinación hacia las ciencias naturales, en un intento de hallar en la naturaleza viviente un refugio carente de la influencia de los números.

Es posible que si hubiese tenido la suerte de contar con maestros como los doctores **Caro**, **Federici** y **Herkrath**, mis dificultades no habrían existido y quizás la sistemática vegetal hubiese sido reemplazada por otra actividad más relacionada con la física o con las matemáticas y es éste el principal aspecto que quiero destacar en la vida de estos tres académicos. Además de ser caballeros en toda la extensión de la palabra, son excelentes maestros que han dado brillo a la cátedra entregando lo mejor de sí mismos y contribuyendo en forma decisiva a la transformación y modernización de la física y de las matemáticas en nuestro medio. A nadie escapa su influencia en la génesis de las carreras de física, matemáticas y estadística en la Universidad Nacional de Colombia, como tampoco se puede desconocer su papel en la formación de varias generaciones de profesionales idóneos en diversas ramas del conocimiento.

La deducción lógica del matemático, el esfuerzo de interpretación y de síntesis del teórico y las técnicas particulares del observador y del experimentador representan condiciones de investigación aparentemente diferentes. No obstante, muchas de las observaciones del matemático pueden tener distintas aplicaciones en otros campos de la investigación. La aptitud hacia las matemáticas no se reduce a una buena memoria y a una buena capacidad de atención. **Poincaré** lo señaló hace tiempo cuando menciona, cómo en pocas oportunidades los buenos matemáticos son grandes calculadores y excelentes jugadores de ajedrez; son por el contrario mentes creadoras, y crear consiste precisamente, no en construir combinaciones inútiles, sino en elaborar combinaciones útiles mediante procesos de discernimiento.

El estudio de la lógica con base en el aprendizaje de preceptos y reglas formales es una tarea difícil y no logra mostrar con claridad sus relaciones con otras disciplinas y con las diferentes actividades del hombre. La lógica debe aprenderse indirectamente a través de otros estudios y merced a la resolución de problemas y a la acumulación de experiencias. Ha sido esta una de las manifestaciones de la actividad pedagógica de los profesores **Caro**, **Federici** y **Herkrath**, quienes, a través de la cátedra y del ejemplo, han enseñado a sus discípulos formas sencillas de razonamiento que han modificado su visión del mundo y su manera de pensar. Se han establecido así aquellas condiciones que permiten un pensamiento más crítico y científico y con capacidad de penetrar en los dominios de la filosofía y en disquisiciones acerca de las últimas realidades.

En nuestro medio la investigación científica se produce casi de manera accidental, por lo que recibe un tratamiento superficial; las ciencias aplicadas y la técnica cuentan con poca atención. Las inquietudes que suscitan el pensamiento y la experiencia acerca de los enigmas de la naturaleza se responden con preguntas anodinas; la ciencia no nos brinda respuestas completas y definitivas. Ante estas circunstancias y como ocurre con otras ramas de la ciencia, la física, y las matemáticas aparecen alejadas de la realidad nacional. Gracias a la labor realizada por algunos docentes, entre los que estos tres académicos se destacan, el estudio de estas disciplinas en nuestro medio se ha acercado a hechos concretos y a las necesidades cotidianas, pero sin separarse de los problemas complejos de la ciencia contemporánea. No es fácil esta tarea y requiere de excelentes dotes pedagógicas y de profundos conocimientos para poder ser llevada a cabo.

Y es que no se trata de profesores comunes y corrientes; se trata de personalidades que han dejado honda huella en el mundo académico y de manera especial en la Universidad Nacional de Colombia, centro docente e investigativo donde han desarrollado gran parte de su actividad profesional.

Nadie, quizás ni el propio Dr. Caro, hubiese imaginado que con el paso de los años, y aunque profesionalmente tenía ante sí un mundo promisorio, poco a poco fuese abandonando el medio del diseño arquitectónico, del control de calidad y de la construcción, para penetrar en forma profunda el mundo de las matemáticas y en forma particular en el campo de la Geometría y del Álgebra. La razón, sus dotes humanísticas y sus inquietudes intelectuales. Sin abandonar del todo la visión práctica del Ingeniero o del Arquitecto, títulos que ostenta, ha incursionado en la teoría de las ecuaciones y de las desigualdades, ha confeccionado numerosas tablas, unas tildadas por él mismo como inútiles y otras bastante útiles por proporcionar las soluciones para la Ecuación de Fermat. Su producción escrita oscila entre los ábacos y nomogramas para el cálculo y diseño de vigas de concreto, hasta interesantes apuntes sobre la raíz cuadrada, pasando por las configuraciones Semipitagóricas y las fracciones continuas. También ha incursionado en el campo de la historia y posee un profundo conocimiento en otros dos campos; el del vocabulario técnico y uno algo menos práctico pero que constituye un increíble pasatiempo intelectual: el de las teselaciones. Desde cuando ingresó a esta Academia en 1973 se ha distinguido como uno de sus miembros más activos. Los anteriores son apenas algunos de los motivos que llevaron a la Corporación a designarlo en forma unánime como uno de sus miembros honorarios.

El Dr. Federici ha sido no sólo un destacado profesor de matemáticas y de lógica en la Universidad Nacional de Colombia, entidad con la cual está vinculado desde 1948 cuando vino de Italia; ha sido también un entusiasta propulsor de sociedades científicas y su papel en el surgimiento de la reflexión epistemológica en nuestro medio ha sido decisivo. Doctor en Física Pura y en Matemática Pura, ha centrado su atención en cuatro temas sobre los cuales versan sus publicaciones: Mecánica racional, Lógica matemática, Física y Aritmética. No obstante, su máxima obra aún permanece inédita; corresponde a dos tratados, uno sobre "Fundamentos de Física y de Análisis dimensional" y otro sobre la "Arquitectura del concepto de número". Estos libros se encuentran casi listos y son muy esperados por sus discípulos y seguidores. En el primero de ellos cubre entre otros temas los siguientes: el rol fundamental de las relaciones ecuacionales en el desarrollo del conocimiento humano; los conceptos básicos de la física; las relaciones existentes entre las matemáticas y la física; la esencia de los principios físicos, el análisis dimensional en su desarrollo histórico y la clasificación de las teorías físicas. En el segundo presenta un bosquejo histórico del desarrollo del concepto de número con sus épocas y períodos siguiendo la nomenclatura de Péguy, acompañado del desarrollo de la teoría genética de los números y de la teoría axiomática de los mismos, pero teniendo como parámetro no el tiempo histórico sino el tiempo lógico de Bachelard. El que le hace hoy la Academia es un reconocimiento más en su brillante carrera intelectual.

El Doctor Herkrath también tiene una vieja vinculación con nuestro país. Vino de Alemania en 1952 y desde entonces está vinculado con la Universidad Nacional, habiéndose desempeñado también como profesor en otras universidades como la Pedagógica Nacional y la de los Andes de Bogotá. Combina sus conocimientos en Física y en Matemáticas con los de economía y administración, conjunto que ha sido de gran utilidad al permitirle desempeñarse como excelente profesor y como eficiente administrador. Estas facetas de su preparación académica se han reflejado claramente en el rápido desarrollo del Departamento de Física de la Universidad Nacional, en la génesis de la actual Facultad de Ciencias del mismo centro docente y en las directrices que ha proporcionado en múltiples comités y consejos a los cuales ha pertenecido. Participe en numerosos congresos y en reuniones científicas, es ampliamente conocido y respetado en el ámbito latinoamericano. Son muy apreciadas sus publicaciones, que cubren temas científicos y culturales y que han sido orientadas hacia diferentes tipos de lectores por lo que abarcan desde tópicos investigativos propios de conocedores, hasta temas divulgativos destinados a llamar la atención de estudiantes y aficionados. Son importantes también sus traducciones de textos docentes. La

Academia no ha dudado al designarlo en forma unánime como otro de sus miembros honorarios.

Los alcances y limitaciones de la ciencia se aprecian cada vez con mayor claridad. El mundo de la ciencia abarca un concepto inteligible de nuestro universo que se mantiene por su propia solidez, y que es inteligible al poder ser expresado por los términos de masa, longitud y tiempo. Esa solidez y ese aspecto ordenado del universo se deben al proceso lógico que ha servido a nuestro cerebro para construir el edificio de la ciencia. Conceptos estos que han podido llegar con mayor facilidad y claridad a las mentes de mi generación, gracias al trabajo y a el esfuerzo de maestros como los que hoy distinguen esta Academia".

En nombre de los beneficiarios intervino el Dr. Juan Herkrath quien pronunció las siguientes palabras:

"En nombre de mis compañeros los doctores Eduardo Caro Cayzedo y Carlos Federici Cassa, por honrosa designación que me hicieron, y en el mío propio quisiera expresar nuestro profundo agradecimiento a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, a su Junta Directiva y a sus miembros de número por el grandísimo honor que nos han hecho al elegirnos en su reunión del 18 de julio del presente año Miembros Honorarios de esta alta y dignísima corporación.

Acabamos de posesionarnos y hemos jurado cumplir fielmente los estatutos de la Academia, observar los deberes inherentes y trabajar lealmente para lograr los fines que la Institución persigue.

Pero ¿cuáles son los fines de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales?

Las leyes, decretos y los estatutos dicen poco al respecto y son más bien un reflejo de ideas, necesidades, costumbres y programas que se remontan al principio del siglo pasado. Por eso hay que buscar más información en otras fuentes y en la historia de la misma Academia.

En su breve alocución pronunciada el 23 de agosto de 1989 durante la instalación de la sesión solemne estatutaria el señor presidente, Dr. Luis Eduardo Mora, expuso por medio de una corta visión de las bases legales de nuestra corporación y de su historia en los años recientes que la Academia es Cuerpo Consultivo del Gobierno Nacional en lo que se refiere a la organización y al fomento de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de su enseñanza en todos los niveles del sistema educativo. El hoy saliente Vicepresidente, Dr. Luis Duque Gómez, en su muy bien documentado estudio de fondo, demostró en su conferencia pronunciada en la sesión solemne estatutaria del día 17 de agosto de 1988 que la primera fundación de la Academia en 1826, durante la primera administración del General Santander, se basó en el interés del Gobierno por fomentar una educación práctica, técnica y bien fundamentada por medio de estudios básicos del mundo real que nos rodea.

Sin embargo, cuando esto ocurría en 1826 las Academias ya tenían una muy larga historia. Séame permitido resumir algunas etapas de esta tradición sin profundizar en aras de la brevedad de mi intervención.

Seguramente basados en modelos más antiguos aún, en el siglo V. antes de nuestra era, los griegos habían establecido ya una educación basada en una combinación de formación del cuerpo y del espíritu en escuelas que tenían como centro el "gimnasio" dedicado a la formación del cuerpo y de una mente ágil, de acción rápida, precisa, guiada por el deseo de triunfar, observando simultáneamente las reglas establecidas para una competencia franca y amistosa. En combinación con estos gimnasios habían aulas y talleres para exponer ideas, discutir las, dialogar con los alumnos y para introducirlos en las artes musicales, teatrales y plásticas.

Uno de los siete complejos educacionales desarrollados en Atenas estaba colocado en un pequeño bosque al norte de la ciudad

y a una distancia de aproximadamente 1500 metros de sus muros. Aquí había además un monumento dedicado a un legendario héroe griego de nombre "Academo" y es por esta razón que se acostumbra hablar de esta escuela como de la "Academia". Entre 360 y 347 años antes del comienzo de nuestra era enseñaba aquí Platón. Más tarde se compró, en la vecindad una casa amplia con jardines y en este complejo se formó la "Academia de Platón" que después de una vida ininterrumpida de más de ocho siglos fue cerrada por el emperador de Bizancio, Justiniano I en 529 después de Cristo conjuntamente con otras escuelas filosóficas antiguas.

Al lado de la Academia de Platón se hicieron famosas otras escuelas como el Liceo donde enseñó Aristóteles que más tarde estableció su escuela en el "peripatos", o "paseo cubierto", circunstancia por la cual se designan hoy sus seguidores muchas veces como los "peripatéticos".

Los "Académicos" se preocuparon principalmente de cuestiones filosóficas y subordinaron a ellas los trabajos de clasificación botánica y zoológica y las investigaciones matemáticas, astronómicas y musicales. Los "Peripatéticos" sin embargo se inclinaron muy rápidamente hacia las ciencias naturales y en particular hacia la biología. Ambas escuelas desarrollaron un tipo de vida en comunidad reglamentada, incluidos los banquetes mensuales y las fiestas dedicadas al culto.

Los romanos no se sintieron muy atraídos por los modelos educacionales griegos descritos. Ellos transformaron este estilo de educación democrática y abierta en una formación marcial de su juventud y poco a poco las antiguas escuelas griegas aristocráticas, la Academia y el Liceo y sus formas rudimentarias los gimnasios, entraron en decadencia hasta su clausura por decreto imperial y su sustitución por modelos formados en el cristianismo. Así quedó cerrada por largo tiempo la historia de un modelo de educación basado en la formación simultánea del cuerpo y de la mente que podríamos llamar el *primer modelo de la Academia*, una educación secundaria y universitaria de pregrado en nuestro lenguaje de hoy.

Solamente la llegada del filósofo bizantino Georgios Gemistos Plethon a la corte florentina de Cosme de Médicis y las enseñanzas que dio en la misma de la filosofía platónica indujeron a Cosme a fundar la llamada "Academia Florentina" en 1459. Esta Academia, protegida también por Lorenzo de Médicis se dedicó a la interpretación de Platón con oposición al aristotelismo, con el declarado programa de buscar una conciliación con el cristianismo.

Esta circunstancia dio lugar a la exclusión de los deportes y de la gimnasia destinados al fortalecimiento del cuerpo humano, de tal forma que la nueva "Academia" del renacimiento se transformó rápidamente y cada vez más en una sociedad docta dedicada a buscar y obtener la más amplia información sobre los tópicos de su interés en cumplimiento de los fines y objetivos asignados. Pero este es un nuevo tipo de Academia, muy diferente del tipo anteriormente descrito y que podríamos designar con el nombre de "*segundo modelo de la Academia*".

Este nuevo estilo de Academia se volvió rápidamente de moda y es así como comienzan a aparecer Academias por doquier. Cada príncipe pretende tener la suya y así nacen en 1582 la Academia de la Crusca en Roma que en 1612 publicó el "Vocabulario italiano", la "Academia dei Lincei" en 1603 y la del Cimento en 1657, todas precursoras de las modernas Academias Científicas.

La moda se propaga por toda Europa donde aparecen círculos científicos en parte por fundación espontánea de los interesados, en parte como fundación adelantada por una entidad estatal o la casa reinante.

Un nuevo paso adelante dio Richelieu en 1635 con el establecimiento de la "Academia Francesa" como expresión de su política centralista y unificadora ya que se habían formado en la provincia francesa muchos cenáculos, mitad mundanos, mitad literarios e intelectuales que fácilmente hubieran podido desarrollar una inherencia federalista, de autonomía cultural, frente al poder central del estado en proceso de unificación.

Así se convirtió uno de estos círculos privados en un organismo oficial, la "Academia Francesa" ubicada en el "Instituto de Fran-

cia", a la que se asignaba una función rectora respecto a la lengua y la literatura francesas. La fundación de la Academia de pintura y escultura en 1655, de Ciencias en 1666, de música en 1669 y de arquitectura en 1671 puso de manifiesto la intención de orientar unitariamente en un plano nacional el desarrollo de todas las disciplinas intelectuales y artísticas y confirió así a las Academias un papel rector en la vida cultural de la nación. Transformada así la Academia en una autoridad cultural atrae la atención de todos los estados europeos de la época del absolutismo. Es así como se formó el *tercer modelo de Academia*.

Debido a esta nueva moda, de confiar a las Academias una autoridad rectora, tercer modelo de las Academias o modelo francés, aparecen ahora Academias de este estilo en muchos otros países. Especialmente fue acogido en la España de los Borbones y por eso fundó Felipe V en Madrid en 1714 la Academia Española, la Academia de la Historia en 1735 y la de Bellas Artes en 1744. Mucho más tarde, en 1939 se trató de unirlas en el "Instituto de España".

Es interesante observar como de aquí en adelante en los diferentes estados, provincias y regiones se forman establecimientos con el nombre de "Academias" que pertenecen a uno de los tres modelos descritos. Por esta razón vivimos hoy en un mundo en el cual existen "Academias" de automovilismo, de culinaria, de mecanografía, de secretariado y militares, todas derivadas del primer modelo muy empobrecido y casi una burla a la envergadura que tuvo una vez en el mundo de la antigüedad este tipo de institución formado por individuos de la altura de Platón y Aristóteles. Existen las Academias pertenecientes al segundo modelo o sea entidades de libre conversación, discusión e investigación que por su creatividad forman, propagan y divulgan cultura en el mejor de los sentidos, y a su lado se ubican las Academias del tercer modelo encargadas por el Estado de dirigir, vigilar, criticar y analizar la vida cultural de la nación.

Recientemente se formó a mi modo de ver un *cuarto modelo de Academias*, especialmente en el mundo de los países socialistas en los cuales se acostumbra hoy a transformar las Academias existentes, especialmente las del tercer tipo, en organismos investigadores con un número muy grande de institutos de investigación a su cargo y que fácilmente llegan a dar ocupación a 100.000 trabajadores de todos los estratos posibles.

Mirando ahora nuestra propia Academia creo que el ilustre general Santander, padre de la primera Academia Colombiana buscó implantar una entidad que se ubica entre el segundo y tercer modelo, formada por personas que deben cultivar su propia ciencia pero que además deben asesorar el Estado y tratar de orientar la vida cultural de la nación en el más alto sentido de la palabra.

Si esta es nuestra tarea y el objetivo que debemos adelantar con responsabilidad y dedicación siento el peso que cae sobre nuestros hombros pero también el inmenso honor que nos han conferido hoy para participar en esta magna, difícil pero estimulante tarea en pro de la nación colombiana.

Es en este sentido señor presidente y señores académicos que quiero expresar a ustedes nuevamente nuestro profundo agradecimiento y el compromiso de mostrarnos dignos de la confianza depositada en nosotros.

Mil gracias."

Palabras de respuesta

El 25 de abril de 1990 tomó posesión como Académico de Número el Dr. Alvaro Torres Barreto, a quien correspondió la silla número 28 de la Corporación. Durante la sesión pública y solemne realizada con tal motivo, y en nombre de la Academia, dio respuesta al discurso de fondo pronunciado por el recipiendario el académico Julio Carrizosa Umaña, quien pronunció las siguientes palabras:

"Hace pocos años se empezó a difundir en Colombia el concepto de investigación-acción. Los investigadores, según esta idea, relativamente nueva, no pueden seguir escondidos en las torres de marfil, deben impulsar el cambio implícito en sus descubrimientos y trabajar hombro a hombro con las comunidades cuya suerte depende de su ciencia. En Colombia el concepto fue adoptado rápidamente por los sociólogos que encontraron en él la solución a muchos problemas metodológicos.

Creo que una de las virtudes del Doctor Alvaro Torres a quien hoy recibimos como Miembro de Número es que ha venido haciendo investigación-acción toda su vida, anticipándose a la nueva metodología. El Doctor Torres investiga y actúa paralelamente. Investiga en el pleno sentido de la palabra: planteando hipótesis, experimentando y sintetizando. Lo excepcional de su actitud es que Alvaro no se detiene allí; no se aparta y deja que se haga lo que se quiera con sus hallazgos, no los deja expósitos; continúa sosteniendo sus verdades, las divulga, las pone a funcionar y produce beneficios con ello.

Conocí al Doctor Torres hace quince años en la mitad de un proceso de investigación-acción que él había iniciado años antes. Empeñado en reproducir el árbol nacional, la palma de cera, Alvaro había descubierto como hacer germinar las semillas de las palmas que crecen en las calles de Bogotá, tenía ya unos pocos palos de pocos centímetros de altura que necesitaba transplantar. De oficina en oficina el Doctor Torres ofrecía sus palmas buscando colocarlos gratuitamente en los sitios más estables y dignos. Gracias a este proceso hoy hay en Bogotá media docena más de palmas de cera creciendo, lentamente, pero creciendo, prueba viva de la posibilidad de reproducir el árbol nacional.

¿Cuántos procesos como éste ha protagonizado el Doctor Torres? No es todavía, afortunadamente, tiempo de hacer balance. Hoy, adicionalmente a lo que ha hecho Alvaro por el conocimiento de la Sabana de Bogotá, de la flora y del comportamiento de su fauna, está empeñado en un proyecto de investigación-acción que podría concluir en transformaciones muy significativas de lo mejor del ambiente Bogotá, sus cerros. El Doctor Torres ha descubierto que se pueden resembrar los bosques de roble que antes rodeaban la Sabana, ha diseñado un procedimiento y ha probado que esto es posible, ahora trata de obtener algo mucho más difícil, que el Estado se mueva.

En esta época, cuando es evidente la necesidad de crear una masa crítica de científicos colombianos que surja de un proceso de democratización del conocimiento, pienso que la Academia tiene un patrimonio importante que es la experiencia del Doctor Torres. Alvaro no ha necesitado apoyo institucional, ni ha requerido la importación de equipos extranjeros, ni siquiera tiene un grupo de trabajo. Para resolver dos o tres problemas importantes de silvicultura y de manejo de fauna le han bastado su cerebro y su interés. Capacidad de observación, talento para identificar lo importante y, sobre todo, entusiasmo es lo que en la mayoría de los casos se necesita para hacer ciencia. Este patrimonio de la Academia se debería presentar como ejemplo de los beneficios de una actitud intelectual y de la posibilidad de desarrollo científico y tecnológico en Colombia".

Palabras de bienvenida

Con ocasión de la posesión como académicos correspondientes extranjeros de los doctores Hans Weber y Helmut Sturm, el Presidente de la Corporación Dr. Luis Eduardo Mora Osejo pronunció las siguientes alocuciones durante las sesiones públicas realizadas respectivamente el 23 de agosto y el 20 de septiembre de 1989.

"Nació Hans Weber en Delitzsch, Sajonia, en el año de 1911. En su propia ciudad cursó la primaria y absolvió los estudios secundarios. Posteriormente se matriculó y cursó estudios universitarios en la Universidad de Halle, en donde obtuvo el título de Dr. en ciencias Dr. rer. nat., con la distinción "Summa cum laude" en el año de 1936.

Pronto después de la culminación de sus estudios universitarios, se vinculó como investigador y Profesor Asistente a la Célebre Universidad de Koenigsberg, en la Rusia Oriental, hasta el año de 1939, cuando hubo de interrumpir sus actividades académicas a raíz del estallido de la II Guerra Mundial. Al finalizar el conflicto, se reincorporó a sus actividades académicas; primero, en la Universidad de Tübinga; al lado del eminente botánico alemán, Walter Zimmermann, creador de la "Teoría del Teloma", que pretende explicar la evolución de las Angiospermas. Más tarde, fue llamado a la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia, donde habría de desarrollar brillante carrera académica, científica y didáctica, al frente de las cátedras de "Sistemática vegetal, Farmacognosia y Fitomorfología". Ya desde la época de estudiante se interesó sobremanera por el estudio de la Morfología Comparada y las adaptaciones de las raíces de las Angiospermas. Fue este uno de los tantos campos científicos que, en 1953, se dedicara a profundizar, con motivo de su visita a Colombia, estudiando, directamente, las plantas de las selvas húmedas, de las llanuras, de los desiertos, de los bosques alto-andinos y de los páramos de Colombia. Los resultados de ellos se condensan en sus numerosas publicaciones especializadas y en su obra "Relaciones Morfológicas en la radicación de las plantas" ("Die Bewurzelungsverhältnisse der Pflanzen"), complemento admirable de su obra, publicada pocos años antes, "Organización y forma de las plantas Fanerógamas" ("Organization und Gestalt der Huhereim Pflanzen"), de gran valor didáctico. A raíz de su viaje a Colombia se interesó así mismo en particular por el estudio de la vegetación de los Páramos desde el punto de vista fitogeográfico y morfológico. Fue precisamente Hans Weber, quien primero descubrió la concatenación fitogeográfica de la vegetación de los páramos y bosques de altura de las Cordilleras centroamericanas en particular de la Tamalanca en Costa Rica, con la de los Altos Andes de Suramérica Tropical, que ha merecido el reconocimiento especial de quienes se han ocupado del tema, con posterioridad a la publicación de su obra "Los Páramos de Costa Rica y su concatenación Fitogeográfica con la de los Altos Andes de Suramérica".

En reconocimiento a sus méritos científicos y docentes, la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia, le nombró Profesor Titular y en 1963 fue elegido Director del Instituto de Botánica Especial y Farmacognosia y del Jardín Botánico de la Universidad de Maguncia, cargos que desempeñó hasta el año de 1979, cuando cumplió la edad de retiro y recibió la distinción de "Profesor Emérito y vitalicio" de la Universidad.

Si bien su obra ha recibido el amplio reconocimiento de la comunidad científica internacional, no menos lo ha sido su actividad docente reconocida por quienes fuimos sus alumnos y como lo atestiguan sus obras didácticas, en particular su libro "Introducción a la Botánica Sistemática", fruto de cátedras en la Universidad de Maguncia.

A sus méritos científicos se añaden los de su brillante personalidad, vastísima cultura y su profundo interés por el conocimiento del desenvolvimiento histórico de nuestros pueblos.

Ante tan brillantes antecedentes, Señores Académicos, Señoras y Señores, considero que no pudo ser más acertada la decisión de la Academia Colombiana de Ciencias al designarlo Miembro Correspondiente de la entidad. Ello lo unirá más estrechamente a nuestro país y desde luego a la Academia, que hoy lo recibe en su seno".

"Es para mi sobremanera grato, cumplir el encargo que me hiciera la Junta Directiva de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de presentar ante este distinguido auditorio, al Profesor Dr. Helmut Sturm, a quien tuve la fortuna de conocer en el ya remoto año de 1954, en la Universidad de Maguncia y quien ahora ha sido designado por nuestra Academia como nuevo Miembro Correspondiente Extranjero, en reconocimiento a sus destacados méritos científicos y en especial a la labor científica y didáctica cumplida en nuestro país.

El Profesor Helmut Sturm, nació en el 1929 en Heidesheim, población situada entre las ciudades de Bingen y Maguncia de la Renania central.

Sus estudios superiores los cursó en la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia, en donde tuvo por Maestros a distinguidos científicos y tratadistas de reconocido renombre internacional; entre ellos, a **Wolfgang von Buddenbrock** y **Friederich Schaller**, en el campo de Zoología; a **Wilhelm Troll**, en el de la Botánica; a **Friz Strassman** y **Wieland** en el de la Química; a **Schwidtzky** y **Falkenburger** en la Antropología y a **Holzammer** en el de la Filosofía.

En 1953 superó con éxito el Examen de Estado y, en la misma Universidad de Maguncia, al año siguiente, presentó su trabajo de tesis sobre el tema: "Contribución a la Etología de Machilidae (Insecta) de Alemania Central" y tras la presentación de las pruebas académicas reglamentarias, obtuvo la Promoción y el título "Doctoris Rerum Naturalium", con la calificación, "Summa cum laude".

Con posterioridad a su promoción se dedicó a los estudios etológicos de diversos grupos de insectos, entre otros, los Lepismatidas y Protura.

En 1955, tuvo la oportunidad de efectuar su primer viaje de estudios a Colombia, junto con su antiguo compañero de estudios, el connotado biológico **Stephan Vogel**, viaje que se prolongó por un año durante el cual pudo observar y estudiar de cerca diferentes ecosistemas naturales de Colombia: desde la Selva Amazónica, a través de los Bosques Montanos, hasta los Páramos Andinos. En cada uno de los cuales, cuando quiera que se le presentó la oportunidad, realizó interesantes investigaciones sobre cuestiones de Biología Floral o sobre problemas de Etología de Artrópodos.

Impresionado por la inmensa diversidad y riqueza de la flora y de la fauna de los sitios visitados, muchos de ellos por entonces, en estado prístino y, en razón del inmenso número de interrogantes o cuestiones científicas por abordar y contribuir a resolver, se sintió profundamente atraído por nuestro país, al cual siempre estuvo dispuesto a volver tras su retorno a Alemania.

Fue así como en 1966, aceptó sin tardanza la invitación que le formulara el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de venir a Colombia y asumir las cátedras de Morfología, Fisiología y Ecología animal, en calidad de Profesor Asociado visitante del Alma Mater, cargo que desempeñó hasta 1969, cuando regresó de nuevo a su patria.

Sea la oportunidad de destacar su contribución fecunda, cumplida en estos años, en pro de la consolidación de la recientemente creada "Carrera de Biología" de la Universidad Nacional, ora como maestro, ora como Organizador de la Sección de Fisiología animal, conjuntamente, con los Profesores Colombianos **Alberto Abouchaar**, **Rosana de Bernal**, **Concha de Hoyos**, entre otros, ora como Investigador de los ecosistemas de los Páramos andinos, conjuntamente con el Profesor **Alberto Abouchaar**, y estudiantes de tesis de la Carrera de Biología.

Años más tarde, en 1978, siendo ya catedrático titular de la Universidad de Hildesheim, regresa una vez más a Colombia, asume nuevamente las cátedras de Fisiología, Ecología animal y Etología y vuelve a emprender, con la dedicación y entusiasmo de siempre, sus investigaciones ecológicas en los Páramos andinos en colaboración estrecha, como de costumbre, con Profesores y estudiantes de tesis de la Carrera de Biología. Los resultados de estos trabajos se recogen en sus libros "Ecología de los páramos andinos - Una visión preliminar integrada", elaborado conjuntamente con el Prof. **Orlando Rangel** y estudiantes de tesis y, en su Obra: "Zur ökologie der andinen paramo-region", publicada como el volumen decimocuarto de la *Serie Biogeographica* que editara el Profesor **Schmithusen**, al lado de otros eminentes científicos del campo de la Ecología, de diferentes países del Mundo.

En 1985, vuelve nuevamente a Colombia y da comienzo, merced a los auspicios de la "Sociedad Alemana para el Avance de la Ciencia" y el "Ministerio de Cooperación Internacional" de la RFA el Proyecto de investigación, "Estudios ecológicos comparativos del páramo y el bosque alto andino", cuya primera fase acaba de concluir con éxito, merced a sus esfuerzos y a la debida colaboración de un grupo de Profesores del Departamento de Biología de la Universidad Nacional y de 14 estudiantes de tesis de la Carrera de Biología de la misma Universidad.

Por todos estos antecedentes, Señores Académicos, Señoras y Señores, considero acertada la decisión de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de recibir al Profesor **Helmut Sturm** como nuevo Miembro Correspondiente, en justo reconocimiento a la labor científica y didáctica cumplida en Colombia y a sus destacados méritos como Investigador y Maestro".

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

INDICE GENERAL DEL VOLUMEN XVII

Febrero de 1989 — Diciembre de 1990

Fecha de aparición: Número 64 (págs. 1 — 168), febrero de 1989
Número 65 (págs. 169 — 394), julio de 1989
Número 66 (págs. 395 — 620), mayo de 1990
Número 67 (págs. 621 — 832), diciembre de 1990

Sección editorial

	páginas
A propósito del año de la ciencia y la tecnología	7
Notas del Director	5, 173, 611.
Nota Editorial	401, 625.
Obra escrita del Dr. José Cuatrecasas	179
Palabras de aniversario	609
Resolución No. 1 de 1988	177
Informes	
Informe de actividades 1987—1988	157
Informe del Presidente sobre el desarrollo de la II Conferencia General de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo	147
Informe de Secretaría	605, 811.
Varios	
Discurso del Presidente en la entrega de los Premios en Ciencia, Convocatoria de 1987	15
Discurso del Presidente en el homenaje al académico Daniel González Patiño	143
Twass second General Conference Future of science in China and in the third world	153
Constitución de la Academia	161, 389, 615, 827.

Astronomía

Sobre la determinación de pertenencia de estrellas a cúmulos abiertos a partir de movimientos propios	461
---	-----

Biología

Actividad eléctrica cardíaca en huevos y alevines de trucha (<i>Salmo gairdneri</i>)	749
Clonaje de fragmentos de ADN de <i>Plasmodium falciparum</i> y su posible uso en el diagnóstico de la malaria	531

Contribución al conocimiento de las relaciones entre los frailejones (Espeletiinae-Asteraceae) y los animales	667
Críticas a la teoría sintética: aislamiento reproductivo gradual o abrupto?	61
Estudios de invasión del parásito <i>Plasmodium falciparum</i> a fantasmas de eritrocitos humanos	51
Genética de poblaciones en el trópico americano XXIV	
La importancia de los cromosomas politénicos en la taxonomía de simúlidos	511
Los cromosomas politénicos de <i>Simulium furcillatum</i> (Diptera-Simuliidae) Chisacá, Cundinamarca.	715

Botánica

A new species of <i>Gynoxys</i> (Asteraceae: Senecioneae) from northern Peru	243
Acerca de la validez de dos nombres de asteráceas colombianas y de su correcta tipificación	645
Amazon lowland and Guayana highland — Historical and ecological aspects of their floristic development	271
Claves para los pteridófitos de las islas de Gorgona y Gorgonilla	441
Comportamiento de plantas nativas colombianas bajo cultivo: situación actual del Chontaduro	259
Correlación de caracteres para algunas especies de <i>Brunellia</i> (Brunelliaceae)	357
De speciebus varitatibusque <i>Desfontainia</i> colombianae notae	313
El género <i>Aequatorium</i> Nord. (Senecioneae-Asteraceae) en Colombia	659
Estudios en <i>Draba</i> (Cruciferae) de Colombia I. Cuatro especies nuevas de Cordillera Oriental	347
Ethnopharmacological conservation in South America: A key to progress in medicine	71
Hacia la realización de una flórula del Parque Nacional Natural Islas de Gorgona y Gorgonilla (Cauca — Colombia)	277
La bioforma de <i>Bulbostylis leucostachya</i> Kunth y de otras monocotiledóneas arboriformes tropicales	215
La Cinchona o quina, planta nacional del Ecuador	305
Las macroalgas bénticas marinas como recurso potencial económico en Colombia	383
Magnoliaceae nativas del Brasil	579
Magnoliaceae nativas de Venezuela	779
Miscelánea sobre Flora Neotrópica V. Novedades en <i>Ilex</i>	631
New and interesting species of Acanthaceae from Colombia	249
<i>Solanum</i> ser. <i>Simplicissima</i> , nueva serie tuberífera de la Sección Petota (Solanaceae)	321
Nuevas especies colombianas de <i>Pentacalia</i> (Senecioneae-Asteraceae)	687
Nueva especie de <i>Solanum</i> de Colombia	783
Studies in the Capparidaceae XVI. <i>Podandrogyne</i> . A new species and three combinations	265
Thank you! Don José	231
Tipos de Guttiferae (Hypericaceae y Clusiaceae) y Bonnetiaceae en el Herbario Nacional Colombiano (COL).	367
Two new genera of Vernoniaceae (Asteraceae) from the northern Andes with dissected corolla limbs. <i>Cuatrecasanthus</i> and <i>Joseanthus</i>	207
Una nueva especie colombiana de <i>Tessmannianthus</i>	247
Una nueva especie de <i>Dendrosida</i> (Malvaceae) de Colombia	375
Una nueva variedad de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth de Colombia	379

Física

La energía solar, desarrollo y perspectivas	505
Estudio de mecanismos de conducción en muestras semiconductoras de Ln, Ba, Cu, O, (Ln, Y, La) cercanas a la transición metal no metal	559
Generación de ultravioleta en sistemas atómicos bombeados por una transición de dos fotones	567

Geografía

Cambios en la Amazonia colombiana en los últimos 300 años	119
---	-----

Características de la insolación en la cuenca del Cauca Superior	87
El problema de la alimentación autóctona en América Ecuatorial	691
El sistema natural terrestre	79

Geología

Análisis de la génesis mineral en Colombia	753
Estilolitos horizontales como indicadores de presiones tectónicas	445
Estudios tectónicos en la parte sur de México	125
Geología de la Hoya hidrográfica del río Micay	585
La convergencia de placas en el noroccidente suramericano y el origen del Nido de Bucaramanga	521
Los dinoflagelados como herramienta nueva para el control estratigráfico	433

Historia de la Ciencia

Apuntamientos para la historia del Depto. de Biología de la Universidad Nacional	644
Del electrón perdido al electrón solitario	425
El Estado y la ciencia en Colombia en el siglo XIX	405
La obra de Pierre Bouguer en la Nueva Granada y el descubrimiento de la gravimetría	137
Lavoisier y la Química del siglo XVIII	785
Notas sobre el herbario de Sinforoso Mutis	237
Origen y desarrollo de la Sinanterología en Colombia	189
Panorama histórico de la geología colombiana entre 1880 y 1968	133
Tres naturalistas del siglo XIX reunidos en torno a una flora	415
Un manuscrito botánico de finales del siglo XVIII, la Flora Cubana de Esteban Boldó	325

Matemáticas

Análogos de $F_q(x)$ de conjeturas famosas de la Teoría de los números	489
Dos nuevos grupos piagéticos en la lógica elemental	29
Diferencias de variables binomiales	41
Una aplicación de los grupos de simetría a la confirmación de períodos y subperíodos estilísticos en la cerámica de la región central de Panamá	703

Miscelánea

Are we condemned to be crushed by the information overload?	805
---	-----

Química

Aspectos del mecanismo de defensa de las plantas	741
Ciencia y cultura: la discontinuidad de la energía	19
Comportamiento del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas	467
Fijación simbiótica de nitrógeno. Estado actual y perspectiva	477

Zoología

Estudio cladístico de la familia Iguanidae (Sauria-Reptilia) con base en la musculatura del miembro posterior	543
Estudios sobre ostrácodos de Colombia. Nueva especie de <i>Eulimnadia</i>	595
Estudios taxonómicos, ontogenéticos, ecológicos y etológicos en ostrácodos de agua dulce de Colombia VI.	795
Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las familias de peces de agua dulce de Colombia	740
Observaciones sobre aspectos fisiológicos, comportamiento y muda en rapaces colombianas	649

INDICE DE AUTORES

	páginas		
Acosta, Hernán	531	Mora-Osejo, Luis Eduardo	7, 15, 143, 147 215, 609, 644
Acosta Solís, Misael	305		
Albis, Víctor	489, 703		
Angel, Fernando	531		
Andrade, Luis Eugenio	785	Mojica, Jairo	445
Arreaza, Gladys	51	Montes de Gómez, Virginia	741
		Muñoz de Hoyos, Paulina	511, 715
Brieva-Bustillo, Eduardo	461	Murillo, María Teresa	277, 441
Bula-Meyer, Germán	383		
		Ochoa, C.M.	321
Cala, Plutarco	740	Orozco, Clara Inés	357
Campos, Jairo	715		
Castillo, Rafael	783	Patiño, Víctor Manuel	259
Carrizosa-Umaña, Julio	5, 119	Pérez-Gómez, Gerardo	477
Castro, Eduardo	805	Pinto, Hernando	585
Cochrane, Theodore S.	265	Pinto-Escobar, Polidoro	237
Coral, Carlos	521	Poveda-Ramos, Gabriel	41
Crosby, Juan	51	Prieto, Mauricio	749
Cuatrecasas, José	631, 659, 687	Pulgar Vidal, Javier	691
de la Espriella, Ricardo	585	Quintero-Quintero, Josue	467
Díaz-Piedrahíta, Santiago	157, 173, 179, 189, 325, 401, 415, 611, 625, 645, 659, 687, 815		
		Rangel, Orlando	347
Dueñas-Jiménez, Hernando	433	Reynolds, Jorge	749
Duque-Gómez, Luis	405	Robinson, Harold	207, 243
		Rodríguez-Murcia, Humberto	505
Esguerra Bónitto, Mauricio	559	Roessler, Ewald	595, 795
Eslava, Jesús	87	Rosado, Rafael	749
Espinosa, Armando	133, 137	Ruiz, Edwin	749
Fandiño, Alberto	585	Santana, Elvinia	347
Fuertes, Javier	375	Scheidegger, Adrien E.	125, 445
Funk, Vicki A.	243	Schultes, Richard Evans	71, 313
		Smith, Lyman B.	231
		Sturm, Helmut	667
Galvis, Jaime	585, 753	Torres-Barreto, Alvaro	649
Guzmán-Hernández, Angela María	567	Torres-Romero, Jorge Hernán	367
		Tricart, Jean F.	79
Hoenigsberg, Hugo F.	61	Trujillo, Fernando	749
Hoyos, Julio Mario	543		
		Uribe Antonio	461
Iltis, Hugh H.	265	Valencia, José A.	703
		Vasco-Uribe, Carlos Eduardo	29
Kubitzki, Klaus	271	Villaveces-Cardoso, José Luis	19, 425
León, Jorge	149	Wasshausen, Dieter C.	249
Londoño, Ximena	379	Wasserman-Lerner, Moisés	51
López, Ana	531	Wurdack, John J.	247
Lozano-Contreras, Gustavo	277, 579, 779		

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

<i>Ancizar Sordo, Jorge</i> — Bogotá	<i>Chapin, Edward</i> — Washington
<i>Caro Caycedo, Eduardo</i> — Bogotá	<i>Federici, Cassa, Carlo</i> — Bogotá
<i>Cuatrecasas, José</i> — Washington	<i>Herkrath Müller, Juan</i> — Bogotá

MIEMBROS DE NUMERO

- † Jorge Acosta Villaveces
† Eduardo Acevedo Latorre
Eduardo Calderón Gómez
- † Jorge Alvarez Lleras
Alfonso Tribín Piedrahíta
- † Antonio María Barriga Villalba
Lorenzo Panizzo Durán
- † Alberto Borda Tanco
† Hernando Franco Sánchez
Manuel del Llano Buenaventura
- † José Joaquín Casas
† Julio Carrizosa Valenzuela
Eduardo Caro Caycedo (H)
Vacante
- † Hermano Apolinar María
† Víctor E. Caro
Jorge Arias de Greiff
- † Luis Cuervo Márquez
Daniel Mesa Bernal
- † Federico Lleras Acosta
† Andrés Soriano Lleras
Gabriel Toro González
- † Ricardo Lleras Codazzi
Luis Duque Gómez
- † Rafael Torres Mariño
Hernando Groot Liévano
- † César Uribe Piedrahíta
Clemente Garavito Baraya
- † Darío Rozo Martínez
Luis Guillermo Durán Solano
- † Calixto Torres Umaña
† José María Garavito Baraya
Vacante
- † Luis María Murillo
† Hermano Daniel González
Vacante
- † Enrique Pérez Arbeláez
Gerardo Reichel-Dolmatoff
- † Luis López de Mesa
Luis Eduardo Mora-Osejo
- † Luis Patiño Camargo
Guillermo Castillo Torres
- † Daniel Ortega Ricaurte
Alberto Morales Alarcón
- † Julio Garzón Nieto
† Gustavo Perry Zubieta
Hernando Dueñas Jiménez
- † Ernesto Osorno Mesa
Luis E. Gaviria Salazar
- † Armando Dugand G.
Alvaro Fernández Pérez
- † Alfonso Esguerra Gómez
† Carlos Paéz Pérez
Santiago Díaz-Piedrahíta
- † Jesús Emilio Ramírez
Julio Carrizosa Umaña
- † Fabio González Tavera
† Antonio Olivares
José Rafael Arboleda C.
- † Eduardo Lleras Codazzi
† Eduardo Rico Pulido
Carlos E. Acosta A.
- † Marcelino de Castelví
Sven Zethelius
- † Manuel J. Casas M.
María Teresa Murillo
- † Belisario Ruiz Wilches
† Francisco Lleras Lleras
Alvaro Torres Barreto
- † Guillermo Muñoz Rivas
Vacante
- † *Jorge Ancizar Sordo (H)*
Vacante
- † Alfredo Bateman
Vacante
- † Jorge Bejarano
† Gabriel Sanín Villa
Jaime Ayala Ramírez
- † Luis Augusto Cuervo
† Santiago Triana C.
Gonzalo Correal Urrego
- † Vicente Pizano Restrepo
Vacante
- † *José Ignacio Ruiz*
- † Lorenzo Uribe U.
Inés Bernal de Ramírez
- † Carlos Ortiz Restrepo
Eduardo Brieva Bustillo
- † Augusto Gast Galvis
José Luis Villaveces Cardoso
- † Kalman C. Mezey
Vacante
- † *Hernando J. Ordóñez*

MIEMBROS CORRESPONDIENTES ACTIVOS

Albis González, Víctor — Bogotá
Botero Restrepo, Gilberto — Bogotá
Cadena García, Alberto — Bogotá
Cala Cala, Plutarco — Bogotá
Dussan de Reichel, Alicia — Bogotá
Espinosa, Armando — Popayán
Forero González, Enrique — Estados Unidos
George, Jaime F. — Bogotá
Hernández Camacho, Jorge — Bogotá
Hoeningberg, Hugo F. — Bogotá
López Reina, Alfonso — Bogotá
Lozano, José A. — Bogotá
Mojica Corzo, Jairo — Bogotá
Montes de Gómez, Virginia — Bogotá
Muñoz de Hoyos, Paulina — Bogotá

Ospina Hernández, Mariano — Bogotá
Patiño, Víctor Manuel — Cali
Pérez, Gerardo — Bogotá
Poveda Ramos, Gabriel — Medellín
Posada, Eduardo — Bogotá
Quintero Quintero, Josue — Bogotá
Reynolds Pombo, Jorge — Bogotá
Rivera Umaña, Augusto — Bogotá
Rodríguez Lara, Jaime — Bogotá
Rodríguez Murcia, Humberto — Bogotá
Shuk Erdos, Tomás — Bogotá
Varela, Juanuario — Bogotá
Vasco Uribe, Carlos E. — Bogotá
Wasserman Lerner, Moisés — Bogotá

MIEMBROS CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS

ARGENTINA

Cernuschi, Félix
Saade, 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, París.
Schwartz, Laurent — Institut Henri Poincaré, París
Tricart, Jean — Centre de Géographie Appliquée
Estrasburgo

HOLANDA

Van der Hammen, Thomas — Amsterdam
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