

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XIX

ABRIL DE 1995

NUMERO 74

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:  
LUIS EDUARDO MORA OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:  
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

## SUMARIO

	Págs.		Págs.
Nota Editorial .....	451	Tecto-orogenesis, disección e inestabilidad de vertientes "en los Andes Colombianos"	
<b>Botánica</b>		Antonio Flórez .....	527
Key to the species of <i>Clibadium</i> (Compositae, Heliantheae), with notes on synonymy and morphological variation		<b>Historia de la Ciencia</b>	
Jorge E. Arriagada .....	453	Algo más sobre la cátedra de Matemáticas del colegio del Rosario.	
Nuevos registros de Uredinales para la flora colombiana y países adyacentes		Celina A. Lértora Mendoza .....	535
Pablo Buriticá C. ....	463	El Darwinismo en Colombia, Naturaleza y sociedad en el discurso de la Ciencia	
Estudios en labiatae de Colombia I - Novedades en los géneros <i>Salvia</i> e <i>Hyptis</i>		Olga Restrepo Forero & Diego Becerra Ardila .....	547
José Luis Fernández-Alonso .....	469	<b>Matemáticas</b>	
Influencia del hábitat en la morfometría y morfología del "mangle salado" <i>Avicennia germinans</i> (L.) L. en el litoral Caribe Colombiano		Lógica de los haces de estructuras	
Francisco Pinto-Nolla, Gabriel Naranjo-González & Jorge Hernández-Camacho .....	481	Xavier Caicedo F. ....	569
Ocnáceas de las Sierras de Chiribiquete y de la Macarena (Colombia). Consideraciones taxonómicas y fitogeográficas		<b>Zoología</b>	
Claude Sastre .....	499	Blackfly novelties from the area near the "Páramo de los Valles" in the department of Tolima, Colombia (Diptera: Simuliidae)	
<b>Ciencias de la Tierra</b>		Sixto Coscarón & Paulina Muñoz de Hoyos .....	587
Registro de las condiciones ambientales de la Laguna Sur (Bahía de Chengue, Caribe Colombiano) entre 1981 - 1984		Peces serranidos del parque Gorgona, Pacífico Colombiano Osteichthyes: Serranidae)	
Ricardo Alvarez-León, G. Ramírez-Triana & Eberhard Wedler .....	509	Rebeca Franke & Arturo Acero .....	593
		Cría del caimán del Orinoco ( <i>Crocodylus intermedius</i> ) en la Estación de Biología tropical "Roberto Franco", Villavicencio - Meta	
		Luz Myriam Lugo Rugeles .....	601
		Género <i>Gigantodax</i> (Diptera: Simuliidae) en Colombia.	
		Paulina Muñoz de Hoyos .....	607



# KEY TO THE SPECIES OF *CLIBADIUM* (COMPOSITAE, HELIANTHEAE) WITH NOTES ON SYNONYMY AND MORPHOLOGICAL VARIATION

por

Jorge E. Arriagada\*

## Resumen

Arriagada, J. E.: Key to the species of *Clibadium* (Compositae, Heliantheae) with notes on synonymy and morphological variation. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(74): 453-462, 1995. ISSN 0370-3908.

Se presenta una clave taxonómica para las especies del género *Clibadium* L. (Compositae, Heliantheae). Se proporcionan comentarios adicionales sobre la variación morfológica, sinonimia y distribución de las especies.

**Palabras clave:** *Clibadium*, Asteraceae, Heliantheae, Colombia.

## Abstract

A taxonomic key to the species of *Clibadium* L. (Compositae, Heliantheae) is provided. Additional comments on morphological variation, synonymy, and distribution of the species are included.

**Key words:** *Clibadium*, Asteraceae, Heliantheae, Colombia.

The genus *Clibadium* L. is especially interesting because its broad geographical distribution including many endemic species. *Clibadium* has diversified to a greater extent than the closely related genera *Desmanthodium* Benth., *Ichthyothere* Mart., *Riencourtia* Cass., and *Stachycephalum* Sch. Bip. This genus is distributed from southern Mexico throughout Central America, Caribbean and Lesser Antilles, and northern South America, from sea level to 3,400 m, with high concentration of species in Colombia, Costa Rica, and Ecuador. Few species [e.g., *C. eggersii* Hieron, *C. surinamense* L., and *C. sylvestre* (Aubl.) Baill.] have a broad distribution from Honduras to Ecuador whereas many taxa are restricted to small areas (e.g., *C. divaricatum* S. F. Blake, prov. Tarapoto, Perú; *C. rhytidophyllum* Diels, Volcán Tungurahua, Ecuador; *C. zaruchii* H. Robinson, western slope of Cordillera Occidental, Colombia).

*Clibadium* is defined by a unique combination of characteristics, most of which are individually present in other allopatric closely related genera such as *Desman-*

*thodium*, *Ichthyothere*, *Riencourtia*, and *Stachycephalum*. The genus *Clibadium* includes shrubs and small trees with usually loosely aggregated heads, herbaceous phyllaries arranged in 1-5 series, receptacle usually paleaceous throughout, ray corollas 2-4-lobed, disc corollas 4-5-lobed, purple to black anthers, and chromosome number  $n = 16$ .

Twenty-nine species are here recognized from the more than 80 species previously described.

*Clibadium* L., Mant. Pl. 161. 1771.

*Baillieria* Aubl., Pl. Gui. 2. 804. t.317. 1775.

*Trixis* Sw., Prod. Veg. Ind. Occ. 815. 1788 (non P.Brown.).

*Oswalda* Cass., in Dict. Sc. Nat. 59. 322. 1829.

*Orsinia* Bertol. ex DC., Prod. 5. 104. 1836.

Shrubs or small trees with a conspicuous single main stem to profusely highly branched at soil level; stem

\* Department of Plant Biology and Herbarium. The Ohio State University, 1315 Kinnear Road, Columbus Ohio 43212, USA.

rounded or many-angled. striate, glabrous or strigose. Leaves opposite, with blades narrowly lanceolate to broadly ovate, subcoriaceous to coriaceous; 5-50 cm long, 2.5-40 cm wide, at base attenuate, rounded or cordate; at apex acute, obtuse, mucronate; with margin serrate, serrulate, finely irregularly serrate, dentate-serrate, crenate, erose; surfaces pilose, strigose or glabrous, with veins sometimes prominent on abaxial surface. Capitulescences of disciform whitish cymose, thyrsoid or paniculiform arrangement of heads organized in open clusters or dense terminal or axillary glomerules; oppositely branched with subtending bracts decreasing in size near heads. Heads heterogamous, few to 600, sessile or on short peduncles; involucre cupulate or funnelform (occasionally subglobose), of 2-6 imbricate, coriaceous phyllaries; phyllaries ovate or orbicular, at apex acute or mucronate, with margin upper one-third mostly ciliate; 5-12-veined; receptacle with marginal carpellate and fertile florets and with hermaphroditic and sterile central florets; pales subtending carpellate florets, pales often resembling phyllaries, ovate or orbicular, 3-9-veined; pales subtending hermaphroditic florets (sometimes absent) membranaceous, lanceolate, 1-3-veined, with margin upper one-third ciliate. Ray florets 3-40, usually uniseriate or less often multiseriate, fertile; corollas tubular, white or yellow, 2-4 lobed; styles bifid, with strong marginal stigmatic lines; pappus absent, sometimes of tufts of short hairs (*C. anceps*) or two short awns (*C. sylvestre*); achenes obovoid, compressed, biconvex, brown-black. Disc florets 3-24, with tubular white corollas, 4-5-lobed; anthers purplish or black, sagittate at base; style undivided, longer than the anthers, with a 5-lobed nectary at base; ovaries sterile, linear, pilose at apex; pappus absent. Chromosome number,  $n = 16$  (Arriagada & Stuessy, 1993).

1. *Clibadium eggertii* Hieron., Bot. Jahrb. Syst. 28: 598. 1901.

*Clibadium pittieri* Greenm., Proc. Amer. Acad. Arts 39: 98. 1903.

*Clibadium pittieri* Greenm. f. *phrixium* Greenm., Proc. Amer. Acad. Arts 40: 38. 1904.

*Clibadium polygynum* S. F. Blake, Contr. Gray Herb. 52: 32. 1917.

*Clibadium chochoense* Cuatrec., Rev. Acad. Colomb. Ci. Exact. 9: 236. 1954.

**Distribution.** Belize, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Guatemala, Honduras, Lesser Antilles, Nicaragua, Panama and Peru; modified wet habitats with secondary vegetation, along roadside; 0-1000 m.

2. *Clibadium leptophyllum* Cuatrec., Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. 9: 237. 1954.

**Distribution.** Colombia. This species is known only from the Chocó region; tropical rain forest, in secondary vegetation along roadside; 0-500 m.

3. *Clibadium divaricatum* S.F. Blake, Contr. Gray Herb. 52: 7. 1917.

*Clibadium rimachii* H. Robinson, Phytologia 65: 50. 1988.

**Distribution.** Peru, endemic to the Department of Tarapoto; wet montane forest on sandy rocky soil; 800-900 m.

4. *Clibadium terebinthinaceum* (Sw.) DC. Prodr. 5: 506. 1836. *Trixis terebinthinacea* Sw., Prodr. 115. 1788.

*Clibadium alexandri* Griseb., Flora Brit. W. Ind. 30: 368. 1864. Distribution. Endemic to Cuba, Jamaica and Tobago; ridge type vegetation in secondary forests; 200-1500 m.

5. *Clibadium erosum* (Sw.) DC., Prodr. 5: 506. 1836. *Trixis erosa* Sw., Prodr. Veg. Ind. Occ. 115. 1788.

*Clibadium fragiferum* Griseb., Fl. Brit. W. Indian Is. Guadeloupe, Martinique, Monserrat, Nevis, St. Kitts, St. Lucia, St. Vincent), Puerto Rico; secondary rain forest; 700-1500 m.

6. *Clibadium anceps* Greenm., Proc. Amer. Acad. Arts 39: 97. 1903.

*Clibadium pilonicum* Stuessy, Ann. Missouri Bot. Gard. 62: 1073-1074. 1975.

**Distribution.** Costa Rica and Panama; tropical rain forest, mainly in cut-over areas in wet secondary forest along roadside; 700-2200 m.

7. *Clibadium glomeratum* Greenm., Proc. Amer. Acad. Arts 39: 98. 1903. Distribution. Only known from Costa Rica; second growth tropical rain forest, open roadside; from sea level to 500 m.

8. *Clibadium trianae* (Hieron.) S. F. Blake, Contrib. Gray Herb. 52: 6. 1917.

*Clibadium subsessilifolium* Hieron., Bot. Jahrb. Syst. 29: 32. 1900.

*Clibadium sychnocephalum* S. F. Blake, Contrib. U.S. Natl. Herb. 603. 1924.

*Clibadium congestum* Cuatrec., Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. 9: 237. 1954.

**Distribution.** Colombia, Ecuador and Venezuela, in secondary growth moist tropical forest, mostly in cut areas on roadside (sometimes on rocky slopes); 1000-2200 m.

9. *Clibadium sessile* S. F. Blake, Ann. Missouri Bot. Gard. 28: 475. 1941.

*Clibadium subauriculatum* Stuessy, Ann. Missouri Bot. Gard. 62: 1074. 1975.

**Distribution.** Panamá; rare, only in and around Cerro Horqueta; lower montane rain forest on open hillsides; 1400-1900 m.

10. *Clibadium microcephalum* S. F. Blake, Wash. Acad. Sci. 16: 418. 1926. Distribution. Ecuador; tropical humid forests, mainly in cut-over areas; 900-2800 m.

11. *Clibadium frontinoense* Díaz & Arriagada, Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18: 301. 1992.

**Distribution.** Colombia, known only from the type locality in the Frontino region, east slope of the Cordillera Occidental; 1300 m.

12. *Clibadium zaruchii* H. Robinson, *Phytologia* 65: 51. 1988.

**Distribution.** Known only from Colombia, Municipio de Frontino; wet montane vegetation, disturbed areas along roadside, west slope of Occidental Cordillera; 1850-1870 m.

13. *Clibadium rhytidophyllum* Diels, *Notizbl. Bot. Gart. Berlin* 14: 341. 1939.

*Clibadium harlingii* H. Robinson, *Phytologia* 44: 282. 1979.

**Distribution.** Ecuador: Carchi and Pichincha provinces; high mountain humid forest; 2000-2600 m.

14. *Clibadium sprucei* S. F. Blake, *Contr. Gray Herb.* 52: 5. 1917.

**Distribution.** Ecuador, known only in the vicinity of the Tungurahua Volcano and Chimborazo from the slopes of the Páramos de Matanga; tropical evergreen wet forest with secondary vegetation and cultivated areas; 1800-3100 m.

15. *Clibadium grandifolium* S. F. Blake, *Contr. U.S. Natl. Herb.* 22: 599. 1924.

*Clibadium grande* S. F. Blake, *Contr. U.S. Natl. Herb.* 22: 601. 1924.

*Clibadium pacificum* Cuatrec., *Rev. Colomb. Cienc. Exact.* 9:238. 1954.

*Clibadium terebinthinaceum* (Sw.) DC. subsp. *colombiense* Cuatrec., *Rev. Colomb. Cienc. Exact.* 9: 240. 1954.

**Distribution.** Colombia, Costa Rica, Nicaragua and Panama; tropical moist forest, secondary vegetation, disturbed forests mainly along roadside; 0-2000 m.

16. *Clibadium cordatum* Cuatrec., *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact.* 9: 237. 1954.

**Distribution.** Colombia, mostly restricted to Chocó and Valle; growing in cut-over areas with secondary vegetation; 300-600 m.

17. *Clibadium manabiense* H. Robinson, *Phytologia* 44: 280. 1979.

**Distribution.** Only known from the provinces of Bolívar and Manabí in Ecuador; secondary vegetation; 100-2000 m.

18. *Clibadium glabrescens* S. F. Blake, *J. Wash. Acad. Sci.* 27: 381. 1937.

*Clibadium napoense* H. Robinson, *Phytologia* 73: 152. 1992.

**Distribution.** Colombia, Ecuador and Venezuela, eastern slope of Andes; low humid tropical forest, along wooded stream banks; 500-1000 m.

19. *Clibadium pentaneuron* S. F. Blake, *Contr. U.S. Natl. Herb.* 22: 598. 1924.

*Clibadium pileorubrum* Cuatrec., *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact.* 9: 238. 1954.

*Clibadium sarmentosum* Cuatrec., *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact.* 9: 239. 1954.

*Clibadium scandens* Cuatrec., *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact.* 9: 239. 1954.

*Clibadium funkiae* H. Robinson, *Phytologia* 73: 149. 1992.

*Clibadium zakii* H. Robinson, *Phytologia* 73:153. 1992.

**Distribution.** Colombia, Ecuador; cloud forest to subpáramo; (100-), 1400-2800 m.

20. *Clibadium laxum* S. F. Blake, *Wash. Acad. Sci.* 16: 418. 1926.

*Clibadium alatum* H. Robinson, *Phytologia* 73: 151-152. 1992.

**Distribution.** Ecuador, broadly distributed in most of the central provinces; tropical wet forest, common along streams; 600-1800 m.

21. *Clibadium sodiroi* Hieron., *Bot. Jahrb. Syst.* 29:37. 1900.

*Clibadium mexiae* S. F. Blake, *Journal Wash. Acad. Sci.* 28: 489. 1938.

*Clibadium pallidum* Diels, *Notzbl. Bot. Gart. Berlin*, 14: 340. 1939.

**Distribution.** Only in Ecuador; tropical low humid forest, on steep slopes and roadsides; 300-1000 m.

22. *Clibadium surinamense* L., *Mant. Pl.* 294. 1771.

*Trixis aspera* Sw., *Prodr. Veg. Ind. Occ.* 815. 1788.

*Clibadium asperum* (Aubl.) DC., *Prodr.* 5: 506. 1836.

*Baillieria aspera* Aubl., *Hist. Pl. Guianae* 2: 804, t. 317. 1775.

*Oswalda baillierioides* Cass., in *Dict. Sc. Nat.* 59: 322. 1829.

*Clibadium caracasenum* DC., *Prodr.* 5: 506. 1836.

*Clibadium trinitatis* DC., *Prodr.* 5:505. 1836.

*Clibadium villosum* Benth., *Plant. Hartweg.* 2. 205. 1845

*Clibadium lehmannianum* O.E. Schulz, *Bot. Jahrb. Syst.* 46:620. 1912.

*Clibadium lanceolatum* Rusby, *Descr. S. Amer. Pl.* 150. 1920.

*Clibadium surinamense* var. *macrophyllum* Steyererm., Fieldiana, Bot. 28: 629. 1953.

**Distribution.** Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Lesser Antilles (Grenada, Martinique, St. Vincent), Nicaragua, Panama, Surinam, and Venezuela (introduced to Borneo, Java, Mauritius, and Sumatra); 0-1000 (-2000) m.

23. *Clibadium peruvianum* Poepp. ex DC., Nov. Gen. Sp. Plant. 3: 1. 1845.

*Clibadium remotiflorum* O. E. Schulz, Bot. Jahrb. Syst. 46: 621. 1912.

*Clibadium heterotrichum* S. F. Blake, Contr. Gray Herb. 52: 3. 1917.

*Clibadium psilogynum* S. F. Blake, J. Wash. Acad. Sci. 21:329-330. 1931.

*Clibadium vargasianum* H. Robinson, Wrightia 6: 46. 1979.

**Distribution.** Argentina, Bolivia and Perú; growing in secondary lowland tropical wet forests, open and grazed selva, riverbanks, and seasonally inundated areas; 100 -600 m (-1200 m).

24. *Clibadium arboreum* Donn. Sm., Bot. Gaz 14: 26. 1889.

*Clibadium donnell-smithii* J. M. Coult., Bot. Gaz. 16: 98. 1891.

*Clibadium pueblanum* S. F. Blake, Contr. U.S. Natl. Herb. 22: 601. 1924.

*Clibadium oligandrum* S. F. Blake, Brittonia 2: 342. 1937.

**Distribution.** Belize, Guatemala, Honduras and Mexico; toward Pacific slopes, humid dense forest in stream-valleys associated with *Carpinus*, *Magnolia*, *Podocarpus*, and *Quercus*, damp or wet secondary forest along roadside; sea level to 2,500 m.

25. *Clibadium armanii* (Balb.) Sch. Bip., Linnaea 30:180. 1859. *Eupatorium armani* Balb., Hort. Taurin. Stirp. 1. 27. t. 6. 1810.

*Orsinia eupatoria* DC., Prodr. 5. 104. 1836.

*Clibadium rotundifolium* DC., Prodr. 5:505. 1836.

**Distribution.** Brasil and Paraguay; gallery forest, disturbed areas, on sandy soil or at edges of wet savanna; 500-1600 m.

26. *Clibadium leiocarpum* Steetz, in Seem. Bot. Voy. Herald 152. 1853.

*Clibadium schultzii* S. F. Blake, Contr. U. S. Nat. Herb. 22:602. 1924.

*Clibadium leiocarpum* Steetz var. *strigosum* S. F. Blake, Jour. Wash. Acad. Sci. 27: 382. 1937.

**Distribution.** Costa Rica, Nicaragua and Panama; secondary wet forest, common along roads and disturbed slopes; 1400-2800 m.

27. *Clibadium sylvestre* (Aubl.) Baill., Hist. Pl. 8: 307. 1886. *Baillieria sylvestris* Aubl., Hist. Pl. Guianae 2: 807. 1775.

*Clibadium havanense* DC., Prodr. 5: 506. 1836.

*Clibadium vargasii* DC., Prodr. 5: 506. 1836.

*Clibadium barbasco* (H.B.K.) DC., Prodr. 5: 507. 1836.

*Baillieria barbasco* H.B.K., Nov. gen. sp. 4: 226. 1818.

*Clibadium badierei* Griseb., Flor. Brit. W. Ind. 368. 1864.

*Clibadium strigillosum* S. F. Blake, Contr. Gray Herb. 52: 4. 1917

*Clibadium latifolium* Rusby, Descr. S. Amer. Pl. 150. 1920.

*Clibadium appressipilum* S. F. Blake, Contr. U.S. Natl. Herb. 22: 600. 1924.

*Clibadium caudatum* S. F. Blake, Contr. U.S. Natl. Herb. 22: 600. 1924.

**Distribution.** Broadly distributed: Brasil, British Guiana, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Lesser Antilles, Panama, Peru, Surinam and Venezuela; tropical rain forest, disturbed forest with secondary vegetation, along roadside, also in disturbed soils, commonly cultivated; 200-600 (-1600) m.

28. *Clibadium acuminatum* Benth., Bot. Voy. Sulph. 114. 1844.

*Clibadium parviceps* S. F. Blake, Contr. U. S. Natl. Herb. 22:598. 1924.

*Clibadium sneidernii* Cuatrec., Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. 9: 240. 1954.

*Clibadium pediculatum* Aristeg., Fl. Venez. (Comp.) 10: 393. 1964.

**Distribution.** Colombia, Costa Rica (Cocos Island), and Venezuela; mostly on edges of secondary tropical wet forest; 300-1300 m.

29. *Clibadium micranthum* O. E. Schulz, Bot. Jahrb. Syst. 46: 625. 1912.

**Distribution.** Bolivia and Peru; secondary vegetation, disturbed areas; 700-1700 m.

#### Morphology and Taxonomic Criteria

In *Clibadium* some characters show considerable variation that cause difficulty in delimitation of species. Also, many structures appear to have undergone parallel changes and reversals during evolution of the group. At a practical level, patterns of variation in features need to be clearly presented to facilitate use of keys and descriptions. For these reasons, the understanding of morphology is fundamental for revealing systematic and evolutionary relationships within the genus.

Definitions of qualitative character states follow Radford (1986). The term achene is used over cypsela (favored by Spjut, 1994) because it represents traditional usage of the term (e.g., Blake, 1924; Cronquist, 1955). All measurements of quantitative characters were made on herbarium material. Because shrinkage of some parts occurs with desiccation, reproductive structures were rehydrated with Aerosol OT (10% aqueous) before measuring.

**Habit.** All species of *Clibadium* exhibit a shrubby or weakly arborescent habit. Most of the species show a highly branched stem (typically represented by *C. surinamense*). Some species have arching branched stems but with one main stem at the base (e.g., *C. anceps*, *C. glabrescens*, *C. laxum*, *C. trianae*), others possess a more or less erect stem (10 cm diam in *C. cordatum* and *C. rhytidophyllum*), and still others are arching vines (e.g., *C. pentaneuron*).

**Leaves.** Shape, size, margin, and base of blades are sometimes useful in delimiting species of *Clibadium*. Blades of most taxa are ovate except in *C. leptophyllum* which is easily recognizable by its narrowly lanceolate leaves. *Clibadium rhytidophyllum* and *C. sprucei* are likewise distinctive in their regular lanceolate leaves. The largest leaves (40 x 30 cm) are found in *C. cordatum*, *C. frontinoense*, *C. grandifolium*, and *C. zaruchii*, and the smallest leaves (3 x 1.5 cm) in *C. armanii*. Most of the species have blades with a typical serrate margin, but *C. erosum* is distinctly erose. Some species (e.g., *C. armanii*, *C. cordatum*) have leaves with cordate or truncate bases in contrast to the typical attenuate condition in most other species of the genus. Most species of *Clibadium* have unwinged petioles, but partially or entirely winged petioles are found in *C. laxum* (in mature individuals, e.g., Harling & Anderson 11525; Jaramillo 6713). *Clibadium sessile* and *C. leptophyllum* have no or very short petioles, a feature that obviously helps in delimiting these taxa.

**Capitulescence.** The perspectives on capitulescence structure presented here are based in part on Cronquist's (1977) concepts of organization, arrangement of heads and branches, peduncles, etc., for the Compositae. For simplicity of application of terminology, heads are treated as if they represent single flowers. Most members of the family have a basic cymose capitulescence (Cronquist, 1977), although solitary heads are also known. The basic cymose capitulescence occurs in two different forms: monochasial and dichasial (Wyatt, 1982; Weberling, 1989). Monochasial capitulescences have a terminal head that opens first, with the other heads opening in a centrifugal order down the axis. Dichasial capitulescences also mature centrifugally, but they have only three heads arising from the same node in which the central head opens first followed by the two lateral ones shortly thereafter.

All species of *Clibadium* have complex monochasial capitulescences which, depending on the species, are arranged secondarily into cymes or thyruses. These secondary arrangements are sometimes organized further into compound cymose and thyrsoid aggregations. These

categories of capitulescences have also been recognized in other genera of Heliantheae (Beaman, 1990; Strother, 1991). In all cases the capitulescences are suboppositely branched with subtending bracts decreasing in size near the heads, with heads sessile or on short peduncles and secondarily aggregated into large clusters with up to 600 small, loosely arranged (e.g., *C. grandifolium*) or tightly packed (e.g., *C. zaruchii*) heads. Aggregation of heads is illustrated in one extreme by *C. eggersii* with heads loosely aggregated, moderately aggregated as in *C. surinamense*, or densely aggregated as in *C. glabrescens*. Capitulescences can be very tightly congested (e.g., *C. frontinoense* and *C. zaruchii*). Congested capitulescences also occur in all species of the related genus *Desmanthodium*, in particular *D. congestum* Arriagada & Stuessy. The more loose aggregation typical of *C. eggersii* is also found in many species of *Ichthyothere*, the other close relative of *Clibadium*.

Characterization of the total capitulescence of a taxon is complicated in *Clibadium* because there are many levels of organization. Estimation of the total number of heads is also difficult, particularly because the total number depends on the age of the branch. Many species flower for several months, and the capitulescences continue to increase in size and complexity. This is probably one of the reasons why different types of capitulescences have been reported for the same species. For example, *Clibadium sylvestre* when young (e.g., Nee 7139) has a thyrsoidal capitulescence, whereas when older (e.g., Webster 16782) it may be paniculiform. In *Clibadium armanii*, similarly, thyrsoidal capitulescences are found on young specimens (e.g., Harley & Castro 11295) whereas paniculiform ones occur on older ones (e.g., Irwin et al. 23772). An even broader range of variation occurs in *C. surinamense*. Here cymose capitulescences are found in young individuals (e.g., Knapp 1267; Maxon & Valentine 7033) and panicles are observed in older ones (e.g., Dwyer 7197; Maxon & Harvey 6505; Stern et al. 720).

Occasionally an intermediate or slightly different capitulescence arrangement may be observed within a particular species. For example, some individuals of *C. anceps* (e.g., Dwyer & Correa 8844) and of *C. glabrescens* (e.g., Killip & Cuatrecasas 38862) deviate from the typically capitate panicle to a nearly umbellate one.

Similar morphological variation in capitulescences has been observed in other genera unrelated to *Clibadium* (e.g., *Hieracium* L., Beaman, 1990; *Pappobulus* S. F. Blake, Panero 1992; *Simsia* Pers., Spooner, 1990). Because of the considerable variation in capitulescences of some species of *Clibadium*, and due to the obvious cycles of capitulescences evolution within many of the different taxonomic sections, these characters have not been used in the cladistic analysis. However, *C. frontinoense*, *C. laxum*, *C. trianae*, and *C. zaruchii* have very distinctive capitulescences and these features can be diagnostic for specific recognition.

**Heads.** Heads in *Clibadium* are heterogamous with white, tubular corollas, with carpellate and fertile peripheral florets (ray), and hermaphroditic and female-

sterile (i.e., functionally male) central disc florets. This is simple monoecy, one of many breeding systems known to occur in the family (Lowry & Stuessy, 1982). The number of ray and disc florets is very important in establishing groups of species and for purposes of subsequent identification.

The number of carpellate florets ranges from 3-5 (*C. anceps*, *C. glomeratum*, *C. microcephalum*, *C. sessile*, and *C. trianae*) to 30-40 (*C. divaricatum*, *C. eggersii*, and *C. leptophyllum*). The number of disc florets is 3 (*C. microcephalum*, *C. zaruchii*), 6 (*C. anceps*, *C. rhytidophyllum*) or 24 (*C. leptophyllum*).

The number of heads per capitulescence varies indifferent taxa as follows: 24-28 heads in *C. eggersii* (Tyson 3422), 60-116 in *C. trianae* (Stuessy & Funk 5623), 70-170 in *C. surinamense* (Stuessy & Funk 5510), 75 heads in *C. sessile* (Allen 4970), 86-119 heads in *C. anceps* (Dwyer & Correa 8844; Stern et al. 1019), 94-106 in *C. pentaneuron* (Stuessy & Funk 5595), 98-100 heads in *C. leiocarpum* (Allen 1341), 100-130 in *C. glabrescens* (Stuessy & Funk 5606), 219 heads in *C. microcephalum* (Stuessy & Arriagada 12362), and up to 600 in *C. grandifolium* (Croat 13372; Lewis et al. 2082). An unusual number of 245 heads in a cluster was counted in a young individual in *C. trianae* (Stuessy & Arriagada 12337), but the basic head and capitulescence organization was the same as observed in other specimens.

**Involucres.** The number of phyllaries, their arrangement into series, and their shape, texture, and venation are all taxonomically important in *Clibadium*. The phyllaries are herbaceous and spreading and usually reflex during fruiting (clearly seen in *C. manabiense*). The number and length of phyllaries are usually constant, and they are often pubescent over the upper one-third with a ciliate margin. Phyllaries in most species are organized in a single series. A few taxa (*C. anceps*, *C. glomeratum*, and *C. trianae*), however, have two series. This exceptional arrangement may be due to a larger number of phyllaries (6) perhaps providing substantive protection as compensation for lack of pales. The most common number of phyllaries in the genus is three, with *C. eggersii* and *C. leptophyllum* with only two (this low number perhaps relating to a larger number of ray florets subtended by pales). Also uncommon is the 4-phyllaried condition in *C. frontinoense* and *C. zaruchii*. The shape of phyllaries ranges from ovate to orbicular with the upper one-third of the margin ciliate, and with apex obtuse (*C. erosum*, *C. grandifolium*, *C. pentaneuron*, *C. sylvestre*, *C. terebinthinaceum*), acute (*C. anceps*, *C. eggersii*, *C. glomeratum*, *C. laxum*) or mucronate (*C. armanii*, *C. cordatum*, *C. manabiense*). Pubescence on the phyllaries is strigose in most species, but a few are glabrous (*C. glomeratum*, *C. grandifolium*, *C. leiocarpum*, *C. microcephalum*, *C. pentaneuron*, *C. sessile*, *C. terebinthinaceum*, and *C. trianae*).

**Pales.** Two different morphological viewpoints exist with regard to bracts subtending ray florets in *Clibadium*. Stuessy, in a broad survey of Heliantheae (1977), has regarded them as inner phyllaries and hence

part of the involucre. Funk, in her monograph of *Montanoa* (1982), considered them as pales (i.e., outer row of receptacular bracts; Gleason 1952, Carter, 1964, and Cabrera, 1978, also holds this viewpoint) because of their similarity of development with bracts subtending disc florets. Following Briquet (1917), I use the term "pale" for those bracts subtending ray and disc florets, and the term phyllary for those forming the involucre. In *Clibadium*, the female florets are subtended by broad pales often resembling phyllaries but they differ in having fewer veins and less pubescence. In species with more than one series of ray florets, there is a gradual change (reduction in size and pubescence) in pale morphology from outermost to innermost ray florets. Disc florets in some species of *Clibadium* are also subtended by receptacular bracts (pales). Pales subtending the innermost ray florets are similar to those of the disc. Such a transition can be seen clearly in *Clibadium eggersii*, with 5-7 series of ray florets.

**Ray corollas.** The number of lobes of corollas is taxonomically valuable. Ten species are characterized by having 4-lobed corollas. Sixteen species are characterized by having 3-lobed corollas. Three species (*C. rhytidophyllum*, *C. sessile*, and *C. sprucei*) have 2-lobed corollas.

**Achenes.** All species have achenes with similar morphology and size proportional to florets and heads.

Some species of *Clibadium*, however, possess unusual drupaceous achenes with orangish or greenish juice. This has been observed in the field in mature fruits of *C. eggersii* and *C. laxum* which release yellow-green and orange juice, respectively, when squeezed. The drupe-like fruits have an inflated hypodermis with large cells and cell layers in which juice accumulates (Stuessy & Liu, 1984). This type of fruit is rare in Compositae, known only in a few other genera, e.g., *Chrysanthemoides* Fabr. (Calenduleae), and *Wulffia* Neck. ex Cass. (Heliantheae).

*Clibadium eggersii*, *C. erosum*, *C. divaricatum*, *C. leptophyllum*, and *C. terebinthinaceum* possess an unusual head superficially resembling an aggregated fruit such as in *Rubus ulmifolius* Schott (Rosaceae). This conspicuous structure is the result of aggregation of 16-40 drupaceous achenes all of which develop fleshy exocarps at maturity. In addition, phyllaries and ray pales also become fleshy at their bases resulting in an inflated structure (even easily observable in dry herbarium specimens). This modified head is used as food by birds (e.g., *C. eggersii* in Costa Rica; Feinsinger et al. 2182), which could serve as dispersal agents.

**Vestiture.** Vestiture terminology in this treatment follows Lawrence (1951). All species of *Clibadium* have some type of pubescence on leaves (mainly undersurface and along veins of leaves), stems, phyllaries, and achenes. There are two types of trichomes: (1) uniseriate; and (2) biseriate (Zwillingshaare, Hess, 1938). Uniseriate trichomes are most common. Their length and density change with position on different structures in different species (e.g., *C. arboresum*, *C. leiocarpum*, *C. surinamense*, *C. trianae*). Biseriate trichomes are restricted to achenes of some species (e.g., *C. armanii*, *C. leptophy-*

*llum*, *C. sprucei*). Variation in ray achene pubescence does not correlate subgenerically or sectionally, but it is taxonomically helpful in characterizing individual species. Some taxa are glabrous (*C. anceps*, *C. leiocarpum*, *C. micranthum*, *C. peruvianum*, *C. rhytidophyllum*, *C. sessile*, *C. zaruchii*), and some are hirsute (*Clibadium arboreum*, *C. armanii*, and *C. leptophyllum*), or pilose (rest of genus).

### Key to species of *Clibadium*

1. Ray florets multiseriate; number of ray florets always greater than disc florets; all florets subtended by pales; mature heads with drupaceous achenes; phyllaries and pales fleshy (at base) at maturity; capitulescence thyrsoïd.
  2. Capitulescence with fewer than 25 heads; each with more than 30 ray florets; ray corollas 4-lobed; ray pales 5-veined; Central and South America.
    3. Heads 4-6 mm tall, with 2 phyllaries; ray florets 30-40; disc florets 8-24.
      4. Leaves ovate; disc florets 8-9..... 1. *C. eggersii*
      4. Leaves narrowly lanceolate; disc florets 24; ..... 2. *C. leptophyllum*
    3. Heads 2-3 mm high, with 5-6 phyllaries; ray florets 24-39; disc florets 6-10 ..... 3. *C. divaricatum*
  2. Capitulescence with 50-100 heads; each with fewer than 20 ray florets; ray corollas 3-lobed; ray pales 3-veined; Caribbean and Lesser Antilles.
    5. Leaves with margin crenate-serrate, at apex acute; disc florets 7; disc corollas 5-lobed; Cuba and Jamaica ..... 4. *C. terebinthinaceum*
    5. Leaves with margin erose, at apex short-acuminate; disc florets 8; disc corolla 4-lobed; Puerto Rico and Lesser Antilles ..... 5. *C. erosum*
1. Ray florets uniseriate; number of ray florets same or fewer than disc florets; ray florets subtended by pales only, or heads epaleaceous; mature heads with dry achenes; phyllaries and pales dry (never fleshy) at maturity; capitulescence cymose or paniculiform.
  6. Heads arranged in condensed capitulescences.
    7. Heads epaleaceous.
      8. Capitulescences of flat-topped clusters with 3-6 subsessile heads..... 6. *C. anceps*
      8. Capitulescences of round-topped clusters with 10-30 sessile heads.
        9. Leaves pilose on both sides, with margin crenate-serrulate; heads 10-20, 2-3 mm tall; Costa Rica and Panama ..... 7. *C. glomeratum*
        9. Leaves strigose on both sides, with margin dentate-serrate; heads 20-30, 5 mm tall; Colombia ..... 8. *C. trianae*
    7. Heads paleaceous throughout or with pales subtending ray florets only.
      10. Only ray florets subtended by pales.
        11. Leaves sessile; ray florets 5; disc florets 6-8; ray corollas 2-lobed; phyllaries 7-12-veined ..... 9. *C. sessile*
        11. Leaves petiolate; ray florets 3; disc florets 3-4; ray corollas 4-lobed; phyllaries 4-6-veined ..... 10. *C. microcephalum*
    10. Ray and disc florets subtended by pales.
      12. Leaves 20-35 cm long, 15-25 cm wide; heads with 4 phyllaries; Colombia.
        13. Heads less than 6 mm tall, in condensed clusters 1.5-2 cm diameter ..... 11. *C. frontinoense*
        13. Heads 8 mm tall, in condensed clusters 3-4 cm diameter ..... 12. *C. zaruchii*
      12. Leaves 7-14 cm long, 2.5-4 cm wide; heads with 3 phyllaries; Ecuador.
        14. Leaves ovate to ovate-lanceolate; at apex acute; heads 4 mm tall ..... 13. *C. rhytidophyllum*
        14. Leaves lanceolate; at apex narrowly acuminate; heads 6 mm tall ..... 14. *C. sprucei*
  6. Heads arranged in loose cymose or thyrsoïd capitulescences.
    15. Leaves 30-50 cm long, 10-40 cm wide; capitulescences with 200 or more florets.
      16. Leaf bases attenuate, decurrent 1/3 of petiole; 400 or more heads per capitulescence; disc florets epaleaceous not subtended by pales ..... 15. *C. grandifolium*
      16. Leaf base cordate with petiole naked; less than 300 heads per capitulescence; disc florets subtended by pales ..... 16. *C. cordatum*
    15. Leaves less than 20 cm long, 10 cm wide; capitulescences with less than 200 florets.
      17. Ray florets only subtended by pales.
        18. Disc corollas 4-lobed.
          19. Leaves at base shortly cuneate, with margin crenate-toothed; heads 100 or more per capitulescence; disc florets 6 or fewer ..... 21. *C. sodiroi*

19. Leaves at base obtuse, with margin serrate to serrate-dentate; heads fewer than 100 per capitulescence; disc florets 10-14 .....  
..... 22. *C. surinamense*
18. Disc corollas 5-lobed.
20. Leaves with veins yellowish underneath, at apex acute, at base attenuate, with margin finely irregularly serrate; disc florets 20 or more; phyllaries 3, 7-veined .....  
..... 23. *C. peruvianum*
20. Leaves with veins light-green underneath, at apex acuminate, at base rounded, with margin serrate or mucronate-dentate; disc florets fewer than 10; phyllaries 3-4, 5-veined.
21. Leaves membranaceous, 10-20 cm long, pilose, with margin serrate; Mexico, Nicaragua ..... 24. *C. arboreum*
21. Leaves subcoriaceous, rigid, 5-7 cm long, hispidulous, with margin mucronate-dentate; Brasil, Paraguay .....  
..... 25. *C. armanii*
17. Ray and disc florets subtended by pales (sometimes 1-2 central disc florets not subtended by pales).
22. Disc corollas 3- or 4-lobed.
23. Disc corollas 3-lobed .....  
..... 29. *C. micranthum*
23. Disc corollas 4-lobed.
24. Capitulescence paniculiform; stem many-angled; leaves 14-30 cm long, with blade decurrent on petiole; phyllaries 5-7-veined ..... 20. *C. laxum*
24. Capitulescence thyrsoid; stem terete; leaves less than 14 cm long, with petiole naked; phyllaries 8-11-veined.
25. Leaves and stems hirsute; phyllaries dark brown-green, glabrous .....  
..... 26. *C. leiocarpum*
25. Leaves and stems strigillose; phyllaries light green, strigose .... 27. *C. sylvestre*
22. Disc corollas 5-lobed.
26. Leaves coriaceous, with veins conspicuous on abaxial surface.
27. Phyllaries at apex acuminate, strigose; ray florets 9-13; disc florets 15 .....  
..... 17. *C. manabiense*
27. Phyllaries at apex obtuse, glabrous; ray florets 5-6; disc florets 5-8 .....  
..... 19. *C. pentaneuron*
26. Leaves thin-pappery, smooth .... on abaxial surface.
28. Leaf margin serrulate, with teeth entire; phyllaries 5-veined; ray pales 4-veined; disc pales 2-veined .....  
..... 18. *C. glabrescens*
28. Leaf margin serrate to pauci-serrate, with teeth mucronate; phyllaries 7-veined; ray pales 7-veined; disc pales 3-veined ..... 28. *C. acuminatum*

### Acknowledgments

This paper is based upon a doctoral dissertation submitted to the Graduate School of the Ohio State University. Financial support for this study was provided by National Science Foundation (INT 9017695), The Garden Club of America, and The Ohio State University Janice C. Beatley Award. I thank the curators of the following herbaria who loaned specimens for this study: A, B, BM, CAS, COL, CR, DS, ECON, F, FSU, G, GH, K, LL, LP, MEDEL, MO, NY, P, UC, US, WIS.

### List of References

- Arriagada, J. 1993. Notas sobre las relaciones genéricas de *Clibadium* L. (Compositae, Heliantheae). *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 18: 465-468.
- \_\_\_\_\_ & T. F. Stuessy. 1990. A new species and subgenus of *Desmanthodium* (Compositae, Heliantheae) from southern Mexico. *Brittonia* 42: 283-285.
- Blake, S. F. 1924. *New American Asteraceae*. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 22: 587-661.
- Beaman, J. H. 1990. Revision of *Hieracium* (Asteraceae) in Mexico and Central America. *Syst. Bot. Monogr.* 29: 1-77.
- Briquet, J. 1917. *Le critère différentiel des bractées involucreales et paléales dans la calathide des composées*. *Biblioth. Universelle Geneve, Arch. Sci. Phys. Nat.* 43: 1-5.
- Cabrera, A. L. 1978. *Flora de la provincia de Jujuy*. Parte 10. *Compositae*. INTA, Buenos Aires.
- Carter, A. 1964. The genus *Alvordia* (Compositae) of Baja California, Mexico. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 30: 157-174.
- Cronquist, A. 1977. The Compositae revisited. *Brittonia* 29: 137-153.
- Cuatrecasas, J. 1954. Notas a la flora de Colombia. XIII. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 9: 233-249.
- Díaz-Piedrahíta, S. 1991. La botánica en Colombia, hechos notables en su desarrollo. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 6: 1-125.
- \_\_\_\_\_ & J. Arriagada. 1992. Una nueva especie de *Clibadium* (Compositae) para Colombia. *Revista Acad. Colomb. Ci. Exact.* 18: 301-303.
- Funk, V. A. 1982. The systematics of *Montanoa* (Asteraceae, Heliantheae). *Mem. New York Bot. Gard.* 36: 1-133.
- Hess, R. 1938. Vergleichende Untersuchungen über die Zwillingsbaare der Compositen. *Bot. Jahrb. Syst.* 68: 435-496.
- Jarvis, C. E., F. R. Barrie, D. M. Allan & J. L. Reveal. 1993. A list of Linnaean generic names and their types. *Regnum veg.* 127: 35.
- Koch, M. F. 1930. Studies in the anatomy and morphology of the Compositae flower II. The corolla of the Heliantheae and Mutisiae. *Amer. J. Bot.* 17: 995-1010.
- Lawrence, G. H. M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plants*. New York: The MacMillan Company.
- Lowry, T. K. & T. F. Stuessy. 1982. The taxonomic and evolutionary significance of female sterility in disc florets of the Compositae. *Bot. Soc. Amer. Misc. Publ.* 162: 99. Abstract.

- Panero, J. L. 1992. Systematics of *Pappobolus* (Asteraceae-Heliantheae). Syst. Bot. Monogr. 36: 1-195.
- Radford, A. E. 1986. *Fundamentals of plant systematics*. New York: Harper & Row.
- Sáenz, A. A. 1981. Anatomía y morfología de frutos de Heliantheae (Asteraceae). Darwiniana 23: 37-117.
- Schulz, O. E. 1912. Beitrage zur Kenntnis der Gattung *Clibadium*. Bot. Jahrb. Syst. 46: 613-628.
- Spjut, R. W. 1994. *A systematic treatment of fruit types*. Mem. New York Bot. Gard. 70: 1-182.
- Spooner, D. M. 1990. Systematics of *Simsia* (Compositae, Heliantheae). Syst. Bot. Monogr. 30: 1-90.
- Strother, J. L. 1991. Taxonomy of *Complaya*, *Elaphandra*, *Jogeton*, *Jefea*, *Wamalchitamia*, *Wedelia*, *Zexmenia*, and *Zyzyxia* (Compositae-Heliantheae-Ecliptinae). Syst. Bot. Monogr. 33: 1-111.
- Stuessy, T. F. & H.-Y. Liu. 1983. Anatomy of the pericarp of *Clibadium*, *Desmanthodium* and *Ichthyothere* (Compositae, Heliantheae) and systematic implications. Rhodora 85: 213-227.
- Weberling, F. 1989. *Morphology of flowers and inflorescences*. London: Cambridge University Press.
- Wyatt, R. 1982. Inflorescence architecture: how flower number, arrangement, and phenology affect pollination and fruit-set. Amer. J. Bot. 69: 585-594.

# NUEVOS REGISTROS DE UREDINALES PARA LA FLORA COLOMBIANA Y PAISES ADYACENTES

por

Pablo Buriticá C. \*

## Resumen

Buriticá, P.: Nuevos registros de Uredinales para la flora colombiana y países adyacentes. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 463-468, 1995. ISSN 0370-3908.

Se presenta un listado de especies de Uredinales (hongos-royas) colectados en Colombia y países vecinos, que son nuevos registros para el país, el área o la ciencia.

**Palabras claves:** Uredinales, Neotrópico, Colombia, Andes.

## Abstract

A list with new records of Colombian and adjacent countries Uredinales (rust-fungi) is presented. Several are new for andean countries and science.

**Key words:** Uredinales, Neotropic, Colombia, Andes.

1. *Cronartium quercuum* (Berkeley). Miyabe ex Shirai, Bot. Mag. (Tokyo) 13: 74. 1899. *sensu lato*.

Colecciones estudiadas: sobre *Quercus sp.* (FAGACEAE) Colombia; Antioquia, Medellín, alrededores de Piedras Blancas, 24 de junio de 1978, P. Buriticá 78-143; Nariño, Pasto, en la carretera de Pasto al aeropuerto, 24 de enero de 1976, K.P. Dummont, P. Buriticá (76-258), J.L. Luteyn & L.A. Molina.

Observaciones: Especímenes enviados a Roger S. Peterson del St. John's College (Santa Fe, New Mexico, U.S.A.), especialista en el género *Cronartium* Fries, quien al respecto de las colecciones conceptúa:

"They are not close to any of the four type specimens of the oak rust group... In one presumably important detail they resemble only *C. conigenum*, which is the species I'd expect in South America, since it is abundant south to Nicaragua... That detail is lack of smooth areas on urediniospores; spines are distributed over the whole surface. Further, the spines of your specimens are like *conigenum* in their large size and distant spacing. But *C. conigenum* has the largest

urediniospores of the group and the -Colombian urediniospores are small indeed: in 76-258 they average 13.9 x 22.7 mm; in 78-143, 14.2 x 21.1 mm. Also, *conigenum* urediniospores generally have thicker walls than in your specimens. Your teliospores are specially long-longer than any -of the four types,... Outer teliospore wall thickness is smaller but more variable in 76-258 than in any of the four type specimens... Taking the oak rusts as a whole there is a lot of variation, and which variables are significant is not well understood. Your specimens fall within that range of variation. The safe name to use, then, is *Cronartium quercuum sensu lato*. If you want to be a little more daring you could say *C. quercuum sensu lato*; apparently an undescribed variant close to *C. conigenum*".

Esta es la primera ocasión en la cual los teliosporos del género son colectados en Sur América, pues Jackson (1932) encontró por primera vez *Cronartium coleosporioides* (Dietel & Holway) Arthur (sobre *Castilleja sp.*) en el Ecuador, y sólo en su estado anamórfico. La especie no ha vuelto a ser colectada y la identificación confrontada, lo que había puesto en duda la presencia de este género en el continente suramericano.

Es de notar que esta roya produce pequeñísimas pústulas que fácilmente pasan inadvertidas al observador ocasional y que no producen daño significativo al

\* Profesor Asociado. Universidad Nacional. Apartado Aéreo 568 Medellín, Colombia.

hospedante. Hecho que muestra una relación de largo tiempo entre el hospedante y el patógeno, no considerándose una especie de reciente introducción. Como es conocido el rango más al sur del género *Quercus* se encuentra en los Andes Colombo-Ecuatorianos y con ellos el de su Uredinal.

Es interesante plantear e investigar como cumple este Uredinal su ciclo de vida. Pues todas las especies de *Cronartium* Fries sobre *Quercus* son de ciclo expandido y heteróicas, cumpliendo su estado de espermogonio y ecio en *Pinus*. Especies no autóctonas en esta parte del Continente. ¿Será que las especies introducidas van a servir como hospedantes?

El género *Cronartium* Fries, agrupa un importante número de especies de gran significado patológico en la industria forestal.

2. *Cerradoa palmaea* Hennen & Ono, Mycologia 70: 570. 1978.

= *Edythea palmaea* (Hennen & Ono) Cummins & Hiratsuka.

Illustrated Genera of Rust Fungi, The American Phytopathological Soc., St. Paul, Minnesota, 1983, p. 147.

Colecciones estudiadas: sobre Palma (ARECACEAE); Colombia, Meta, márgenes de la desembocadura del Caño Casiquiare y el río Manacacias, 7 de diciembre de 1978, *P. Buriticá* 78-190.

Observaciones: **Cummins & Hiratsuka** (*l.c.*) reducen el género *Cerradoa* Hennen & Ono como sinónimo de *Edythea* H.S. Jackson, argumentando que la única diferencia entre ellos es la pigmentación de la pared de los teliosporos. Sin embargo, la ontogenia de los esporos es muy diferente en los dos géneros: El rango de hospedantes es a su vez muy distante filogenéticamente. Por estas razones se considera que se debe mantener el género *Cerradoa* Hennen & Ono, mientras se determina con mayor certeza la ontogenia de los esporos anamórficos y teliomórficos, así como, su valor en el concepto genérico.

3. *Puccinia duthiae* Ellis & Tracy, *En*: Ellis & Everhart, Bull. Torrey Bot. Club 24: 283. 1897.

= *Puccinia amphiphididis* Doidge, *Bothalia* 3: 496. 1939.

Colecciones estudiadas: sobre *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus, (POACEAE) Colombia; Cesar, Codazzi, 15 de febrero de 1993, *P. Buriticá*.

Observaciones: Especie registrada recientemente para el continente americano por **Hennen & McCain** (1993) en Centro América. Este es el primer registro para Sur América y en especial para los países Andinos.

4. *Catenulopsora praelonga* (Spegazzini) Buriticá, *comb. nov.*

= *Rostrupia praelonga* Spegazzini, Contribución al estudio de la flora de la Sierra de Ventana, *En*:

Ministerio de Obras Públicas, Buenos Aires (Argentina), La Plata, p. 83. 1896.

= *Kuehneola malvicola* (Spegazzini) Arthur, N. Amer. Fl. 7(3): 187. 1912.

= *Cerotelium malvicolum* (Spegazzini) Dietel, Die Natürlich. Pflanzenfam. ed. 2, 6: 70-71. 1928.

Anamorfo: *Macabuna malvicola* (Spegazzini) Buriticá, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo malvicola* Spegazzini, An. Soc. Cient. Argentina 17: 124. 1884.

= *Uredo hibisci* H. & P. Sydow, Hedwigia Beibl. 40: (128). 1901.

Colecciones estudiadas: sobre *Hibiscus* sp. (MALVACEAE-ornamental), Colombia: Antioquia, Medellín, jardines de la Facultad de Minas, Universidad Nacional, 10 de septiembre de 1994, *P. Buriticá*; Jardín Botánico "Joaquín A. Uribe", 20 de octubre de 1994, *P. Buriticá*.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Macabuna*, hipófilo, disperso, redondeado, pulverulento, carmelito, erumpente, subepidermal; hymenio plano, subepidermal; paráfisos periferales pocos, hialinos, lisos, suavemente curvados, 45-60 X 9-13 mm; pared hialina, delgada, uniforme; esporos de elipsoides a redondos, 20-28 X 16-22 mm; pared amarillenta, 1-1,5 mm de grosor, con diminutas y abundantes espinas; poros germinativos 2-3, ecuatoriales o alrededor del Ecuador. Teliosoro hipófilo, disperso, redondo, cupuliforme, carmelito, finalmente blancuzco por germinación de los esporos; teliosporos en cadenas libres de más de 6, célula basal alargada, de cilíndricos a cúbicos, 14-22 x 12-18 mm; pared amarillenta, 1-1,5 mm de gruesa, uniforme, un poro germinativo apical evidente en el esporo superior, uno en el extremo del borde superior de los esporos intermedios.

Observaciones: en reciente publicación **Buriticá & Hennen** (1994) han reconocido la validez del género *Catenulopsora* Mundkur & Thirumalachar, separándolo de *Phragmidella* Hennings, por la célula basal alargada (esporo basal en formación) y no un verdadero pedicelo.

Esta especie fue registrada originalmente en la Argentina y posteriormente en los Estados Unidos, México, Cuba y países del norte de Centroamérica. Parecía que su distribución seguía un patrón disyuntivo, pues se presenta al sur del continente (Brasil, Paraguay y Argentina) y al norte de él. Es este un nuevo registro para Colombia, que llena el espacio que hace sospechar que se encuentra en otros países del área Andina, que conectan con el sur, dando así una distribución geográfica continua, Norte-Sur, en el continente Americano. Siempre y cuando no haya sido introducida con su hospedante ornamental. Valga la pena indicar que el intercambio legal o no, de plantas entre países y especialmente las ornamentales, hace difícil la interpretación de la distribución de algunas especies.

5. *Phakopsora cupheae* Buriticá, sp. nov. Figura 1.

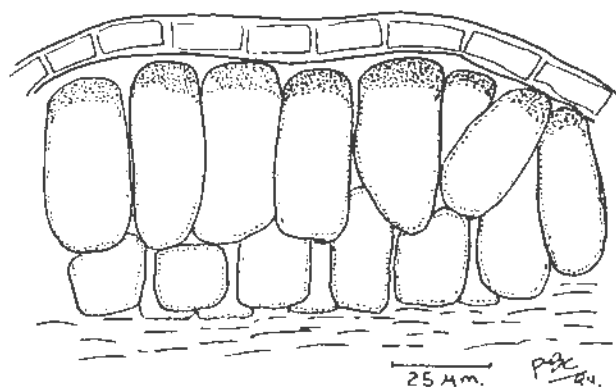


Figura 1. Representación esquemática de los teliosoros de *Phakopsora cuphea*, tomados del tipo. 2 cms. = 25 mm.

**Tipo:** sobre *Cuphea* sp. (LYTHRACEAE), Ecuador. Pichincha, en la carretera Toachi-Paloquemado, 19 de julio de 1975, K. Dumont, S. Carpenter & P. Buriticá 75-057E.

**Anamorfo:** *Milesia cupheae* (Hennings) Buriticá, comb. anamorph. nov.

= *Uredo cupheae* Hennings, Hedwigia 34: 99. 1895.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis amphigenis, praecipue hypophyllis, aggregatis in maculis, brunneis, poro centralis apertis, subepidermalibus; hymenio subepidermali, leniter concavo, peridio hyphoideo; paraphysibus in hymenio hyalinis, cylindraceutis, liberis, 20-35 X 6-8 mm; parieti hyalino subinde 2-4 mm apice incrassato; sporis sessilibus, supra brunneis infra pallidis, oblongis vel ellipsoideis, 18-24 X 14-21 mm; parieti hyalino vel flavido, 0.5-1 mm crasso aequaliter, dense et minute aculeato; poris germinationis 2-3, supraequatorialibus. Soris teleutosporiferis hypophyllis, dispersis vel circa soris anamorphos dispositis, subepidermalibus, brunneis vel atris, crustiformibus, applanatis, indeterminatis, coalescentibus, epiderme tectis; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis irregulariter in 2-3 stratis dispositis, brunneis, oblongis, obovoideis vel ellipsoideis, 18-27 X 9-16 mm; parieti brunneo, supra fuscato, 1-2 mm crasso, 3-5 mm apice incrassato in sporis superioribus.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos en manchas bien definidas, carmelitos, abiertos por un poro; himenio subepidermal, levemente cóncavo; peridio hifoide; paráfisis en el himenio, cilíndricos, libres, 20-30 X 6-8 mm, pared hialina, ocasionalmente 2-4 mm de gruesa en el ápice; esporos sésiles carmelitos en la mitad superior, amarillentos en la inferior, subglobosos, de oblongos a elipsoides, 18-24 X 14-21 mm; pared de incolora a amarillenta, 0.5-1 mm de gruesa, uniforme, densamente equinulada; poros germinativos 2-3 supraequatoriales. Teliosoro hipófilo, dispersos o alrededor de los soros anamórficos, de carmelito a negruzco, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2-3 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, carmelitos, oblongos, de obovoide a elipsoides, 18-27 X 9-16 mm; pared amarillenta, más oscura hacia el ápice, 1-2 mm de gruesa, 3-5 mm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

Especímenes estudiados: sobre *Cuphea* sp. (LYTHRACEAE), Colombia; Antioquia, Medellín, 27 de diciembre de 1939, C. Garcés 249; 3 de marzo de 1928, R.A. Toro 176; Caldas, finca Hymalaya, 25 de junio de 1978, P. Buriticá 78-152, et al; Boyacá, en la carretera Tunja-Ramiriquí-Páez, 13 de septiembre de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-430 & M.I. Umaña; Caquetá, en la vía Florencia-Doncello, 18 de enero de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-193, J.L. Luteyn & L.A. Molina; Cundinamarca, en la vía Guasca-Gachalá, 18 de septiembre de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-503-76-509 & M.I. Umaña; Huila, en la carretera Altamira-Florencia, 15 de enero de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-112, J.L. Luteyn & L.A. Molina; Nariño, en la carretera Pasto-Tumaco, 29 de enero de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-333, L.A. Molina & J.L. Luteyn. Ecuador, El Oro, en la carretera Arenillas-Loja, 29 de julio de 1975, K.P. Dumont, S.E. Carpenter & P. Buriticá 75-179E, 75-180E; Pichincha, en la carretera nueva de Santo Domingo o Quito, 19 de julio de 1975, K.P. Dumont, S.E. Carpenter & P. Buriticá 75-074E; en la carretera de Toachi-Paloquemado, 19 de julio de 1975, K.P. Dumont, S.E. Carpenter & P. Buriticá 75-057E (Tipo). Perú, Loreto, en la carretera de Pucallpa-Tingo María, 4 de julio de 1976, K.P. Dumont, S.E. Carpenter M.A. Sherwood & P. Buriticá 76-148P; 76-156P; Huanuco, en la vía de Huanuco a Tingo María, K.P. Dumont, S.E. Carpenter, M.A. Sherwood & P. Buriticá 76-093P.

Observaciones: el peridio hifoide del soro anamórfico es claramente evidente en soro jóvenes, los paráfisis en el himenio son pocos y son fácilmente observables en los soros maduros.

Esta especie ha sido colectada con gran frecuencia en todas las zonas de clima medio y cálido del Neotrópico.

## 6. *Hennenia* Buriticá, gen. nov. Figura 2.

Especie tipo: *Hennenia ditelia* Buriticá (l.c.), sobre *Annona* sp. (ANNONACEAE), Colombia, Caquetá, 69 km. de Florencia en la vía al Doncello, 17 de enero de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-181, J.L. Luteyn & L.A. Molina.

Spermogoniis epiphyllis, subepidermalis, hymenio applanato, caterva 6 (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorphis in *Aecidium* Persoon; Soris teleutosporiferis amphigenis, erumpentibus; plus teliosporis solitariis stoma salientis; teliosporis pedicelatis, tri-cellulis, uni basalis, duo superioris; poris germinationis obscuris.

Espermogonio epífilo, subepidermal; himenio plano; grupo 6 (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorfo en *Aecidium* Persoon. Teliosoro anfigíneo erumpente; o no formado y los teliosporos saliendo por los estomas; teliosporos pedicelados, tri-celulares, dos apicales montadas en una basal o una debajo de la otra; poro germinativo oscuro.

Observaciones: el número de poros germinativos por célula lo separa de *Nyssopsora* Arthur (= *Triphragmiopsis* Naumov); el tipo de espermogonio lo separa de *Triphragmium* Link (grupo 4); la posición de las células en el teliosoro lo separa de *Hapalophragmium* Sydow (una apical montada sobre dos basales) y el número de células en el teliosoro se aparta de *Spherothragmium* Magnus

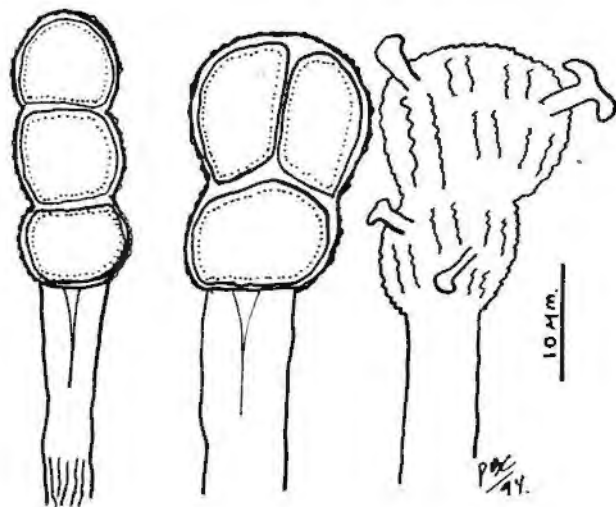


Figura 2. Representación esquemática de los teliosoros de *Hennenia ditelia*, tomados del tipo. 2 cms. = 10 mm.

(más de 4). El tipo de espermogonio y el anamorfo acedioide lo separa de *Triactella* Sydow.

No hay duda que el género *Hennenia* está relacionado con *Hapalophragmium* Sydow y *Sphaerophragmium* Magnus: géneros Pantropicales con especies Annonaceas y Leguminosas.

La presencia de un solo teliosporo saliendo por el estoma da la apariencia de una felpa, ya que éstos cubren un área extensa de la hoja, los verdaderos teliosoros se encuentran alrededor o en los mismos soros del anamorfo, que en este caso en particular, solo son del tipo acedioide. No forma (o no se han encontrado) anamorfos de otro tipo. La presencia de estos dos tipos de formación de los teliosporos (aislados saliendo por el estoma y en soros definidos), originó el nombre específico.

En un principio una especie ha sido asignada al género; la especie tipo sobre *Annona* colectada en el piedemonte Amazónico (Departamento del Caquetá, Colombia). Pero, *Triactella holwayi* Jackson, colectada sobre una leguminosa, *Cassia* sp, en Brasil, presenta características similares en el teliosporo, desafortunadamente no se conoce su espermogonio y el anamorfo es del tipo uredinioide.

El nombre del género está tomado del apellido de **Joe F. Hennen** y **Marie M. Hennen** (Purdue University), grandes estudiosos de los Uredinales, muy especialmente colectores en el área tropical de las Américas y caros amigos de los países Neotropicales y de sus gentes.

#### 7. *Hennenia ditelia* Buriticá, sp. nov.

Tipo: sobre *Annona* sp. (ANNONACEAE), Colombia: Caquetá, 69 km. de Florencia en la vía al Doncello, 17 de enero de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-181, J.L. Luteyn & L.A. Molina.

Spermoniis epiphyllis, aggregatis, auranticis vel rufis, subepidermalibus; hymenio applanato vel leviter concavo; caterva 6 (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Acediis hypophyllis, circinatis, flavidis, cupuliformibus,

erumpentibus; peridiis flavidis, revolutis; celulis hyalinis vel flavidis, angularis, 18-22 X 12-14 mm; parieti hyalino, verrucosa, 1-2 mm crasso, externa 5-7 mm crasso; gránulos refractivos praesentibus. Urediniis adhuc ignotis. Soris teleutosporiferiis hypophyllis, obducentibus grandes foliorum areas, pubi similibus, brunneis vel rufis, teliosporis ex stomatibus salientibus; soris teleutosporiferis epyphyllis, cum aecidiis consociatis, rufis vel atris, primo subepidermalibus, tandem erumpentibus; teliosporis pedicelatis, tri-celulis, cum septis presentibus, flavidis vel brunneis; vel celulis catenulatis; 50-65 X 25-28 mm; vel celulis in triangulis, cum duobus super, uni infra, 45-52 X 42-48 mm; parieti dduplex, 2-4 mm aequaliter crasso, flavido, rugoso, cum 0-3 projectionibus in quoque celulo, 4-10 X 5-8 mm, subinde apice bifurcatis; poro germinationis obscuro. Pedicelatis 50-65 X 6-9 mm, laevis dimidis superioris verrucosis dimidis inferioris.

Espermogonios epífilos, en grupos, de anaranjados a rojizos, subepidermales, himenio de plano a cóncavo; grupo 6 (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorfo en *Aecidium* Persoon, hipófilo, en grupos circulares, amarillento, revoluto; células peridiales de incoloras a amarillentas, angulares, 18-22 X 12-14 mm; pared hialina, verrucosa, 1-2 mm de grosor, pared exterior 5-7 mm de grosor; gránulos refractivos presentes. Teliosoro epífilo, alrededor o en las mismas manchas del anamorfo, subepidermal en origen y finalmente erumpente; teliosoro hipófilo cubriendo grandes áreas de la hoja, formando un vello café-rojizo, teliosporos estomatales; teliosporos pedicelados, tricelulares, septas presentes, de amarillentos a carmelitos, células en cadena, 50-65 X 25-28 mm n más comúnmente triangulares, dos células superiores montadas en una inferior, 45-52 X 42-48 mm; pared doble, 2-4 mm de grosor, uniforme, amarillenta, rugosa, 0-3 proyecciones por célula, 4-10 X 5-8 mm, ocasionalmente bifurcadas en el ápice; poros germinativos oscuros, pedicelo 50-65 X 6-9 mm, liso hasta su parte media, verrucoso hacia la base.

Observaciones: Esta especie posee una serie de características que la hacen única. Presenta dos tipos bien definidos de formación de los teliosporos: unos en soros definidos, alrededor de los anamorfos, epífilos, provenientes del mismo micelio que dio origen al anamorfo y otros, aislados en grandes áreas del envés de las hojas, saliendo de a uno por los estomas y formando un vello rojizo. Cada teliosporo está formado terminalmente en la punta de la hifa esporógena que sale del estoma y se diferencia en el exterior del hospedante. En las infecciones que dan origen a los eciosoros se encuentran muy raramente los espermogonios, lo que hace pensar que la función de éstos es similar a la de los urediniosoros. Eciosoros con espermogonios son pocos y probablemente originados de infecciones de los basidiosporos. Es decir es una especie autoica isomórfica de ciclo expandido. Dos tipos de teliosporos son comunes: unos en los cuales las tres células están en serie y otros típicamente tri-celulares con las dos células superiores montadas en una inferior.

Para completar la complejidad de esta especie, se encontraron algunos esporos anamórficos germinando

como teliosporos, detalle que debe ser más estudiado y que con las colecciones presentes no pudo ser confirmado. Pero, no sería extraño confirmar que esta situación, que es considerada ancestral, estuviera presente en un Uredinal sobre Annonaceae.

Varias especies de *Aecidium* Persoon han sido registradas sobre la familia Annonaceae en las zonas tropicales. Algunas de ellas presentan características similares a las aquí descritas lo que hace sospechar su posible relación y frecuencia del género en las zonas Neotropicales.

8. Género *Edythea* Jackson, Mycologia 23 (2): 97. 1931.

Este género fue creado para acomodar tres especies de Uredinales colectadas en la zona Andina de Ecuador y Bolivia, teniendo como hospedante especies nativas de *Berberis*. La especie tipo fue clasificada originalmente por Lagerheim como *Uropyxis quitensis* en 1918 (En: Arthur, Bot. Gaz. 65: 464. 1918). Jackson (l.c.) al sugerir el nuevo género argumenta la no formación de un soro definido y sí de puntas de hifas esporógenas saliendo por los estomas. Además, de teliosporos con dos células tipo puccinioide. El género fue asimilado a *Desmella* H. Sydow & P. Sydow por Thirumalachar & Cummins en 1948, teniendo en cuenta el simple hecho de tener soro estomatal y teliosporos con dos células. Como fue expresado arriba, la ontogenia de los esporos no fue considerada, tanto así que en 1983 el mismo Cummins & Hiratsuka (1983), reinstalan el concepto genérico al indicar que en *Desmella* H. Sydow & P. Sydow, los teliosporos son levantados sobre ápices de células esporógenas elongados y que salen por los estomas; mientras que en *Edythea* Jackson, las células esporógenas elongados y que salen por los estomas; mientras que en *Edythea* Jackson, las células esporógenas son producidas en células elongadas que salen por los estomas.

El grupo de géneros de Uredinales que produce soro estomatal está mal comprendido y se hace preciso un estudio comparativo de ellos, especialmente en la importancia de la ontogenia de los esporos, de las estructuras y de la denominación que en ella se encuentran involucradas.

Las especies citadas a continuación representan un nuevo registro para la ampliación del rango de las especies, así como de nuevos huéspedes.

9. *Edythea quitensis* (Lagerheim) Jackson & Holway, En: Jackson, Mycologia 23 (2): 99. 1931.

= *Uropyxis quitensis* Lagerheim, En: Arthur, Bot. Gaz. 65: 464. 1918.

= *Sphenospora quitensis* Lagerheim, en Herb. Arthur.

= *Desmella quitensis* (Lagerheim) Thirumalachar & Cummins, Mycologia 40 (4): 420.

Colecciones estudiadas: sobre *Berberis* sp. (BERBERIDACEAE), Ecuador, en la frontera de las provincias del Oro y Loja, en la carretera de Piñas a Loja, 30 de julio de 1975, K.P. Dumont, S.E. Carpenter & P. Buriticá (75-193E, 75-195E & 75-194E).

Observaciones: hasta ahora registrada en los alrededores de Quito y Cuenca, en el Ecuador y Sorata en Bolivia (Jackson, 1931).

10. *Edythea berberidis* (Lagerheim) Jackson, Mycologia 23 (2): 99. 1931.

= *Sphenospora Berberidis* Lagerheim, En: Arthur, Bot. Gaz. 65: 464. 1918.

= *Diorchidium berberidis* Lagerheim, en Herb. Arthur.

= *Desmella berberidis* (Lagerheim) Thirumalachar & Cummins, Mycologia 40 (4): 420.

Colecciones estudiadas: sobre *Berberis glauca* H.B.K. (BERBERIDACEAE), Colombia, Cundinamarca, km. 16-18 en la vía Mosquera - La Mesa, 22 de agosto de 1976, P. Buriticá 76-371 & Y. Ono.

Observaciones: Género y especie registrada por primera vez para Colombia y fuera del rango dado originalmente para ella.

11. *Edythea tenella* Jackson & Holway, En: Jackson, Mycologia 23 (2): 100. 1931.

= *Desmella tenella* (Jackson & Holway) Thirumalachar & Cummins, Mycologia 40 (4): 420. 1948.

Colecciones estudiadas: sobre *Berberis goudotti* Triana & Planchon (BERBERIDACEAE), Colombia, Cundinamarca, en la vía Guasca - Gachalá, 17 de septiembre de 1976, K.P. Dumont, P. Buriticá 76-481 & M.I. Umaña.

Observaciones: segunda colección de esta especie que amplía el rango geográfico y primer hallazgo de ella para Colombia. El huésped es también un mayor registro para el rango de la especie.

## Bibliografía

- Buriticá, P. & J.F. Hennen. 1994. Familia Phakosporaceae (Uredinales). 1. Géneros anamórficos y teliomórficos. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(72): 47-62.
- Cummins, G. & Y. Hiratsuka. 1983. Illustrated genera of rust fungi. American Phytopath. Soc. St. Paul (U.S.A.), 152 pp.
- Hennen J.F., M.M. Hennen & M.B. Figueiredo. 1982. Índice das ferrugens (Uredinales) do Brasil. Arq. Inst. Biol. Sao Paulo, 49 (Supl. 1): 1-201.
- & J.W. McCain. 1993. New species and records of Uredinales from the Neotropics. Mycologia 85(6): 970-986.
- Hiratsuka, Y. & N. Hiratsuka. 1980. Morphology of spermatogonia and taxonomy of rust fungi. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 18: 257-268.
- Jackson, H.S. 1931. The rusts of south America based on the Holway collections - III. Mycologia 23(2): 96-116.
- 1932. The rusts of South America based on Holway Collections - VI. Mycologia 24(1): 62-186.
- Sydow, H. & H. Petrak. 1931. Micromycetes Philippinensis. Ann. Mycol. 29: 145-279.
- Thirumalachar, M.J. & G.B. Cummins. 1948. Status of the rust genera *Allopuccinia*, *Leucotelium*, *Edythea*, and *Ypsilospora*. Mycologia 40: 417-422.

# ESTUDIOS EN LABIATAE DE COLOMBIA I. NOVEDADES EN LOS GENEROS *SALVIA* E *HYPTIS*

por

José Luis Fernández-Alonso\*

## Resumen

**Fernández-Alonso, J. L.** : Estudios en Labiatae de Colombia I. Novedades en los géneros *Salvia* e *Hyptis*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **19** (74): 469-480, 1995. ISSN 0370-3908.

Se describen cinco nuevos taxones en la sección *Rubescentes* del género *Salvia* (*S. orthostachys* subsp. *soatensis*, *S. xeropapillosa*, *S. cocuyana*, *S. gachantivana* subsp. *gachantivana* y *S. gachantivana* subsp. *woodii*) y se presenta una nueva clave para las especies de la sección. En la sección *Mesosphaeria* del género *Hyptis*, se describen *H. perbullata* e *H. suaveolens* (L.) Poit. var. *mollissima* y se propone un nuevo sinónimo.

**Palabras clave:** Labiatae, *Salvia*, *Hyptis*, Colombia, Suramérica

## Abstract

Five new taxa in the section *Rubescentes* of the genus *Salvia* are described (*S. orthostachys* subsp. *soatensis*, *S. xeropapillosa*, *S. cocuyana*, *S. gachantivana* subsp. *gachantivana* and *S. gachantivana* subsp. *woodii*) and a new sectional key is presented. In the section *Mesosphaeria* of the genus *Hyptis*, is described *H. perbullata*, *H. suaveolens* (L.) Poit. var. *mollissima*, and a new synonym is proposed.

**Key Words:** Labiatae, *Salvia*, *Hyptis*, Colombia, Southamerica.

## Introducción

En Colombia, la familia Labiatae cuenta con 14 géneros nativos y 5 foráneos con especies ampliamente naturalizadas en el país, que suman en total c. 162 taxones. Además, se cultivan algunas especies por su utilidad medicinal u ornamental, pertenecientes a otros 6 géneros. El género *Salvia* es el más rico en especies, con unos 60 taxones en nuestro territorio y presenta distribución centrada en las zonas subandina y andina (1000-3500 m). El segundo género en importancia en el país es *Hyptis*, que cuenta con 35 taxones en Colombia. Esta diferencia de *Salvia* se encuentra primordialmente distribuido en las tierras bajas, especialmente en la planicie orinocense y cuenta además con un grupo de espe-

cies de amplia distribución, asociadas a ambientes inestables o alterados en todo el país.

En esta contribución se presentan algunos avances al trabajo que actualmente se lleva a cabo en la sinopsis y revisión de la familia Labiatae para la flora colombiana, trabajo que se inició ya hace algunos años con la elaboración del tratamiento para la flora de Mutis (Fernández-Alonso, 1989) y contribuciones posteriores aisladas en los géneros *Scutellaria* y *Salvia* (Fernández-Alonso, 1990; 1991). En esta oportunidad se presentan algunas novedades taxonómicas en grupos críticos de los géneros *Salvia* e *Hyptis*. Todos los taxones que ahora se describen como nuevos, son de la cordillera oriental, más concretamente de los sectores: Santanderes, Pisba-Cocuy y Zipaquirá-Guaitiva, de acuerdo a las subdivisiones fitogeográficas consideradas en zonas altas de la cordillera oriental (Fernández-Alonso, 1994b, 1994c). Las franjas de ecotonía bosque andino-subpáramo de este

\* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

sector, como se ha señalado para otros géneros (*Aragoa*, *Hypericum*, *Espeletiopsis*, *Diplostephium*) son especialmente ricas en especies endémicas con distribución muy restringida.

### EL COMPLEJO *SALVIA ORTHOSTACHYS*

En la última revisión del género *Salvia* en Colombia (Wood & Harley, 1989), se reconocen 9 táxones (contando subespecies) en la sección *Rubescentes* (Epl.) Epl. a los que hay que añadir la especie recientemente propuesta *S. paramicola* del Páramo del Almorzadero, Santander (Fernández-Alonso, 1994). Un problema sin solucionar en la sección lo constituía lo que aquí denominamos "complejo *orthostachys*", un heterogéneo grupo de plantas endémicas de la cordillera oriental de Colombia asociado al nombre *S. orthostachys* Epl. En los últimos 4 años, después de haber revisado todo el material disponible de este grupo y habiendo observado en cultivo la constancia de varios caracteres relacionados con indumento, hojas e inflorescencias en algunas plantas, se estimó oportuno hacer algunas precisiones taxonómicas al respecto. Esto implica la descripción de 3 nuevas especies y 2 nuevas subespecies. De ellas, una es endémica de zonas altas de la Sierra Nevada del Cocuy y otras dos se encuentran más al suroeste, circunscritas a dos regiones áridas del departamento de Boyacá.

*Salvia orthostachys* Epl. in Fedde Rep. Sp. Nov. Beih. 85: 110 (1936).

Se ha restringido la circunscripción o contexto morfológico de esta especie a las plantas que presentan las características de las de la localidad típica, Norte de Santander (Epling, 1939); es decir, cálices cortos (de menos de 7 mm) y truncados. A parte de las plantas típicas se ha dado el rango de subespecie a las poblaciones de la región de Soatá (Boyacá), que presentan diferencias en el indumento de tallos y en las hojas. Las poblaciones conocidas de ambas subespecies, se encuentran separadas por el cañón del Chicamocha.

#### Clave para las subespecies de *S. orthostachys*

Tallo (por debajo de la inflorescencia) con indumento muy corto, no glandular, aplicado y dirigido hacia la base, pecíolo de las hojas medias muy corto o inexistente, lóbulos del cáliz de 2 mm *S. orthostachys* subsp. *orthostachys*

Tallo (por debajo de la inflorescencia) con indumento largo patente, pecíolo de las hojas medias de más de 1,5 cm, lóbulos del caliz de 1 mm.....  
.. *S. orthostachys* subsp. *soatensis* Fdez-Alonso

*S. orthostachys* Epl. subsp. *orthostachys* Fig. 3A.

**TIPO:** COLOMBIA. Norte de Santander, entre Pamplonita y Chinácota, en el valle del río Pamplonita, "in dumetis", 1300-1800 m, 17 feb 1927, Killip & Smith 20746 (US).

Plantas herbáceas con base leñosa, de 1-1,5 m, ramificadas en las partes superiores. Hojas triangulares

ovadas o anchamente ovadas de 7-9 x 5-8 cm, agudas en el ápice y cordadas en la base, margen uniforme y obtusamente crenado, haz verde intenso, subglabro, con pelos muy cortos acostados, dispersos; envés subglabro, con pelos cortos acostados y glándulas sésiles poco notorias. Pecíolos de 0,3-1,5 cm en las hojas medias. Inflorescencias terminales de 25-35(45) cm, con 20-30 verticilastros separados 1,3-1,8(2) cm, verticilastros con hasta 20 flóres. Brácteas rojizas de c. 3 mm de longitud, oval-lanceoladas, acuminadas, con margen ciliado, prontamente caducas. Pedicelo floral de (2)3-4 mm, con indumento rojizo-granate, largo, glandular. Cáliz rojizo, ligeramente acrescente, en el fruto, de 5,5-6(6,5) mm de longitud y de 4,5-5,5 mm de anchura en la parte distal, con 3 nervios en el labio superior y 5 en el inferior, lóbulos cortos, truncados, muy abiertos, de c. 1,5 mm de alto, indumento del cáliz glandular-septado, largo, rojizo junto con pelos cortos no glandulares. Corola rojo intenso, de 12-14 mm x 3,8 en la zona media y 3 en la zona superior, tubo ligeramente sigmoide, labio superior de c. 1 mm, lóbulo medio del labio inferior de 1,5(2) mm, con indumento rojo, pelos largos septados, densos. Anteras lineares de 1-1,2 mm, estilo pubescente, ramas cortas. Núculas oval-elípticas pardo-negruzcas, con manchas claras, de 1,8-2 x 1-1,2 mm.

**Distribución:** Se conoce de los departamentos de Santander (Epling, 1937), Norte de Santander y Boyacá (Fig. 4).

**Otro material revisado:** COLOMBIA. BOYACA. Between San Mateo and La Uvita, on a roadside bank in cloud forest country, 2400 m, 25 jun 1984. Leaves dark green, corolla red, Wood, J. R. I. 4466 (COL, FMB). NORTE DE SANTANDER. Vía Pamplona a Mutiscua, Km 7-9, en taludes de carretera con matorral secundario, 2600 m, 30 oct 1994, Fernández-Alonso, J. L., C.I. Orozco & P. Galvis 11690, 11693 (COL); ibidem 2,5 Km. abajo de La Caldera, en la vía Pamplona - Mutiscua, 2900-3000 m, 30 oct. 1994, Fernández-Alonso, J. L., C.I. Orozco & P. Galvis 11713 (COL); 4 Km. East of Pamplona, on roadsides in fairly dry stony country, 1900 m. Leaves dark green, corolla red, 4 jul 1984. Wood, J. R. I. 4510 (FMB, COL); Pamplona, J. J. Triana 3597.20 (COL).

*S. orthostachys* Epl. subsp. *soatensis* Fernández-Alonso subsp. nov.

**TYPUS:** COLOMBIA. BOYACA. Between Soatá and Suşacón, 2000 m. Occasional on roadsides and in semishaded woodland relicts along streams. 19 dic 1983, Wood, J. R. I. 4175 (Holotypus COL, Isotypi FMB, K).

Affinis subspeciebus typica, sed indumento caules longiore patente-recuvato; petiolis foliis medias longiore, 1,5-4,5 cm, calycis maturis abrupte truncatis, lobulis breviores, c. 1 mm longis.

Plantas herbáceas de hasta 1 m, subleñosas en la base, generalmente ramosas. Tallo con abundantes pelos blancos, largos recurvados y escasos pelos glandulares. Hojas acorazonadas o ligeramente triangulares, de 4,5-8 x 4-7 cm, subobtusas en el ápice, margen irregularmente crenado; haz verde, con pelos largos acostados, más o

menos dispersos, algunos glandulares; envés con pelos (largos) densos en nervios y abundantes en el resto de la lámina. Pecíolo de 1-3,5(5,5) cm, con indumento similar al del tallo. Inflorescencias terminales de 20-30(35) cm, con hasta 35-40 verticilastros, generalmente aproximados y 10-20 flores cada uno, eje de la inflorescencia con pelos largos glandulares, y escasos pelos cortos no glandulares. Brácteas pequeñas de c. 4 mm de longitud, ovado-lanceoladas, largamente acuminadas, con pelos glandulares largos y dispersos, prontamente caducas. Pedicelo floral de 2-4 mm de long, con indumento similar al del eje de la inflorescencia pero sin pelos glandulares. Cáliz floral con abundantes pelos glandulares largos y algunos no glandulares cortos, cáliz fructífero de 5-5,5 mm, bruscamente truncado, con dientes cortos de c. 1 mm. Corola ligeramente sigmoide, de 14-15 mm longitud, 2 mm de anchura en la base y c. 3 mm en la boca, marcadamente gibosa en la zona media inferior, lóbulo medio del labio inferior de c. 2 mm long, con abundante pilosidad septado-moniliforme, especialmente en 1/2 a 2/3 distales. Núculas elipsoides, en la madurez negruzcas, abigarradas, diminutamente papilosas, de c. 2 x 1,2 mm.

**Otro material revisado:** COLOMBIA. BOYACA. Valle de Soatá, vertiente árida, exposición E, 2130 m, 6 sep 1938, *Cuatrecasas, J. & GarcíaBarriga, H.* 1066 (COL). Munic. de Soatá, alrededores de la población, 2100 m. Hierba erguida, algo ramificada, tallo, pecíolo y hojas por el envés con tinte violáceo oscuro, corola rojo vivo. Frecuente en residuos de bosque húmedo a lo largo de las quebradas, dic 1952. *Hernández C., J.* 642 (COL); Soatá, vereda El Fósforo, en potreros, 28 may 1973, N. V.: "Amargosn". Hierba 30-60 cm, corola rojo-purpúrea, *Rincón, C.* 30 (Herb. Univ. Tecn. Tunja).

***Salvia xeropapillosa* Fernández-Alonso sp. nov.**  
Fig. 1

Affinis *S. othostachys*, sed, caules longe et patente pilosis, axis inflorescentie dense pililloso, disperse piloso, folias supra longe piloso (pilis recumbitus), calycis maiores, 8-8,5 mm longis, subglabris, papilloso (glandulis sessilia), dentes calycis longiores (3-3,5 mm) acuminatis, acumen 1,5-2 mm, corollae extus subglabra, lobulo inferiore longiore c. 3-4 mm.

**TYPUS:** COLOMBIA. BOYACA. Between Floresta and Santa Rosa, on fill below arkosic cliff, 23 ago 1953, c. 3000 m. Shrub c. 0,5 m tall, corolla red. *Langenheim, J. H.* 3584 (COL).

Plantas de 0,5-0,8 m altura, subleñosas en la base, escasamente ramosas, con entrenudos cortos iguales o menores en longitud a las hojas. Tallo densamente cubierto por pelos largos blancos, recurvados y abundantes glándulas sésiles oscuras. Hojas triangulares, de 3,5-4,5 x 3-3,5 cm, con base cordada, frecuentemente con mitades desiguales (inequiláteras), margen irregularmente crenado; haz con pelos largos acostados, abundantes, y papilas sésiles brillantes muy densamente dispuestas, envés con pelos largos blancos muy densos en los nervios y densos en el resto de la lámina, y abundantes glándulas sésiles. Pecíolo muy corto, siempre menor de 0,5 cm, con indumento denso similar al del tallo. Inflorescencias terminales de 25-40 cm, vertici-

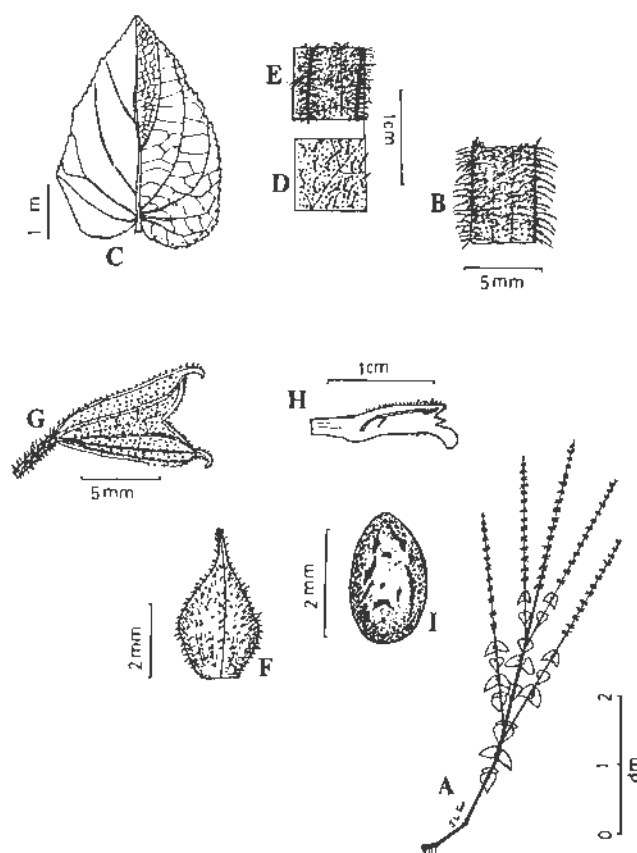


Figura 1. *Salvia xeropapillosa* Fernández Alonso. A.- Hábito. B.- Detalle del indumento de la zona media del tallo. C.- Hoja de la zona media del tallo. D y E.- Detalle del indumento en el haz y envés respectivamente. F.- Bráctea de la inflorescencia. G.- Cáliz fructífero. H.- Corola (corte sagital), mostrando un estambre. I.- Núcula.

lastros distanciados, eje de la inflorescencia con pelos glandulares subsésiles y escasos pelos largos no glandulares. Brácteas anchamente lanceoladas, acuminadas, de 3-4 x 2-3 mm, con indumento corto y disperso. Pedicelo floral de hasta 5 mm en el fruto, con pelos glandulares y no glandulares más cortos. Cáliz con glándulas sésiles (generalmente entre los nervios) y escasos pelos cortos (a lo largo de los nervios), cáliz fructífero de (7,5)8-8,5 mm, dientes del cáliz largos, acuminados, acumenes de c. 1,5-2 mm. Corola de 13-14 mm de longitud, ligeramente sigmoide, subglabra, con escasos pelos blancos septados, en el 1/2 apical, lóbulo medio del labio inferior largo, (2)3-4 mm. Núculas negras, de 2 x 1-1,2 mm, estrechamente elípticas, abigarradas, con brillo, diminuta y densamente papilosas.

**Distribución:** Conocida solo de una pequeña región de Boyacá (Fig. 4).

**Otro material revisado:** COLOMBIA: BOYACA. Santa Rosa de Viterbo, 13 nov 1945. 2700 m, común a la vera de los caminos, flores rojas. *Uribe Uribe, L.* 1060 (COL).

Esta especie se conoce hasta ahora de las zonas áridas de la región de Santa Rosa de Viterbo, en el ramal occidental de la cordillera oriental, se separa claramente del resto del complejo "orthostachys" por presentar indumento largo y recurvado en el eje (por debajo de la inflorescencia) y hojas provistas en el envés de indu-

mento largo, más o menos denso, junto con abundantes papilas sésiles, cálices subglabros recubiertos de glándulas sésiles y dientes del cáliz largamente acuminados.

**Salvia cocuyana** Fernández-Alonso sp. nov. Fig. 2

Affiniis *S. xeropapillosae*, caules brevi et adpresso pilosis, sed axis inflorescentiae longe piloso patentis lanatisve, indumento calycis longe, septato et glandulosis, non apiculatis vel apiculis nonnumquam 1 mm longo, corolla extus, dense piloso-septatis dimidia superiore, lobulo inferiore corolla brevior c. 2-3 mm.

**TYPUS:** COLOMBIA. BOYACA. C. 4-6 Km from Cocuy on the road to Chita, frequent on shrubby banks, stream in high open bleak country, 3000-3600 m, 3 nov 1985. Branched woody herb to c. 1,5 m in high, leaves white below, corolla red. *Wood, J. R. I. 5139* (Holotypus, Col, Isotypi, FMB, K).

Plantas herbáceas de hasta 1,5 m. Tallos rojizos, ramificados en la zona media y superior, indumento (por debajo de la inflorescencia) muy corto (c. 0,2 mm), recurvado; entrenudos más largos que las hojas. Hojas ovadas de 2-4 x 1,3-2,5 cm, en mayor o menor grado cordadas en la base y muy agudas en el ápice, margen finamente crenado, haz verde oscuro de aspecto glabro, con indumento disperso similar al del tallo, envés blanco, con denso indumento muy corto, nerviación secundaria y terciaria resaltada. Pecíolo corto, generalmente

de menos de 1 cm. Inflorescencias terminales de hasta 25-35 cm, racimos constituidos por verticilastros separados c. 1 cm, éstos con hasta 15-20 flores, raquis con indumento rojizo o raramente amarillento, largo, septado. Brácteas prontamente caducas, de 3-4 x 3-4 mm, anchamente ovales, acuminadas, con indumento largo glandular-septado. Pedicelo (en el fruto) de 4-5 mm, con indumento septado negruzco, no glandular. Cáliz verde, ocasionalmente morado-negruzco, de 8,5-9 x 5-6 (en el fruto), labio superior estrecho de c. 3 mm, el inferior similar con dos apículos de 1 mm, con 5 nervios, indumento largo glandular-septado. Corola rojo intenso, de 12-14(15) mm, tubo marcadamente sigmoide, ligeramente giboso en la zona media inferior, lóbulos de la corola muy cortos, el superior de c. 1 mm, lóbulo medio inferior de 2-2,5 mm, externamente con indumento rojizo, septado, corto, en la mitad distal. Filamentos estaminales insertos a 4-5 mm de la garganta, conectivo de 7-8 mm, anteras lineares de 2 mm de longitud, estigma con ramas desiguales, la superior de c. 1,5 mm. Núculas negruzcas, brillantes, oval-elípticas de 2,1-2,5 x 1,2 cm, con tubérculos poco resaltados y muy dispersos.

**Distribución:** Conocida únicamente de la Sierra Nevada del Cocuy, Departamento de Boyacá (Fig. 4).

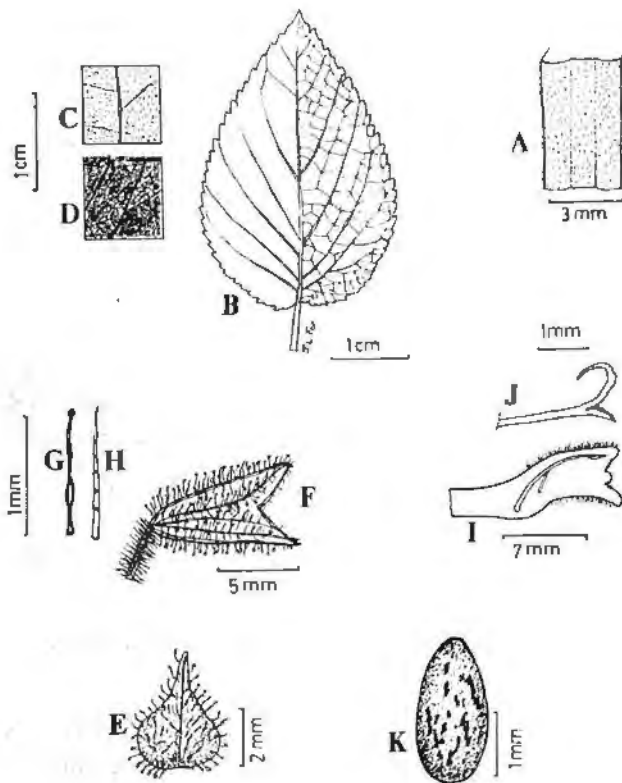
**Otro material revisado:** COLOMBIA. BOYACA. Valle del Cocuy, vertiente SW, 3750-3100 m, 8 sept 1938, *Cuatrecasas, J. & García Barriga, H. 1274* (COL); Sierra Nevada del Cocuy, Open scrub on dry slopes above Guicán, 3100 m. N. V. "Amarguera". Herb to 1 m, 26 jul 1959. *Grubb, P. J., B. A. B. Curry & A. Fernández Perez 52* (COL); Guicán, Sierra Nevada de Guicán, Hacienda Ritacuba, 3600 m, 13 ago 1979; hierba flores rojas, *Vargas, O. & curso de campo II-79 38A* (COL); In the Cocuy mountains above Guicán, quite frequent on grassy roadsides -particularly in disturbed stony-often stony places. Erect aromatic perennial, woody herb 1 m, leaves white below corolla red. 3400 m alt. 18 dic 1983. *Wood, J. R. I. 4158* (COL, FMB); Sierra Nevada del Cocuy, above Guicán, In disturbed rocky habitats, roadsides around huses rock falls, etc. Woody herb c 1 m, aromatic, leaves withish below, corolla red. 3500 m, 18 dic 1983. *Wood, J. R. I. 4142* (COL, FMB).

*Salvia cocuyana* se tipifica con claridad por sus tallos subglabros y hojas subsésiles con envés plateado, inflorescencias con denso indumento lanoso y cálices grandes con indumento muy notorio glandular-septado. Presenta constancia en los caracteres esenciales a lo largo del rango de distribución conocido (Sierra Nevada del Cocuy).

**Salvia gachantivana** Fernández-Alonso sp. nov.

Herba perennis vel suffrutex, caulibus longe pilosis; foliis longe petiolatis, petiolis 2,5-6(7) cm longis, laminas cordatis, subtus dense vel disperse pilosis, bracteis inflorescentiae late triangularis vel rhombicas, usque ad 11 mm longis, calycis dense piloso, pilis longis septatis, glandularis, corolla tubus abrupte saccatus.

**TYPUS:** COLOMBIA. BOYACA. Desvío al municipio de Gachantivá en la vía Villa de Leyva a Arcahuco, c. 2200-2400 m, 12-dic 1989. Herbacea 1-1,2 m,



**Figura 2.** *Salvia cocuyana* Fernández-Alonso. A.- Detalle del indumento de la zona media del tallo. B.- Hoja de la zona media del tallo. C y D.- Detalle del indumento en el haz y envés respectivamente. E.- Bráctea de la inflorescencia. F.- Cáliz fructífero. G.- Tricoma septado uniseriado glandular del cáliz. H.- Tricoma septado uniseriado no glandular del pedicelo floral. I.- Corola (corte sagital), mostrando un estambre. J.- Detalle de las ramas estigmáticas. K.- Núcula.

flores rojas. *Fernández-Alonso, J. L. & A. R. Castillo 8217* (COL, MA y por distribuir).

Plantas herbáceas, generalmente con bases de los tallos engrosadas, leñosas, de hasta 1,5(1,7) m. Tallo con pelos largos blancos ligeramente recurvados o sinuosos, a veces además con pelos largos glandulares. Pecíolo de (2,5)3-6(7) cm, con indumento similar al del tallo. Hojas acorazonadas, de (4)6-9(11) x (3,5)4,5-7(9) cm, de agudas a subobtusas en el ápice, cordadas en la base, margen crenado, haz con pelos cortos más o menos dispersos; envés de verde grisáceo a blanquecino, con indumento abundante en los nervios o bien en toda la lámina. Inflorescencias de 20-40 cm terminales, verticilastros muy aproximados, separados 0,8-2 cm. Brácteas de triangulares a rómbico-lanceoladas, de hasta 1,1 cm longitud, agudas, caducas. Pedicelo floral de (2)3-5(6) mm. Cáliz floral con denso indumento largo glandular-septado generalmente acompañado de pelos cortosno glandulares, caliz fructífero de 8,5-9,5 mm longitud, dientes del cáliz c. 3 mm, agudos; Corola, de 14-19 mm de longitud, tubo más o menos sigmoideflexionado, con gibosidad marcada en la zona medioventral, indumento rojo septado-moniliforme en los 2/3 distales o bien en toda la corola. Núculas de 2,5 x 1,3-1,5 mm, estrechamente elípticas, generalmente marrón-negruzcas, finamente tuberculadas.

Se ha considerado el rango de especie con 2 subespecies para las plantas de indumento largo en tallos, hojas con pecíolos largos y cálices grandes con indumento largo glandular.

#### Clave para las subespecies de *S. gachantivana*

- Hojas con indumento disperso en el envés (no blancas o grisáceas), eje de la inflorescencia con indumento glandular; tubo de la corola de 13-14 mm de longitud, gibosidad rematada en un estrangulamiento (concauidad), plantas que crecen hasta los 2800 m ..... *S. gachantivana* subsp. *gachantivana*.
- Hojas con indumento denso en el envés (blancas o grisáceas), eje de la inflorescencia con indumento no glandular, tubo de la corola de 17-19 mm de longitud, gibosidad uniformemente convexa, plantas que crecen a más de de 3300 m..... *S. gachantivana* subsp. *woodii*.

*S. gachantivana* Fernández-Alonso subsp. *gachantivana*. Fig. 3B.

Tallo con pelos largos blancos ligeramente recurvados, mezclados con pelos largos glandulares y no glandulares más cortos. Pecíolo de 3-6(7) cm. Hojas de hasta 6-9(11) x 4,5-7(9) cm, agudas en el ápice, haz con

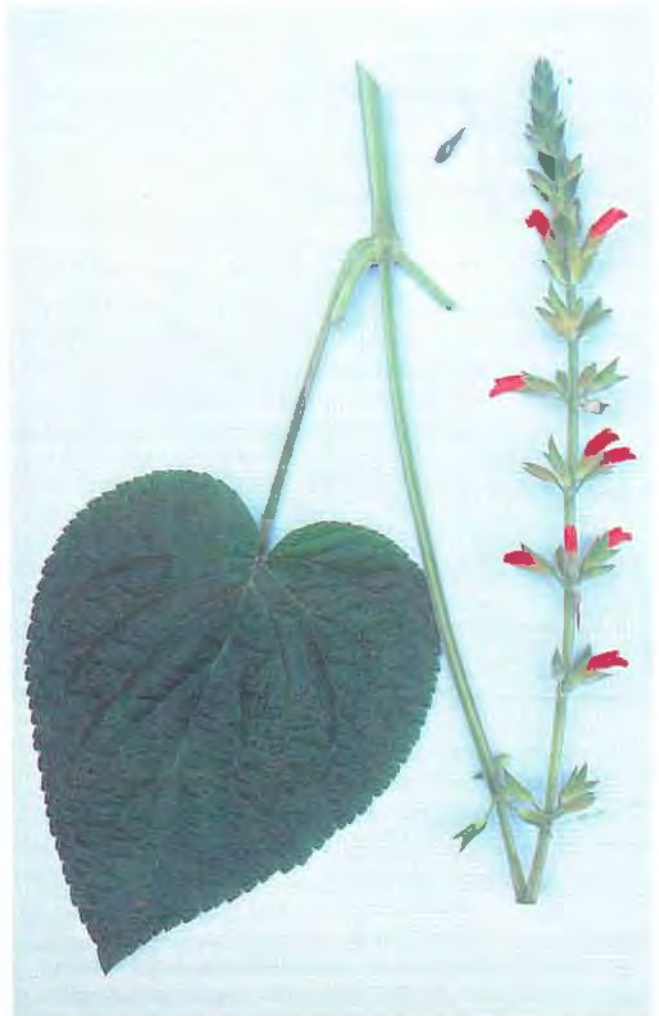


Figura 3. A. Fotografía de inflorescencias y hojas superiores de *Salvia orthostachys* Epl. subsp. *orthostachys* (Fernández-Alonso & al. 11693).  
3. B. Fotografía de una inflorescencia de *Salvia gachantivana* Fernández-Alonso subsp. *gachantivana* (Fernández-Alonso 11495)

pelos cortos en los nervios y pelos acostados muy dispersos en el resto de la lámina; envés verde grisáceo con indumento similar al del pecíolo en los nervios y en el resto pelos cortos muy dispersos y papilas. Inflorescencias con verticilastros separados 0,8-2 cm. Brácteas rombico-lanceoladas, grandes, de hasta 1,1 cm longitud, agudas, caducas; eje de la inflorescencia con indumento similar al tallo, denso. Pedicelo floral de 3-5(6) mm; Cáliz floral con indumento largoglandular e indumento corto no glandular, ambos muy abundantes. Corola, de c. 1,4 cm, tubo con notable gibosidad en la zona medio ventral, indumento rojo en los 2/3 distales, resto de la corola subglabro, papiloso. Núculas de 2,5 x 1,3 mm, brillantes, abigarradas, con escasas prominencias planas poco conspicuas, estrechamente elípticas.

**Distribución:** Conocida de dos localidades de las zonas secas del departamento de Boyacá (Fig. 4).

**Otro material revisado:** COLOMBIA. BOYACA. Desvío al municipio de Gachantivá en la vía Villa de Leyva-Arcabuco, 220 m. (Plantas cultivadas en Bogotá partir de semilla en Bogotá, Cundinamarca). Hierba base leñosa de hasta 2,2 m, corola rojo intenso. 5 jul 1990. *Fernández-Alonso, J. L. 8349* (COL, MA); *ibidem.*, planta cultivada en exteriores en Bogotá (mismo origen), 20 Jun 1994 *Fernández-Alonso, J. L. 11495* (COL); *ibidem.* plantas cultivada de semilla procedente del trayecto

Gachantiva-Arcabuco (Boyacá), 2200 m, 16 sept. 1994, *Fernández-Alonso, J. L. 11615, 11616* (COL); *ibidem.* de semilla procedente del trayecto Los Naranjos-Gachantiva (Boyacá), 2300 m, 16 sept. 1994, *Fernández-Alonso, J. L. 11615, 11616, 11617, 11618* (COL); Municipio de Sáchica, 1990 m, ago 1964, *Saravia, C. 4319* (COL).

Se separa con claridad del resto de los taxones del grupo por su característico indumento fino del tallo, hojas cortamente acorazonadas largamente pecioladas y amplias brácteas de la inflorescencia.

Nota: Se conoce una sola colección de la región de Socha (Boyacá) asignable a esta especie, que se diferencia por sus hojas subglabras y corolas subglabras a excepción del tercio distal:

COLOMBIA. BOYACA. Socha Nueva, 2 jun 1958. planta de 1 m, olorosa, caliz verde, corola roja. *Romero Castañeda, R. & R. Jaramillo M. 6839* (COL).

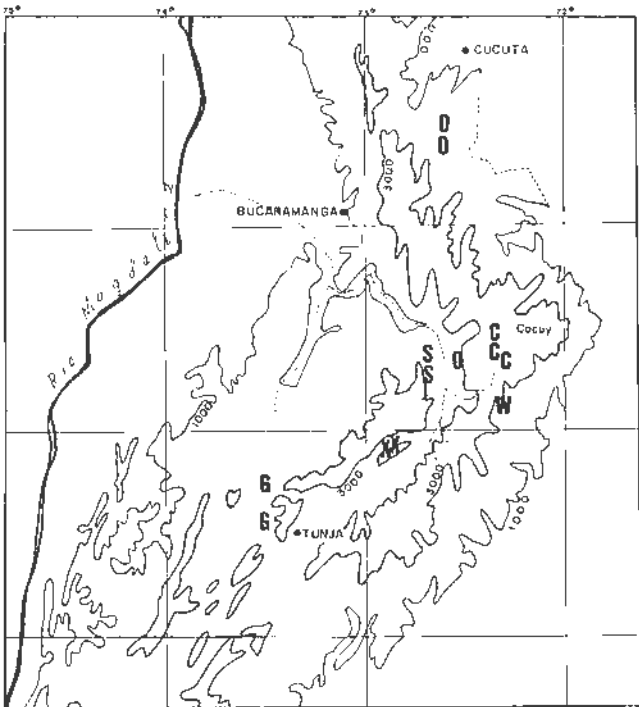
**S. gachantivana** Fernández-Alonso subsp. *woodii* Fernández-Alonso **subsp. nov.**

A subespeciebus tipica difer foliis infra dense lanosis, axis inflorescentia eglandulosis, bracteis inflorescentia breviores, corolla longiorc 18-19 mm.

**TYPUS:** COLOMBIA. BOYACA. On the road from Chita to Socha, above Los Pinos, in rough bushy ground by a stream in the first cultivates ground just below the paramo. 3400 m. Woody herb 1,5 m, usually very much branched, leaves dark green above, grey below, corolla red. 4 nov 1985. *Wood, J. R. I. 5153* (COL, 2 espec.)

Tallo con pelos largos sinuosos y pelos cortos. Hojas acorazonadas de 4-6 x 3,5-5,5 cm, haz verde intenso con pelos acostados uniformemente dispersos, envés con abundantes pelos sinuosos, blancos, especialmente en todas las nerviaciones. Pecíolo de 2,5-3,5(5) con abundantes pelos cortos blancos y también largos septados sinuosos. Inflorescencias de c. 20 cm, terminales, con numerosos verticilos aproximados, de más de 10 flores. Brácteas triangulares de c. 4 mm de longitud, con pelos cortos y pelos muy largos septados, abundantes. Pedicelo floral de 2-3 mm. Caliz floral con pelos septados glandulares, largos muy densamente dispuestos, caliz fructífero de hasta 9 mm; dientes de c. 3 mm no acuminados. Corola de hasta 18-19 mm, notoriamente sigmoide, muy estrechado en la base del tubo c. 1 mm, de c. 4 mm en la zona media donde presenta una gibosidad inferior y de c. 3 mm en la garganta, lóbulo medio basal de 2-3 mm, con indumento septado moniliforme en toda la corola. Estigma con ramas desiguales, la superior más larga de c. 1,5 mm; núculas oblongo-elipsoides, de 2,5 x 1,5 mm, finamente foveolado-papilosas.

Subespecie conocida por una sola colección procedente de zonas altas de la vertiente sur del Macizo del Cocuy. Dedico esta planta a J. R. I. Wood, por su gran contribución al conocimiento del género *Salvia* en Colombia tanto en lo que respecta al esfuerzo de colección desarrollado como al tratamiento publicado.



**Figura 4.** Representación de la distribución de los diferentes taxones del complejo «*Salvia orthostachys*», endémicos de la región de Boyacá-Santanderes. C.- *S. cocuyana*. G.- *S. gachantivana* subsp. *gachantivana*. O.- *Salvia orthostachys* subsp. *orthostachys*. S.- *S. orthostachys* subsp. *soatensis*. W.- *S. gachantivana* subsp. *woodii*. X.- *Salvia xeropapillosa*.

**Clave para las especies de *Salvia* sect. *Rubescentes* de Colombia.**

- 1.- Corola azul o azul-púrpura ..... 2
- 1'- Corola rojo escarlata ..... 4
- 2.- Plantas con tallos densamente algodonosotomentosos, blancos, hojas con pecíolos menores de 1,5(2) cm, lanceoladas y blanco-niveas en el envés .....  
..... *S. paramicola* Fdez. Alonso
- 2'- Plantas con tallos más o menos villosos, verdes, hojas ovadas con pecíolos de más de 2-2,5 cm ..... 3
- 3.- Racimos con hasta 10 verticilos y verticilos de hasta 8-10 flores, corola de 2-3 cm de longitud, dientes del labio inferior del cáliz cortamente apiculados..*S. amethystina* J. E. Smith
- 3'- Racimos con más de 10 verticilos y verticilos de más de 15 flores, corola de 1,7-2,1 cm de longitud, dientes del labio inferior del cáliz largamente caudados (3 mm). .....  
..... *S. ampelophylla* Epl.(\*)
- 4.- Labio superior de la corola de menos de 2 mm de longitud, estambres y estilo incluidos en el labio superior de la corola ..... 5
- 4'- Labio superior de la corola de más de 2 mm, estambres y estilo cortamente exsertos ..... 8
- 5.- Cáliz fructífero de hasta 6 mm de longitud, labios del cáliz muy cortos (menos de 3 mm), truncados y anchos .....  
..... *S. orthostachys* Epl.(\*\*)
- 5'- Cáliz fructífero de más de 7 mm de longitud, labios del cáliz de más de 3 mm, largos o moderadamente cortos ..... 6
- 6.- Cáliz de aspecto glabro, indumento constituido solo por papilas sésiles o subsésiles, dientes del labio inferior con apículos filiformes de c. 2 mm ..... *S. xeropapillosa* Fdez. Alonso
- 6'- Cáliz con indumento largo, septado, glandular, ocasionalmente también glándulas sésiles, cáliz si apiculado, apículo de menos de 1 mm ..... 7
- 7.- Tallos con indumento muy corto, aplicado, pecíolos de las hojas medias cortos, raramente alcanzando 1 cm .....  
..... *S. cocuyana* Fdez. Alonso.

- 7'- Tallos con indumento largo, glandular o no; pecíolos de las hojas medias más o menos largos, de 2,5-7 cm .....  
..... *S. gachantivana* Fdez. Alonso(\*\*)
- 8.- Corolas exteriormente glabras o subglabras .....  
..... *S. rubescens* Kunth (\*\*\*)
- 8'- Corolas exteriormente villosas ..... 9
- 9.- Corola de menos de 2,5 cm de longitud, hojas notoriamente bulladas y blanco-flocosas en las venas del haz .....  
..... *S. nubigena* Wood & Harley
- 9'- Corola de más de 3 cm de longitud, hojas escasamente bulladas, glabras o pubescentes pero nunca blanco-tomentosas en las venas del haz .....  
..... *S. melaleuca* Epl. (\*\*\*)

**NOVEDADES EN *HYPTIS* SECC. *MESOSPHAERIA* BENTH. (SUBSECC. *ERIOCEPHALAE* EPL. Y *PECTINARIA* (EPL.) EPL.) EN COLOMBIA.**

Una de las secciones más extensas en el género *Hyptis* es la sección *Mesosphaeria* Benth. (Epling, 1949). Dentro de ella, la subsección *Eriocephalae* Epl., se caracteriza por la presencia de címulas densas (hemisféricas) pedunculadas y está representada en Colombia por 5 especies, que con carácter excepcional en el género, se distribuyen en zonas montanas (1300-3000 m). Se describe en este grupo, una nueva especie cercana a *H. purdiaei* Benth. e *H. obtusata* Benth., se propone una nueva sinonimia y se aclara la distribución de *H. melissoides*. Por último en la subsección *Pectinaria* (Epl.) Epl. que cuenta con tres especies en Colombia, se describe una nueva variedad y se registran novedades corológicas de cierta relevancia.

La nueva especie que aquí se propone presenta, como carácter infrecuente en el género, hojas típicamente tuberculado-bulladas con tricomas ramosos y simples glandular-vesiculosos. Estas plantas se conocen solo de zonas secas del departamento de Boyacá.

***Hyptis perbullata* Fernández-Alonso sp. nov. Fig. 5.**

**TYPUS. COLOMBIA. BOYACA.** W of Tibasosa, between Duitama and Sogamoso, 2500 m. Branched undershrub with leggy stems, mostly leafless except near the branch tips, decumbent ascending, plant aromatic. 1983, Wood, J. R. I. 3762 (Holotypus, COL; Isotypus, FMB, K).

Affinis *H. obtusata* Benth et *H. purdiaei* Benth., sed indumento axis, petiolis et foliis ramosi, petiolis 7-12 mm, foliis suborbiculatis, subacutis, abrupte tuberculato-bullatis, margine revolutis, Inflorescentias axillaris, pedunculo inflorescentiae longiore, folias superante, 2-3,5 cm.

Subarbusto de 30-50 cm, escasamente ramificado en la base. Tallos frecuentemente desprovistos de hojas en las partes basales, densamente algodonosos, perdiendo el indumento en las partes inferiores. Indumento constituido por pelos septados, ramosos. Entrenudos gene-

(\*) - Se ha preferido conservar el rango de especie y no el de subespecie (*S. amethystina* J. E. Sm. subsp. *ampelophylla* (Epl.) Wood & Harley) para estas plantas propias de la cordillera central de Colombia, marcadamente diferentes de *S. amethystina* (Smith, 1790), en las inflorescencias y en el cáliz.

(\*\*) - clave para las subespecies en este mismo artículo

(\*\*\*) - clave subespecies en Wood & Harley (1989).

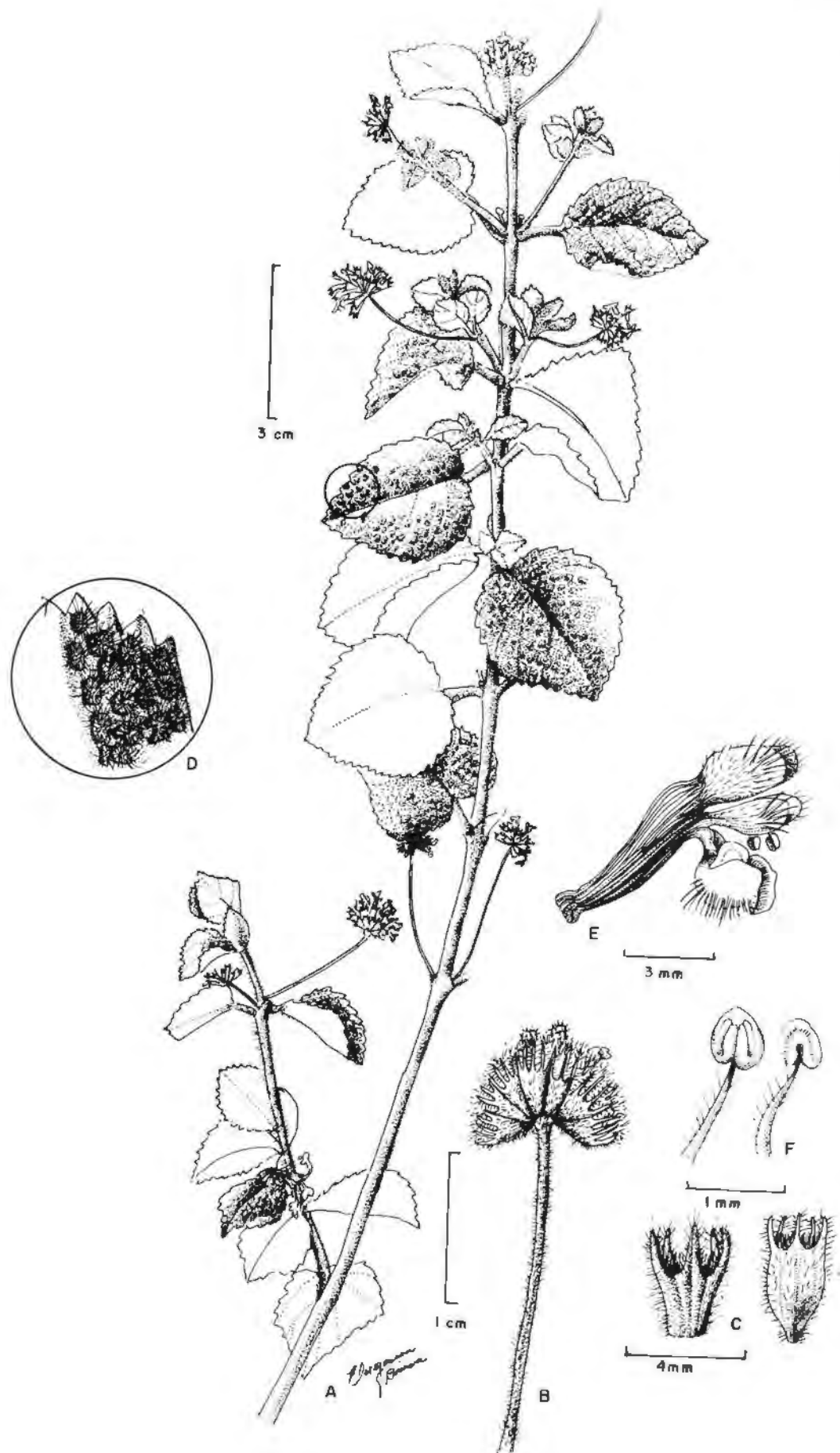


Figura 5. *Hyptis perbullata* Fernández-Alonso. A.- Hábito. B.- detalle de una inflorescencia axilar. C.- Cáliz floral (izq.) y fructífero (der.). D.- Detalle de la superficie del haz de la hoja. E.- Corola vista lateralmente. F.- Detalle de un estambre (lámina de E. Rico de Brieva).

ralmente más largos que las hojas. Hojas de suborbiculares a anchamente ovadas de 2,1-3 x 2-2,8 cm, cordadas en la base, subagudas en el ápice, prominentemente tuberculado-bulladas en la haz con abundante indumento de pelos ramosos y pelos glandulares rematados en una vesícula, envés densamente algodonoso, márgen gruesamente crenado-dentado, ligeramente revoluto; pecíolo de 0,7-1(1,2) cm. Inflorescencias generalmente axilares, más raramente al final de ramas cortas axilares en las partes superiores, glomérulos hemisféricos de 0,8-1,2 cm de diámetro sobre pedúnculos de (2) 2,5-3 (3,5) cm con indumento similar al del tallo. Brácteas filiformes de c. 5 mm de longitud. Pedicelos florales de menos de 1 mm. Cáliz violáceo de 4,8-5 mm en el fruto, dientes lineares obtusos de 1-1,5 mm con indumento ramoso e indumento glandular, corola azul-violacea, de 5-6,5 cm de longitud, lóbulos de 2-2,5 mm, externamente densamente pilosa, pelos septados ramosos. Núcúlas marrones, elipsoide-rectangulares de 1,5-1,8 x 1 mm, con una costilla ventral, superficie finamente rugosa.

**Otro material revisado:** COLOMBIA: BOYACA. Municipio de Socha Nueva, 2 jun 1958. Arbustillo 0,5 m, hojas olorosas, flores moradas, *Romero Castañeda, R. & R. Jaramillo 6842* (COL); Municipio de Sogamoso, 2570 m alt, 12 feb 1972. Planta erecta 40-50 cm, fl. azul oscuro, *Guarín, M. R. & M. Villarreal V. 1312* (Herb. Univ. Tunja); Municipio de Socha, carretera de Los Pinos hacia Tasco, 2580 m, 2-XI-1987, *Orozco, C.I. & al. 2010* (COL).

Esta planta también guarda relación con la especie peruana *H. marrubifolia* Epl. & Math. (Epling & Mathias, 1957), por la forma de las hojas, disposición de las inflorescencias y longitud de los pedúnculos, no obstante se separa porque a diferencia de la que se describe presenta hojas subsésiles, glomérulos de mayor tamaño (de más de 1,5 cm de diámetro) y cálices menores (de c. 3,5 mm de longitud en la madurez).

***Hyptis obtusata* Benth., Pl. Hartweg. 241. 1846.**

El tipo de esta especie fue colectado en Quito, Ecuador y su distribución conocida va desde la región seca de Pasto-Ipiales en el sur de Colombia hasta el sur de Ecuador y Perú (Epling, 1949, 1950).

**Material revisado:** COLOMBIA. NARIÑO. Provincia de Túquerres, 2800 m, may 1853, *Triana, J. J. 3583.5* (COL); Vía Pasto - Túquerres, 2600-1820 m, 30 nov 1962, *Saravia, C. & R. Jaramillo 1826* (COL); Above the río Guitarra, valley on the road to Túquerres, 1700-2300 m, 5 mar 1986, *Wood, J. R. I. 5828* (COL).

***Hyptis purdiaei* Benth., in DC. Prodr. 12: 125. 1848.**

**Tipo:** Sierra Nevada de Santa Marta, *Purdie s.n.* (K!, fototypus)

De esta especie solo se habían citado dos colecciones del siglo pasado (Epling, 1949), y con posterioridad se indicó un registro de Ecuador (Epling & Jativa, 1963), que nosotros interpretamos como perteneciente a *H. obtusata*. A continuación se añade una nueva colección de esta especie.

**Material revisado:** COLOMBIA. MAGDALENA. Sierra Nevada de Santa Marta, mar 1948, *Romero Castañeda, R. 930* (COL).

La Sierra Nevada de Santa Marta, aparte de algunas especies de amplia distribución y de *H. purdiaei* ya comentado, cuenta con otras dos especies de *Hyptis* descritos de allí (Ayers & Bouford, 1988): *H. diffusa* Epl. (Subsecc. *Pectinaria*) que se comenta más adelante e *H. colombiana* Epl. (Subsecc. *Vulgares* Benth.) que se extiende a lo largo de Colombia y regiones aledañas de Ecuador.

***Hyptis melissoides* Kunth, in H. B. K., Nov. Gen. Sp. Pl. 2: 320. 1818.**

En la publicación de esta especie en el Nova Genera... (Kunth, 1818), se presentó la siguiente indicación locotípica: "Crescit locis alsis, amoenis prope pagum El Tablón et ripam fluminis Juanambu, alt. 800 hex. (Regno Novo Granatensi)". Que en la actualidad fácilmente puede ubicarse en sur del territorio Colombiano. No obstante autores posteriores la indicaron como planta descrita de Ecuador (Epling, 1935, 1937, 1949).

Al no haberse detectado con posterioridad en territorio ecuatoriano, se trataría de una especie endémica del sur de Colombia (Fig. 6), circunscrita a las partes altas de la interesante fosa del río Patía y sus tributarios. Para Colombia se ha citado en la literatura muy contadas localidades del sur de Colombia y una de Antioquia

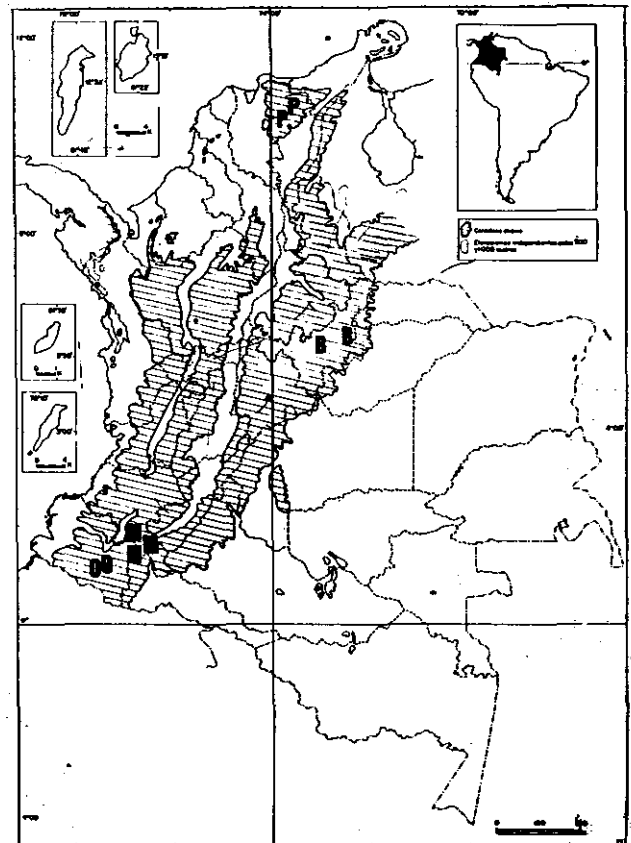


Figura 6. Distribución en Colombia de algunas especies de *Hyptis* secc. *Mesosphaeria* subsecc. *Erioccephalae*. B.- *H. perbullata* Fernández Alonso. M.- *H. melissoides* Kunth. O.- *H. obtusata* Benth. P. - *H. purdiaei* Benth.

(Epling, 1949, 1950). La cita de Antioquia *Barkley & al. 1512* que se reseña como "una forma glabra de esta especie", y que además según la muestra vista en herbario (COL), carece de las típicas inflorescencias ramificadas de esta especie, en realidad pertenece a la especie muy variable *H. sidaefolia* Briq.

**Otro material revisado:** CAUCA: Mp. de Mercaderes, on dry slopes; very slender aromatic shrub, 1100 m alt., 29 oct 1946, *Haugh, O. 5147* (COL). NARIÑO: Carretera Panamericana, a 1 Km del tunel de Peñalisa, Km 40. Arbusto de 1,7 m, flores blancas con olor característico, similar a la *Lantana*, 13 Jun 1976, *de Benavides, O. 431* (COL); Provincia de Pasto, Boquerón del paso del Juananbú, 1300 m, Jun 1853, *Triana, J. J. 8583.8* (COL, US); Carretera Pasto-Cali, "departamentos de Nariño, Cauca y Valle", 6-10 dic 1962, *Saravia T., C. & R. Jaramillo 1992* (COL).

### *Hyptis sidaefolia* Briq. e *Hyptis silvestris* Epl.

Después de revisar numeroso material asignado indistintamente a *Hyptis sidaefolia* Briq. e *Hyptis silvestris* Epl., se observó todo un rango de variación entre los caracteres diagnósticos de una y otra especie. Se propone la sinonimia de *H. silvestris* Epl., especie descrita con plantas procedentes del departamento del Tolima (EPLING, 1936, 1949) bajo el binomio más antiguo *H. sidaefolia*.

Material de Colombia asignado en los herbarios a la especie brasileña *H. umbrosa* Salzm. ex Benth., corresponde en realidad a *H. sidaefolia*.

**H. sidaefolia** Briq. in Ann. Couserv. et Jard. Bot. Geneve 2:204. 1898.

= *Bystropogon sidaefolius* L'Herit., *H. polyantha* Poit., *M. polyanthum* Kuntze;

= *H. silvestris* Epl. in Repert. Sp. Nov., Beih. 85:249. 1936. **synon. nov.**

**Distribución:** Ampliamente distribuida en Colombia, Ecuador y Perú. En Colombia se conoce de las tres cordilleras y Sierra Nevada de Santa Marta, creciendo en el rango 1500-3000 m.

**Material representativo revisado:** COLOMBIA. Sin loc. *Mutis, J. C. 905* (MA-MUT, US). ANTIOQUIA: de Sonsón a La Ceja, 14 abr 1951, *Romero Castañeda, R. 2407* (COL). CAUCA: Munchique, open ground, 2100 m, 21 abr 1939, *Alston, A. H. G. 8188* (COL). CHOCO: La Mansa, 2700 m, 21 ene 1949, *Araque Molina, J. & F. A. Barkley 19Ch033* (COL). CUNDINAMARCA: Municipio de Tena, cercanías de la Laguna de Pedro Palo, 1800-2000 m, 3 ago 1986, *Fernández-Alonso, J. L. & al. 6582* (COL, MA). BOYACA: Ráquira, arroyos estacionales, suelo arcilloso, 2250 m, 4 Jun 1989, *Castroviejo, S. & al. 10623* (COL, MA). HUILA: Municipio de La Argentina, finca Barranquilla, 1600 m, jun 1984, *Herrera, L. F. 16* (COL). QUINDIO: Municipio de Filandia, vereda Bambuco Alto, finca La Esperanza, 1780 m, 30 Jul 1987, *Arbeláez & al. 2209* (COL). RISARALDA: cordillera occidental, municipio de Santuario, vereda San

Rafael, por la carretera a Pueblo Rico, faldas del Páramo de Tatamá, 2000 m, 16 sept 1980, *Camargo, L. A. & A. Londoño 7278* (COL). TOLIMA: Provincia de Mariquita, La Palmilla, 2000 m, ene 1853, *Triana, J. J. 3583.9* (COL).

**Subsección *Pectinaria* (Epl.) Epl.:** La subsección *Pectinaria* (Epl.) Epl. cuenta con 3 de sus 14 especies en territorio colombiano. Dos de ellas *H. pectinata* (L.) Poit. e *H. suaveolens* (L.) Poit., se encuentran ampliamente distribuidas en zonas cálidas de Colombia. Una tercera especie *H. diffusa* Epl. era conocida únicamente por la colección típica de H. H. Smith, como un notable endemismo de la Sierra Nevada de Santa Marta. Se comentan a continuación algunas novedades en este grupo.

***Hyptis diffusa*** Epl. in Repert. Sp. Nov. Beih. 85: 242. 1936.

**Material revisado:** COLOMBIA. CESAR. Serranía del Perijá. Municipio de Codazzi, Vereda La Hoya, finca de Luis Garza, 2000 m, May 1994, *O. Rangel & al. 12366* (COL).

El reciente hallazgo de esta planta en la Sierra de Perijá, amplía su rango de distribución y representa la segunda colección conocida para esta especie.

***Hyptis suaveolens* (L.) Poit.,** Ann. Mus. Paris 7: 472, t. 29, f. 2, 1806. var. *mollissima* Fernández-Alonso, **var. nov.**

Differt varietas typicae, planta odoratissima, caules robustiores, densissime albo-hirsutis, pilis longis.

*H. suaveolens* se encuentra ampliamente extendida en los trópicos de ambos hemisferios. En Colombia presenta una distribución característica, encontrándose asociado a las llanuras secas del país: así toda la costa atlántica y zonas secas del valle del Magdalena (Cundinamarca, Tolima y Huila). Por otra parte lo que aquí se trata como var. *mollissima*, correponde a las poblaciones que crecen en el piedemonte de la orinoquia colombiana. Estas plantas se caracterizan por su fuerte aroma, el mayor porte (de hasta 2 metros) con ejes robustos, densamente blanco-hirsutos, pelos largos rígidos patentes. Por ser una planta frecuentemente usada en medicina popular, se consideró de utilidad dar nombre a esta variación estable encontrada en territorio colombiano.

**Distribución:** Conocida de Colombia de la región del piedemonte llanero (Casanare, Meta).

**Material revisado:** COLOMBIA. CASANARE. Yopal, hacienda La Milagrosa, maleza de cultivos de arroz, aromática, flores rosado-oscuro, 1 nov 1974, *Caranza, P. & V. H. Arias 18* (COL); ibidem. Al sur del Hato Matapantano, llanura aluvial de desborde, 10 jul 1963, *Blydenstein, J. & C. Saravia T. 1191* (COL); Tauramena, alrededores, planta de 1-1,5 m, con olor a barniz, fl, azules, 550 m, 29 nov 1960, *Uribe U., L. 3568* (COL). META. 40 Km east of Villavicencio, 400 m, stiffly upright suffrutescent sparsely branched, 2 m, fl. purplish, 19 dic 1938, *Haugh, O. 2475* (COL).

## Agradecimientos

Agradezco a Orlando Rangel y Rafael Castillo el suministro de recientes colecciones del género *Hyptis* del Cesar y Boyacá respectivamente; a Paulina Muñoz la revisión del manuscrito y a E. Rico de Brieua su colaboración en las láminas.

## Bibliografía

- Ayers, T. J. & D. E. Boufford. 1988. Index to the vascular plant types collected by H. H. Smith near Santa Marta, Colombia. *Brittonia* **40** (4): 400-432.
- Epling, C. 1935-1936. Synopsis of the South American Labiatae. *Repert. Sp. Nov. Regni Veg.* **85**(7-12): 97-192.
- \_\_\_\_\_. 1937. The Labiatae of the Northern South America; Colombia, Ecuador & Venezuela. *Fedde Repert. Sp. Nov. Beih.* **95**: 5-144.
- \_\_\_\_\_. 1939. A revision of *Salvia*, subgenus *Calosphace*. *Repert. Sp. Nov. Beih.* **90**: 1-383, 33 lam., 33 mapas.
- \_\_\_\_\_. 1949. Revisión del género *Hyptis* (Labiatae). *Rev. Mus. la Plata, secc. Bot.* **7**: 153-497.
- \_\_\_\_\_. 1950. Supplementary notes on American Labiatae - V. *Brittonia* **7**: 129-142.
- \_\_\_\_\_. & C. Játiva. 1963. Supplementary notes on American Labiatae - VIII. *Brittonia* **15**: 366-376.
- \_\_\_\_\_. & M. E. Mathias. 1957. Supplementary notes on American Labiatae - VI. *Brittonia* **8**: 297-313.
- Fernández-Alonso, J. L. 1989. Labiatae, en: Flora de La Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada (inédito).
- \_\_\_\_\_. 1990. Notas sobre *Scutellaria* (Labiatae) en Colombia y Ecuador. *Anales Jard. Bot. Madrid* **47** (1): 105-123.
- \_\_\_\_\_. 1991. Dos nuevos híbridos naturales en *Salvia* (Labiatae) con potencial ornamental. *Trianea (Act. Cient. Técn. INDERENA)* **4**: 329-340.
- \_\_\_\_\_. 1994. Una nueva especie de *Salvia* (Labiatae) de Colombia. *Anales Jard. Bot. Madrid* **52** (2) (en prensa).
- \_\_\_\_\_. 1994b. Revisión taxonómica del género *Aragoa* H. B. K. (Scrophulariaceae). *Ruizia* (en prensa).
- \_\_\_\_\_. 1994c. Diversidad y endemismo en *Aragoa* H. B. K. (Scrophulariaceae), un género característico de los páramos. p. 42 en: Cavelier, J. & A. Uribe (eds.) "Diversidad Biológica, Conservación y Ecosistemas de montaña en Colombia". Universidad de los Andes, Bogotá.
- Kunth, C. S. 1818. Labiatae. In: Humboldt, Bonpland & Kunth, *Nova Genera et Species Plantarum* 2. Paris.
- Smith, J.E. 1790. *Salvia*. In: *Plantarum icones hactenus ineditae, plerumque and plantas in herbario linneano conservatas delineatae* II: 27.
- Wood, J. R. I. & R. M. Harley. 1989. The genus *Salvia* (Labiatae) in Colombia. *Kew Bull.* **44** (2): 211-278.

# INFLUENCIA DEL HABITAT EN LA MORFOMETRIA Y MORFOLOGIA DEL "MANGLE SALADO" *Avicennia germinans* (L.)L. EN EL LITORAL CARIBE COLOMBIANO"

por

Francisco Pinto-Nolla\*, Gabriel Naranjo-González\*\*,  
Jorge Hernández-Camacho\*\*\*

## Resumen

Pinto-Nolla, F., Naranjo-González, G. & J. Hernández-Camacho. Influencia del hábitat en la morfometría y morfología del "mangle salado" *Avicennia germinans* (L.) L. en el litoral Caribe Colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 481-498, 1995. ISSN 0370-3908.

En la Costa Caribe de Colombia se estudian siete poblaciones diferentes del "mangle salado" *Avicennia germinans* (L.)L..

Especie pionera en condiciones difíciles, hipersalinas o con sustratos arenosos inestables pobres en nutrientes. Dominante en condiciones extremas de aridez, sin aportes importantes de agua dulce como en la Alta Guajira.

Se constató como los manglares reflejan mediante cambios adaptativos medibles las condiciones del medio donde crecen. La composición salina y el pH del suelo y el agua, así como la textura del terreno y los datos climatológicos en medias anuales fueron correlacionados linealmente con las medidas obtenidas para las hojas (área, largo, ancho, largo peciolo) y las características estructurales de las plantas (altura, fuste, DAP). De estas correlaciones se obtuvieron 22 fórmulas de regresión.

**Palabras clave:** Manglar salado, Caribe, Colombia, Ecología

## Abstract

In the Caribbean Coast of Colombia seven different populations of "the salad mangrove" *Avicennia germinans* (L.)L. are studied.

Pioneer specie in difficult conditions, hypersalinity or in soils that are unestable and poor of nutrients. Dominant specie in the high Guajira where the conditions of aridity are extreme: there's no important rains which can offer sufficient fresh water.

It was proved how mangroves reflect the conditions of the babitat where they grow by countable adaptive changes. The salinitiy and the pH of soil and water, as well as the texture of the ground and the climatological date was covered in anual averages that were simply correlated with the measures obtained from the leaves (length, width) and the structural attributes of the plants (width, height, trunk diameter). From this correlations twenty two formulas were obtained.

**Key words:** Salad mangrove, Caribe, Colombia, Ecology.

\* Organización Yulukairú. A. A. 77671. Bogotá D.C.

\*\* Cra. 36 No. 8A-96, Medellín.

\*\*\* Instituto Nacional de Recursos Naturales y del Ambiente.  
Inderena. Bogotá, D.C.

## Introducción

*Avicennia germinans* (L.)L. (sinonimia *Avicennia nitida* (L.)Jacq) se encuentra distribuida en las costas de África Occidental, costa Atlántica de América e Islas del Caribe y costa Pacífica de América e Islas Galápagos. En Colombia se encuentra en ambas costas y se conoce por los siguientes nombres comunes: Costa Caribe: mangle "negro", "salado", San Andrés "black mangrove"; Costa Pacífica: "comedero", "iguanero" y "jeli".

La vegetación refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez, la vegetación modifica el ambiente (Matteucci & Colma, 1982). El mangle "salado" *Avicennia germinans* se desarrolla en aguas someras, máximo 50 cm. Tradicionalmente se ha considerado como el género que reemplaza en la sucesión ecológica al mangle "rojo". El mangle "salado" es una especie bastante agresiva, puede desarrollarse en climas áridos y terrenos salinos -resiste un rango amplio de salinidad 0-80 ppm-. Su tasa de renovación es alta ya que presenta una gran cantidad de propágulos llega a ser pionera en la sucesión en playas de arena no consolidada o en aguas hipersalinas, ambientes donde difícilmente se desarrolla otra especie. Generalmente sí el medio es excesivamente adverso, las plantas que germinan son "generaciones fantasmas", que mueren rápidamente, pero pueden lograr floración.

Para poder vivir en suelos anaeróbios, los manglares han desarrollado diferentes adaptaciones; el mangle "salado" *Avicennia*, se caracteriza por su largas raíces que se extienden horizontalmente con cortos pneumatóforos geotrópicamente negativos; una vez han acumulado aire durante la marea baja, puede subir el agua y cubrirlo temporalmente, ya que su tejido esponjoso lo oxigenará el tiempo necesario, pero generalmente sobresalen del agua permanentemente. Los pneumatóforos pueden partir del tronco hacia el suelo. Cuando los suelos presentan alta percolación y están bien aireados el mangle "salado" puede no presentar pneumatóforos. *Avicennia germinans* crece en suelos arenosos o fangosos, calcáreos o silíceos, anaeróbios o aeróbios. En terrenos lodosos inestables puede desarrollar raíces fulreas de unos 30-50 cm de altura. En el Pacífico colombiano llegan a tener raíces fulreas de 1-2 m de altura en terrenos lodosos.

Los manglares secretan el exceso de sal al medio a través de glándulas localizadas en sus hojas. Esta operación implica un gasto considerable de energía. Entre los secretores, de los más evolucionados es el mangle "salado", *Avicennia germinans*, el cual puede soportar salinidades hasta tres veces la del mar. Es el manglar más tolerante, lo cual le permite vivir en medios como las lagunas salinas del Caribe, donde otros no prosperan (von Prah, 1989). Los manglares pueden desarrollarse en aguas dulces; la salinidad jugaría el papel de eliminar la competencia de las plantas glicófitas. La influencia de las mareas tampoco es un requerimiento fisiológico indispensable, pero juega un papel importante (Walsh, 1974 en Woodroffe, 1983; Odum, 1982). Roles individuales de manglar han sido señalados a gran distancia

de la costa y a una altura apreciable sobre el nivel del mar (van Steenis, 1963, Chapman, 1975 en Woodroffe, 1983; Cuadros H. 5704, Hernández-Camacho, 1991 en Pinto-Nolla & Naranjo-González, 1993).

El estudio de la morfología general de las plantas y de sus partes es indispensable para entender muchos fenómenos en ecología vegetal. Un caso importante es la salinidad que induce cambios en el metabolismo, anatomía y morfología general. Estos cambios se pueden interpretar como adaptaciones de las plantas para resistir el "stress" impuesto por la salinidad (Soto & Corrales, 1987). Numerosas halófitas responden a los niveles altos de salinidad del suelo con un aumento de los solutos en las clulas para evitar una disminución de la turgencia de éstas. Las concentraciones altas de sales como NaCl reducen la transpiración, posiblemente como resultado de una mayor resistencia estomática y del mesófilo a la pérdida de vapor de agua (Winter, 1973 en Soto & Corrales, 1987).

López-Portillo & Ezcurra (1980) concluyeron que todas las especies de mangle (y halófitas) desalinizan el agua que absorben, aunque con diferente eficiencia. El agua desalinizada es utilizada fundamentalmente en transpiración y por lo tanto es disipada a la atmósfera; el agua del sustrato aumenta su concentración salina bajo todas las especies de mangle.

La salinidad no solo produce cambios en la fisiología, también induce cambios en la morfología de las plantas; los "manglares", especialmente *Avicennia germinans*, reflejan mediante cambios efarmónicos (*sensu* Barnola, 1909 en Font Quer, 1982) las condiciones del medio donde se desarrollen; así las plantas de *Avicennia germinans* que viven en sitios con potenciales hídricos muy bajos (salinidades altas), estarían sometidas a presiones adaptativas y selectivas que modifican su estructura general, las plantas tienden a reducir el área foliar y en sitios ridos con suelos muy salinos crecen manglares de talla reducida (Cintrón *et al.*, 1978, Soto & Corrales, 1987). Las características foliares que favorecen la fotosíntesis, como la conductividad foliar alta, los niveles de hidratación altos y las áreas foliares grandes, también generan altas tasas de transpiración por tanto no son viables en un ambiente escaso en agua dulce (Nestler, 1977, Longstreth & Novel, 1979, Orians & Solbrig, 1977, Hardisky *et al.*, 1983 en Soto & Corrales, 1987).

Arnon & Johnson (1942) no observan grandes diferencias en el crecimiento de los manglares a valores de pH entre 4 y 8 (En Schnetter, 1986). Los valores del pH en las áreas de manglares deben extenderse de zonas ligeramente ácidas hasta zonas ligeramente básicas (Schnetter, 1986). Pannier & Pannier (1974) encontraron para los manglares de Venezuela que los suelos tienen un rango de pH entre 4,8 y 8,8 (en Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983b). Los suelos poblados de *Rhizophora* presentan un pH más básico que los de *Avicennia* cuando están saturados de agua, pero al secarse los suelos de *Rhizophora* se hacen más ácidos. Según Hesse (1961) el pH de los suelos de *Rhizophora* es de 6,6, mientras que el de *Avicennia* es de 6,2, al secarse los suelos de *Rhizophora* pueden alcanzar valores de 3,0,

pero los suelos más maduros pueden alcanzar valores aún mas bajos de pH 2,2 (en Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983b). Schnetter (1986) no observó mayores diferencias entre las biomásas de plántulas de *Avicennia germinans* en cultivo hidropónico a valores de pH entre 5,7 y 8, pero el conjunto de mayor cantidad de materia seca, tallos ms vigorosos y mayor grado de ramificación mostró un crecimiento mejor bajo un pH ligeramente básico.

Estudios ecológicos de los manglares realizados en otros países del área del Caribe y del Pacífico Centro y Suramericano, donde se ha considerado a *Avicennia germinans* son: Thom (1967), Chapman (1969), Pulver (1976), Cintrón *et al.* (1978), (1980), Horna (1980), López & Ezcurra (1980), Lugo (1980), Lugo *et al.* (1981), López-Portillo & Ezcurra (1989). Soto & Corrales (1987), Soto (1988) para la Costa Pacífica de Costa Rica son los primeros en evidenciar la relación del clima y la salinidad con el crecimiento de *Avicennia germinans*.

Los trabajos con referencia a las especies de mangle en Colombia son: Cuatrecasas (1958), Schnetter (1969), García-Barriga (1975), Hernández & Müllen (1978), Hernández-Camacho (1976), Hernández-Camacho *et al.* (1980), Escallón & Rodríguez (1981; 1986), Calderón (1983), von Prahl (1984), Araujo & Polanía (1985), Viña (1986), Schnetter (1986), Ochoa *et al.* (1988), von Prahl (1989), von Prahl *et al.* (1990), Pinto-Nolla & Naranjo-González (1993).

Se recogieron hojas de mangle salado *Avicennia germinans*, así como muestras de suelo y agua, con el fin de determinar las condiciones en que crece *Avicennia germinans* y las causas de las diferencias que presenta *A. germinans* y las otras especies de mangle en cuanto a su morfometría, morfología, fisionomía y distribución en la misma o en diferente localidad.

#### Area de estudio

La Costa Caribe de Colombia, tiene características tropicales: alternancia de un definido período seco que ocurre de diciembre a marzo y un período más o menos seguro de lluvias de abril a noviembre (usualmente estas lluvias no se presentan en la mayoría de la Costa Caribe), en medio del cual se intercala un "veranillo de San Juan" que es una estación seca, corta y menos definida en julio y agosto. Por esta razón climática, las aguas superficiales del Caribe resultan ms cálidas (>27 °C) y más salinas que las del Pacífico (IGAC, 1967). En cuanto a las mareas el mar Caribe en Colombia oscilan entre los 20-30 cm rara vez exceden los 50 cm (Bula-Meyer, 1990).

Las estaciones de muestreo fueron Bahía Portete (Guajira); Isla de Salamanca (Magdalena); Ciénaga del Totumo (Atlántico), Ciénaga de Juan Polo, la Isla de Tierrabomba y Bahía de Barbacoas (Bolívar); y Tolú en el Golfo de Morrosquillo (Sucre). De esta forma queda representada casi la totalidad de la Costa Caribe Colombiana, con sitios tan áridos como la Alta Guajira (promedio de lluvias anual 200 mm/año) o mas lluviosos

como es la región del Golfo de Morrosquillo (media anual 1300 mm/año) (Fig. 1).

La Bahía de Portete, tiene 80 km<sup>2</sup> y una estrecha boca de comunicación al mar. La costa está bordeada en su mayor parte por densas formaciones de manglares *Rhizophora mangle* L. y *Avicennia germinans* quien es la especie más abundante. La Bahía es somera, presenta una profundidad máxima de 20 m y más del 60% del fondo está a menos de 9 m. En un área relativamente pequeña encontramos aguas claras y turbias, costas rocosas, playas arenosas y fangosas, costas bordeadas por manglares, extensas áreas pantanosas temporales, lagunas de manglar, corales, praderas de algas y fanerógamas marinas (Garzón-Ferreira, 1989). En una región como Bahía Portete, pasan años sin lluvias, las cañadas son cauces secos, el aporte de agua por escorrentía cuando llueve es mínimo; pero como en otras zonas de climas desérticos las fluctuaciones son exageradas con años excepcionales de lluvias torrenciales generalmente por un período corto (Fig. 2A).

La Isla de Salamanca es una barra de arena que se extiende al oriente de Barranquilla, sus límites están formados por el río Magdalena en el oeste, el mar Caribe en el norte, la Ciénaga Grande de Santa Marta en el sur y la conexión entre el mar y la ciénaga en el este. La carretera Barranquilla-Ciénaga, modificó el régimen estuarino y las diferentes bocas que presentaba el Delta del Magdalena en esta área. Actualmente todo el manglar original que ocupaba el terreno entre Caño Clarín y la Ciénaga Grande de Santa Marta se encuentra muerto, salvo una angosta faja de *Avicennia germinans* en el manglar noroccidental de la isla.

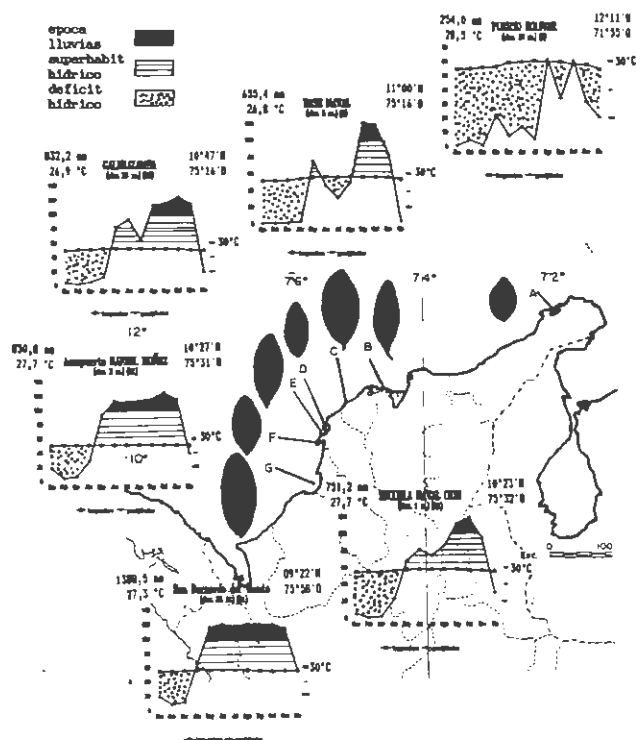


Figura 1. Localidades de estudio, la hoja promedio por estación en escala 1:5 y los climógramas. A-Bahía de Portete; B-Isla de Salamanca; C-Ciénaga del Totumo; D-Ciénaga de Juan Polo; E-Isla de Tierrabomba; F-Bahía de Barbacoas; G-Tolú, Golfo de Morrosquillo.

La ciénaga del Totumo tiene una superficie de 15 km<sup>2</sup>, se encuentra comunicada con el mar por una pequeña boca de unos 20 m de ancho, la cual actualmente está regulada por una bocatoma, por esto sus aguas son dulces, ya que recibe el agua de numerosos arroyos. En las tierras colindantes a la Ciénaga del Totumo se encuentra vegetación higrotropofítica en suelos arcillosos (Fig. 2B).

La ciénaga de Juan Polo presenta un área total de 515 Km<sup>2</sup>, con dos cauces principales: el arroyo Tabacal y el Hormiga. La ciénaga se puede dividir en dos zonas: la occidental que muestra a *Rhizophora mangle* ocupando áreas adyacentes al cuerpo de agua de la ciénaga y conforme se aleja de la orilla da paso a *Avicennia germinans*, especie que se presenta en mayor porcentaje, casi hasta la orilla del mar en donde se observa alguna vegetación de marismas (*Sesuvium*, *Batis*); la especie *Laguncularia racemosa* se encuentra en pequeños parches, asociada tanto a *Rhizophora* como a *Avicennia*. La zona oriental presenta menor área de mangle, escasa presencia de *L. racemosa*, aparece *Conocarpus erecta* hacia las partes secas, un mejor desarrollo de la vegetación de marismas y presencia de vegetación subxerofítica (Carrvajal & Cabezas, 1989) (Fig. 2C).

La Isla de Tierrabomba se encuentra frente a la Bahía de Cartagena en la boca la Bahía. La costa occidental de la Isla de Tierrabomba es ligeramente sinuosa, muy rocosa y escarpada. La costa en casi todo su recorrido presenta a lo largo el afloramiento de una plataforma de caliza madreporica pleistocénica, que se encuentra de +1 a +3 metros sobre el nivel del mar, aunque en algunas zonas ha desaparecido por causas tectónicas (Royo & Gómez, 1950 en Ramírez & de la Pava, 1981).

La Bahía de Barbacoas se localiza al sur de la ciudad de Cartagena, en donde desemboca el Canal del Dique. Estos manglares no permiten la entrada directa de los vientos, lo que hace que la superficie del agua se observe casi estática. De la Bahía de Barbacoas se seleccionó el sector meridional, por la boca de "Arroyo Hondo", el cual comunica la Ciénaga del mismo nombre con la Bahía. Se presume que anteriormente la topografía incluía una barra arenosa, la cual facilitó el desarrollo de *Avicennia germinans*, la erosión de dicho accidente, produjo cambios en las condiciones del hábitat; al final quedó un bosque de características comunes a los de cuenca y, en su parte interior, a un bosque mixto ribereño-cuenca, donde *Rhizophora mangle* domina sobre la orilla de los caños. Detrás se observan ejemplares en ecesis de *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae*, y más hacia el interior se encuentra dominando *A. germinans* (Araujo & Polanía, 1985) (Fig. 2D).

Tolú y Coveñas fisiográficamente pertenece a la llanura costera aluvial de Morrosquillo, que por ser extremadamente plana, presenta gran cantidad de ciénagas y lagunas costeras, donde los agentes principales son el mar y las inundaciones de agua dulce durante las épocas de invierno. Los manglares de la región presentan una sucesión de tipo clásico (Davis, 1940), circundando las masas de agua un *Rhizophoretum*, seguidamente un *Avicennietum* y un *Laguncularietum*, con bosques que se extendían anteriormente por vastas zonas, que hoy en día se ven muy reducidas, debido a la tala de los bosques y relleno de ciénagas para construcción de complejos turísticos y áreas para ganadería (Fig. 2E). Para una descripción más detallada de las localidades se recomienda ver Pinto-Nolla & Naranjo-González (1993).

## Metodología

Se establecieron siete estaciones de muestreo en los meses de abril y mayo de 1990. Se utilizó la metodología de Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983a) para las siguientes variables: transecto perpendicular a la línea de costa para hacer un perfil de la vegetación, cobertura a partir de cuadrantes de 5x5 m; altura de los árboles, DAP, longitud y anchura máximas de las láminas foliares. Además de estas características: diámetro copa, grado máximo de ramificación, longitud peciolo, número de nervios secundarios, textura foliar, altura emergida de los pneumatóforos (medida a partir del suelo), área foliar y área pastoreada, la distancia media entre los nudos de la plántula.

Para la ubicación geográfica se utilizaron mapas 1:25.000, 1:150.000 y 1:250.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Los datos climáticos tales

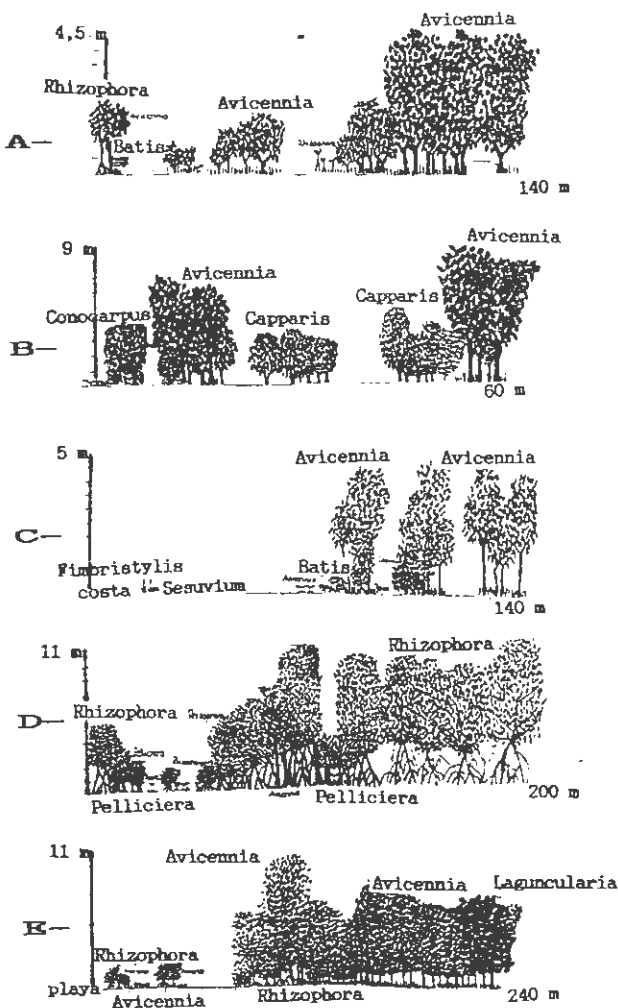


Figura 2. Cortes de perfil de la vegetación de las estaciones. A-Bahía de Portete. B-Ciénaga del Totumo. C-Ciénaga de Juan Polo. D-Bahía de Barbacoas. E-Golfo de Morrosquillo.

como pluviosidad, temperatura, radiación solar, evaporación, velocidad del viento y humedad relativa, fueron tomados de los registros Instituto Colombiano de Hidrología Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT). Para los climogramas la parte negra corresponde a la época de lluvias, las líneas verticales a cuando la precipitación sobrepasa la evaporación y la parte punteada es cuando hay déficit hídrico.

**Recolección de muestras:** se recogieron 50 cañas de sol maduras de cada árbol muestreado, así como de los arbustos y plántulas, para un total de 34 plantas de *Avicennia germinans* referenciadas con todas las observaciones y medidas ya anotadas. Las muestras de suelos (40-muestras) y agua (22 muestras) de las regiones estudiadas fueron tomadas en bolsas plásticas y frascos

sellados. En el campo se midió el pH con papel indicador MERCK con una precisión de 0,2. Las muestras de suelos y agua fueron analizadas en Bogotá, se consideraron las siguientes variables: pH, humedad, materia orgánica total,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y la conductividad. La salinidad se determinó tanto en el suelo como en el agua como la suma de los cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) y los aniones ( $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) (en el agua se corroboró el valor obtenido con la conductividad); las sales de cloruro, sodio, potasio, magnesio, sulfuros y calcio comprenden el 99 por ciento de la composición química del agua marina (Hamilton & Snedaker (eds), 1984). La determinación granulométrica de los suelos fué llevada a cabo en el Laboratorio de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en Bogotá; se utilizó la clasificación según los criterios sedimentológicos pro-

**Tabla 1.** Correlaciones lineales simples y múltiples en *Avicennia germinans* (L.) L. entre variables morfométricas y factores climáticos y características del suelo y el agua en la COSTA CARIBE COLOMBIANA.

#	VAR.DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTES			CDM $r^2$	g.l	ECUACION ESTIMADA
		$X_1$	$X_2$	$X_3$			
	Y						
1	área foliar	LARGO	*	*	0.76	27	$Y = -12,1 + 4,42X$
2	área foliar	ANCHURA	*	*	0.74	27	$Y = -19,44 + 11,55X$
3	área foliar	LARxANC	*	*	0.94	27	$Y = -0,53 + 0,77X$
4	área foliar	LARGO	ANCHURA	*	0.92	26	$Y = -24,94 + 2,77X_1 + 6,96X_2$
5	área foliar	SAL %ag	*	*	0.43	17	$Y = 38,98 - 3,75X_1$
6	área foliar	mPRE/100	SAL %ag	pHagua	0.68	15	$Y = 66,42 + 1,27X_1 - 2,07X_2 - 6,06X_3$
7	largo foliar	mHUM REL	M.ORG. suelo	SAL %ag	0.89	14	$Y = -17,89 + 0,34X_1 - 0,03X_2 - 0,29X_3$
8	largo foliar	SAL %ag	*	*	0.81	17	$Y = 10,11 - 0,52X_1$
9	anchura foliar	Na+/K+ suelo	SAL %ag	*	0.65	15	$Y = 5,39 - 0,02X_1 - 0,28X_2$
10	anchura foliar	SAL %ag	*	*	0.53	16	$Y = 5,16 - 0,32X_1$
11	ancho/largo foliar	mBS/100	Arena gruesa	*	0.78	25	$Y = -0,33 + 0,03X_1 + 0,0022X_2$
12	longitud peciolo	HUMEDAD RELATIVA	*	*	0.81	16	$Y = -36,77 + 0,50X_1$
13	# nervios secundarios	mPRE/100	*	*	0.41	26	$Y = 8,01 + 0,48X_1$
14	grado textural	HUM REL	*	*	0.52	16	$Y = 39,53 - 0,43X_1$
15	grado textural	HUM REL	pHs	*	0.78	25	$Y = 35,33 - 0,45X_1 + 0,94X_2$
16	altura	SAL %ag	*	*	0.33	17	$Y = 6,02 - 0,59X_1$
17	DAP	SAL %ag	pHag	*	0.63	12	$Y = 39,59 - 1,8X_1 - 3,06X_2$
18	FUSTE	Arena fina	SAL %ag	*	0.70	11	$Y = 2,03 - 0,02X_1 - 0,14X_2$
19	FUSTE	SAL %ag	*	*	0.53	12	$Y = 1,76 - 0,18X_1$
20	área pastoreada	SAL %ag	*	*	0.45	11	$Y = 4,07 - 0,54X_1$
21	distancia entre nudos	SAL %ag	*	*	0.85	4	$Y = 6,83 - 0,53X_1$
22	altura pneumatóforos	pHs	HUMEDAD	*	0.54	23	$Y = 45,08 - 5,91X_1 + 0,66X_2$

puestos por Vernet (1982): grava (+2 cm), grnulo (2 cm-2 mm), arena gruesa (500  $\mu$ -2 mm), arena media (160  $\mu$ -500  $\mu$ ), arena fina (63  $\mu$ -160  $\mu$ ), finos (- 63  $\mu$ ).

La identificación de la flora se realizó en el Jardín Botánico de Cartagena "Guillermo Piñeres" (JBGP) y en el Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Bogotá (COL) (Tabla 2).

La ordenación de datos y tratamiento estadístico se trabajó en Hoja de Cálculo Lotus 123 y programa Statgraf. Se determinaron medias, máximos y mínimos, desviación estandar, número mínimo de muestras; igualmente se calcularon regresiones lineales simple, parcial y múltiple y el coeficiente de correlación producto-momento simple CCS, parcial CCP y múltiple CCM de Pearson para lograr las mejores estimaciones estadísticas. Para graficar las correlaciones se hizo análisis cluster con ligamiento promedio (UPGMA) (Fig. 3) y de componentes principales (Fig. 4). Para los CCS se realizó el test de significación y se establecieron límites de confianza, con la prueba de t de "Student" (95%) para test de una cola, la Z de Fisher y la transformación de Z de Hotelling (1953) que alcanza a ser válida para muestras  $n \geq 10$ , (en Daniel, 1984). Para los CCM se estableció su significación con el test F de Fisher, (99%). Para los coeficientes de regresión y correlación parcial (r) se estimó la confianza con la prueba de t de student para un límite de confianza del 99%.

## Resultados

### Area foliar

El clima tiene influencia en el área foliar del mangle "salado". La humedad relativa presentó un valor significativo ( $r^2=0,75$ ) de correlación positiva con el área foliar, en tanto que la precipitación tiene apenas una correlación directa de  $r^2=0,18$ .

Con la salinidad intersticial del agua, Soto & Corrales (1987) para Costa Rica estiman una correlación negativa con el área foliar de *Avicennia germinans*, con un  $r=71,2\%$  y  $84 \text{ gl } Y=+1,59 -0,0104X$ . La correlación de la salinidad del agua con el área foliar para el Caribe colombiano fue inversa y con un  $r=65\%$ ;  $Y=38,98-3,75X$   $17 \text{ gl}$  (Tabla 1, Fig. 5A). La mejor correlación múltiple ( $r^2=0,68$ ) se logra con tres variables: la precipitación media anual (relación directa), la salinidad y el pH del agua (relación inversa) con  $15 \text{ gl}$  (Tabla 1, Fig. 5H). Las áreas foliares máximas encontradas fueron la Ciénaga del Totumo -Atlántico- (50,4  $\text{cm}^2$ ) y en la región de Tolú -Sucre- (45,9  $\text{cm}^2$ ); los menores valores fueron en Bahía Portete -Guajira- (12,0  $\text{cm}^2$ ) y la Ciénaga de Juan Polo -Bolívar- (11,5  $\text{cm}^2$ ).

### Longitud foliar

Lugo *et al.* (1981) determinaron una relación inversa entre la salinidad del agua y la longitud de las hojas de *Rhizophora mangle* ( $r^2=0,57$ ;  $17 \text{ gl}$ ) al comparar hojas colectadas en Puerto Rico, Haití y La Florida. El coeficiente de determinación de la longitud foliar de *Avicennia germinans* con la salinidad del agua encontrado no es muy alto ( $r^2=0,30$ ) -relación inversa- (Fig. 5B); en tanto que Soto & Corrales (1987) obtuvieron un  $r^2=0,82$  para *A. germinans* en la Costa Pacífica de Costa Rica. Se logró un buen  $r^2=0,86$ ;  $14 \text{ gl}$ , con las variables humedad relativa media/anual (relación directa), contenido de materia orgánica del suelo (relación inversa) y la salinidad del agua (relación inversa) (Tabla 1, Fig. 5I). La longitud foliar media para la Costa Caribe Colombiana fue de  $8,47 \pm 0,28 \text{ cm}$ . Los valores medios máximos se encontraron en Tolú (11,5 cm), Ciénaga del Tótumo (10,6 cm) y en Isla de Salamanca (10,0 cm). Las más pequeñas se encontraron en Bahía Portete (5,0 cm).

### Anchura foliar

La longitud y la anchura foliar de *Avicennia germinans* en la Costa Caribe Colombiana presentan una

Dendrograma: Unión promedio-UPGM  
(Correlación de Pearson)

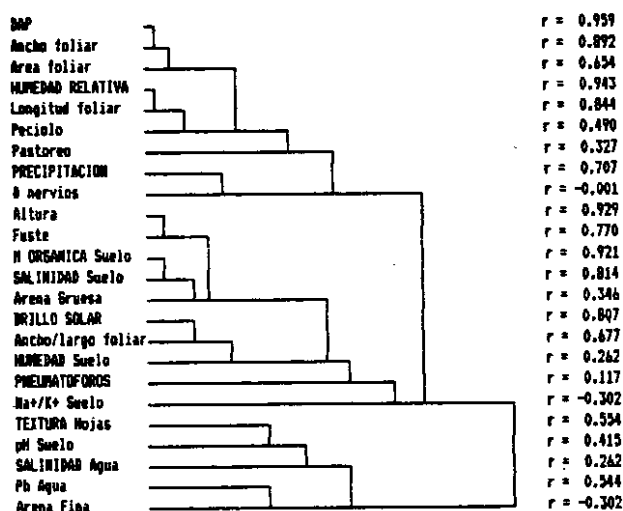


Figura 3. Dendrograma de similitud entre las variables ambientales y las medidas morfométricas de *Avicennia germinans* según el coeficiente de correlación de Pearson.

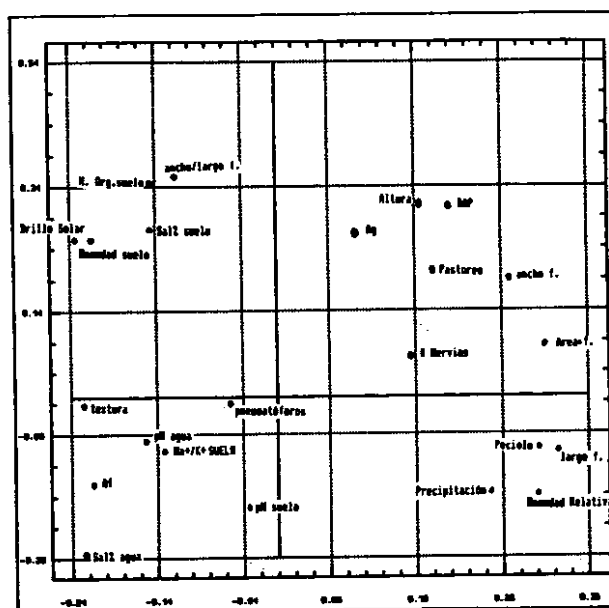


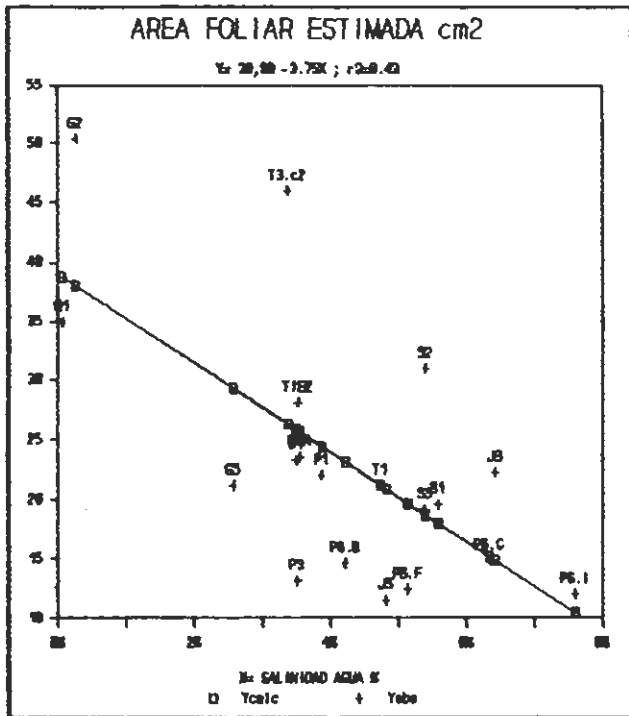
Figura 4. Análisis de componentes principales de las variables según el grado de correlación.

TABLA 2a. Flora de los manglares de la Costa Caribe Colombiana

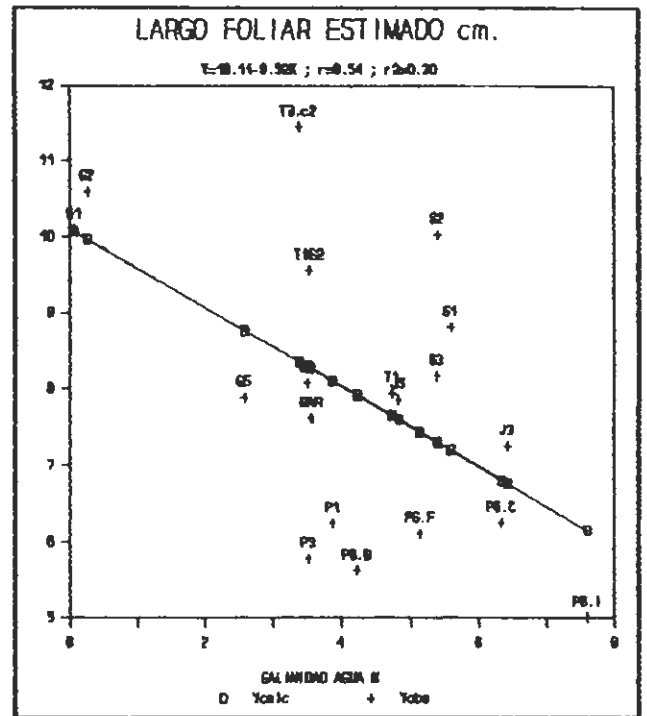
PLANTAS ASOCIADAS A LOS MANGLARES DE LA COSTA CARIBE COLOMBIANA		
Las plantas que se presentan a continuación fueron recolectadas en los meses de marzo a mayo de 1990 en diferentes localidades donde se desarrolla el "manglar salado" <i>Avicennia germinans</i> en la Costa Caribe Colombiana.		
LISTADO DE PLANTAS ORDENADO ALFABETICAMENTE POR FAMILIAS, GENEROS Y ESPECIES		
FAMILIA	GENERO-ESPECIE	UBICACION
Acanthaceae	<i>Ruellia paniculata</i> L.	Ciénaga del Totumo
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i> L.	B. Portete y C. de Juan Polo
Amaranthaceae	<i>Alternanthera ficoidea</i> (L.) R.Br.	Ciénaga del Totumo
Asclepidaceae	<i>Phumeria pudica</i> Jac.	Isla de Tierrabomba
Avicenniaceae	<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	B. Portete, I. Salamanca, C. Totumo, C. Juan Polo, Barbacoas y Tolú.
	MANGLE SALADO	
Batidaceae	<i>Batis maritima</i> L.	B. Portete, I. Salamanca C. Juan Polo e I. Tierrabomba
	VERDOLAGA DE PLAYA	
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	Ciénaga del Totumo
	TOTUMO	
Capparidaceae	<i>Capparis flexuosa</i> L. <i>Capparis</i> sp.	Isla de Tierrabomba Ciénaga del Totumo
Chenopodiaceae	<i>Heterostachys vitteriana</i> (Moq.) Tandon <i>Salicornia fruticosa</i> L.	Bahía de Portete Ciénaga de Juan Polo
Combretaceae	<i>Conocarpus erecta</i> L.	C. Totumo, Tierrabomba y Tolú
	MANGLE ZARAGOZA	
Laguncularia	<i>racemosa</i> (L.)	Salamanca, Totumo, Tierrabomba y Tolú
	MANGLE AMARILLO	
Terminalia	<i>catappa</i> L.	Tolú (G. de Morrosquillo)
	ALMENDRO	
Compositae	<i>Ambrosia cumanensis</i> H.B.K. <i>Spilanthes mens</i> Jacquin	Ciénaga del Totumo Ciénaga del Totumo

TABLA 2b. Flora de los manglares de la Costa Caribe Colombiana

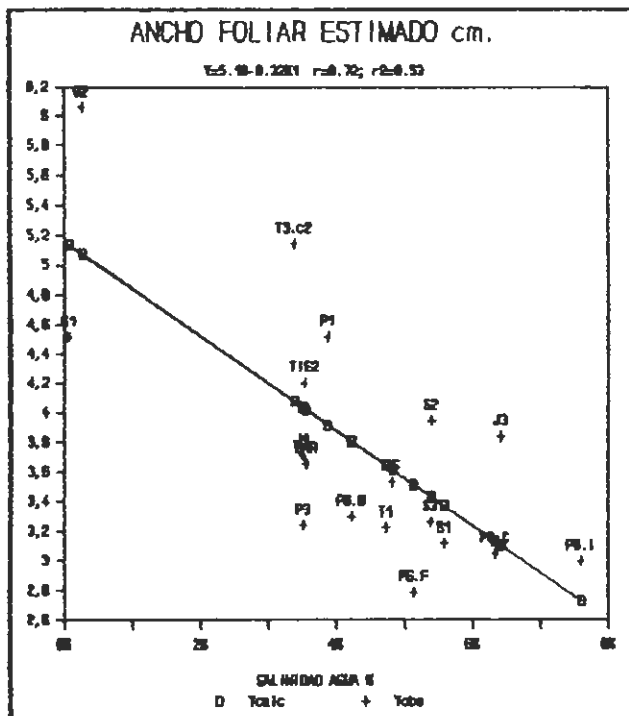
PLANTAS ASOCIADAS A LOS MANGLARES DE LA COSTA CARIBE COLOMBIANA			
FAMILIA	GENERO-ESPECIE	NOMBRE COMUN	UBICACION
Cyperaceae	<i>Fimbristylis cymosa</i> R.Br. <i>Fimbristylis</i> sp.		Isla de Tierrabomba Isla de Tierrabomba
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce dioica</i> (Kunt.) Millspaugh <i>Croton</i> sp.		Ciénaga del Totumo Ciénaga del Totumo
Gramineae	<i>Cenchrus</i> sp. <i>Distichlis spicata</i> (L.) Greene <i>Sporobolus pyramidatus</i> (Lam.) Hitchc.		Ciénaga del Totumo Ciénaga de Juan Polo Ciénaga de Juan Polo
Malvaceae	<i>Bastardia viscosa</i> H.B.K. <i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torrey		Ciénaga del Totumo Ciénaga del Totumo
Menispermaceae	<i>Cissampelos acutigera</i> Tr. & Pl. cf.		Ciénaga del Totumo
Mimosaceae	<i>Desmontus virgatus</i> (L.) Willd <i>Senegalia tamarindifolia</i> (L.) B. & R. <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC		Ciénaga del Totumo Tolú (G. de Morrosquillo) Ciénaga del Totumo
	TRUPILLO		
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.		Isla de Tierrabomba
Pelliceraceae	<i>Pelliciera rhizophorae</i> T. & P.		Bahía de Barbacoas
	MANGLE PIÑUELO		
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) Jacq.		Tolú (G. de Morrosquillo)
	UVITO DE PLAYA		
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i> L.		B. Portete, Salamanca, C. Totumo, C. Juan Polo, Barbacoas y Tolú.
	MANGLE ROJO		
Rubiaceae	<i>Morinda toioc</i> L.		Isla de Tierrabomba
Sapindaceae	<i>Paullinia</i> sp. cf.		Ciénaga del Totumo
Solanaceae	<i>Lycium tweedianum</i> Griseb. <i>Solanum campechiense</i> L.		Bahía de Portete Ciénaga del Totumo



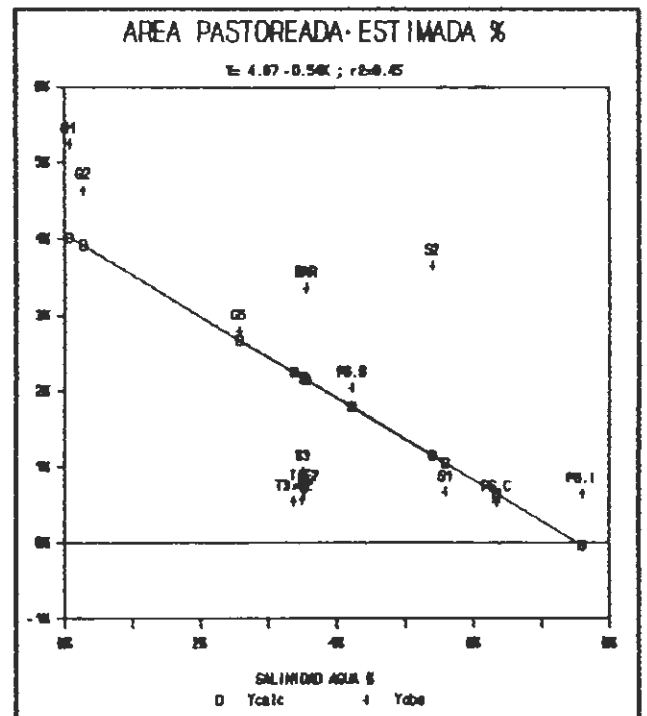
**A**  
 Area foliar (Y) estimada en función de la salinidad del agua (X);  $Y=38,98-3,75X$ ,  $r^2=0,43$ .



**B**  
 Largo foliar (Y) estimado en función de la salinidad del agua (X);  $Y=10,11-0,52X$ ,  $r^2=0,30$ .

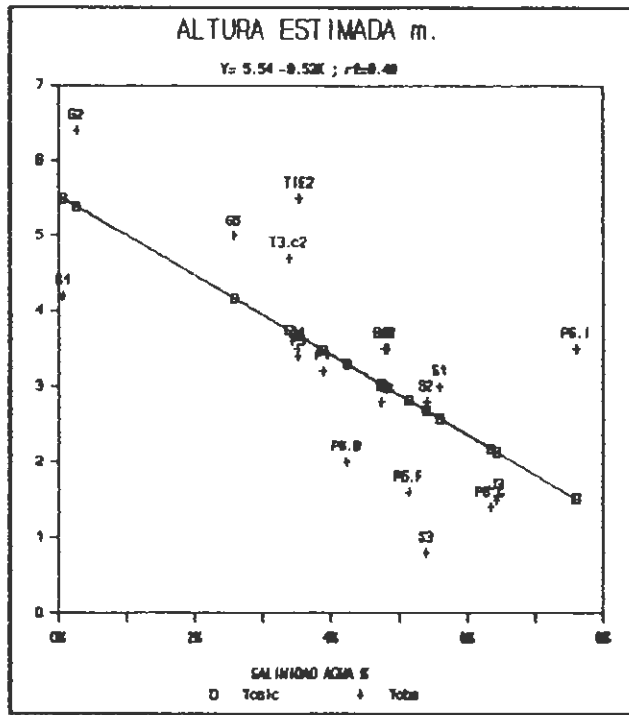


**C**  
 Anchura foliar (Y) estimada en función de la salinidad del agua (X)  $Y=5,16+0,32X$ ,  $r^2=0,53$ .

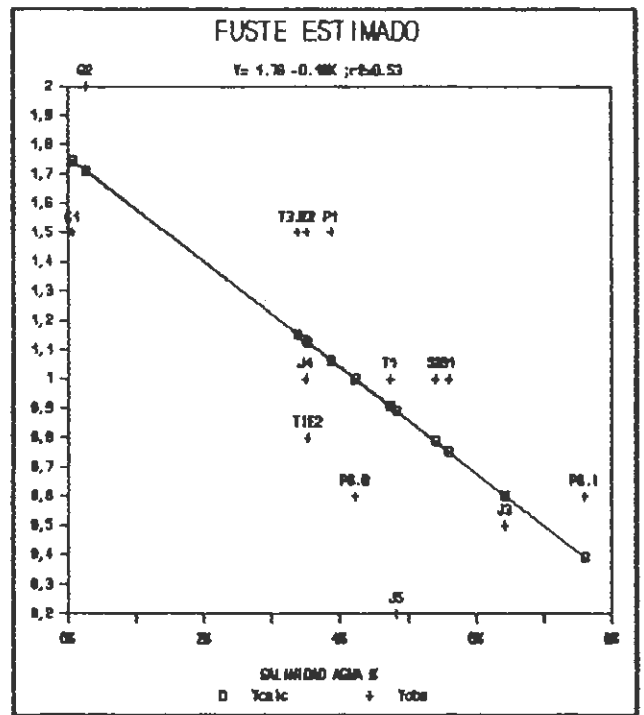


**D**  
 % de área pastoreada foliar (Y) estimada en función de la salinidad del agua (X);  $Y=4,07-0,54X$ ,  $r^2=0,45$ .

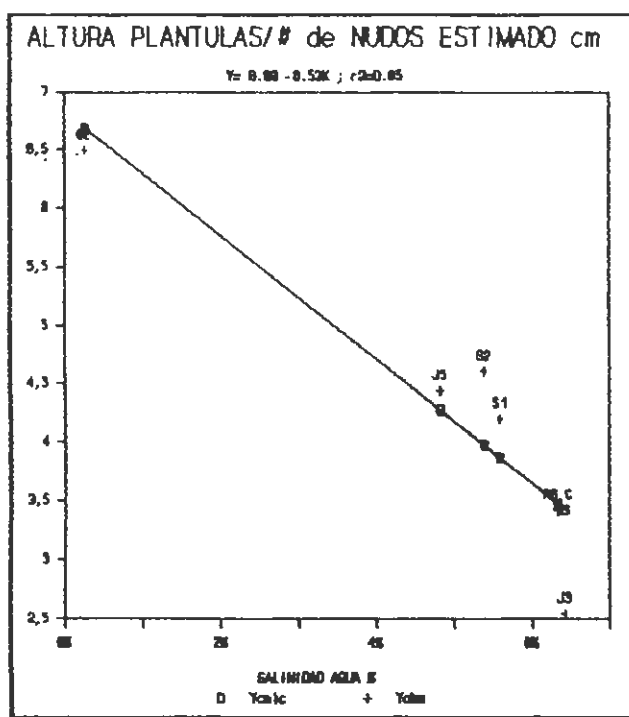
Figura 5. Estimación de diferentes medidas morfométricas de *Avicennia germinans* según la salinidad del agua del sustrato.



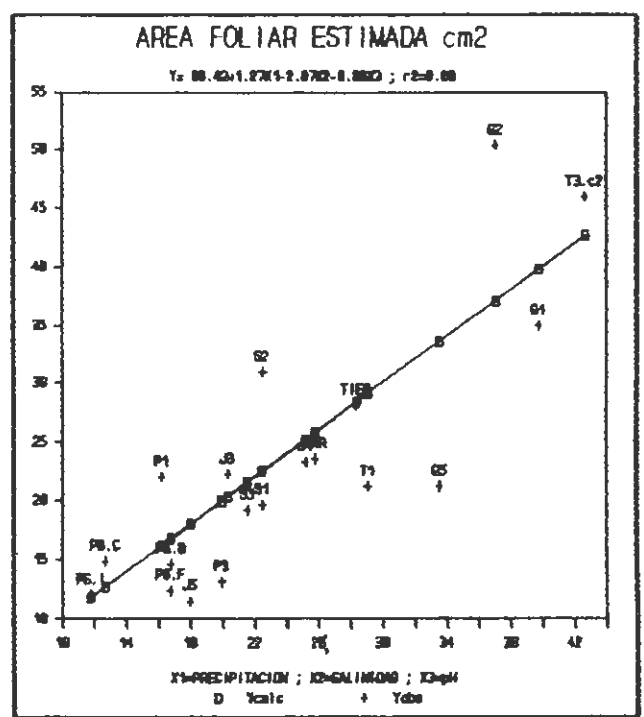
**E** Altura (Y) estimada en función de la salinidad del agua (X);  $Y=5,54-0,53X$ ,  $r^2=0,48$ .



**F** Fuste (Y) estimado en función de la salinidad del agua (X);  $Y=1,76-0,18X$ ,  $r^2=0,53$ .



**G** Distancia entre-nudos en plantulas (Y) estimada en función de la salinidad del agua (X);  $Y=6,83-0,53X$ ,  $r^2=0,85$



**H** Area foliar (Y) según la Precip.( $X_1$ ), la sal ( $X_2$ ) y el pH del agua ( $X_3$ );  $Y=66,42+1,27X_1-2,07X_2-6,06X_3$ ;  $r^2=0,68$ .

Figura 5. Estimación de diferentes medidas morfométricas de *Avicennia germinans* según diferentes variables ambientales.

correlación con un  $r^2=46\%$  (1712 gl), que es relativamente bajo ya que se esperarí que a mayor largo foliar aumentase proporcionalmente la anchura de la hoja, lo que no sucede. La anchura foliar demuestra tener una significativa correlación inversa con la salinidad del agua ( $r^2=0,53$ ) (Tabla 1, Fig. 5C). Para la costa Pacífica en Costa Rica, Soto & Corrales (1987), determinaron un  $r^2=0,80$  para la regresión entre el ancho y la salinidad del sustrato. Si se escogen como variables independientes la relación  $Na^+/K^+$  en el suelo y la salinidad en el agua se logra una correlación inversa con un  $r^2=0,65$ ; 15 gl) (Tabla 1, Fig. 5J). La anchura promedio para la Costa Caribe Colombiana fué de  $3,81 \pm 0,04$  cm. El valor máximo de anchura foliar se presenta en la Ciénaga del Totumo (6,06 cm.) y el mínimo en la Ciénaga de Juan Polo (2,2 cm).

### Relación anchura foliar/longitud foliar

El valor mayor se encuentra en Bahía Portete ( $r^2=0,72$ ) donde la hoja es de forma ovoide y el menor valor en Salamanca ( $r^2=0,26$ ) donde la hoja tiende a la forma lanceolada. Ochoa *et al.* (1988) determinaron un promedio de longitud y anchura de las hojas de *Avicennia* en la Ciénaga Grande de Santa Marta de  $9,33 \times 3,96$  cm, este tamaño, según estos autores, evidencia el "stress" al cual está sometido los manglares en la ciénaga ya que están dentro del rango de los hallados para un bosque árido de Puerto Rico (Cintrón *et al.*, 1978). Los valores medios de longitud y anchura para Salamanca encontrados fueron  $9,38 \times 3,44$  cm. La mejor correlación múltiple se obtuvo con el brillo solar media/anual y la proporción de arena gruesa en el sustrato ( $r^2=0,78$ ; 25 gl) (Tabla 1, Fig. 5K).

### Longitud del peciolo

La longitud del peciolo presenta correlación directa con la longitud ( $r^2=0,55$ ) y el área foliar ( $r^2=0,42$ ), y en menor medida con la anchura foliar ( $r^2=0,29$ ). Con la humedad relativa existe una correlación positiva  $r^2=0,81$  (Tabla 1, Fig. 5L). El valor mayor en la Costa Caribe Colombiana se encontró en la Isla de Salamanca (8 mm). La longitud más corta de peciolo se encontró en Bahía Portete y Ciénaga de Juan Polo (1 mm)

### Número de nervios secundarios en la hoja

Presenta alguna relación directa con los demás parámetros morfológicos foliares; con la longitud ( $r^2=0,36$ ) y con el área foliares ( $r^2=0,30$ ). La precipitación media/anual alcanza una correlación positiva con el número de nervios secundarios de ( $r^2=0,41$ ; 25 gl) (Tabla 1, Fig. 5LL). Los valores máximos se obtuvieron en Tolú (18) y el mínimo en Bahía Portete (7).

### Grado textural

El grado textural muestra una significativa correlación inversa con la longitud ( $r^2=0,53$ ), el área ( $r^2=0,45$ ) y la anchura ( $r^2=0,36$ ) foliares y la longitud del peciolo ( $r^2=0,35$ ).

La mejor correlación -inversa- se obtuvo con la humedad relativa, media/anual,  $r^2=0,63$ ; 16 gl; y con la humedad relativa y el pH del suelo ( $r^2=0,78$ ; 25 gl) (Tabla 1, Fig. 5M). La textura más coriácea fue en la Isla de Tierrabomba (8) y en la Guajira (7) y la más cartácea se encontró en Tolú y en la Ciénaga del Totumo (1).

### Area foliar pastoreada

Ochoa *et al.* (1988), estimaron un promedio de 15,06% de área pastoreada para *Avicennia germinans* en la Ciénaga Grande de Santa Marta. En tanto que Escallón & Rodríguez (1981) dan un porcentaje del 10% en el manglar del Parque Nacional Natural de Sanquianga (dominado por *Rhizophora harrisonii*). El mayor herbivorismo que se encontró en la Costa Caribe Colombiana para *Avicennia germinans* se observó en la Ciénaga del Totumo (5,24%) y el menor en Tolú (0,48%) y en Bahía Portete (0,52%). Obtuvimos que el área pastoreada foliar dependía inversamente de la salinidad del agua ( $r^2=0,45$ ; 17 gl) (Tabla 1, Fig. 5D). Remarcamos como en la Bahía de Barbacoas el mangle "piñuelo" *Pelliciera rhizophorae* no presentaba ningún ataque en las hojas de los insectos u hongos; en tanto que las hojas del mangle "rojo", "blanco" y "salado" -*Rhizophora*, *Laguncularia* y *Avicennia* respectivamente-, se encontraban bastante deterioradas.

### Altura

La altura de *Avicennia germinans* se relaciona directamente con la longitud ( $r^2=0,34$ ), la anchura ( $r^2=0,33$ ), el área ( $r^2=0,40$ ) y la textura ( $r^2=0,31$ ) foliares. La salinidad del agua tiene un coeficiente de correlación negativo ( $r^2=0,48$ ; 16 gl) con la altura (Tabla 1, Fig. 5E). Cintrón *et al.* (1978) estimaron un  $r^2=0,72$  (30 gl) de correlación entre la salinidad (X) del agua intersticial y la altura (Y) de los manglares de las costas áridas de Puerto Rico e islas adyacentes ( $Y=16,58-0,20X$ ). Las mayores alturas fueron las de Tolú (9,5 m), Arroyo Hondo -Bahía de Barbacoas- (8,7 m), Ciénaga del Totumo (8 m). Los árboles más pequeños se observaron en Bahía Portete (2 m) y en la Ciénaga de Juan Polo (3,5 m). La influencia de la salinidad en el gradiente de la altura de las plantas del manglar "salado", en relación de la salinidad del sustrato en una localidad determinada, ha sido documentado para la costa Pacífica de Costa Rica por Jiménez (1981) y Soto & Jiménez (1982) (en Soto & Corrales, 1987).

### Diámetro altura del pecho (DAP)

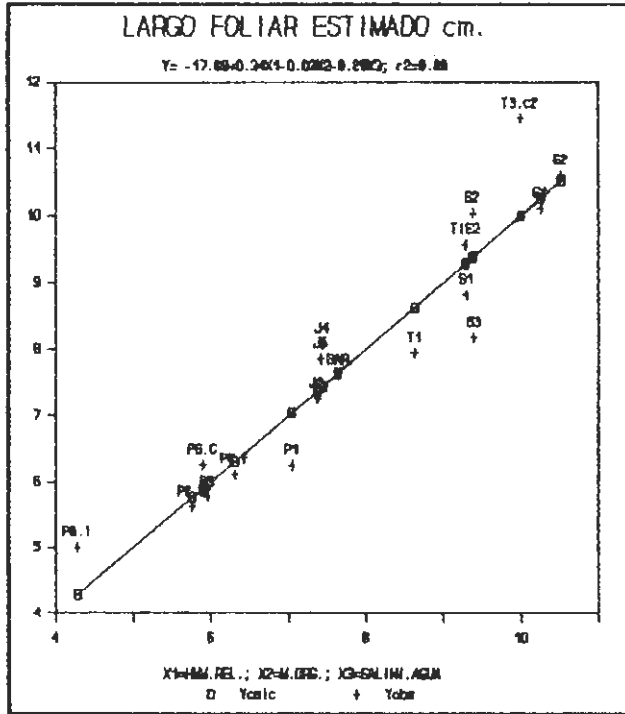
El DAP tiene una significativa correlación positiva con la altura ( $r^2=0,77$ ), con el fuste ( $r^2=0,51$ ), con el diámetro de la copa ( $r^2=0,52$ ), y menor con el área foliar ( $r^2=0,40$ ).

La regresión simple de la salinidad del agua con el DAP tiene un  $r^2=0,54$ . Si se utilizan la salinidad y el pH del agua (relación inversa) se logra obtener un  $r^2=0,63$  (Tabla 1, Fig. 5N).

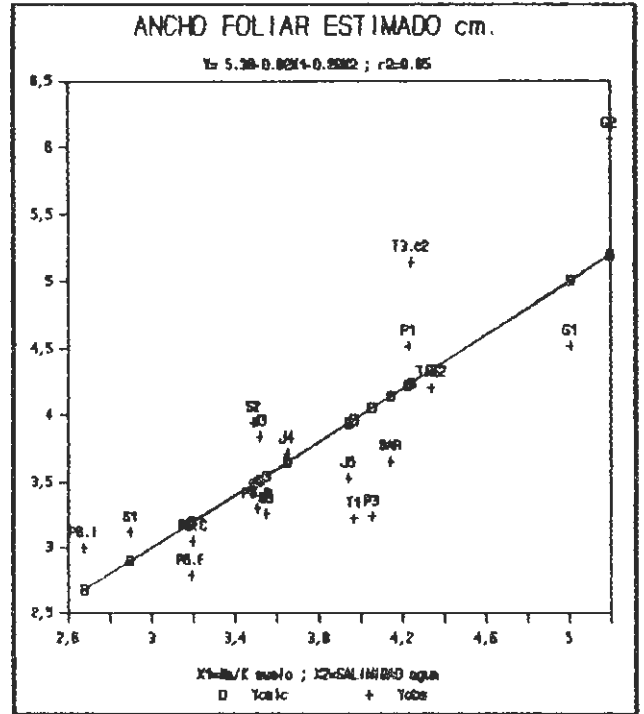
Los valores máximos de DAP se encuentran en Tolú (38,2 cm) y en la ciénaga del Totumo (30,56 cm). Los mínimos en Bahía Portete (6,37 cm), ciénaga de Juan Polo (2,55 cm) y Tolú (2,55 cm).

### Fuste

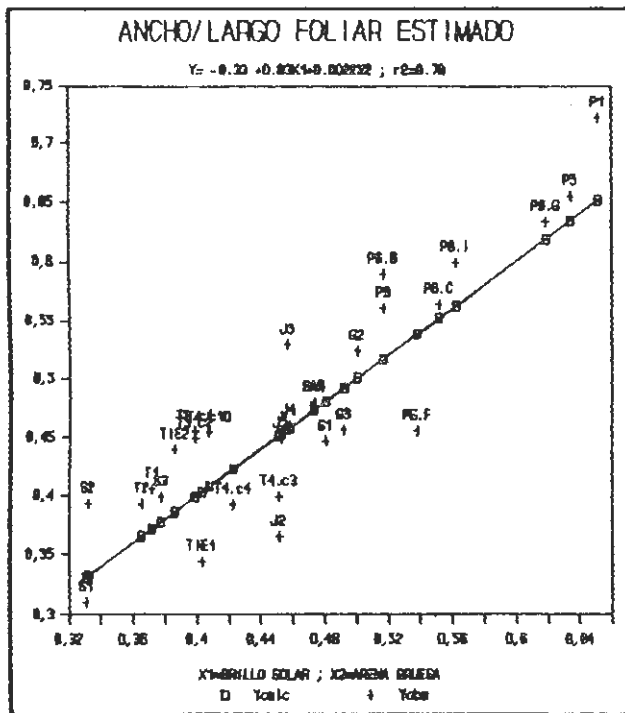
El fuste tiene una buena relación directa con la altura ( $r^2=0,73$ ) pero no tan alta como podría esperarse. De la correlación del fuste y la salinidad del agua se



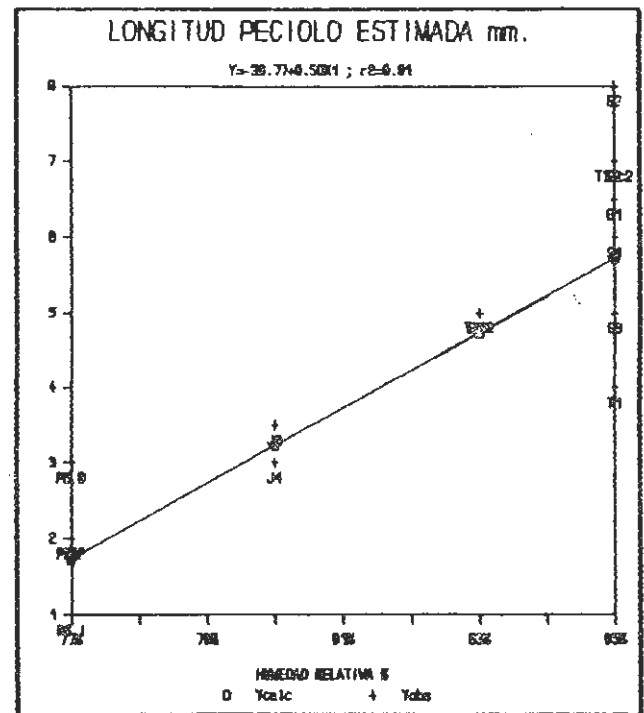
**I** Largo foliar (Y) según la HR (X<sub>1</sub>), la M. Orgánica suelo (X<sub>2</sub>) y la Sal del agua (X<sub>3</sub>);  $Y = -17,89 + 0,34X_1 - 0,03X_2 - 0,29X_3; r^2 = 0,88$ .



**J** Anchura foliar (Y) estimada según la relación Na/K suelo (X<sub>1</sub>) y de la salinidad del agua (X<sub>2</sub>);  $Y = 5,39 - 0,825X_1 - 0,28X_2; r^2 = 0,65$ .

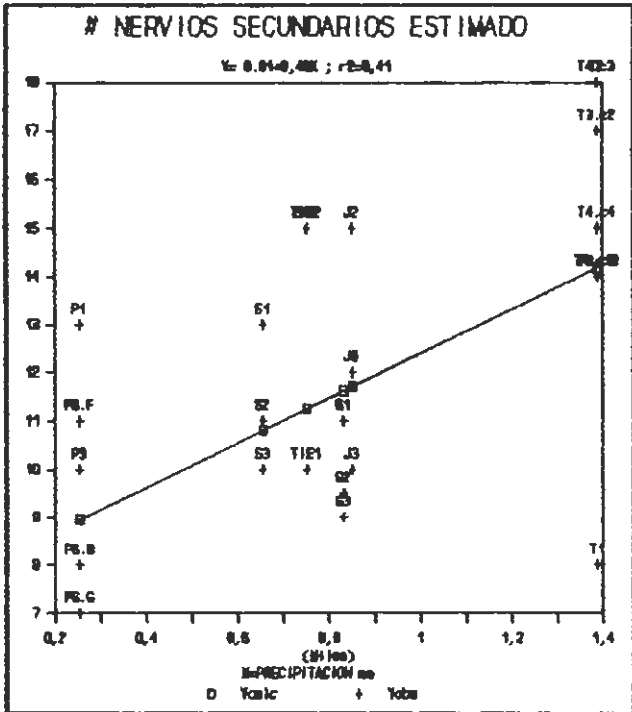


**K** Relación Ancho y Largo foliar (Y) según el brillo solar (X<sub>1</sub>) y la arena gruesa (X<sub>2</sub>);  $Y = -0,33 + 0,83X_1 + 0,0022X_2; r^2 = 0,78$ .

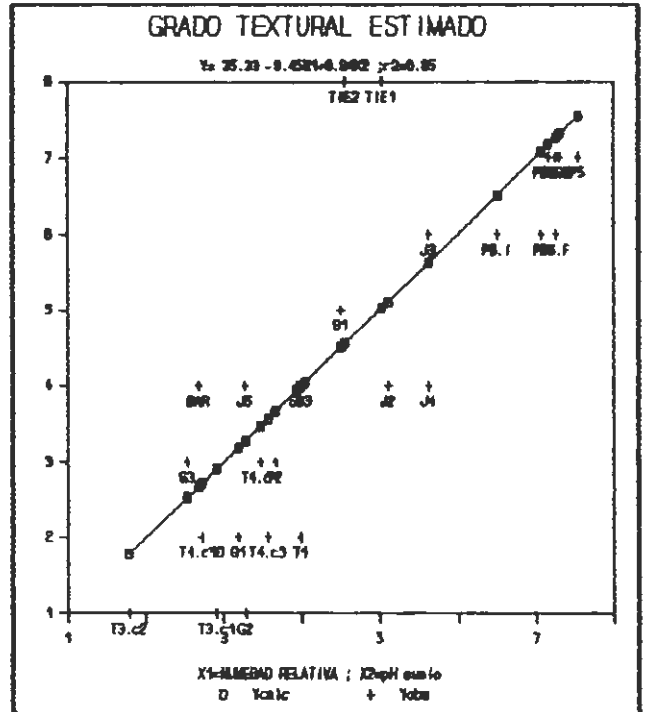


**L** Longitud del peciolo de las hojas (Y) estimada en función de la humedad relativa media anual (X);  $Y = -36,77 + 0,50X; r^2 = 0,81$ .

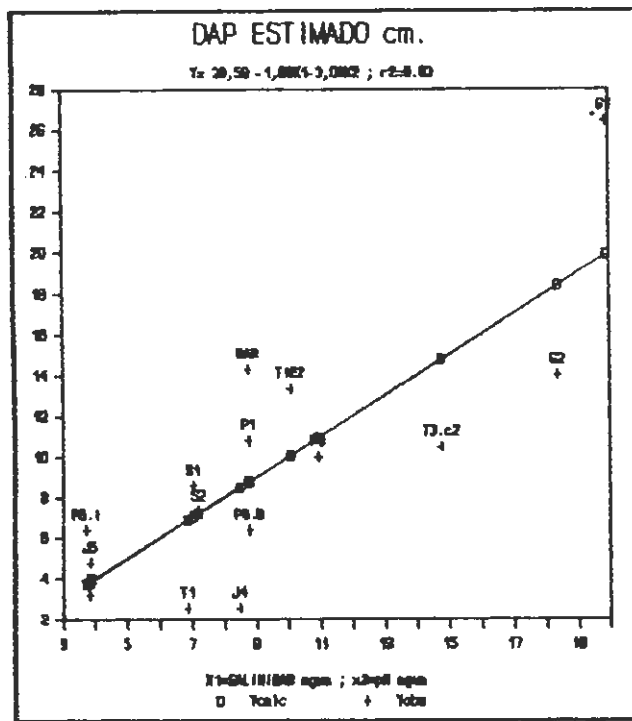
Figura 5. Estimación de diferentes medidas morfométricas de *Avicennia germinans* según diferentes variables ambientales.



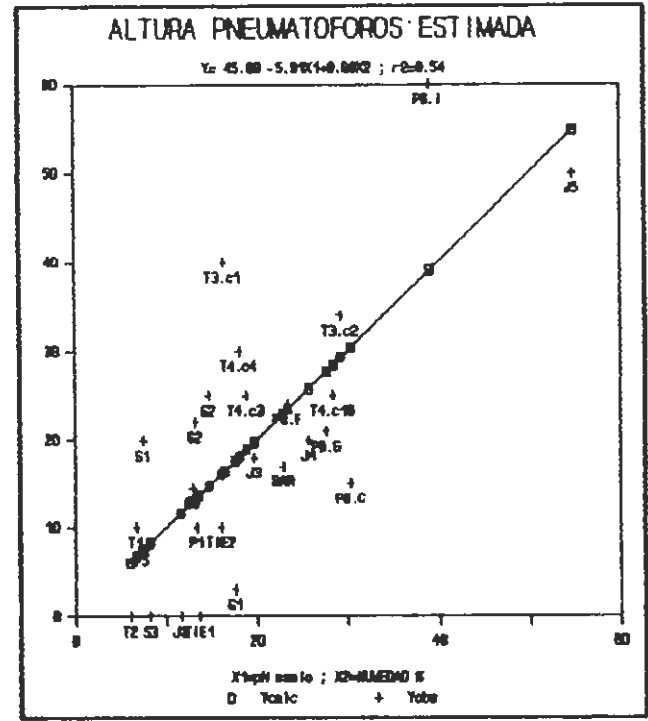
**L** N° de Nervios secundarios de las hojas (Y) estimados en función de la precipitación media anual (X);  $Y=8,01+0,48X$ ,  $r^2=0,41$ .



**M** Grado Textural de las hojas (Y) estimado según la humedad relativa ( $X_1$ ) y el pH del suelo ( $X_2$ );  $Y=35,33-0,45X_1+0,94X_2$ ,  $r^2=0,65$ .



**N** DAP (Y) estimado en función de la salinidad del agua ( $X_1$ ) y el pH del agua ( $X_2$ );  $Y=38,58-1,88X_1-3,06X_2$ ,  $r^2=0,63$ .



**N** Pneumatóforos (Y) estimados según el pH del suelo ( $X_1$ ) y la humedad del terreno ( $X_2$ );  $Y=45,08-5,91X_1+0,66X_2$ ,  $r^2=0,54$ .

Figura 5. Estimación de diferentes medidas morfométricas de *Avicemia germinans* según diferentes variables ambientales.

obtiene un  $r^2=0,53$ ; 12 gl (Tabla 1, Fig. 5F). La correlación múltiple de la proporción de arena fina y la salinidad del agua (relación inversa) con el fuste presenta un  $r^2=0,70$ ; 11 gl. Los fustes más altos se encontraban en la Bahía de Barbacoas (5-6 m), pero en general el fuste para la costa Caribe Colombiana es entre 1 y 2 m.

#### Distancia entre-nudos en plántulas

Esta relación (longitud tallo plántula/# nudos plántula), presenta una correlación inversa alta con el diámetro de la copa de los árboles de la zona ( $r^2=0,75$ ) y con el área foliar ( $r^2=0,59$ ). Con esta variable se obtuvo una estimación altamente significativa a partir de la salinidad del agua -relación inversa- ( $r^2=0,85$ ; 5 gl) (Tabla 1, Fig. 5G). El valor mayor se encontró en la ciénaga del Totumo (6,5 cm), y la menor en la ciénaga de Juan Polo (1,92 cm) (Tabla 1).

#### Altura pneumatóforos:

La altura de los pneumatóforos se relaciona con la humedad del terreno (relación directa) y el pH del sustrato (relación inversa)  $r^2=0,54$  (Tabla 1, Fig. 5Ñ). Los pneumatóforos más largos se encontraron en Bahía Portete (60 cm) y en la ciénaga de Juan Polo (50 cm).

#### Discusión y conclusiones

Soto & Corrales (1987) en su estudio en los manglares del Pacífico en Costa Rica sugirieron una relación del tamaño de las hojas de *Avicennia germinans*, no solo con la salinidad sino también con el clima.

#### Suelos

Cuando se habla de suelos en una zona de manglar, se espera encontrar suelos inundados, al menos durante las mareas altas, con las características que el estado anaeróbico implica; pero en la costa Caribe Colombiana debido a las bajas precipitaciones y/o a la dependencia del caudal de los ríos, los manglares presentan una marcada diferencia entre los meses de invierno (lluvias) y verano, encontrándose en el verano terrenos que no reciben ningún aporte de agua, hasta desecarse casi totalmente, cambiando así completamente sus características químicas con respecto a la época de lluvias al recuperar el estado aeróbico. A excepción de Tolú y la ciénaga del Totumo que presentan suelos desarrollados en planicies aluviales, las demás regiones presentan suelos de las formas litorales, suelos desarrollados en playas, marismas y barras marinas (IGAC, 1988). De los puntos muestreados habían algunos sumergidos como en Bahía de Portete, pero la mayoría se encontraban emergidos y algunos como en Tolú y ciénaga del Totumo estaban completamente secos (hasta 3 % de humedad), observándose el resquebrajamiento característico de los suelos arcillosos al secarse. El nivel freático del agua se encontraba a más de 30 cm donde posiblemente las raíces de los árboles de gran porte (>10 m) de altura podría alcanzarla, pero hay que tener en cuenta que en general el mangle "salado" extiende, varios metros, sus raíces superficialmente (a unos 30 cm de profundidad) en forma radial alrededor del tronco y así alcanzan el agua

que se encuentra a una distancia considerable del árbol. Los manglares mostraron en este estudio la gran diversidad de sustratos en los cuales puede desarrollarse. Variando, según la especie, el éxito en cada diferente tipo de suelo. Así tenemos como el "manglar salado" *Avicennia germinans* se desarrolla desde playas de arena suelta hasta suelos maduros bien consolidados. En general los suelos fueron de textura de arena media o arena fina con una mayor o menor proporción de materiales arcillosos.

#### El agua

Los manglares se encuentran ligados a los terrenos inundables en las costas; de las características químicas del agua depende el grado de desarrollo de un rodal de mangle. La resistencia a la salinidad les permite desplazar a las plantas glicófitas. De hecho, donde las condiciones climáticas son favorables (Pacífico Colombiano) los manglares se desarrollan hasta donde alcance la influencia de la marea, unos 15 a 30 km río arriba, donde son remplazados por los bosques de "guandal" que son bosques que se desarrollan entre los manglares costeros y la selva pluvial en terrenos inundados por agua dulce.

El grado de influencia del agua varía según la textura granulométrica del terreno. En áreas ocupadas por playas arenosas no consolidadas el agua de las mareas o las precipitaciones no se detiene en las capas superficiales del suelo, sino que se acumula en el nivel freático, el cual subirá o bajará según sea invierno o verano; en estas condiciones normalmente la arena superficial presenta un porcentaje bajo de humedad y la salinidad no es muy alta, por el contrario las aguas freáticas, se encuentran a diversas profundidades, pudiendo presentar salinidades altas, superiores a la media del mar. Esta situación se observa en la ciénaga de Juan Polo (Bolívar) y en la isla de Salamanca. Estos suelos arenosos de fácil percolación se caracterizan por presentar una muy baja salinidad y humedad del suelo superficial, a medida que se aumenta la profundidad aumenta la salinidad. Este tipo de suelos arenosos no son favorables para el desarrollo de los manglares, debido a la poca consolidación del sustrato, pobreza de nutrientes y a pesar que normalmente presentan bajas salinidades superficiales, es frecuente el ascenso de aguas subterráneas muy salinas que matan la vegetación superficial. Bajo estas condiciones la única especie que puede desarrollar plántulas y formas arbustivas reproductivamente activas es el manglar "salado", para quien este tipo de texturas arenosas es favorable, y puede soportar elevadas salinidades. En la ciénaga de Juan Polo (Bolívar) se puede constatar esta función pionera del mangle "salado", quien va colonizando estos playones sin vegetación desarrollándose en forma achaparrada. A medida que pasa el tiempo, si sobrevive, tiende a formar suelos más estables con mayor proporción de materiales finos y materia orgánica que logran mantener mayor humedad, siendo más favorables para el desarrollo de verdaderos árboles de mangle "salado" y de las otras especies de mangle como el "rojo" *Rhizophora* y el "amarillo" *Laguncularia*. En la isla de Salamanca se observa cómo entre el sector sur de la carretera Barranquilla-Ciénaga y el caño Clarín, donde se presenta una mortandad masiva de *Rhizophora*, árboles del mangle "salado" han resistido a la desecación de los

terrenos y la hipersalinidad del suelo, al igual que se observa una gran cantidad de plántulas y arbustos de *Avicennia* en los puntos donde se presenta intercambio bocatomas- de agua entre la parte sur y norte de la carretera, generalmente estas son "generaciones fantasma" o efímeras que no logran sobrevivir después de un tiempo. Así vemos como *Avicennia germinans* domina en las ciénagas de la Isla de Salamanca hacia el mar, en tanto que en la región -de mayor extensión-, de la Ciénaga Grande de Santa Marta es el *Rhizophora mangle* quien domina; esto es debido a la presencia de sustratos lodosos con abundante agua dulce disponible en un área protegida. En la situación que venimos de explicar -suelos de textura arenosa no consolidada-, podemos ver que la función pionera no la tendría *Rhizophora* sino *Avicennia*, debido a las características del sustrato. Ya Thom (1967) y Chapman en 1969 mediante estudios geomorfológicos en manglares cambiaron el punto de vista de Davis (1940) -que explicaba la zonación en los manglares como un proceso sucesional-, estos autores arguyeron que bajo cambiantes condiciones de sedimentación algunas especies pueden desplazar a otras, lo cual en términos sucesionales implicaría una regresión a "estados inmaduros" (López-Portillo & Ezcurra, 1987).

En regiones donde hay bosques de mangle bien desarrollados, se encuentran otro tipo de suelos, estos son suelos consolidados de considerable grosor 2-3 m, con alto porcentaje de arcillas y limos orgánicos, estos suelos turbosos a diferencia del caso anterior son impermeables, quedando sumergidos en la época invernal, tornándose así anaeróbios y de carácter ácido, con salinidades menores a la media del mar y generalmente menores a 10 ppm de salinidad. Esta situación la vemos en la Bahía de Barbacoas, que en general se encuentra dominada por *Rhizophora*, con bosques de mangle de tipo de "franja", "riverños" y de "cuenca". En el centro de estas formaciones de "cuenca" tiende a acumularse sal en el sustrato, por lo cual en estos sectores domina *Avicennia*. En el verano, el nivel de las aguas puede bajar hasta descubrir la superficie del terreno; pero dadas las características del sustrato con altísima proporción de materia orgánica, hasta un 70 % en materia seca (la mayoría material vegetal sin descomponer) y alta proporción de arcillas orgánicas, conserva una alta humedad (hasta un 60 %). En estas condiciones el suelo en el verano, a diferencia de los suelos arenosos no consolidados, presenta mayores salinidades en los estratos más superficiales, con la característica que los valores de salinidad son extremadamente altos bajo estas condiciones, como se observa en Bahía de Portete (300 ppm de salinidad en materia seca) y en la Bahía de Barbacoas (250 ppm de salinidad). La gran cantidad de material vegetal, actúa en el suelo como una esponja, acumula gran cantidad de humedad y se satura de sal al correr el agua o al evaporarse. La relación, de la cantidad de restos vegetales con la salinidad del sustrato, se pudo constatar en otros sitios donde, sí bien no se alcanzaban estos valores extremos de salinidad, siempre se encontraba un valor mayor de salinidad en las capas más superficiales.

La tercera situación posible de relación entre la textura del sustrato y el agua, es la que se encuentra en los suelos de la Guajira; estos presentan un alto porcen-

taje de arcilla (20 %), lo que los hace suelos impermeables, pero a diferencia de los otros casos el aporte de agua dulce es excepcional, aunque las mareas logran "lavar" los suelos costeros en las áreas de manglar e impiden así la formación de salitrales. En estas condiciones en los sitios donde el agua forma pequeñas charcas, el agua al evaporarse concentra la sal disuelta, así tenemos como en Bahía de Portete encontramos el máximo valor de salinidad del agua (90 ppm de salinidad), a la cual no sobrevive, mucho tiempo, ni siquiera *Avicennia germinans*; en tanto que el suelo debido a su característica impermeable, no presentaba una salinidad muy alta. Las proporciones relativas de sales en el agua si bien presentan una relación con la salinidad del suelo, no es tan alta como podría esperarse; la salinidad del agua presenta un  $r^2=0,37$  con la salinidad del suelo (este valor ignora los valores extremos de salinidad en el suelo que se encontraron por ejemplo en la Bahía de Barbacoas (337,7 ppm), en cuyo caso el coeficiente de determinación  $r^2$  es igual a cero).

### Salinidad

El efecto de la salinidad como factor que reduce la tasa de crecimiento y la talla de las especies vegetales de marismas ha sido ampliamente documentada en el campo y en el laboratorio por Hyder & Greenway (1965), Linthurst & Seneca (1981), Parrondo, Gosselink & Hopkinsom (1978), Smart & Barko (1978) (en Soto, 1988), y en los manglares por Cintrón *et al.* (1978), Soto & Corrales (1987) y Soto (1988).

Al examinar las hojas del mangle de cada sitio se observan inmediatamente características propias de cada zona; las hojas de *Rhizophora mangle* reducen su tamaño en los sitios más salinos y/o áridos y al igual que las hojas de *Laguncularia* y *Conocarpus* son más suculentas y la textura es más coriácea.

En cuanto a las hojas de *Avicennia* varían características como la forma, tamaño, textura, suculencia, N° de nervios secundarios, longitud del peciolo. Así tenemos que para la Guajira el mangle "salado" presenta una hoja pequeña con tendencia a la forma circular; las hojas redondas pierden calor más eficientemente que las hojas elongadas (Vogel, 1968 en Soto, 1988). El color en ocasiones es característico según la especie y la región. En regiones áridas y/o hipersalinas *Avicennia germinans* se caracteriza por presentar copas anchas en relación a la altura, ángulos de ramificación obtusos, la mayoría de la proporción de biomasa en raíces y hojas en arbustos y en las ramas y hojas en los árboles, una más temprana y profusa ramificación, una más larga vida de las hojas como una respuesta al "stress" producido por la alta salinidad, bajos potenciales del agua y alta radiación solar (Soto, 1988).

La salinidad del agua tiene una gran influencia en el desarrollo de *Avicennia germinans* y tiene correlación negativa con las diferentes variables medidas excepto con la textura foliar cuya correlación fue positiva. La salinidad se refleja en el área foliar (mayor relación con el ancho foliar), en la longitud de la hoja y del peciolo, el grado textural foliar, la altura de la planta, el DAP, el

grado de ramificación y la altura del fuste. La salinidad máxima del agua a la cual se encontró *Avicennia germinans* vivo fué a 76 ppm, a 92,2 ppm se encontraron árboles de 3 m defoliados muertos aún en pie.

La salinidad del suelo presenta alguna relación en general con las características del manglar "salado", no alcanzando a ser estadísticamente significativa en la mayoría de los casos. *Avicennia germinans* tiende a acumular sal en el sustrato, tal como comprobaron López-Portillo & Ezcurra (1980; pag.1849) en un estudio en México anotando "...el agua del sustrato aumenta su concentración salina bajo los bosques de *Avicennia*". Además si los muestreos son hechos en el verano, como en nuestro caso, la salinidad en algunos sitios, suelos "turbosos", pueden ser extremas (>200 ppm). Los árboles que se encuentran en suelos hipersalinos, (aunque no necesariamente el agua intersticial presente valores altos de salinidad), durante el verano presentan poco follaje y hojas en mal estado (baja productividad). En el caso de arbolitos en playas arenosas expuestas a las micromareas del Caribe, donde se forma alrededor de las plantas un sustrato turboso hipersalino, donde las raíces no se desarrollan bien, siendo cortas y retorcidas, con pocos pneumatóforos cortos y deformes, generalmente estos arbolitos (2 m) se caen por el viento o alguna marejada, siendo frecuente observarlos caídos sobreviviendo en un ángulo de 45°.

### pH

Schnetter (1986), en cultivo hidropónico de frutos de *Avicennia germinans* procedentes de Turbo y Cartagena, encontró que las plántulas de Cartagena alcanzaban un óptimo desarrollo a un pH de 8, en tanto que las de Turbo ya lo han sobrepasado en ese punto. A pH >8 las plántulas permanecen pequeñas y cloróticas.

En la costa Caribe colombiana el pH del suelo en zonas de manglar osciló entre 4,2 y 7,9 con una media de 6,64. El agua en los sitios donde se desarrollaba el mangle "salado" el pH presentó una media para toda la costa de 7,16 con un máximo 8,51 en la ciénaga de Juan Polo (Cartagena) y un mínimo de 5,8 en Tolú. En la época invernal se pueden esperar valores más bajos del pH.

Se halló una correlación negativa entre el pH del agua con la altura y el DAP (diámetro altura pecho), es decir a mayor pH (más alcalino) disminuye la altura y el DAP. El valor estimado por Schnetter (1986) como óptimo para el desarrollo de *Avicennia germinans* (pH=8) con frutos colectados en Cartagena, corresponde a la media encontrada para la ciénaga de Juan Polo en Cartagena que fué de pH=7,92. El pH del suelo mostró alguna correlación positiva con el grado textural y negativa con la altura de los pneumatóforos (Tabla 1, Fig. 5M).

### Relación Na+/K+

López-Portillo & Ezcurra (1987) en México hallaron que cuando las concentraciones del ión Na<sup>+</sup> aumentan las propiedades físicas y mecánicas del suelo se deterioran, lo que hace menos favorable las condiciones para el crecimiento de las plantas y esto ocasiona que el

costo de producción de biomasa se incremente. En los manglares en Golfo de México se determinó una relación Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> de 29/1 en la zona fangosa de *Rhizophora* y de 48/1 en los terrenos altos, menos favorables, ocupados generalmente por *Avicennia*.

En el Caribe Colombiano se encontró para el agua, en los lugares donde crecía el manglar "salado", una proporción media Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> de 23/1 con un máximo de 67/1 y un mínimo de 2/1. Los suelos presentaban una proporción Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> de 13/1 con un máximo de 46/1 y un mínimo de 1,3/1. Las hojas de *Avicennia germinans* presentaron un valor medio de 6,3/1 con un máximo de 43/1 y un mínimo de 2/1.

La proporción Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> presenta alguna relación con el desarrollo del manglar "salado". El Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> en el suelo tiene una significativa correlación inversa con la anchura foliar ( $r^2=0,65$ ) (Tabla 1, Fig. 5J). Rains & Epstein (1967), determinaron una proporción Na/K de 40/1 en el suelo que disminuía a 7/1 en las hojas de *Avicennia marina* (López-Portillo & Ezcurra, 1987), esta disminución del ión Na<sup>+</sup> implica un gasto energético considerable que debe realizar la planta para mantener una proporción adecuada de Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> en sus tejidos internos.

### Conclusiones finales

Los manglares en la costa Caribe Colombiana están sometidos a un clima con pocas lluvias, alta irradiación solar todo el año y fuertes vientos en agosto y enero. Las especies de manglar se desarrollan hasta donde alcance la influencia de la marea; en zonas protegidas con terrenos fangosos o arenosos más o menos desarrollados crecen verdaderos bosques de manglar con toda la diversidad de fauna propia de este ecosistema.

La salinidad y pH del agua, la textura del sustrato y el clima son factores preponderantes en el desarrollo del mangle "salado" *Avicennia germinans* en el Caribe Colombiano, y se ven reflejados en las características morfométricas y morfológicas de sus individuos. De todas formas toda la variabilidad de las características de *Avicennia germinans*, entre las diferentes regiones muestreadas, no puede ser explicada solamente por los factores medio ambientales ya mencionados. Así tenemos que las diferentes poblaciones de *Avicennia germinans* en la costa Caribe Colombiana, presentan patrones fenotípicos propios de cada región. Estos caracteres que pueden ser utilizados a nivel varietal se originan en la larga permanencia de generaciones sometidas al ambiente de cada zona. El grado de aislamiento genético varía según las corrientes costeras dependiendo de la región y de las condiciones locales. El intercambio genético debido a las corrientes costeras dominantes en general fluye en dirección sur-occidental; la contracorriente del Caribe no alcanza mas allá de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, ocasionando que la población más aislada sean los manglares de las costas de la Guajira, que presentan la hoja más atípica de *Avicennia germinans* en cuanto a su forma ovoide. La aridez, el clima y la salinidad del medio se refleja en las especies típicas de los manglares. El mangle "rojo" *Rhizophora mangle* reduce el tamaño de sus hojas en los sitios más

salinos y/o áridos y al igual que en el mangle "amarillo" *Laguncularia racemosa* y el "zaragoza" *Conocarpus erecta* las hojas son más suculentas. El mangle "salado" *Avicennia germinans* en las regiones áridas se caracteriza por tener hojas pequeñas con tendencia circular (la hoja típica de la especie es lanceolada), los árboles y arbustos son de copas anchas y ángulos de ramificación obtusos, la mayor proporción de biomasa se encuentra en raíces y hojas (Soto, 1988) y una más temprana y profusa ramificación.

Las variables dependientes tenidas en cuenta, mostraron según su correlación (+ o -), cómo las condiciones para el buen desarrollo de *Avicennia germinans* son precipitación y humedad relativa altas, en suelos desarrollados pueden alcanzar mayor envergadura los árboles. La salinidad intersticial debe ser baja -entre un valor cercano a 0 ppm y unas 40 ppm-, el aumento en la salinidad le permite competir exitosamente con otras especies vegetales, pero el desarrollo óptimo se da en medios donde la salinidad sea cercana a cero. El mangle "salado" soporta grandes oscilaciones en la salinidad, resistiendo valores cercanos a 50 ppm y por períodos cortos (horas, días) valores extremos -80 ppm-. El pH en el cual se desarrolla el mangle "salado" se encuentra cercano al valor neutro (pH 7), valores hallados en verano (mayo 1990) mínimo 5,8 y máximo 8,5. La salinidad y el pH se correlacionan inversamente con los indicadores morfométricos medidos en el mangle "salado", características foliares y estructura del árbol o arbusto; excepto con la textura foliar que presentó una correlación positiva con la salinidad y el pH. El "stress" se refleja en el mangle "salado" en floraciones tempranas, en arbustos de talla reducida, crecimiento deficiente o deforme de tallo, ramificaciones o pneumatóforos, ramificación más temprana, presencia de hongos en hojas o corteza, en sectores anegádizos con abundante agua dulce competencia del helecho *Acrostichum aureum*.

## Agradecimientos

Este trabajo es parte de la tesis de grado de Biólogo Marino presentada por Francisco Pinto y Gabriel Naranjo a la Universidad Jorge Tadeo Lozano y dirigida por Jorge Hernández-Camacho. No hubiera sido posible sin la colaboración de las siguientes personas: la determinación taxonómica por parte de los botánicos Hermes Cuadros, Gustavo Lozano, Roberto Jaramillo, Javier Fuertes, Polidoro Pinto y Santiago Díaz. La asesoría química por parte de la Dra. Nuria Nolla. La evaluación de los suelos por el Ingeniero José Pinto. La revisión del texto y dibujos de Clara Giraldo-Tafur. Instituciones como INTERCOR de "Puerto Bolívar", el Laboratorio de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Jardín Botánico "Guillermo Piñeres" de Cartagena y el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

## Bibliografía

- Araújo, R. & J. Polanía. 1985. Manglares: estructura, fitosociología y geomorfología en el delta del Canal del Dique (departamentos de Bolívar y Sucre, Colombia). Tesis de grado Biología Marina. UJTL. Bogotá.
- Bula-Meyer, G. 1990. Caribe Colombia -Oceanografía. FEN. Bogotá. p.100-114.
- Calderón-Sáenz, E. 1983. Hallazgo de *Pelliciera rhizophorae* Triana & Planchon (Theaceae) en la costas del Atlántico, con observaciones taxonómicas y fitogeográficas preliminares. Acta Biológica Colombiana. 1 (1): 99-110.
- Carvajal, C. & C. Cabezas. 1989. Cartografía ecológica de la ciénaga de Juan Polo. Inf.U.Jorge Tadeo Lozano, Sec. Cartagena.
- Chapman, V.J. 1969. Lagoons and Mangrove vegetation. in A. Ayala-Casteñares and F.B. Phleger (Eds). Lagunas Costeras, un simposio, UNAM-UNESCO. N°28-30, México. pp.505-514.
- Cintrón, G., A. Lugo, D. Pool & G. Morris. 1978. Mangroves in arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. Biotropica 10 (2): 110-121.
- , A. Lugo & R. Martínez. 1980. Structural and Funcional Properties of Mangrove Forest. Symposium Signalling the Completion of the "Flora of Panama. Panama City, University of Panama.
- , & Y. Schaeffer-Novelli. 1983a. Methods for studying mangrove structure. En Snedaker, S.C. & J.G. Snedaker (edit), The mangrove ecosystem: research methods. (7): 91-113.
- , & Y. Schaeffer-Novelli. 1983b. Introducción a la ecología del manglar. UNESCO. Montevideo, Uruguay. 99 p.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 10 (40): 221-268.
- Daniel, W. 1984. Bioestadística. Ed. Limusa. México. 5 ed. 485p.
- Davis, J. 1940. The ecology and geology role of mangroves in Florida. Carnegie Inst. Washinton publication. 517: 303-412 (papers from the Tortugas laboratory, Vol. 32).
- Escallón, C. & M. Rodríguez. 1981. Introducción al estudio del ecosistema del manglar en el Parque Nacional Natural Sanquianga, Departamento de Nariño. Trabajo de Grado Biología. UNAL. Bogotá. 87 p.
- , & M. Rodríguez. 1986. Aspectos geográficos e importancia ecológica de los manglares con especial referencia a Colombia. Perez-Arbelaezia 1 (2): 225-241.
- Font Quer, P. 1982. Diccionario de Botánica. Ed. Labor S.A. (8) 1445 p.
- García-Barriga, H. 1975. Flora medicinal de Colombia. Botánica Médica. Inst. Cient. Nat. U. N. 2: 496 p.
- Garzón-Ferreira, J. 1989. Contribución al conocimiento de la Ictiofauna de Bahía Portete, Departamento de la Guajira, Colombia. Trianea (Act. Cient. y Técn., INDERENA) 3:149-172.
- Hamilton, L. & S. Snedaker. (Eds.), 1984. Handbook for area mangrove management. United Nations Environment Programme. USA. 123 p.
- Hernández, A. & K. Müllen. 1978. Productividad primaria neta en un manglar del Pacífico Colombiano. Memorias del Primer Seminario sobre el océano Pacífico Sudamericano. M. Velez & R. Beltrán (Eds.) Santiago de Cali, UNIVALLE. 2: 665-690.
- Hernández-Camacho, J.I. 1976. Introducción a la problemática de la conservación y manejo de los manglares en Colombia. Inderena Div. Parques Nacionales y vida silvestre. Bogotá. 51p.
- , P. von Hildebrand & R. Alvarez. 1980. Problemática del manejo de manglares con especial referencia al sector occidental de la ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena, Colombia. Memorias del sem. sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares, Cali. UNESCO. 364-386.
- Horna, Z.R. 1980. Relación suelo y mangle. (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*). En memorias del Sem. sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares, Cali. UNESCO. 195-214 p.

- IGAC. 1967. Atlas de Colombia. IGAC, Bogotá. 203 p.
- IGAC. 1988. Suelos y bosques de Colombia. IGAC, subdirección agrológica. Bogotá.
- López-Portillo, J. & E. Ezcurra. 1980. Son los manglares desaladores de agua?, Un análisis ecológico del flujo de agua y la acumulación de sales en los manglares, con énfasis en *Avicennia germinans*. Ciencia y desarrollo. México. 35:181-184 p.
- & E. Ezcurra. 1989. Zonation in mangrove and salt marsh vegetation at Laguna de Meoacán, Mexico. Biotropica 21 (2): 107-114.
- Lugo, A.E. 1980. Mangrove ecosystems: sucesional or steady state? Biotropica 12: 67-72.
- Lugo, A., G. Cintrón & C. Goenaga. 1981. Mangrove ecosystem under stress. En: Stress effects on natural ecosystems. 129-153 p.
- Matteucci, S. & A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA, monografía No. 22, serie biológica. 168 p.
- Ochoa, G., H. von Prhal & G. Manjarres. 1988. Algunas características funcionales del manglar de la ciénaga Grande de Santa Marta, con énfasis en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*. Memorias VI Seminario Nal.Com.Col. de Oceanografía. 488-499 p.
- Odum, W. 1982. The ecology of the mangroves of south Florida: a community profile. 144 p.
- Pinto-Nolla, F. & G. Naranjo-González. 1993. Influencia de la salinidad y el pH en la morfometría, morfología y ecología del "mangle salado" *Avicennia germinans* (L.)L. en diferentes sectores del litoral Caribe Colombiano. Tesis de Grado Biología Marina, UJTL, 214 p.
- Prahl, H. von. 1984. Notas sistemáticas de las diferentes especies de mangle del Pacífico Colombiano. Cespedesia 18 (49-50): 222-238 p.
- . 1989. Manglares. Ed. Villegas. Bogotá.
- , J.R. Cantera & R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico Colombiano. Fondo "Jos Celestino Mutis". FEN, Ed. Presencia Bogotá. 193 p.
- Pulver, T.R. 1976. Trasplant techniques for sampling mangrove Trees, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, and *Avicennia germinans*, in Florida. Flor.Mar.Res.Pub. (22) 14p.
- Ramírez, A. & M. de la Pava. 1981. Corales hermatípicos de la Isla de Tierrabomba, Cartagena (Colombia). Estimación de algunos factores de incidencia en la sucesión vertical con anotaciones ecológicas. Tesis de Grado (mimeógrafo), UJTL, Bogotá.
- Schmetter, M.L. 1969. Observaciones ecológicas en Isla de Salamanca (Departamento del Magdalena, Colombia). Caldasia 10 (48): 299-315 p.
- . 1986. La influencia del pH y de la salinidad en el crecimiento de *Avicennia germinans* (L.)L. en cultivo hidropónico. Caldasia 15 (71-75): 381-391 p.
- Soto, R. 1988. Geometry, biomass allocation and leaf life-span of *Avicennia germinans* (L.)L. (Avicenniaceae) along a Salinity gradient in salinas, Puntarenas, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 36 (2A): 309-323 p.
- . & L.F. Corrales. 1987. Variación de algunas características foliares de *Avicennia germinans* (L.)L. (Avicenniaceae) en un gradiente climático y de salinidad. Rev. Biol. Trop. 35 (2): 245-256 p.
- Thom, B.G. 1967. Mangrove ecology and deltaic geomorphology: Tabasco, México. J.Ecol. 55: 301-343 p.
- Vernette, G. 1982. Estandarización de los criterios sedimentológicos para la cartografía de la plataforma continental. Bol. Cient. CIOH, Cartagena. 3-13 p.
- Viña, G. 1986. Impacto del dragado en las zonas de manglar del Canal del Dique. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Dirección de Navegación y Recursos.
- Woodroffe, C.D. 1983. Development of mangrove swamps behind beach ridges, Grand Cayman Island, West Indies. Bull. of Mar. Scien. 33 (4): 864-880.

# OCNACEAS DE LAS SIERRAS DE CHIRIBIQUETE Y DE LA MACARENA (COLOMBIA) CONSIDERACIONES TAXONOMICAS Y FITOGEOGRAFICAS

por

Claude Sastre<sup>1\*</sup>

## Resumen

Sastre, C. Ocnaceas de las sierras de Chiribiquete y de la Macarena (Colombia). Consideraciones taxonómicas y fitogeográficas. Rev. Acad. Col. Cienc. **19** (74): 499-508, 1995. ISSN 0370-3908.

Se describen tres especies nuevas de *Ouratea*, se presentan conclusiones taxonómicas sobre *Sauvagesia fruticosa* y se tratan las relaciones fitogeográficas de las Ocnáceas encontradas en las sierras de Chiribiquete, en la Amazonía y la Macarena, en la Orinoquía de Colombia.

**Palabras clave:** Ochnaceae, Sistemática, Chiribiquete, Colombia, Amazonía.

## Abstract

Three new species of *Ouratea* from Chiribiquete (Amazonian basin) and Macarena (Orinoquian basin) are described. Some comments regarding to the taxonomical position of *Sauvagesia fruticosa* and the phytogeographical relations of the Ochnaceae are provided.

**Key words:** Ochnaceae, Systematic, Chiribiquete, Colombia, Amazonia.

Dentro de las colecciones botánicas realizadas estos últimos años en las Sierras de Chiribiquete y de la Macarena, algunos especímenes pertenecen a especies desconocidas de *Ouratea* Aublet (Ocnáceas). Además, nuevas colecciones de *Sauvagesia fruticosa* Mart. et Zucc. realizadas en la Sierra de Chiribiquete y en Araraucara (estación típica de esta última), permiten considerar la presencia de subespecies de la anterior. Por último, las colecciones de las especies ya conocidas permiten complementar su distribución geográfica.

### Descripción de las especies nuevas:

1. *Ouratea gonzalezii* Sastre sp. nov. (Figs. 1 y 2) Frutex omnino glaber, 2-3 m altus. Lamina coriacea anguste ovata, apice acuto, basi acuta, ad obtusa, margine crassa denticulata, nervio principali prominenti, ner-

vio secundariis inaequalibus. Inflouescentia terminalis, spiciformis, 5-7 cm longa. Sepala, 5, ovata; petala, 5 obovata; stamina, 10; carpelo, 5, stilo 5 mm longo. Fructus ex 1(2) carpello, fusiformi, carpophoro subspherico.

A *O. lucens* H.B.K., nervis tertiariis numerosis tenuibosque differt.

A *O. flexuosa* Rusby pedunculo glabro et sepalis obovatis, 7-8 x 3-4 mm (non subtriangularis 7,5-8 x 2-3 mm) glabris differt.

A *O. williamsii* Macbr. nervis tertiariis pagine inferiore munde visibilibus, inflorescenciis 5-6 cm longis (non 2 cm), sepalis non acuminatis 7 mm longis (non 4 mm) differt.

**Tipo:** COLOMBIA, Dep. Caquetá, Sierra de Chiribiquete, campamento sur al SW del campamento, terraza entre los dos últimos escarpas de la meseta (inventada).

\* Museum d'Histoire Naturelle - Phanérogamie. 16, rue Buffon, 75005 Paris - Francia.



Figura 1. *Ouratea gonzalezii*, fotótipo, Fuertes & al. 1147

rio 1). 0°55' N, 72°45' W. 350-400 m. Bosque de *Protium* sp., altura del dosel 12-15 m; sobre suelos bien desarrollados. 11 Dic 1990, J. Fuertes, J. Estrada, P. Franco & P. Palacios 1147 (Holótipo: COL.; isótipos: MA, P).

**Material adicional:** COLOMBIA, Dep. Meta, Sierra de la Macarena, N escarpment, alt. 700 m, 30 Ene 1950, W.R. Philipson & J.M. Idrobo 2307 (BM, COL). Ibid., Hacienda de los Micos. El Tablazo, alt.: 2200', 16 Sep. 1974, T. Plowman & Davis 9267 (COL). 1427 (COL) Ibid mountain slopes in the valley of the Zanza, 20 Ene 1968, J. Thomas et al., río Guapayo, 7 Dic 1949, W.R. Philipson & al. 1716 (BM, COL). Dep. Guaviare, Parque Nacional de Chiribiquete, extremo Norte, cerca de Dos Ríos, 1°48' N, 72°44' W. 19 Nov 1992, Barbosa 7969 (COL). Dep. Caquetá, Sierra de Chiribiquete, campamento Norte, a 2 Km SE. 1°7' N, 72°50' W. 500-550 m. En sotobosque. 12 Mar 1990, S. Castroviejo & al. 12025 (COL, MA). Ibid., cerca de la Cueva de las Pinturas. 1°5' N, 72°40' W. 595-630 m. 23 Ago 1992, P. Palacios et al 2459 (COL). IBID., entre el Arco de Triunfo y el río de los Musgos. 600-650 m. 18-19 Ago 1992, P. Franco & al. 3804 (COL). Ibid., bosque alto 300 m refugio Bernardo. 1°4' N, 72°46' W. 550 m. 20 Nov 1992, P. Franco et al. 4193 (COL). Ibid., Ald. refugio de la Selva. 1°4' N, 72°44' W, 630 m. 1° Dic 1992, Velayos & al. 6498 (COL). Ibid., cerca campamento de base. 0°56' N, 72°42' W. 600 m. (levantamiento 19). 27 Nov 1992, P. Palacios & al. 2824 (COL).

Arbusto a arbolito de 2-3 m de alto, ramas glabras. Hojas con peciolo largo de 0,4-0,5 cm, lámina coriácea, 9-19 x 2-5 cm, obovadas a ovadas, ápice agudo, margen crasa, denticulado cerca de la base de la lámina, a veces dentado cerca del ápice, base aguda a obtusa, nervio principal prominente en las dos caras, nervios secundarios desiguales, los más grandes curvados siguiendo el margen entre los más pequeños subperpendiculares al nervio principal y paralelos entre sí, nervios terciarios numerosos en dirección perpendicular al nervio principal, subparalelos entre si. Inflorescencia terminal espiciforme no ramificada, largo de 5-7 cm. Sépalos, 5,7 x 2 mm, ovados; pétalos, 5, 8 x 5 mm, obovados, estambres, 10, largo de 8 mm, carpelos, 5 estilo de 5 mm. Fruto con toro subsférico, 9-10 mm de diámetro, carpelos fusiformes 9-10 x 5-6 mm. pedúnculo largo de 7 mm.

El epíteto específico dedica esta especie a **Favio González**, botánico del Instituto de Ciencias Naturales, compañero durante mi último viaje en los llanos del Meta y del Vichada (diciembre 1993).

*O. gonzalezii* pertenece a un grupo de especies de *Ouratea* que tienen hojas elongadas ( $L/l = 2,5-5$ ), inflorescencias terminales espiciformes, flores con 5 sépalos, 5 pétalos, 10 estambres y 5 carpelos. Se diferencia de *O. lucens* H.B.K. de la Costa Atlántica por sus nervios terciarios numerosos y delgados, de *O. flexuosa* Rusby del Perú amazónico por su pedúnculo floral glabro, sus sépalos glabros y obovados (7-8 x 3-4 mm) y no pilosos y subrectangular (7,5-8 x 2-3 mm), de *O. williamsii* Macbr. del Perú amazónico por su inflorescencia mayor (5-6 cm de larga y no 2 cm) y sus sépalos de tamaño mayor (7 mm de largo y no 4 mm).



Figura 2. *O. gonzalezii*, Philipson & Idrobo 2307 (con frutos)

## 2. *Ouratea pintoi* Sastre sp. nov. (Fig. 3)

Frutex omnino glaber, 1,5-3 m altus. Lamina coriacea ovata ad elliptica, apice acuto, basi obtusa ad rotundata, margine denticulata, dentata prope basim, nervo principali pagine inferiore prominente, nerviis secundariis subaequalibus. Inflorescencia terminalis spiciformis 6-15 cm longa. Sepala 5, ovata acuminata; petala 5, obovata; stamina 10, carpellis 5, stilo 9 mm longo. Fructus ex 1 carpello fusiformibus, carpophoro subconico.

A *O. magdalenae* (Tr. et Pl.) Engler nervio tertiariis parallelis et inflorescenciarum axibus pilosis differt.

A *O. chaffanjonii* Van Tieghem, nervio tertiariis munde visibilibus, sepalis 10-11 mm longis, 2-3 latis (non 8-9 x 3 mm), petalis 11-12 mm longis, 4-5 mm latis (non 10 x 5 mm) differt.

**Tipo:** COLOMBIA, Dep. Meta, Serranía de la Macarena, margen izquierda del río Guayabero, a 10 Km abajo de Caño Lozada. Primera meseta sobre el campamento N° 1.500 m. 16 Ene 1959, P. Pinto, H. Bischler & R. Jaramillo 201 (Holótipo: COL; isótipo: P).

**Material adicional:** COLOMBIA, Dep. Meta, La Macarena, Río Guayabero, raudal de la Macarena, margen izquierda del Río, 380 m. 22 Ene 1959, P. Pinto, H. Bischler & R. Jaramillo 298 (COL). Ibid., sabana de Arenisca, 235-700 m. Enero-Marzo 1969, H. García Barriga & R. Jaramillo 17048 (COL). Ibid., Angostura I and

vicinity. 26 Ene 1968, J. Thomas, J. Hernández & P. Pinto 1603 (COL, P). Ibid., bosque en el borde de las mesetas del Sur, 300-400 m. 18 Ene 1959, R. Jaramillo & al. 1284 (COL). Dep. del Caquetá, Sierra de Chiribiquete, mesa al Norte. 1°04', 73°40'W, bosque sobre afloramiento rocoso, 800 m. (COL).

El epíteto específico dedica esta especie a Polidoro Pinto, botánico del Instituto, compañero durante los viajes en los llanos del Meta y del Vichada en 1969 y en 1971.

*O. pintoi* pertenece a un grupo de especies de *Ouratea* que tienen inflorescencias terminales espiciformes, flores con 5 sépalos, 5 pétalos, 10 estambres y 5 carpelos. Se distingue del grupo de especies precedentes por sus hojas menos elongadas y principalmente con sus nervios subiguales. *O. pintoi* se diferencia de *O. magdalenae* (Tr. & Pl.) Engler por sus nervios terciarios subparalelos (y no anastomosados) y los ejes de la inflorescencia no pilosos, de *O. chaffanjonii* van Tieghem del lado venezolano del río Orinoco por su venación terciaria bien visible en el envés y por sus flores de tamaño mayor (sépalos de 10-11 mm de largo y pétalos de 11-12 mm de largo, y no sépalos de 8-9 mm de largo y pétalos de 10 mm de largo).

Arbusto a arbolito de 1,5-3 m de alto, ramas glabras. Hojas con peciolo largo de 0,7-0,8 cm, lámina coriácea 10-15 x 5-6 cm, ovadas a elípticas, ápice agudo, margen dentado, base obtusada, nervio principal prominente por el envés, nervios secundarios subiguales curvados cerca de la margen y subparalelos entre sí, nervios terciarios orientados perpendicularmente al nervio principal, subparalelos entre sí, inflorescencia terminal espiciforme poco ramificada, 6-15 cm de larga. Sépalos, 5, coriáceos, 10-11 x 2-3 mm, ovados, acuminados; pétalos, 5, amarillos, membranaceos, 11-12 x 0,8-10 mm, obovados, acuminados; estambres sésiles, 10, curvados, 8 x 1 mm, ondulados; carpelos, 5, estilo, 9 mm de largo. Frutos con pedúnculo de 8 mm, toro subcónico de 5 x 4 mm, carpelos fusiformes, 9 x 4 mm.

## *Ouratea chiribiquetensis* Sastre sp. nov. (Figs. 4 y 5)

Frutex omnino glaber, 2 m altus (arbor 13 m alta in Araracuara). Lamina coriacea elliptica ad obovata, apice acuto, basi rotundata ad cordata, margine denticulata, nervo principali prominente, nerviis secundariis subaequalibus. Inflorescenciae axillaris aliquoties terminalis paniculatae 10-16 cm longae. Flores aperti non visi. Fructus ex 1(2) carpello 8 mm longo, toro conico recto.

A *O. croizatii* Maguire et Wurdack nervio tertiariis parallelis, inflorescenciis paniculatis differt.

A *O. macrocarpa* Sastre foliis 12-14 cm longis, 5,5-7 cm latis (non 12-25 x 6-10 cm), inflorescenciis semper terminalibus, carpellis fructorum 9-10 mm longis, 2-3 mm latis (non 18 x 12 mm) differt.

**Tipo:** COLOMBIA, Dep. Caquetá, Sierra de Chiribiquete, campamento Norte, proximidades del campamento 1°7'N, 77°50'W, 500-550 m., matorrales de sabana, 6



Figura 3. *O. pintoi*, fotótipo, Pinto & al. 201

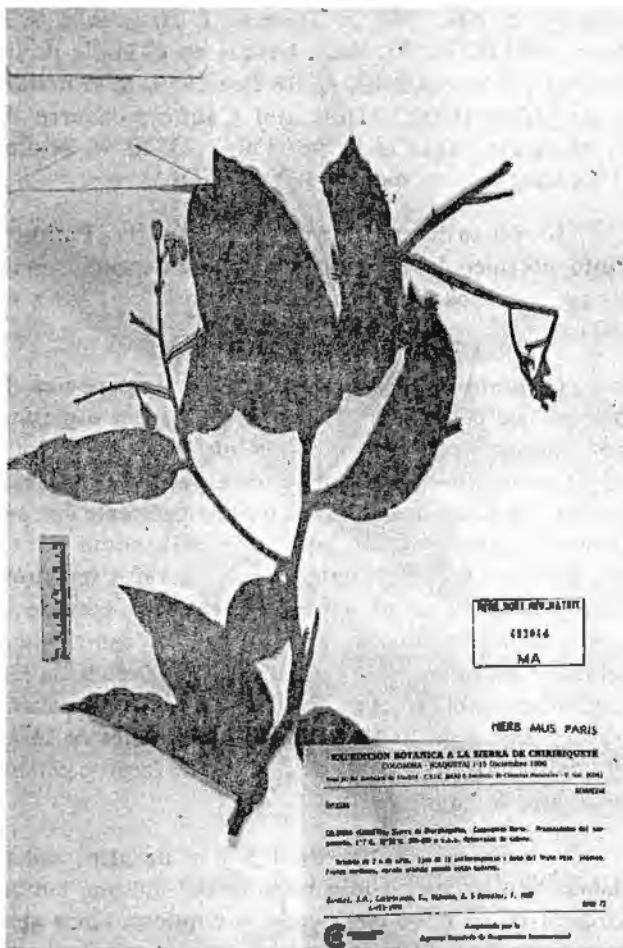


Figura 4. *O. chiribiquetensis*, fototipo, Cardiel & al. 1022



Figura 5. *O. chiribiquetensis*, Cardiel & al. 1016 (con jóvenes inflorescencias)

Dic 1990, J.M. Cardiel, S. Castroviejo, S. Galeano & F. González 1022 (Holotipo: COL, isótipo: M).

**Material adicional:** COLOMBIA, Dep. Caquetá, Sierra de Chiribiquete, Campamento Norte, 1°7'N, 72°50'W, 500-550 m. En matorral de sabana, 6 Dic 1990, J.M. Cardiel & al. 1016 (COL, MA). Ibid., al SW del campamento Sur, terrazas entre los dos últimos escarpas de la meseta (inventario 1), 0°55'N, 72°45'W, 350-400 m. 11 Dic 1990, J. Fuertes & al. 1157 (COL, MA). Dep. Amazonas, Río Cahuinarí, 7,5 Km al oeste de sus bocas, 400 m. 14 Sep 1988, M. Sánchez et al. 1217 (COAH, P). Araracuara, transect 1, 27 Ene 1989, A. Gentry & M. Sánchez 65246 (COAH). Ibid., sobre afloramientos rocosos. 21 Feb 1986, Palacios & Plazos 890 (COAH). Ibid., bosque de *Dimorphandra*. 18 Feb 1986, Palacios & Plazos 843 (COAH). Río Caquetá, abajo de la Isla de las Palmas. 29 Ago 1986, Palacios & al. 2069 (COAH).

Arbusto a árbol de 2-13 m de alto, ramas glabras. Hojas con peciolo de 4-6 mm de largo, lámina coriácea, 12-14 x 5,5-7 cm, elíptica a obovada, ápice agudo, margen dentado, base redondeada a cordada, nervio principal prominente en las dos caras, nervios secundarios subiguales y subparalelos entre sí con una curva ascendente cerca del margen, nervios terciarios poco visibles en la haz. Inflorescencia, generalmente axilar, paniculada, bien ramificada, de 10-16 cm de larga, estípulas fértiles coriáceas, 4-7 x 1,5-2,5 mm, las más grandes cerca de la base de la inflorescencia, ovadas, agudas, acuminadas, y a veces ciliadas, estípulas estériles en la parte basal de la inflorescencia, coriáceas, 8-9 x 4-5 mm. Flores maduras no vistas. Frutos maduros con toro cónico 9-10 x 2-3 mm, recto o curvado, carpelo generalmente único (a veces 2) 8 x 5 mm.

El epíteto científico se refiere a la localidad del espécimen tipo.

*O. chiribiquetensis* pertenece a un grupo de *Ouratea* con hojas coriáceas elípticas de 10-25 cm de largo, nervios secundarios iguales y con flores que tienen 5 sépalos, 5 pétalos, 10 estambres y 5 carpelos. Se distingue de *O. croizatii* Maguire et Wurdack de la Orinoquía venezolana por sus nervios terciarios subparalelos y no anastomosados y su inflorescencia paniculada y no espiciforme, y de *O. macrocarpa* Sastre de Venezuela y Guyanas por sus hojas medianas (12-14 x 5,5-7 cm y no 12-25 x 6-10 cm) sus inflorescencias en su mayoría axilares y no todavía terminales y sus frutos menores (carpelos: 9-10 x 2-3 mm y no 17-18 x 11-12 mm).

Subdivisión taxonómica de *Sauvagesia fruticosa*.

*Sauvagesia fruticosa* Mart. et Zucc. tiene una área general SW-NE, desde el Perú (Dep. Loreto, cerro la Escalera) hasta el alto Río Orinoco (Venezuela) y el alto Río Branco (Brasil). Vive sobre rocas de arenisca y arena de descomposición. Presenta en esta área variaciones morfológicas, una situada al nivel de la inflorescencia es notable. La mayoría de los especimen (incluyendo los del Cerro Chiribiquete) tienen una inflorescencia densa (Fig. 6) mientras que los recolectados en Araracuara (COLOMBIA, Amazonas) tienen inflorescencias laxas, con muchas ramificaciones 1-2 flores (Fig. 7), incluyendo el

especimen-tipo de Martius depositado en Munich. Todas las colecciones hechas en Araracuara desde Martius (1818-19) hasta la última que conozco (*Restrepo & Sánchez 19* hecha el 21 septiembre 1990 -COAH) tienen este tipo de inflorescencia. Entonces este caracter se presenta estable desde más de un siglo y medio, en consecuencia propongo que poner esta variación bien estabilizada y localizada permite establecer una subespecie que se llamará *Sauvagesia fruticosa* Mart. et Zucc. ssp. *fruticosa*. Los otros especímenes debe determinarse como *Sauvagesia fruticosa* Mart. et Zucc ssp. *colombiana* (Schultes) Sastre (= *Leitgebia colombiana* Schultes, Bot. Leaflet. Harvad Univers. 16:85, 1953, Neótipo: COLOMBIA, Vaupés, Cerro Yapoboda, Río Kuduyari, quartzitic savannah, 5-6 Oct 1951, *Schultes & Cabrera 14276* (GH), isótipos: BM, C, COL, U.

*Consideraciones fitogeográficas*

Dentro de las 10 especies de Ocnáceas encontradas sobre los afloramientos de arenisca de estos dos cerros, dos tienen una area muy grande:

- *Sauvagesia erecta* L. (in Cerro de la Macarena) se halla en América tropical desde México (Est. Chiapas y Oaxaca) hasta Argentina (Prov. Misiones y Corrientes), en Africa tropical y en la parte occidental de Madagascar (*Sastre, 1971*).

- *Cespedesia spatulata* (R. et P.) Planchon (Cerro de Chiribiquete) se halla desde América Central hasta el



Figura 7. *Sauvagesia fruticosa* ssp. *fruticosa*, Sastre & Raichel 4920

Brasil (Est. Minas Geraes) incluyendo Colombia y Venezuela (*Sastre, 1975*).

Las otras especies se reparten en 3 tipos de distribución:

1. Norte-Sur «pie de monte», con *Rhytidanthera splendida* (Planchon) van Tieghem (Fig. 8, Mapa 1), única especie de la familia que tiene las hojas compuestas. Se halla en el flanco oriental de la Cordillera oriental desde el departamento del Norte de Santander hasta la región de Florencia (Dep. Caquetá) y en el Occidental del Norte de Santander hasta el Departamento de Boyacá.

Nota: Considero el género *Rhytidanthera* como monoespecífico, y pongo en sinonimia los numerosos binomios descritos después de la diagnosis original de PLANCHON (1846). Así *Rhytidanthera splendida* (Planchon) van Tieghem, Ann. Sci. Nat., serv. 8, 19:44, 1904.

- *Godoya splendida* Planchon in Hooker. Lond Journ. Bot. 5:599.1846

- *Rhytidanthera sulcata* van Tieghem l.c.

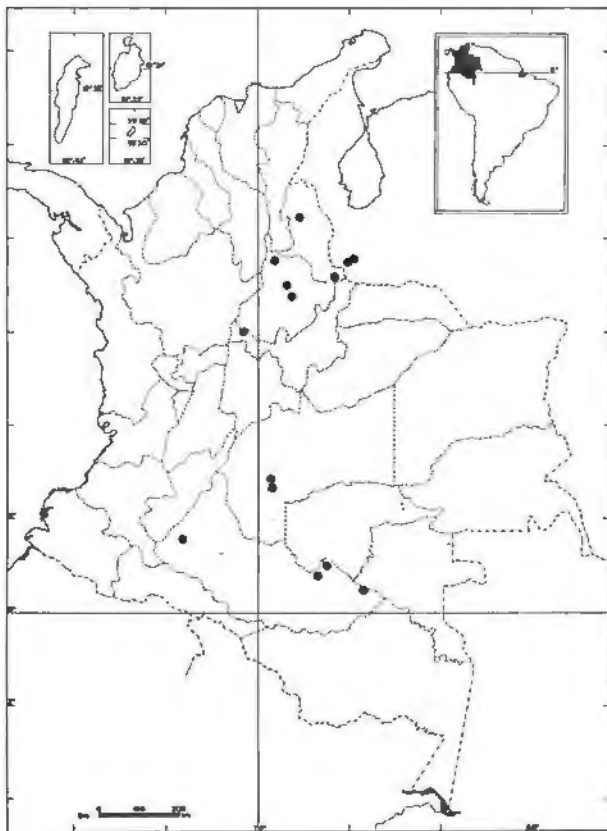
- *Rhytidanthera fragrans* van Tieghem l.c.

- *Gadoya magnifica* Gleason, Phytologia 1:27. 1933

- *Rhytidanthera magnifica* (Gleason) Dwyer, Lloydia 9:53. 1946



Figura 6. *Sauvagesia fruticosa* ssp. *colombiana*, Castroviejo & al. 11976



Mapa 1. Distribución geográfica de *Rhytidanthera splendida*

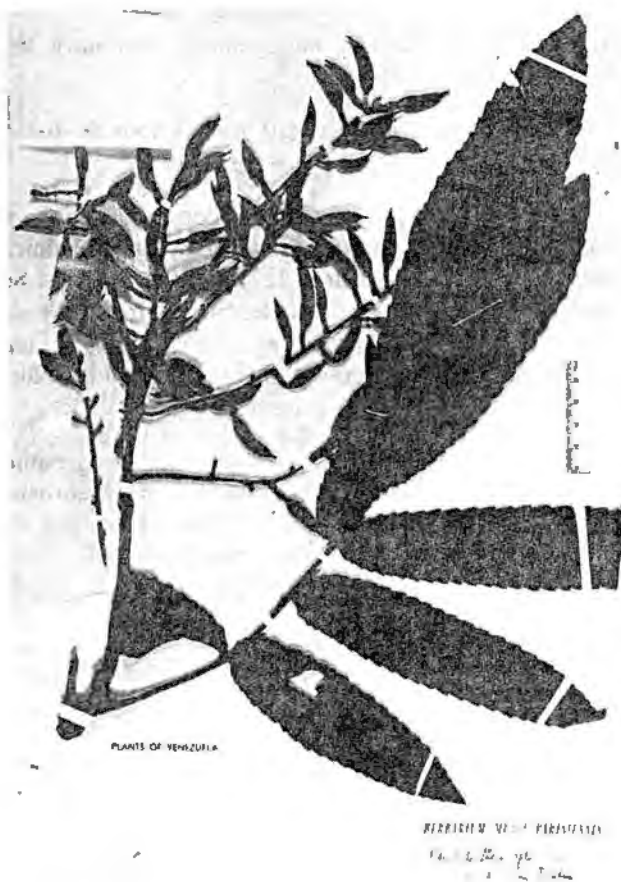


Figura 8. *Rhytidanthera splendida*, Steyermark & al. 119645

-*Rhytidanthera mellifera* Schultes Bot. Mus. Lealf. Harvad Univ. 14:33. 1949

-*Rhytidanthera regalis* Schultes Bot. Mus. Lealf. Harvad Univ. 16: 106. 1953.

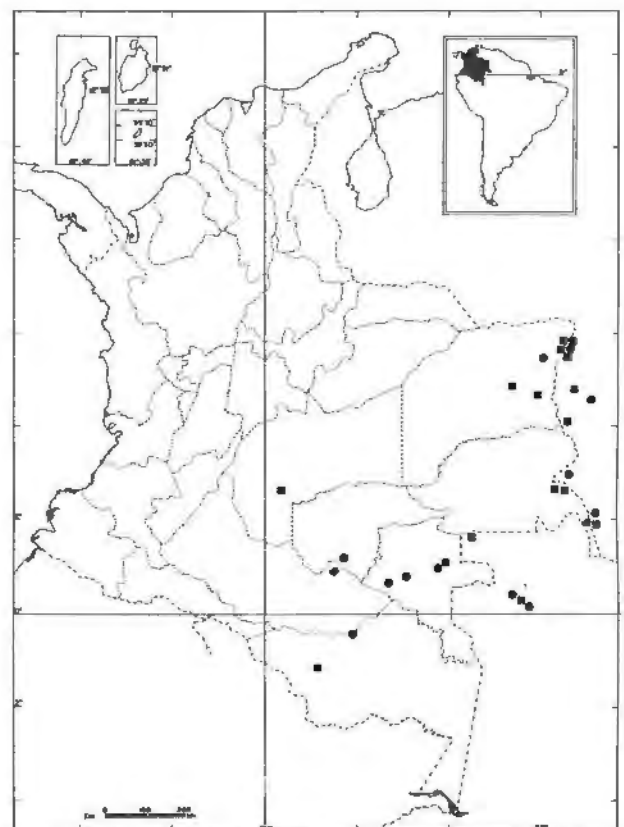
2. Oeste-Este, con los afloramientos de arenisca (y a veces de granito) de la Amazonía y de la Orinoquía (Mapa 2).

Además de *Sauvagesia fruticosa*, otras cuatro especies tienen este tipo de distribución.

- *Wallacea insignis* Spruce ex Benth. et Hook. (Fig. 9). Tiene sus límites occidentales en el cerro Chiribiquete y en Araracuara. Ocurre en Venezuela (Alto Río Orinoco) y en el Brasil (Río Negro, Est. Amazonas y Est. Pará) todavía en afloramiento de arenisca o sobre arena de descomposición de la roca de arenisca.

*Sauvagesia ramosissima* Spruce ex Eichler (Fig. 10) encontrada en la Macarena vive sobre arena de descomposición de rocas de arenisca como en La Chorrera (Amazonas) o de granito como sobre los inselbergs de la orilla del Río Orinoco. Tiene una área englobando las Guyanas y la parte Norte de La Amazonía (Sastre, 1971).

*Sauvagesia erioclada* Maguire y Phelps (Fig. 11) conocida hasta ahora únicamente en las montañas de la Orinoquía venezolana (Sastre, 1971) fue encontrada en el Cerro Chiribiquete en 1992 (Velayos & al 6474, Barbosa & al 8161 y 8191).



Mapa 2. Distribución geográfica de

- *Wallacea insignis*
- *Sauvagesia ramosissima*



Figura 9. *Wallacea insignis*, Maguire & al. 41490



EXPEDICION AL PARQUE NACIONAL NATURAL CHIRIBIQUETE  
 (COLOMBIA) (Cuerpo Exped. 452) - 478 200  
 Herbario de la Universidad de Colombia, Bogota, Colombia

*Sauvagesia* *erioclada* Velayos & al. 6474

OCNAICE

COLOMBIA, CACHIBITA, Sierra del Chiribiquete, 9° 50' N, 72° 42' W, a 2000 m s.n.m., 29-XI-1992. M. Velayos 6474. N. Cardiel. F. Probst & M. T. Trujillo

Figura 11. *S. erioclada*, Velayos & al. 6474



Figura 10. *Sauvagesia ramosissima*

*Sauvagesia guianensis* (Eichler) Sastre (Fig. 12) ocurre en las montañas Guayanesas de Venezuela y de Guayana con la subespecie *guianensis*. La subespecie *aracuarensis* Sastre descrita en 1978 con un espécimen recolectado cerca de Aracuara (Dep. Amazonas) fue encontrada en el cerro de Chiribiquete en 1990 (Estrada & Fuertes, 1993).

3. Areas restringidas a dos afloramientos de arenisca amazónicos (las 3 especies nuevas de *Ouratea*).

*O. gonzalezii* pertenece a un grupo de especies que tiene una distribución global tipo «piedemonte» (Mapa 3) con *O. lucens*, *cortena* (el espécimen *Cuatrecasos* 13319 recolectado en el Dep. Norte de Santander no está lejos de la costa del Lago Maracaibo), *O. williamsii*, pie de monte peruano y *O. flexuosa* de la selva amazónica del Perú y de Bolivia. La determinación de los especímenes que recolecté en Aracuara (*Sastre* 5066) y en la Chorrera (*Sastre* 3139) esta dudosa porque son estériles. Esto explica los errores de interpretación que he hecho en 1988.

*O. pintoii* (Mapa 4) se acerca a especies tipo «piedemonte» con *O. magdaleane* conocida en los altos de la parte de Cundinamarca del Río Magdalena y de la Orinoquía venezolana, *O. chaffanjonii* cuyas colecciones vienen en su mayoría de Puerto Ayacucho, en lomas graníticas.

*O. chiribiquetensis* tiene similitud con especies todas de la orinoquía venezolana: *O. croizatii* y *O.*

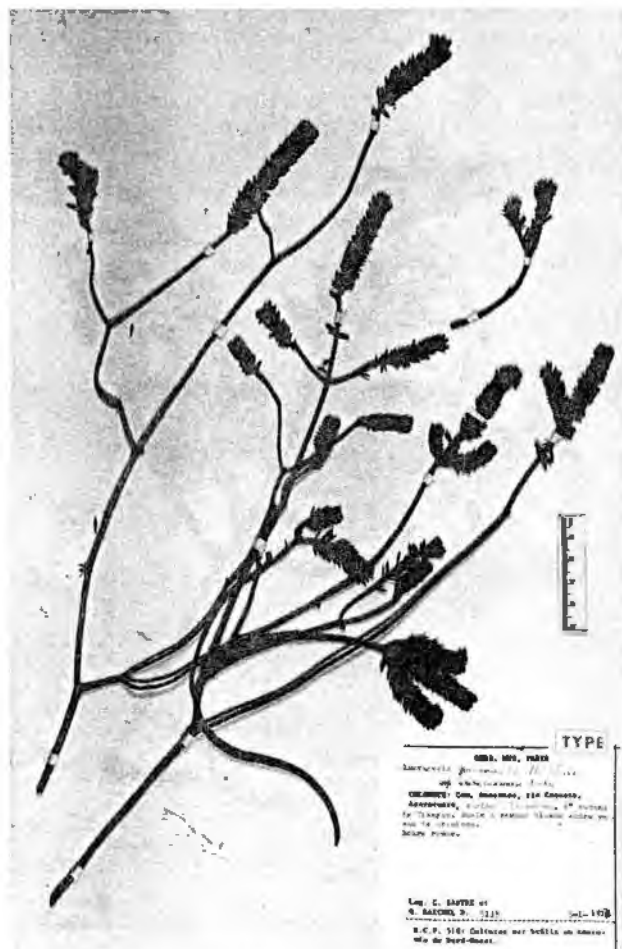
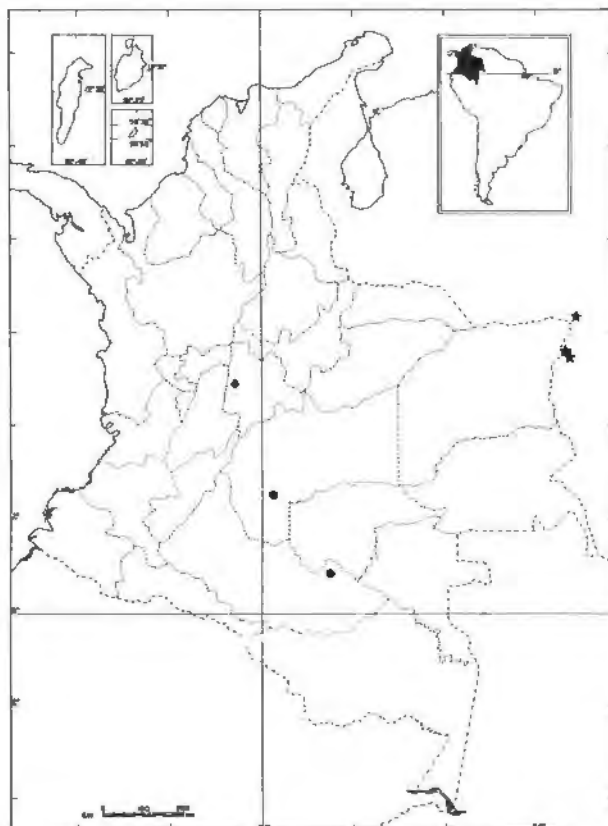


Figura 12. *S. guianensis* ssp. *araracuarensis*, fotótipo, Sastre & Raichel 5139.



Mapa 4. Distribución geográfica de

- ◆ *Ouratea magdalena*
- ★ *Ouratea chaffanjonii*
- *Ouratea pintoii*

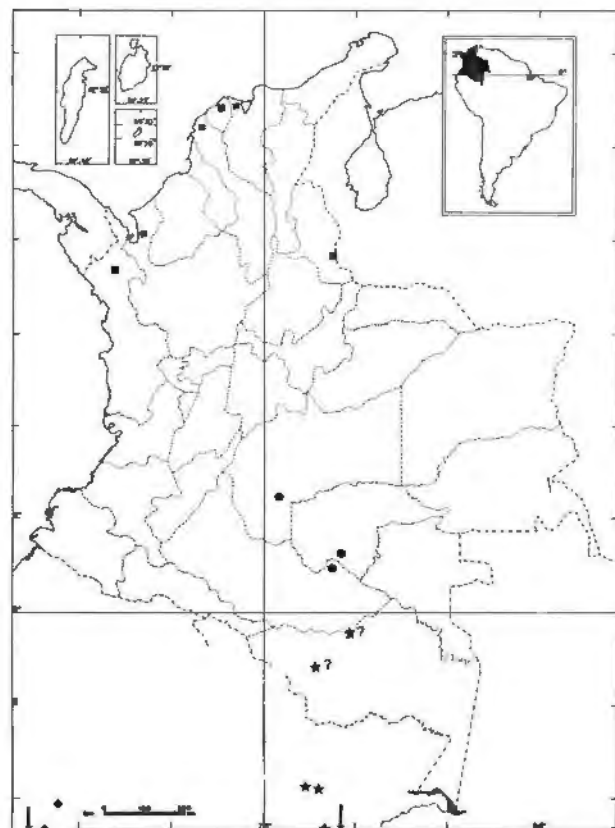
*macrocarpa* la cual se encuentra hasta la Guayana francesa.

**Conclusiones**

Las especies de Ocnáceas de estos cerros presentan dos tipos de distribución y afinidad.

1. "pie de monte" de menor importancia. Las distribuciones de *Rhytidanthera splendida* y de las especies cercanas de *Ouratea gonzalezii* parecen testigos del gran levantamiento de los Andes del Pleistoceno que brindó excepcionales oportunidades para procesos de especiación. Pinto (1993) precisa que la cronología del levantamiento de la cordillera oriental se halla plenamente documentado.

2. Con la Orinoquia, vía los afloramientos de arenisca amazónicos, de mayor importancia, que se confirma con colecciones de *Ouratea* cf. *roraimae* Engler hechas cerca de la Mesa de la Lindosa (Dep. Guaviare) en diciembre 1993 (Sastre & Robin, 9193) y en Araracuara en noviembre 1993 (Cárdenas 4162). Lourteig (1986) anotó que las especies de *Cuphea* P. Browne sect. *Amazoniana* (Litraceas) con disco glandular deflexo, se distribuyen siguiendo una línea Oeste-Este similar. Con estos ejemplos se ve que esta línea de afloramientos de arenisca permite un contacto entre estos Cerros y las Guayanas venezolanas y brasileñas. Macarena y Chiribiquete tienen 5 especies de Ocnáceas en común; en consecuencia me parece difícil separar la Macarena



Mapa 3. Distribución geográfica de

- *Ouratea lucens*
- ◆ *Ouratea williamsii*
- ★ *Ouratea flexuosa*
- *Ouratea gonzalezii*

del complejo fitogeográfico guayano-colombiano, al contrario de **Huber** (1994) que pone la Macarena en el conjunto andino.

**Cleef y Duivenvoorden** (1994) distinguen una región "Araracuara sandstone Plateau" incluyendo la Mesa de la Lindosa y el Cerro Chiribiquete, que se relaciona con la Flora guayanesa. Me parece que esta región debe también incluir el macizo de la Macarena. Estos cerros aislados en la selva amazónica son parecidos a un archipiélago constituido por afloramientos de arenisca (incluyendo los del Vaupés) dispuestos en una serie desde la Macarena hasta el Alto Río Orinoco y el Alto Río Negro; cada uno teniendo sus características florísticas. Este puede explicar la existencia de taxones endémicos de un cerro (*Sauvagesia fruticosa* ssp. *fruticosa*) o de dos cerros tales como *Sauvagesia guianensis* ssp. *araracuarensis* y las tres especies nuevas de *Ouratea* descritas aquí. Como ya lo encontré en el archipiélago antillano, la especiación llega a varios niveles taxonómicos (Sub-especies, especies - **Sastre**, 1990). Las "islas" de arenisca en la selva amazónica se pueden considerar como refugios de vegetación xerofítica que se mantiene gracias a condiciones edáficas favorables.

Este aislamiento permite una deriva genética y una especiación similar a la descrita en varias Ocnáceas guayanesas con fenómenos de vicariansa (**Sastre** 1992, 1994).

#### Bibliografía

**Cleef, A.M. & J.F. Duivenvoorden.** 1994. Phytogeographic analysis of a vascular sample from the Araracuara Sandstone Plateau, Colombian Amazonia. *Mém. Soc. Biogéogr.* 3° sér., 4: 65-81.

**Estrada, J. & J. Fuertes.** 1993. Estudios botánicos en la Guyana colombiana, IV. Notas sobre la vegetación y la flora de la Sierra de Chiribiquete. *Rev. Acad. Colomb.* 18(71): 483-497.

**Huber, O.** 1994. Recent advances in the phytogeography of the Guayana Region, South America. *Mém. Soc. Biogéogr.* 3° sér., 4: 53-63.

**Lourteig, A.** 1986. Revisión de dos secciones del género *Cuphea* P. Browne (Lythraceae). *Phytologia* 60 (1): 17-55.

**Pinto-Escobar, P.** 1993. Vegetación y Flora de Colombia. 72 p. Ed. Guadalupe. Bogotá.

**Sastre, C.** 1971. *Sauvagesia erecta* L.: ses variations. Especies affines. *Caldasia* 11(51): 3-66.

———. 1971. Distribution géographique des especes de *Sauvagesia* L. *C.R. Soc. Biogéogr.* 421: 47-59.

———. 1975. Etude du genre *Cespedesia* Goudot (Ochnacées). *Cespedesia* 4 (15): 191-222.

———. 1978. Description de deux taxons nouveaux de *Sauvagesia* L. (Ochnacées) récoltés en Amazonie colombienne. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat.*, sér. 3, 521: 35-38.

———. 1988. Sobre tres especies colombianas de *Ouratea* Aublet (Ochnaceae). *Mutisia*. 68: 7-10.

———. 1990. Spéciation de taxons spécifiques et infraspécifiques "volcaniques" en Guadeloupe et en Martinique. Incidences sur les listes régionales d'espèces à protéger. *C.R. Soc. Biogéogr.* 66(2): 85-97.

———. 1992. Vicariance et distribution géographique de quelques Ochnacées des Guyanes. *C.R. Soc. Biogéogr.* 68(1): 35-45.

———. 1994. Paléoclimats, spéciation et taxonomie. Quelques exemples chez les Ochnacées néotropicales. *Mém. Soc. Biogéogr.* 3° sér., 4: 3-10.

# REGISTRO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA LAGUNA SUR (BAHIA DE CHENGUE, CARIBE COLOMBIANO) ENTRE 1981-1984

por

Ricardo Alvarez-León\*, Gustavo Ramírez-Triana\*\*, Eberhard Wedler\*\*\*

## Resumen

Alvarez-León, R., Ramírez-Triana, G. & E. Wedler.: Registro de las Condiciones Ambientales de la Laguna Sur (Bahía de Chengue, Caribe Colombiano) entre 1981-1984. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 509-526, 1995. ISSN 0370-3908.

La determinación de parámetros ambientales en la Bahía y Laguna Sur Chengue, tanto en las aguas (6) y en los sedimentos (7) (octubre de 1981 y mayo de 1983), así como los reconocimientos y colectas periódicas de la fauna y flora asociadas a las raíces del manglar (*Rhizophora mangle*) y a los fondos de la Laguna cubiertos en su mayor parte por parches de fanerógamas (*Thalassia testudium*) y algas (*Halimeda opuntia*), permitieron correlacionar y caracterizar el sistema lagunar.

**Palabras clave:** Parámetros ambientales, Agua, Sedimento, Manglar, Bahía de Chengue, Caribe Colombiano.

## Abstract

Reconnaissances, collects, and measurements of environmental parameters in water (6) and sediments (7) (October 1981 and May 1983) of the fauna and flora associated to the roots of mangrove (*Rhizophora mangle*) and to the botton of the lagoon covered mostly by banks of fanerogams (*Thalassia testudium*) and on seaweed (*Halimeda opuntia*), was effectuated. A brief correlation environmental of information obtaneid and the lagoon system caracterization through the interpretation of the parameters biotics and abiotics, was made.

**Key words:** Environmental parameters, Water, Sediment, Mangrove, Carribean coast of Colombia.

## Introducción

El conocimiento de los ambientes costeros del trópico americano adquiere cada vez mayor importancia, por cuanto su manejo armónico y planificado requiere el respaldo técnico y científico que proporcionan las investigaciones.

Consciente de estas necesidades, el Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín "José Vives D'Andreis" INVEMAR y el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS emprendieron varios proyectos de investigación en las bahías de Nenguange, Gayraca y Chengue, dentro del programa institucional de la primera entidad: Ecosistemas Marinos.

En el desarrollo de la primera etapa (1981-1984), el INVEMAR contó con el valioso apoyo de profesionales y alumnos de las Universidades Tecnológica del Magdalena y Nacional de Colombia, así como del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente INDERENA.

\* Promotora de Fomento Cultural de la Costa Atlántica PRODECOSTA. A.A. 1820 Cartagena (Bol.) Colombia.

\*\* Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, INVEMAR. A.A. 1016 Santa Marta (Mag.) Colombia.

\*\*\* Universidad Tecnológica del Magdalena. Fac. Ing. Pesquera. A.A. 1505 Santa Marta (Mag.) Colombia.

Desde su iniciación en 1963, el INVEMAR ha desarrollado una intensa labor en los ecosistemas del Parque Nacional Tayrona (Alvarez-León, 1983; Hernández-Rodríguez, 1983; Alvarez-León & Salzwedel, 1983) a fin de obtener un conocimiento lo más detallado posible de tan importante reserva natural y contribuir así en forma eficaz, a la planificación de su adecuada administración y al desarrollo armónico de la región de Santa Marta.

Por lo tanto el objeto de esta contribución es dar a conocer los resultados obtenidos en la Bahía de Chengue y su Laguna Sur, en desarrollo de los objetivos originalmente previstos en el proyecto Caracterización de los Ecosistemas de las Bahías de Nenguange y Chengue (Fig. 1), y cuyos resultados preliminares se hallan en Alvarez-León (1983b), Wedler (1984), Alvarez-León (1989, en preparación) y Wedler & Alvarez-León (1989).

### Area de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el Caribe colombiano (Fig. 2) al noroeste del Departamento del Magdalena, entre los  $11^{\circ} 18'$  y  $11^{\circ} 20'$  latitud N y los  $74^{\circ} 09'$  y  $74^{\circ} 07'$  longitud W. Chengue está situada aproximadamente en la mitad del Parque Nacional Tayrona, el cual posee una serie de bahías y ensenadas que se extienden desde Santa Marta hasta Cañaverales hacia el este. Chengue es quizá la más representativa y mejor conservada de todas las que hacen parte del Parque su orientación es sur-noreste y cubre un área de 2,5 km<sup>2</sup> aprox. Como en las bahías vecinas, las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, terminan abruptamente en el mar, formando los límites laterales en el oeste y este; así mismo, sus rocas masivas protegen la parte interior de la bahía del oleaje fuerte que viene de mar abierto (Fig. 1).

Las formaciones rocosas de estas estribaciones dominan la estructura litoral en ambos lados de la bahía, desde la región expuesta en el norte y hacia adentro, hasta la mitad de la bahía. De la mitad hacia el fondo aumentan las acumulaciones de sedimentos en el litoral, formando playas angostas de cascajo y arena fina, mientras al este, al oeste y al sur, las acumulaciones de sedimentos aislaron lagunas costeras bordeadas por manglares.

Formadas por sedimentación en la zona de transgresión de la región litoral de Chengue se encuentran tres diferentes tipos de laguna costera:

(1) Temporal, sin comunicación con la bahía, con agua sólo durante el invierno, en el margen suroeste; vegetación xerofítica y subxerfítica en su área de influencia (Fig. 2).

(2) Permanente, con comunicación a la bahía, en el margen sur; bordeada por manglares, y con un área de 0.5 km<sup>2</sup> aprox. (Fig. 2).

(3) Permanente, sin comunicación con la bahía, con agua durante todo el año, por la protección que le ofrecen los manglares (Fig. 2).

En la segunda Laguna, mejor conocida como Laguna Sur, su permanente comunicación con las aguas de la bahía y la cercanía de ecosistemas tan variados y característicos como playas angostas, franjas de manglar, praderas de fanerógamas y algas, y arrecifes de coral, ocasiona complejas interrelaciones entre los organismos, dando particularidades específicas al flujo energético de la zona. En la Laguna suroeste el terreno es amplio y salitroso debido al cierre definitivo de la única comunicación que tenía con las aguas de las bahías, por efecto

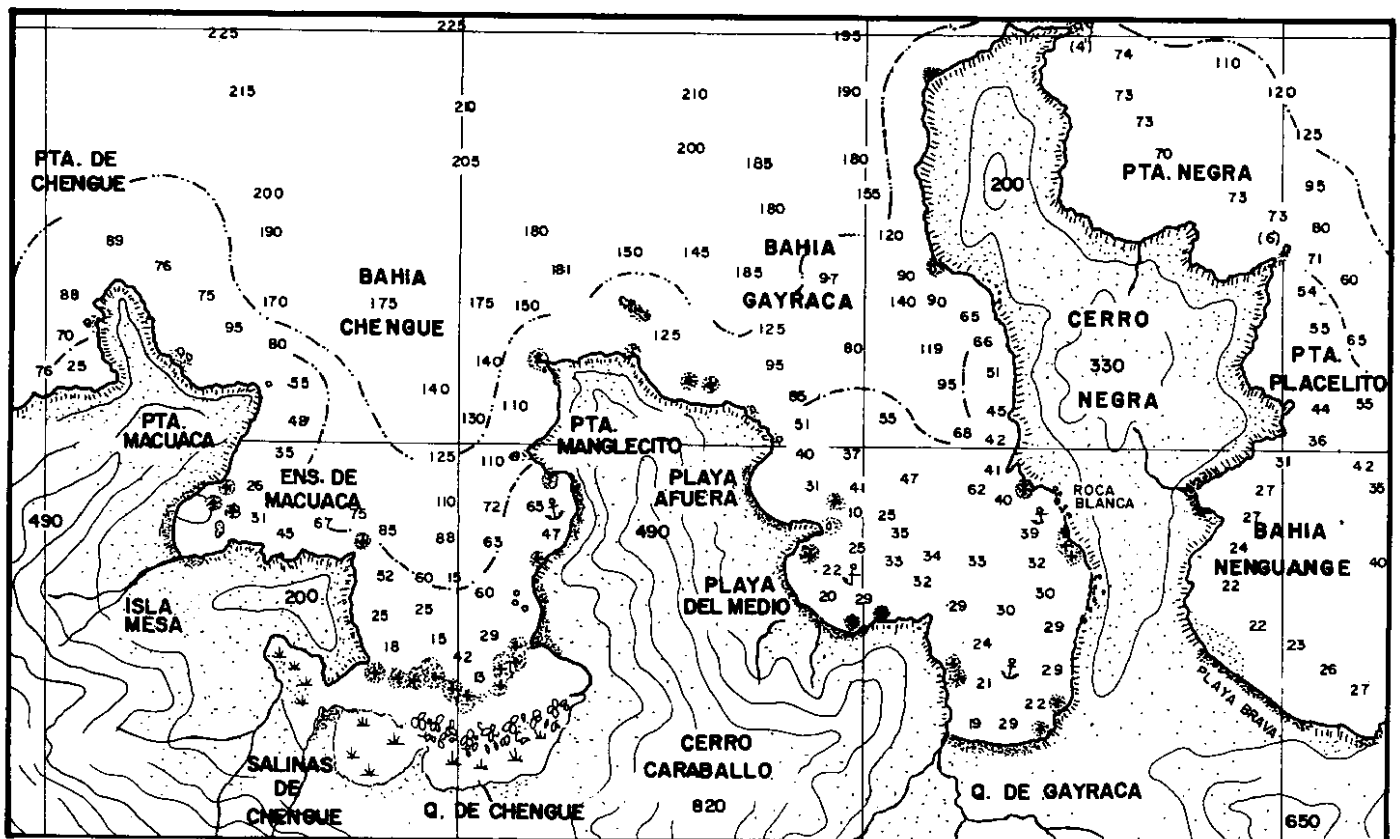


Figura 1. Mapa histórico y batimétrico del área de estudio, elaborado por la expedición del yate Fairwinds en diciembre 1963 y octubre 1967 (capt. Kit. S. Kapp, 1970. Cliff Road, Northbend, Ohio, USA).

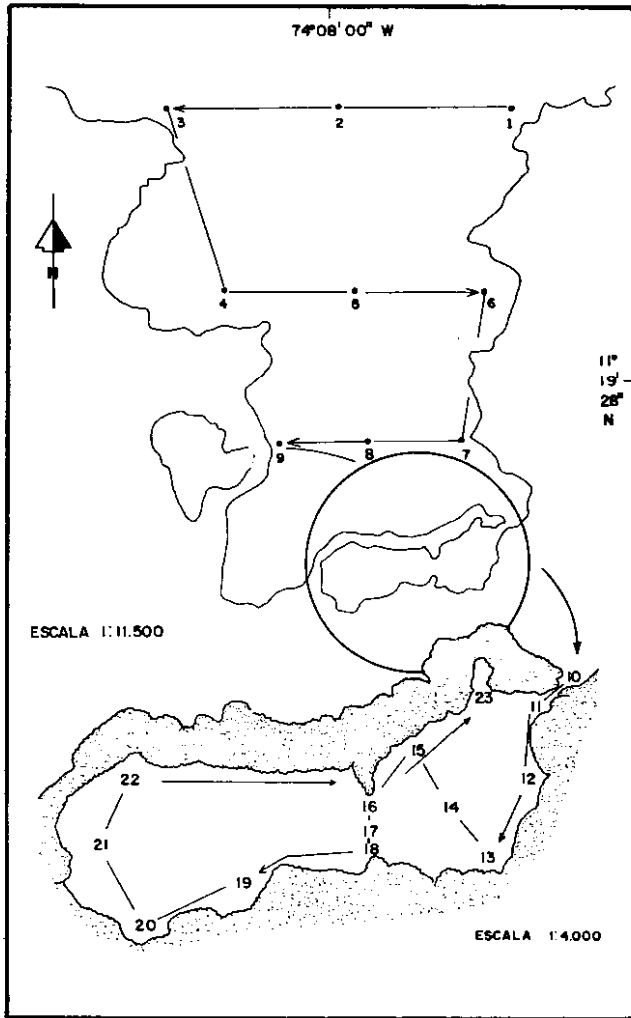


Figura 2. Mapa del área de estudio donde se señalan las estaciones y el recorrido efectuado en los días de muestreo.

dinámico del patrón de sedimentación; durante la mayor parte del año se encuentra inundada por el invierno estacional y sirve como salida durante el verano. Las salinas de Chengue existen desde tiempos prehistóricos (Vargas, 1948) así como las de Dibulla, Santa Marta y Pozos Colorados (Oyuela, 1987).

El clima del área es tropical, con una temperatura media anual de 27.9°C (IGAC, 1975; Bastidas & Corredor, 1977); los vientos predominantes son los alisios de diciembre hasta abril y los del suroeste-oeste de julio hasta agosto (Bula-Meyer, 1985).

La precipitación pluvial alcanza una media de 613 mm, con un marcado período de lluvias de mayo a noviembre y un hidrogadiante oeste-este y altitudinal (ESTUCOSTA, 1971 Herrmann, 1971, Hernández-Camacho & Rodríguez-Guerrero, 1972 INDERENA, 1972). Los accidentes fisiogeográficos causan diferencias de precipitación, lo cual, unido a la convergencia de los vientos cargados de humedad, genera condensación en las partes altas (niebla y/o lluvia), aumentando la precipitación en la parte oeste y reduciendo diferencias en la vegetación (INDERENA, 1972; Bastidas & Corredor, 1977). La evapotranspiración muestra igualmente una clara dependencia del régimen térmico y la elevación del lugar, y los cambios son drásticos; mientras en

el sector este se han medido 1.800 mm, en el oeste se han registrado 0 mm (Bastidas & Corredor, 1977).

De acuerdo con la estructura de la vegetación se detectan dos sectores dominantes: seco al este y húmedo al oeste, cuyo límite se halla situado en la Cuchilla del Muerto Cerro de Aguas Muertas. La vegetación es de tipo bosque húmedo perennifolio en las estribaciones de la Sierra, bosque y matorral seco en laderas y planicies cercanas al mar, y bosque haloxihidrofolio (especialmente manglares) en sectores reducidos adyacentes a la línea de costa (Hernández-Camacho & Rodríguez-Guerrero, 1972). La extensión que ocupan los manglares es muy pequeña, algunas veces con comunidades puras de *Rhizophora mangle* o con asociaciones de dos especies, *R. mangle* y *Avicennia germinans*.

En el margen oeste (Punta Manglecito - Laguna Sur) se encuentran los principales arrecifes coralinos protegidos del embate directo de las olas, en el margen este (Ensenada Macuca - Laguna Sur) predominan las praderas de fanerógamas sobre la arena y basamento de corales hermatípicos fosilizados. Una segunda Laguna ahora convertida en salina, se localiza en forma paralela al eje principal de la bahía. De acuerdo con la escasa cartografía existente, las tres lagunas se originaron en forma diferente; a partir de arrecife de barrera, la presencia de dos bocas, la dinámica de las aguas y la colonización progresiva de los manglares, ocurrió la estabilización de las lagunas Sur y Oriental, así como el aislamiento de la Laguna Occidental.

Los estudios sobre los recursos y ecosistemas de la Bahía han permitido conocer algunos aspectos sobre algas (Schnetter, 1977; Bula-Meyer & Schnetter, 1978; Schnetter & Bula-Meyer, 1979; Schnetter *et al.*, 1981; Bula-Meyer, 1982; Guillot & Márquez, 1978; Márquez & Guillot, 1983), manglares (Bastidas & Corredor, 1977; Bastidas de Pascuas, 1980), zoantarios (Manjarrés, 1982), corales pétreos (Werdning & Erhardt, 1976; Prahl & Erhardt, 1985; Solano, 1987), octocorales (Botero, 1987), moluscos (Gotting, 1973; Bandel, 1976a, 1976b; Cosel, 1976; Marcus, 1976), equinodermos (Meyer & Marcuda, 1976; Caycedo, 1978; Pawson & Caycedo, 1980; Gallo, 1988), crustáceos (Werdning, 1977, 1978; Prahl & Manjarrés 1984) y peces (Beese, 1974, Acero, 1983, Garzón & Acero, 1983). No obstante, es evidente la escasez de información sobre el área motivo del presente estudio, pues en la laguna Sur se circunscribió a los estudios que sobre manglares realizaron Bastidas y Corredor (1977) y Bastidas de Pascuas (1980).

## Material y Métodos

Se realizaron salidas de campo mensuales desde octubre de 1981 hasta mayo de 1983 en las 23 estaciones escogidas (Fig. 2). Estas colectas comprendieron agua superficial tanto en la Bahía de Chengue como en la Laguna Sur; flora, fauna y sedimentos solamente en la Laguna.

## Hidrografía

Las muestras de agua se recolectaron con una botella Ruttner de termómetro incorporado entre las 09:00

y 11:00 horas con una frecuencia quincenal. Las técnicas analíticas fisicoquímicas del agua comprendieron: salinidad por conductimetría, pH por medio de potenciometría, oxígeno disuelto según Winkler, nitrato inorgánico (nitritos + nitratos) por reducción en columna de cadmio-cobre y colorimetría de acuerdo con Strickland y Parsons (1972).

### Flora y fauna

En las colectas de organismos se utilizaron diversos métodos a fin de lograr un cubrimiento lo más completo posible.

La vegetación terrestre se obtuvo mediante reconocimientos alrededor de la laguna y la colecta manual de partes representativas: hojas, flores, frutos y semillas. Se transportaron en una prensa y en el laboratorio se secaron y montaron en cartulina estándar para herbario.

El necton se capturó mediante la utilización de una atarraya con ojo de malla de 40 mm y una red agallera monofilamento con ojo de malla de 100 mm. Para el bentos se utilizaron tres métodos: colecta manual mediante buceo libre skin, red de arrastre de 1.50 m de longitud total, boca con marco metálico (relinga superior y alas) y relinga inferior de 0.75 cm con cadena, ojo de malla de 25 mm, efectuando arrastres paralelos a la costa de tres minutos de duración.

Las muestras fueron trasladadas en bolsas plásticas previa fijación *in situ* con formol al 15% en agua salobre. En el laboratorio fueron lavadas, separadas por especies, preservadas en formol al 2-5% dependiendo de las características de los organismos y etiquetadas para el proceso de catalogación definitiva dentro de las colecciones científicas del INVEMAR.

La información de campo fue analizada y relacionada con las variables abióticas e intraespecíficas, elaborándose tablas y gráficas de distribución espacial, así como una discusión comparativa a nivel de grupos mayores, a fin de obtener una idea lo más completa sobre la estructura de las comunidades presentes en el área.

### Sedimentos

Las muestras de sedimentos se colectaron con una draga Stechkasten (0.067 m<sup>2</sup>) y fueron desecadas a 60°C en el laboratorio hasta peso constante. La evaluación de arenas y limo-arcillas se realizó según la metodología propuesta por Hulme y McIntyre (1971). Los análisis químicos realizados en el sedimento homogenizado y pulverizado comprendieron: materia orgánica por calcinación a 550°C hasta peso constante; carbón orgánico mediante oxidación por vía húmeda con dicromato de potasio y medición fotométrica a 620 nm (Clark, 1966); proteína, mediante reactivo de Folin-Ciocalteu y lectura fotométrica a 720 nm (Lowry et al., 1951); calcimetría por neutralización de los carbonatos con HCl 2 N y valoración del ácido remanente con NaOH 2N e indicador de fenolftaleína.

El análisis de la información incluyó la graficación de los resultados mediante la elaboración de isólineas o el registro directo de los valores sobre mapas, de acuerdo con la variabilidad obtenida.

## Resultados

### Sedimentos

#### a) Granulometría

La distribución de arenas (> 62) y limo-arcillas (< 62) en los sedimentos superficiales de la laguna indican una relación promedio de 6: 1 de arena a limo-arcilla, registrándose la mayor concentración de arenas en la zona adyacente a la boca (Fig. 2). La estación 17 presenta un nivel relativamente alto de limo-arcillas (31.1%), mientras que la estación 5, cercana al manglar, presenta una proporción similar para las dos fracciones. El contenido de limo-arcilla se incrementa en zonas alejadas de la boca, principalmente en lagunas, áreas adyacentes al manglar. La distribución granulométrica en la laguna depende de las condiciones locales tales como profundidad, velocidad de la corriente y estructura de la comunidad bentónica (agrupaciones de *Halimeda*, praderas de *Thalassia* y raíces sumergidas de *Rhizophora*). Estas estructuras fijan el sedimento, disminuyen la velocidad y el transporte del material limo-arcilloso. En el área de la boca, donde la velocidad de la corriente es alta por efecto de las mareas, hay gran transporte de material fino y mayor sedimentación de material grueso (arenas, cascajo, restos de coral y conchas de moluscos, entre otros).

#### b) Calcimetría

El contenido de carbonato tiende a disminuir de norte a sur (Fig. 3). Los niveles más altos se localizan en la boca y área adyacente mientras que los menores se encuentran en la zona opuesta (Estación 17). La concentración de carbonatos en la zona norte están muy relacionados con la presencia de caracoles muertos bajo la capa de sedimento.

En general, las fuentes de carbonato en la laguna son algas calcáreas, conchas de moluscos y restos de coral.

#### c) Materia orgánica

La distribución de materia orgánica en el sedimento de la laguna es homogénea, a excepción de dos áreas que presentan valores extremos: alta concentración en la orilla sur (Estación 10) y valores bajos en la boca; los primeros se originan en la producción del manglar y el aporte continental por escorrentía, y éstos últimos debido al "lavado" y resuspensión del material limo-arcilloso originado por las corrientes de marea.

#### d) Carbón Orgánico. Carbohidratos y Proteínas

La distribución superficial del carbón orgánico (Fig. 4a) presenta un comportamiento similar al de la materia orgánica; la variación de concentración entre las diferentes estaciones de estudio no es notable, exceptuando las estaciones de la zona de la boca y la estación 10.

La concentración de carbohidratos (Fig. 4b) en los sedimentos varía significativamente y depende del tipo de vegetación presente en cada estación en particular. Se aprecian los valores más altos en las zonas centrales de la laguna y en menor proporción en cercanía del man-

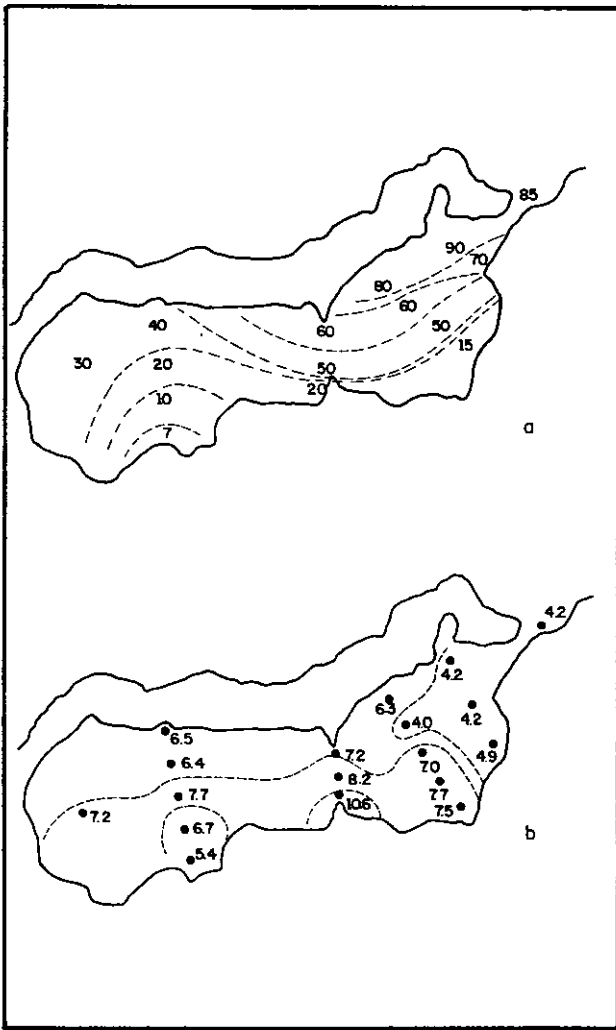


Figura 3. Isolíneas sobre la distribución de los porcentajes de carbonato (CaCO<sub>3</sub>) (a), y de materia orgánica (b) en los sedimentos de la Laguna Sur.

glar; esto permite concluir que el productor principal de carbohidratos es la *Halimeda*. Como en los parámetros anteriores, los valores mínimos se encuentran en la zona de la boca.

La distribución de proteínas (Fig. 4c) es homogénea en la laguna, a excepción de algunas zonas adyacentes al manglar (Estaciones 5, 10, 17) que presentan valores altos. Lo anterior probablemente depende de la mayor oferta local de material orgánico, lo cual atrae una mayor cantidad de organismos descomponedores. Como en los casos anteriores se pueden apreciar disminuciones significativas de proteína en la zona de comunicación con la bahía.

**Hidrografía general**

Para facilitar el análisis de la información hidrográfica obtenida en la bahía se consideró la variación estacional de las condiciones físico-químicas utilizando los valores promedio de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno de tres sectores representativos:

Sector A (Estaciones 1, 2 y 3), Sector B (Estaciones 4, 5 y 6) y Sector C (Estaciones 7, 8 y 9). No se

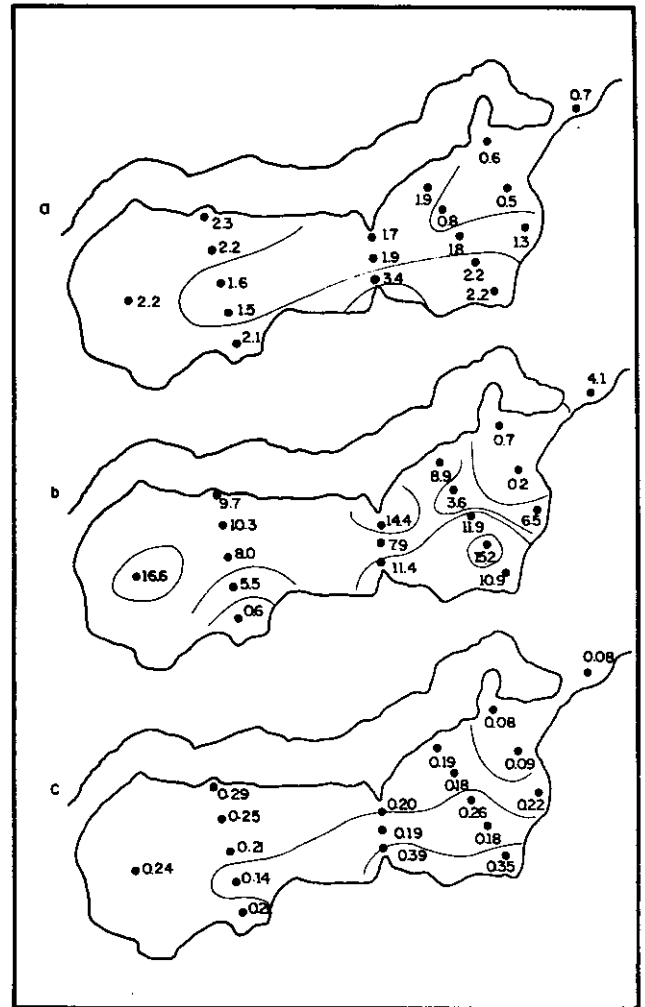


Figura 4. Isolíneas sobre la distribución de los porcentajes de carbón orgánico (a), carbohidratos (x10<sup>-3</sup>) (b), proteínas (c) en los sedimentos de la Laguna Sur.

consideró conveniente promediar los valores de nitrato debido a su alta variabilidad en los diferentes sectores de la bahía.

Por su parte, para la Laguna Sur se establecieron tres sectores: Sector D (Estación 11), Sector E (Estación 17) y Sector F (Estación 21).

Finalmente se debe mencionar que los resultados hidrográficos son válidos solamente para las horas de la mañana, ya que no se consideran los efectos de las corrientes de marea y la variación diurna de las variables estudiadas (Tabla 1).

**A) Temperatura**

El régimen climático regional se refleja en el comportamiento estacional de la temperatura en las aguas de la bahía y de la Laguna Sur. Hacia mayo, luego del período de "brisa", la temperatura empieza a aumentar alcanzando un máximo (33.5°C) a mediados de junio; luego, debido al "veranillo de San Juan", hay un descenso entre julio y agosto. Las temperaturas mínimas de esta época se presentan en julio y agosto en la bahía y en la laguna, respectivamente. Con la llegada del período de lluvias hay un incremento notorio de la temperatura que alcanza su máximo valor en septiembre; se presenta lue-

**Tabla 1.** Condiciones hidrográficas de la Bahía de Chengue y la Laguna Sur adyacente E = Estación; M = Máximo; m = mínimo; ma = Media anual; CV = Coeficiente de Variabilidad.

Rango de Parámetro Variación		Estaciones											
		E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-11	E-17	E-21
Temperatura °C	M	29.2	29.2	29.2	29.1	29.1	29.5	29.3	29.5	30.2	32.0	33.5	32.7
	m	25.2	25.1	25.1	25.5	25.1	25.2	25.7	25.8	26.0	26.0	26.1	26.1
	ma	26.9	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.3	27.4	28.1	28.8	29.6	29.8
	CV	4.0	4.2	4.2	4.2	4.6	4.9	4.3	4.5	4.5	5.5	6.4	6.8
pH	M	8.45	8.45	8.36	8.50	8.49	8.50	8.46	8.44	8.40	8.30	8.41	8.41
	m	7.95	7.99	8.01	8.04	8.04	8.00	8.00	7.98	7.97	7.82	7.72	7.86
	ma	8.24	8.26	8.26	8.26	8.27	8.25	8.23	8.22	8.15	8.04	8.03	8.06
	CV	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.7	1.5	1.3	1.9	1.5	2.6	2.4
Salinidad %	M	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	39.2	40.5	40.9
	m	33.8	33.8	33.8	33.7	33.7	33.7	33.8	33.8	33.1	35.1	32.0	35.1
	ma	35.8	35.8	35.8	35.9	35.8	35.9	35.9	35.9	36.0	36.7	37.4	38.3
	CV	3.7	3.3	3.1	3.1	3.5	3.2	3.2	2.9	3.7	3.4	5.9	3.9
Oxígeno Disuelto ml/lt	M	5.07	5.08	4.9	5.31	4.90	4.93	5.18	4.85	6.67	4.55	5.98	5.31
	m	4.57	4.58	4.39	4.35	4.37	4.46	3.97	3.81	3.33	2.80	3.03	3.30
	ma	4.74	4.80	4.73	4.73	4.68	4.71	4.49	4.39	4.32	3.65	4.60	4.35
	CV	3.0	3.2	3.2	4.8	3.0	3.4	6.7	7.7	19.2	15.1	19.9	13.2
Saturación de oxígeno %	M	113	113	111	120	109	111	114	107	150	110	142	131
	m	98	99	99	97	107	98	86	83	73	64	71	80
	ma	104	105	104	104	103	103	99	97	97	83	107	101
	CV	4.1	4.3	3.9	5.6	3.3	3.9	7.2	7.8	19.7	15.9	22.2	14.6
Nitrato Inorgánico μ moles/lt	M	1.11	0.80	0.92	1.20	1.08	0.92	0.90	0.97	0.80	1.30	0.97	0.84
	m	0.12	0.18	0.21	0.29	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	CV	62.1	60.0	49.4	51.1	48.9	54.0	56.9	55.0	50.4	44.0	41.2	34.3

go descenso noble para la laguna y la bahía, en su orden. La disparidad en las temperaturas mínimas debe atribuirse a la influencia de la surgencia costera sobre las lagunas de la bahía.

Con respecto a la laguna, la temperatura superficial es homogénea en todo el espejo de agua y su variación depende de la hora del día, cambios de marea y corrientes generadas dentro de la laguna y los eventos climáticos momentáneos (brisa, lluvia y radiación solar). En las horas pico de pleamar y bajamar, sin corrientes fuertes y radiación uniforme, se registran por lo general temperaturas similares en toda la laguna (Figs. 5b y c), mientras que en horas de movimiento de marea, generadoras de corrientes fuertes dentro de la laguna, se presentan gradientes térmicos (Fig. 5a). De lo anterior se deduce que la temperatura en la laguna es muy variable y hace difícil establecer un patrón de comportamiento para ella.

#### b) Salinidad

Como en el caso de la temperatura, el régimen climático (precipitación -concentración salina; "brisas"

- surgencia + evaporación y temperatura -evaporación) influye en la variación estacional de la salinidad (Figs. 6, 7 y 8). Con el inicio del período de lluvias empieza a disminuir la salinidad, alcanzando sus valores mínimos en septiembre y octubre para la bahía y la laguna, respectivamente. Con la terminación de las lluvias y la irrupción de la "brisa" regional hay un incremento fuerte de la salinidad que, luego de un pequeño descenso en enero, alcanza su valor máximo en febrero.

En el comportamiento de la salinidad se puede observar la penetración desde mar afuera de cuñas de agua de baja salinidad (Fig. 6), que dividen las aguas de la bahía en su zona central. Los ciclos anuales de la salinidad son idénticos en la bahía y la laguna, sin embargo esta última registra mayor variación en sus valores extremos.

La variación de la salinidad en los sectores A, B y C de la bahía es muy similar (Tabla 1, Fig. 6), mientras que los sectores D, E y F de la laguna presentan mayores diferencias (Tabla 1). La zona adyacente a la boca (D) es la que menos variación experimenta por su contacto directo con las aguas de la bahía y tiende a presentar

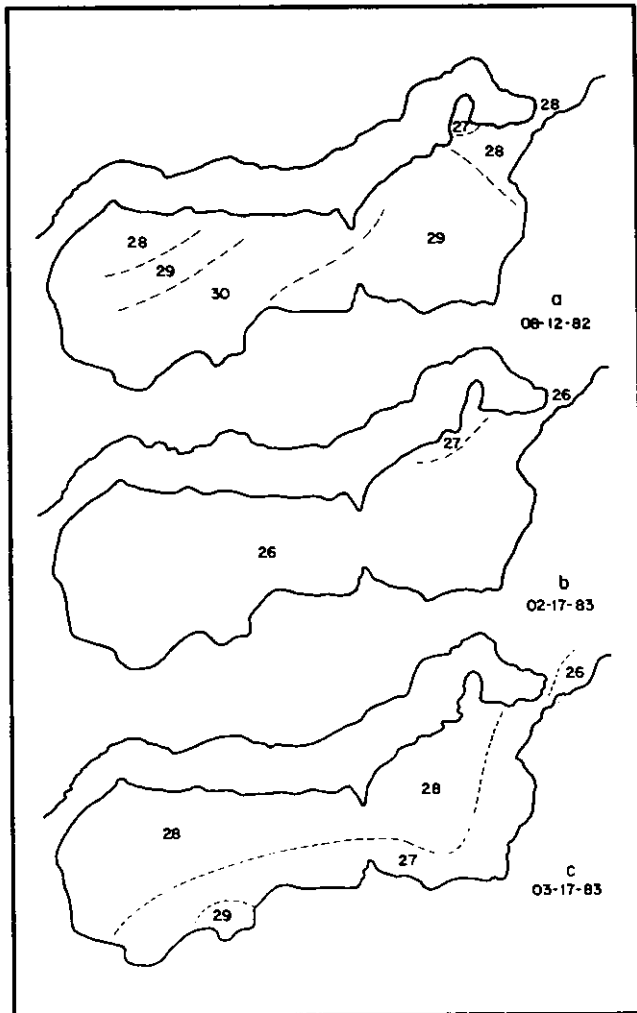


Figura 5. Isotermas representativas en la Laguna durante el período de estudio: (a) acción de la marea, (b) homogeneidad y calma, (c) acción de la radiación solar.

salinidades menores que las zonas interiores de la laguna (E, F) (Fig. 6, 7). Esta estratificación salina no ocurre durante los meses más lluviosos del año (septiembre a noviembre), cuando el alto aporte de agua lluvia ocasiona una inversión del gradiente de salinidad en la laguna (Figs. 6, 7) y se presentan diferencias menores entre los valores de la salinidad de los sectores D, E y F (Figs. 6, 7). La distribución de la salinidad varía por tanto en época seca durante el proceso de alteración del patrón de evapotranspiración (Fig. 8a) y durante la entrada de aguas dulces provenientes de la escorrentía de las montañas vecinas, durante un proceso de alta precipitación (Fig. 8b).

#### c) Potencial de Hidrógeno

El ciclo anual del pH en la bahía presenta valores relativamente constantes, a excepción de pequeñas desviaciones de la media anual en mayo de 1982, enero y mayo de 1983. En la laguna se observan mayores desviaciones del pH que en la bahía (Fig. 9). Los coeficientes de variación (Tabla 1) indican un incremento en los cambios de pH desde la bahía hasta el fondo de la laguna, registrándose por lo general valores menores del pH en este último cuerpo de agua (Fig. 9). La mayor variación del pH en la laguna permite suponer cambios drás-

ticos en la alcalinidad de sus aguas y por tanto en los procesos de fertilización.

#### d) Oxígeno disuelto y saturación de oxígeno

La variación estacional de oxígeno en los sectores A y B de la bahía es poco significativa (Fig. 10a), aumenta a medida que se penetra en el sentido Norte-Sur y en la laguna (Sectores C, D y E), y disminuye ligeramente en el sector F (Tabla 1).

Con respecto a la saturación de oxígeno, hay sobresaturación en los sectores A y B durante casi todo el año, mientras que los sectores C de la bahía, D y E oscilan dentro de un amplio rango por encima y por debajo del 100% de saturación (Fig. 10b). Por parte, el sector F se mantiene subsaturado en la mayor parte del ciclo anual. En la zona suroriental de la laguna se registran deficiencias notorias de oxígeno (Fig. 10a) debido a su alta demanda por la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente.

Contrastando las curvas estacionales de oxígeno y de nitrato inorgánico es posible observar registros altos de oxígeno después de dos o cuatro semanas de registrarse niveles altos de nitrógeno orgánico.

#### e) Nitrato inorgánico

Las curvas estacionales de N inorgánico ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ) presentan amplias variaciones en la bahía y en la laguna.

En la bahía se registran los más altos valores de mayo a julio y de noviembre a diciembre, mientras que los más bajos (Fig. 11a) se encuentran entre septiembre y octubre y, entre febrero y marzo (Fig. 11b). Este comportamiento parece estar relacionado entonces con los períodos de lluvia y sequía locales. Los valores mínimos observados deben ser consecuencia de un consumo alto para los procesos de incremento de la producción acuática, como se refleja posteriormente en el aumento de los niveles de oxígeno generados por una mayor actividad vegetal.

El ciclo anual de N inorgánico en la bahía es similar al de la laguna, pero en esta última el rango de variación tiende a disminuir a medida que se penetra desde afuera hacia dentro (Tabla 1). De mayo a julio se encontraron valores relativamente altos en la entrada de la laguna asociados con valores relativamente bajos en su interior (Sector F), mientras que en el resto del año se presenta cierta homogeneidad en los niveles de N inorgánico (Fig. 11).

### Flora de la Laguna del Sur

#### a) Chlorophyta

Seis especies correspondientes a cuatro familias (Tabla 2), fueron colectadas durante el estudio, asociadas a sustrato arenoso y limo-arcilloso. En la figura 12 se aprecia la distribución de *Halimeda opuntia*, la cual forma verdaderas praderas, se concentra sobre el eje central de la laguna, compitiendo en abundancia con *Thalassia testudinum*, para luego predominar extensamente,

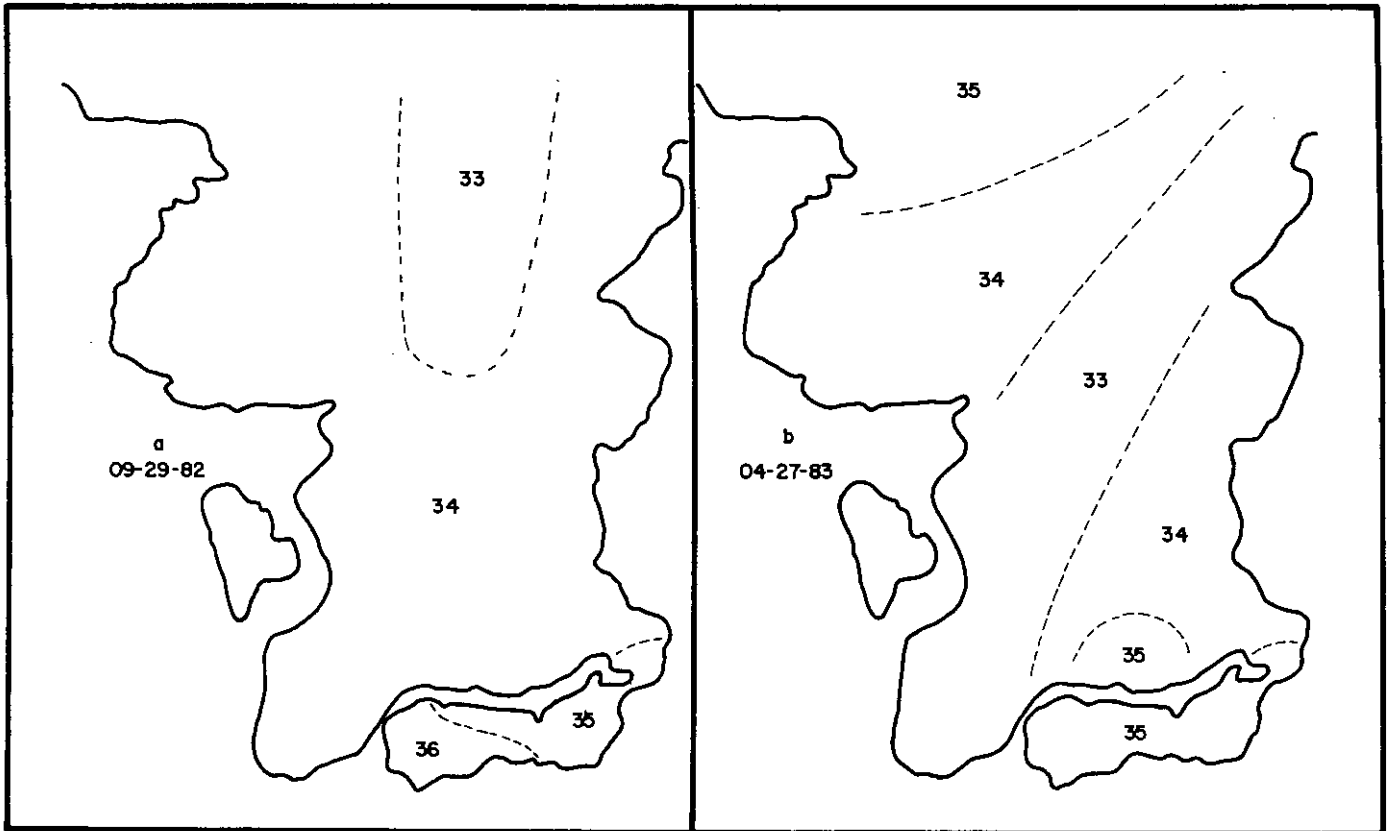


Figura 6. Isolíneas de salinidad (%) superficial en el área de estudio representativas de las variaciones registradas durante el presente estudio: (a) época seca, septiembre 1982, (b) época de lluvia, abril 1983.

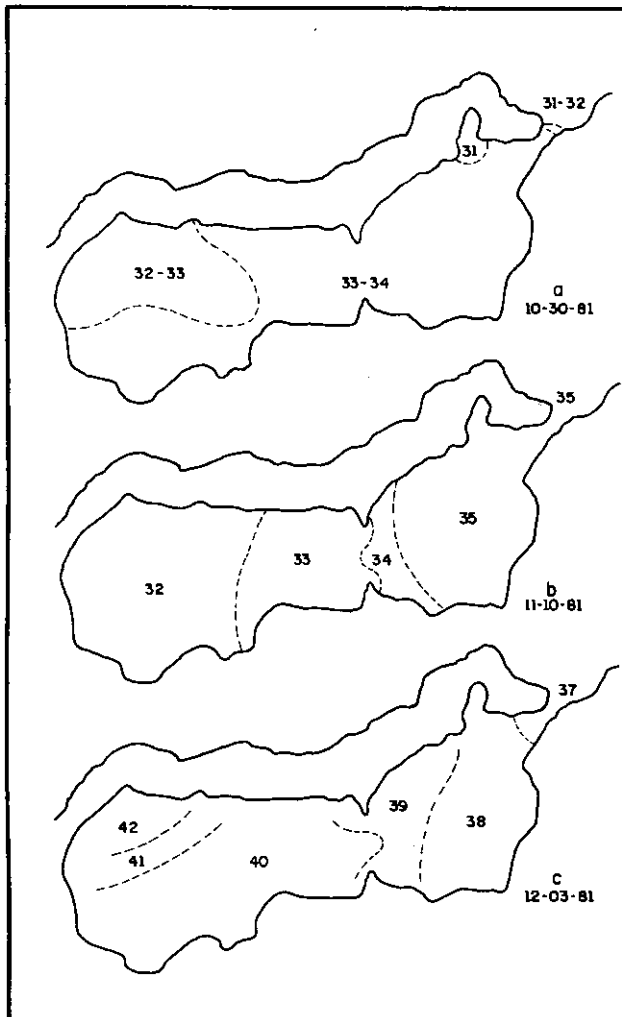


Figura 7. Isolíneas de salinidad (%) superficial representativas de las variaciones registradas en los meses de pre-muestreo: octubre (a), noviembre (b), diciembre (c) de 1981.

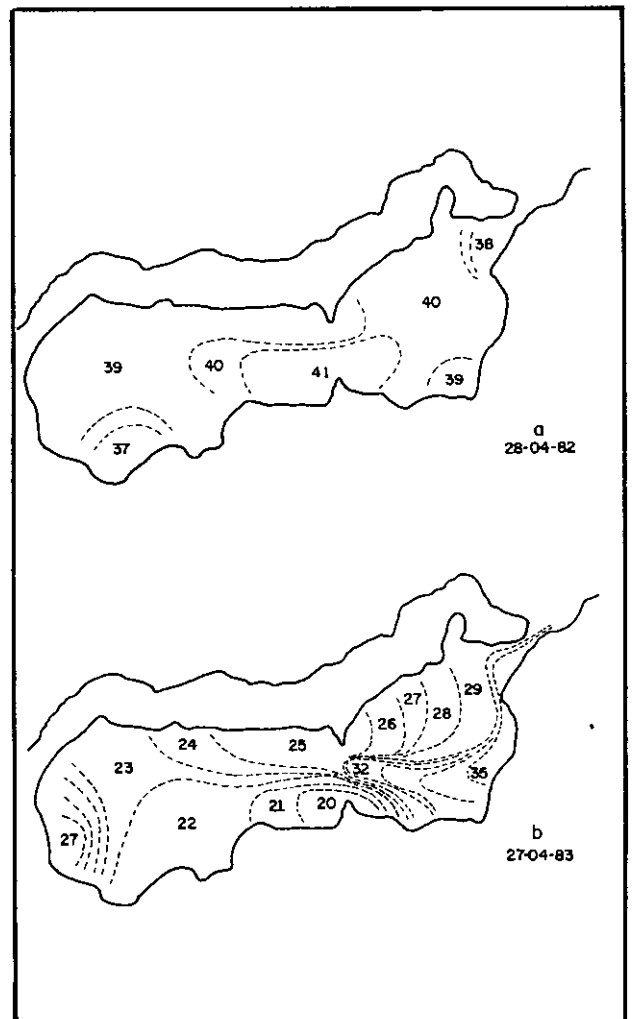


Figura 8. Isolíneas de salinidad (%), (a,b) superficial representativas en la Laguna, durante el período de estudio, 1982-1983.

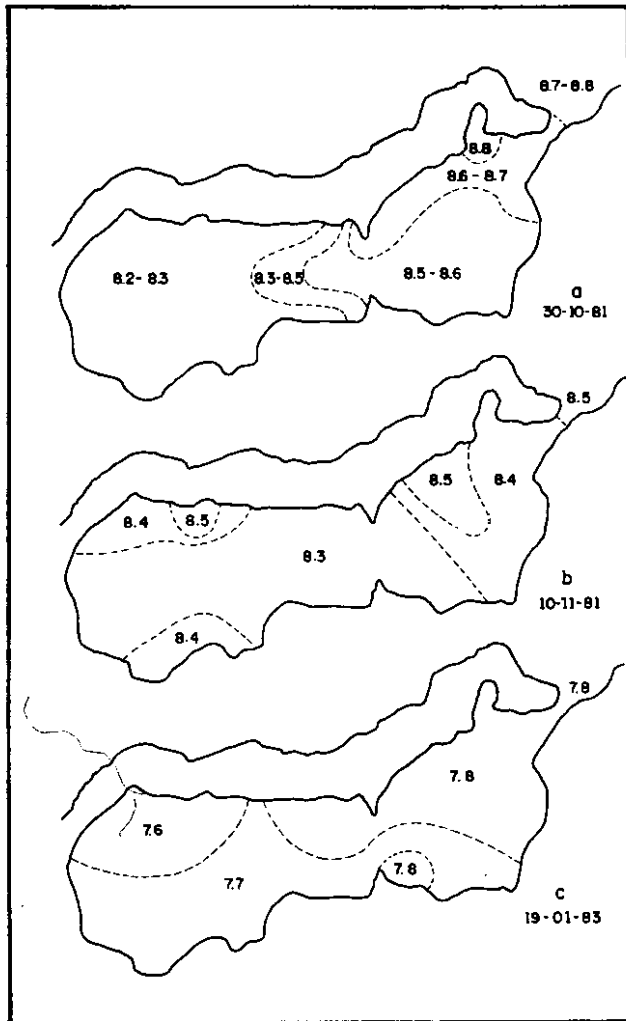


Figura 9. Isofleas de pH (a, b, c) superficial representativas de las variaciones antes y durante el presente estudio.

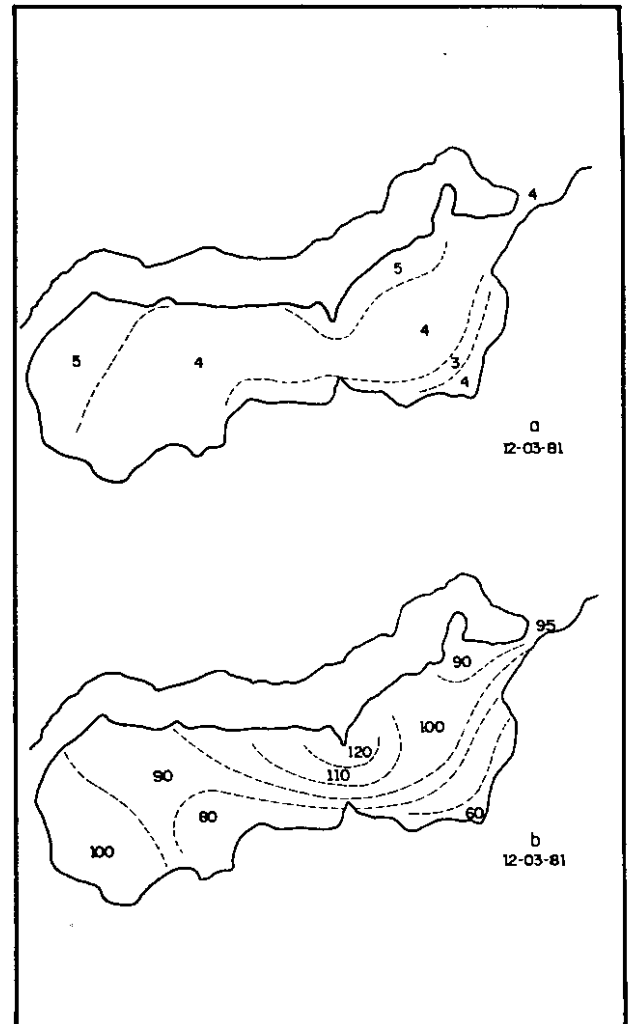


Figura 10. Isofleas representativas del oxígeno disuelto (mg/lit) (a) y el % de saturación (b) en la Laguna Sur.

hacia el interior de la laguna. *Caulerpa sertularioides* sigue en abundancia relativa, la cual se encuentra asociada con *Codium isthmocladium* y *Chaetomorpha branchygonia*. Generalmente las algas se hallan impregnadas de abundante limo y sobre talus de *Halimeda* en proceso de mineralización.

#### b) Phaeophyta

Las dos especies encontradas (*Padina gymnospora* y *Dictyota dichotoma*) son poco abundantes principalmente *Padina*. En cambio cerca del canal limo-arcilloso que bordea la laguna se encontraron agrupaciones densas de *Dictyota*.

#### c) Rhodophyta

La presencia de las tres especies (dos familias) sólo fue registrada en los sustratos arenosos de la boca, donde predomina *Thalassia*. La mayor abundancia relativa correspondió a *Gracilaria compressa*.

#### d) Praderas de fanerógamas

Como puede observarse en la figura 12, *Thalassia testudinum* es la más abundante tanto dentro como fuera de la laguna, constituyéndose en la comunidad que relaciona el ambiente lagunar con el arrecifal que domi-

na a escasos 100 m de la boca. Sus hojas son exuberantes y forman sectores densamente cubiertos, que afloran durante la marea baja. El largo de sus hojas varía entre 10-30 cm dentro de la laguna y 15 a 55 cm fuera de ella. Cerca a la boca, sobre el sustrato de arena gruesa y guijarros, se encontró *Halodule wrightii* y *Halophila baillonis* pero su densidad escasamente tiene una proporción de 1: 5 en relación con los densos rodales de *Thalassia*, entre la cual se intercalan.

#### e) Manglares

Dos especies de manglar se hallan alrededor de la laguna y *Rhizophora mangle* es la dominante con 85%.

Como se observa en la figura 12, sus rodales bordean toda la laguna y sólo en áreas muy localizadas al sur y al norte se hallan intercalados ejemplares de *Avicennia germinans*, cuya presencia coincide con las desembocaduras de dos quebradas temporales y prosperan en los reducidos pantanos salinos al sur, en cambio al norte se les encuentra formando rodales puros en la comunicación temporal laguna-bahía al oeste e intercalados nuevamente en la floresta de *Rhizophora* pero aislados de la bahía por la barra consolidada.

Las raíces fúlcreas o aéreas de *Rhizophora* soportan una gran cantidad de organismos, pero su abundan-

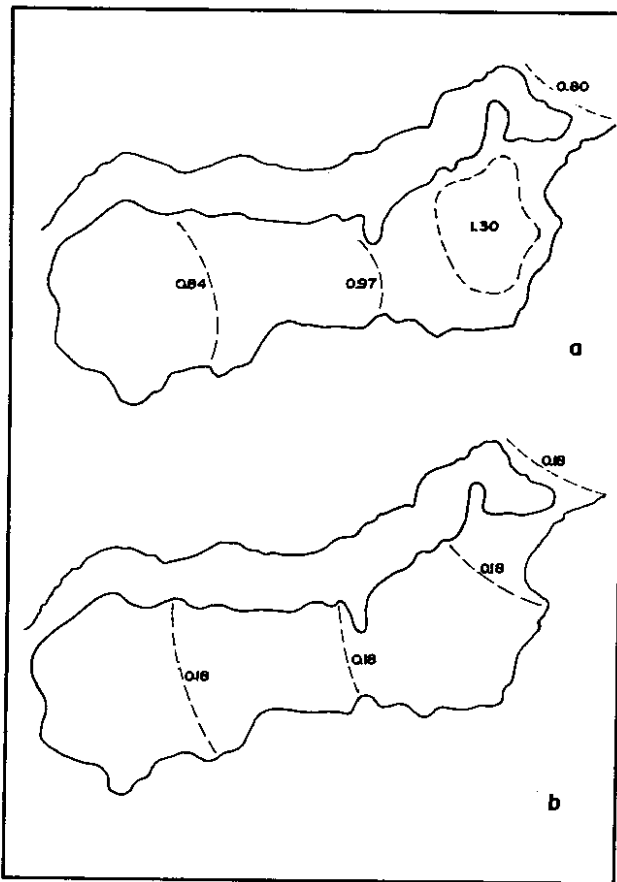


Figura 11. Isólneas representativas del nitrato inorgánico  $\mu$  moles/lit máximo (a) y mínimo (b) en la Laguna Sur.

cia y diversidad es baja si se la compara con observaciones realizadas en ambientes similares del Caribe colombiano.

La disminución de organismos asociados es drástica desde la boca hasta el interior de la laguna.

#### f) Vegetación de Piedemonte

Tres especies de dos familias, se reconocieron como representantes de la formación ecológica de bosque xerofítico caducifolio, siendo muy característico el piedemonte localizado al oeste (Tabla 2).

#### Fauna de la laguna sur

##### a) Hidrozoa

Los hidroides representan una parte muy importante y significativa de la epifauna del manglar de la laguna, su distribución se encuentra estrictamente organizada en zonas muy definidas desde la boca hasta el interior, apreciándose especies características en la pradera de *Thalassia* y el manglar tanto fuera de la laguna, y en la boca, como en el interior de la laguna (Tabla 3). Se observaron cambios en la actividad pero no en la distribución a través del año, aunque si existe un gradiente muy significativo en la abundancia y en la biomasa de los hidroides de la laguna, con un máximo en la desembocadura, el cual disminuye rápidamente hacia el interior (Fig. 13). Este gradiente se observó siempre, pero hay cambios periódicos en las diferentes estaciones a través del año. Los cambios de la actividad

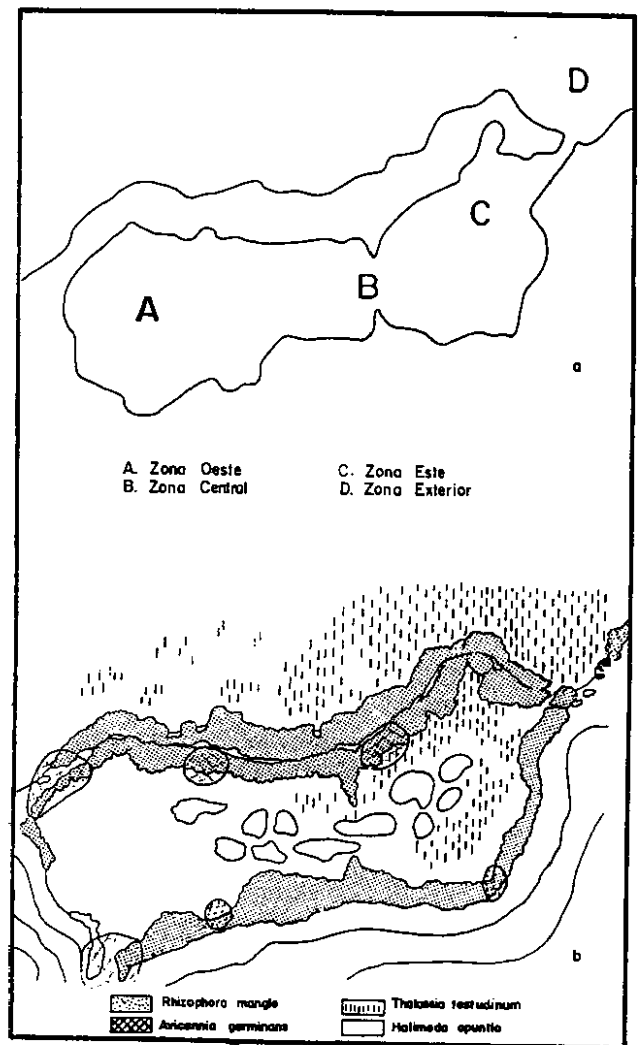


Figura 12. Laguna Sur de Chengue: (a) Localización de las zonas identificadas para los estudios biológicos; (b) distribución de la vegetación predominante.

son a veces muy drásticos y oscilan entre una población extremadamente densa y desarrollada hasta la resolución completa durante cierto tiempo.

Observaciones complementarias sobre las épocas de maduración, permitieron establecer que los máximos de actividad se hallan entre abril-mayo y septiembre-noviembre.

Una nueva especie del género *Eudendrium* será descrita posteriormente dentro de una sinopsis de la familia Eudendriidae de la región de Santa Marta (Mag.), así como la ecología de los hidroides de la laguna la cual se publicará aparte.

##### b) Anthozoa

Sólo se encontró una especie (*Porites porites*), colectada viva fuera de laguna pero muerta dentro de ésta, especialmente en las zonas donde el sedimento es arenoso y la densidad de *Thalassia* es baja.

##### c) Briozoa

Cinco especies pertenecientes a dos familias fueron identificadas, notándose que la mayoría fue captura-

**Tabla 2.** Flora hallada en la Laguna Sur de Chengue Parque Nacional Tayrona (X = Colectada, O = Observada, - = Ausente).

Familias y especies	Zona			
	A	B	C	D
<b>ALGAS VERDES</b>				
1. Ulvaceae				
1. <i>Enteromorpha compressa</i> (L.) Grev.	-	-	x	x
2. Cladophoraceae				
2. <i>Cladophora crispata</i>	-	-	x	-
3. <i>Chaetomorpha brachygona</i> Harvey	-	-	x	-
3. Codiaceae				
4. <i>Codium isthmocladum</i> Vickers	-	-	x	-
5. <i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux	x	x	x	-
4. Caulerpáceae				
6. <i>Caulerpáceae sertularioides</i> (Gmelin)	-	x	x	-
<b>ALGAS PARDAS</b>				
5. Dictyotaceae				
7. <i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux	-	x	x	x
8. <i>Padina gymnospora</i> (Kützinger) Vickers	-	-	x	x
<b>ALGAS ROJAS</b>				
6. Hypneaceae				
9. <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux	-	-	x	x
7. Gracilariaceae				
10. <i>Gracilaria compressa</i> (C. Agardh) Greville	-	-	x	x
11. <i>G. verrucosa</i> (Hudson) Papenfuss	-	-	x	x
<b>PRADERAS</b>				
8. Potamogetonaceae				
12. <i>Halodule wrightii</i> (Acherson) Acherson	-	-	x	x
9. Hydrocharitaceae				
13. <i>Halophils baillonis</i> Acherson	-	-	x	x
14. <i>Thalassia testudinum</i> Koenig	-	x	x	x
<b>MANGLARES</b>				
10. Avicenniaceae				
15. <i>Avicennia germinans</i> (Linnaeus)	x	x	-	-
11. Rhizophoraceae				
16. <i>Rhizophora mangle</i> (Linnaeus)	x	x	x	x
<b>VEGETACION PIEDEMONTE</b>				
12. Mimosaceae				
17. <i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC	x	x	x	x
13. Cactaceae				
18. <i>Opuntia wentiana</i> (Britt & Shaf.)	O	-	-	-
19. <i>Stenocereus griseus</i> (= <i>Lemaireocereus griseus</i> Haw.) Br. et R.	O	O	-	-

da en las praderas de la *Thalassia*, tanto sobre el sustrato como sobre las hojas de la fanerógama. *Zoobotryon verticillatum* constituye verdaderas praderas entre la *Thalassia*, en cambio *Amathia distans* se asocia con *Halimeda* y *Caulerpa*, haciendo más compacta la relación (Fig. 14a).

#### d) Mollusca

*Crassostrea rhizophorae* fue el único bivaldo vivo que se pudo colectar con una densidad muy baja sobre las raíces de *Rhizophora*. Entre los gastrópodos sobresalen *Strombus pugilis* en la boca de la laguna, *Melongena melongena* y *Vasum muricatum* tanto en la boca como en el área central de la laguna (Fig. 14b). Se resalta la gran cantidad y diversidad de restos de moluscos y micromoluscos encontrados en los diferentes sedimentos colectados dentro de la laguna.

#### e) Echinodermata

Dos especies de erizos fueron encontrados en la pradera de *Thalassia* (*Lytechinus variegatus* y *Tripneustes ventricosus*) y una entre las raíces de *Rhizophora* (*Diadema antillarum*) pero sólo esta última presenta una abundancia considerable (Fig. 16a). Todas fueron halladas fuera de la laguna donde es característica la buena circulación de aguas y abundante alimento, proveniente de la laguna. Cerca de la región oral de *Lytechinus*, perfectamente camuflados, se hallaron isópodos y camarones (*Gnathophylloides mineri*), en proporción de dos huéspedes por cada 35 erizos observados.

#### f) Crustácea

Dentro de la Natantia, *Trachycaris restricta* y *Alpheus viridari* predominan sobre *Penaeus notialis*, encontrando las tres especies, su hábitat preferido en las praderas de *Halimeda* - *Caulerpa* (Fig. 15a).

Dieciséis especies de cangrejos y una de langostas, hacen parte de los Reptantia. Sobresalen entre este grupo las especies comerciales que se explotan actualmente, como la langosta espinosa *Panulirus argus*, y aquellas que tienen un gran potencial como especies de consumo, tal es el caso de *Callinectes* spp (*C. danae*, *C. marginatus*, *C. ornatus*, *C. sapidus*). La colecta de la langosta se realizó dentro de la laguna y en la pradera de *Thalassia*, utilizando red de arrastre; mientras que las mejores colectas para las jaibas (*C. sapidus*) se realizaron con red agallera en la boca de la laguna (Fig. 15b).

Pagúridos, porcelánidos, xántidos y májidos son frecuentes en las praderas de *Halimeda* - *Caulerpa* - *Codium* haciendo parte de la fauna que aprovecha integralmente este hábitat.

*Calappa flamea* en cambio prefiere los sustratos arenosos libres de vegetación, cerca de la boca. Los grápsidos son comunes en raíces, tallos y ramas vivas de *Rhizophora* pero también usan troncos muertos; *Uca* (*Minuca*) *rapax* es frecuente en los salitrales o áreas pantanosas asociados a las raíces emergentes de *Avicennia* (Figs. 15a, b), *Ucides cordatus* prefiere en cambio lugares sombreados y hace sus galerías entre las raíces y tallos de *Rhizophora* o del trupillo (*Prosopis juliflora*) (Fig. 15b).

#### g) Peces

Mediante el uso de tres artes de pesca (atarraya, red agallera, red de arrastre) y la observación (buceo skin) se obtuvo una apreciación bastante completa de la ictiofauna (20 especies, 16 familias).

Contrariamente a lo que pudiera esperarse en ambientes lagunares, las especies más abundantes fueron las de la familia Gobiidae. En cuanto a las especies de interés comercial se destaca la captura de *Caranx hippos* (macho, 250 mm lt), *Gerres cinereus* (hembra, 230 mm lt), *Aetobatus marinari* (macho, 980 mm lt), todas con red agallera.

Las zonas adyacentes a la boca tanto dentro como fuera de la laguna presentaron la mayor diversidad y

Tabla 3. Fauna hallada en la Laguna Sur de Chengue Parque Nacional Tayrona (X = Colectada, O = Observada, - = Ausente).

Familias y especies	Zona				Familias y especies	Zona			
	A	B	C	D		A	B	C	D
<b>HIDROZOARIOS</b>					26. Paguridae				
1. Halocordylidae					36. <i>Clibanarius cubensis</i> (Saussure)	-	x	x	-
1. <i>Halocordyle disticha</i> (Goldfus)	-	-	x	x	37. <i>C. tricolor</i> (Gibbes)	-	x	x	-
2. Eudendriidae					27. Porcellanidae				
2. <i>Eudendrium</i> nov. sp.	-	-	x	x	38. <i>Porcellana sayana</i> (Leach)	-	x	-	-
3. <i>Myrionema hargitti</i> (Cogdon)	-	-	x	x	28. Portunidae				
3. Bougainvilliidae					39. <i>Callinectes danae</i> Smith	-	-	x	-
4. <i>Bougainvillia</i> sp.	-	-	x	x	40. <i>C. marginatus</i> (A. Milne Edwards)	-	-	x	-
4. Haleciidae					41. <i>C. ornatus</i> Ordway	-	-	x	-
5. <i>Halecium halecium</i> (Linnaeus)	-	-	x	x	42. <i>C. sapidus</i> Rathbun	x	-	x	-
5. Campanulariidae					29. Calappidae				
6. <i>Obelia biscupidata</i> Clarke	-	-	x	x	43. <i>Calappa flamea</i> (Herbst)	-	-	x	-
7. <i>O. dichotoma</i> (Linnaeus)	-	-	x	x	30. Ocypodidae				
6. Sertulariidae					44. <i>Uca (Minuca) tapax</i> (Smith)	x	x	x	x
8. <i>Dynamena cornicina</i> McCrady	-	-	x	x	31. Gecarcinidae				
9. <i>D. crisioides</i> Lamouroux	-	-	x	x	45. <i>Ucides cordatus</i> (Linnaeus)	-	x	x	-
10. <i>Sertularia turbinata</i> (Lamouroux)	-	-	x	x	32. Grapsidae				
11. <i>Thyroscyphus ramosus</i> Allman	-	-	x	x	46. <i>Pachygrapsus gracilis</i> (Saussure)	x	-	-	-
7. Plumulariidae					47. <i>Sesarma angusticeps</i> Dana	x	-	-	-
12. <i>Plumularia halecioides</i> (Alder)	-	-	x	x	33. Xanthidae				
<b>ANTHOZOARIOS</b>					48. <i>Gnathophylloides mineri</i> (Schmit)	-	-	-	x
8. Poritidae					49. <i>Menippe nodifrons</i> Stimpson	-	x	-	-
13. <i>Porites porites</i> (Pallas)	-	x	x	x	50. <i>Panopeus herbstii</i> H. Milne Edwards	-	x	-	-
<b>GORGONACEOS</b>					34. Majidae				
9. Plexauridae					51. <i>Macrocoeloma trispinosum</i> (Latreille)	-	x	x	-
14. <i>Muricea muricata</i>	-	-	-	x	52. <i>Microphrys bicornutus</i> (Latreille)	-	x	x	-
<b>BRIOZOARIOS</b>					<b>PECES</b>				
10. Vesiculariidae					35. Aetobatidae				
15. <i>Amathia distans</i> (Busk)	-	-	x	-	53. <i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen)	-	-	x	-
16. <i>A. vidovici</i> (Heller)	-	-	x	-	36. Engraulididae				
17. <i>Discoporella umbellata</i> (Defrance)	-	-	x	-	54. <i>Engraulis eurystole</i> (Hildebrand)	-	-	x	-
18. <i>Zoobotryon venticillatum</i> (Ehrenberg)	-	-	x	-	37. Scorpaenidae				
11. Adeonidae					55. <i>Scorpaena cf. grandicornis</i> Cuvier	-	-	x	-
19. <i>Reptadeonella bipartita</i>	-	-	x	-	38. Carangidae				
<b>MOLUSCOS</b>					56. <i>Caranx hippos</i> (Linnaeus)	-	-	x	-
12. Littorinidae					39. Lutjanidae				
20. <i>Littorina angulifera</i> (Lamarck)	-	x	x	-	57. <i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum)	-	-	O	-
13. Swrombidae					40. Gerreidae				
21. <i>Stromus gigas</i> (Linnaeus)	-	-	x	-	58. <i>Diapterus auratus</i> Ranzani	-	x	x	-
22. <i>S. pugilis</i> (Linnaeus)	-	-	x	-	59. <i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier)	-	-	x	-
14. Melongenidae					60. <i>Gerres cinereus</i> (Walbaum)	-	-	x	-
23. <i>Melongena melongena</i> (Gmelin)	-	x	x	-	41. Heamulidae				
15. Turbinellidae					61. <i>Haemulon aurolineatum</i> (Cuvier)	-	-	x	x
24. <i>Vasum muricatum</i> (Born)	-	x	-	-	42. Sciaenidae				
16. Bullidae					62. <i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier)	-	-	x	-
25. <i>Bulla solida</i> (Gmelin)	x	x	-	-	43. Chaetodontidae				
17. Aplysiidae					63. <i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch	-	x	-	-
26. <i>Aplysia (Varria) brasiliensis</i> Rang	-	-	-	x	44. Pomacentridae				
18. Ostreidae					64. <i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus)	-	-	O	O
27. <i>Crassostrea rhizophorae</i> (Guilding)	-	-	x	-	45. Mugilidae				
<b>ECHINODERMOS</b>					65. <i>Mugil incilis</i> Hancock	x	x	-	x
19. Diadematidae					46. Scaridae				
28. <i>Diadema antillarum</i> (Philippi)	-	-	x	x	66. <i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes)	-	-	x	O
20. Toxopneustidae					47. Gobiidae				
29. <i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck)	-	-	-	x	67. <i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes)	-	x	-	-
30. <i>Tripneustes ventricosus</i> (Lamarck)	-	-	-	x	68. <i>Erothelis smaragdus</i> (Valenciennes)	-	x	-	-
<b>CRUSTACEOS</b>					69. <i>Gnatholepis thompsoni</i> Jordan	-	-	x	-
21. Hippolytidae					70. <i>Lophogobius cyprinoides</i> Pallas	-	x	x	-
31. <i>Trachycaris restricta</i> (A. Milne Edwards)	-	x	x	-	48. Acanthuridae				
22. Alpheidae					71. <i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch & Schneider	-	-	O	O
32. <i>Alpheus viridari</i> (Armstrong)	-	x	-	-	49. Tetraodontidae				
23. Penaeidae					72. <i>Sphaeroides spengleri</i> (Bloch)	O	x	-	-
33. <i>Peneus (Farfantopenaeus) notialis</i> Pérez - Farfante	-	x	-	-	50. Diodontidae				
24. Palinuridae					73. <i>Diodon hystrix</i> (Linnaeus)	-	-	O	-
34. <i>Panulirus argus</i> Latreille	-	-	x	x	<b>AVES</b>				
25. Squillidae					51. Pelecanidae				
35. <i>Pseudosquilla ciliata</i> (Fabricius)	-	x	-	-	74. <i>Pelecanus occidentalis</i> (Linnaeus)	O	O	O	O
					52. Phalacrocoracidae				
					75. <i>Phalacrocorax olivaceus</i> (Humboldt)	O	O	O	-
					53. Cathartidae				
					76. <i>Cathartes burrovianus</i> Cassin	O	O	-	-
					54. Ardeidae				
					77. <i>Egretta thula</i> (Molina)	O	-	-	-

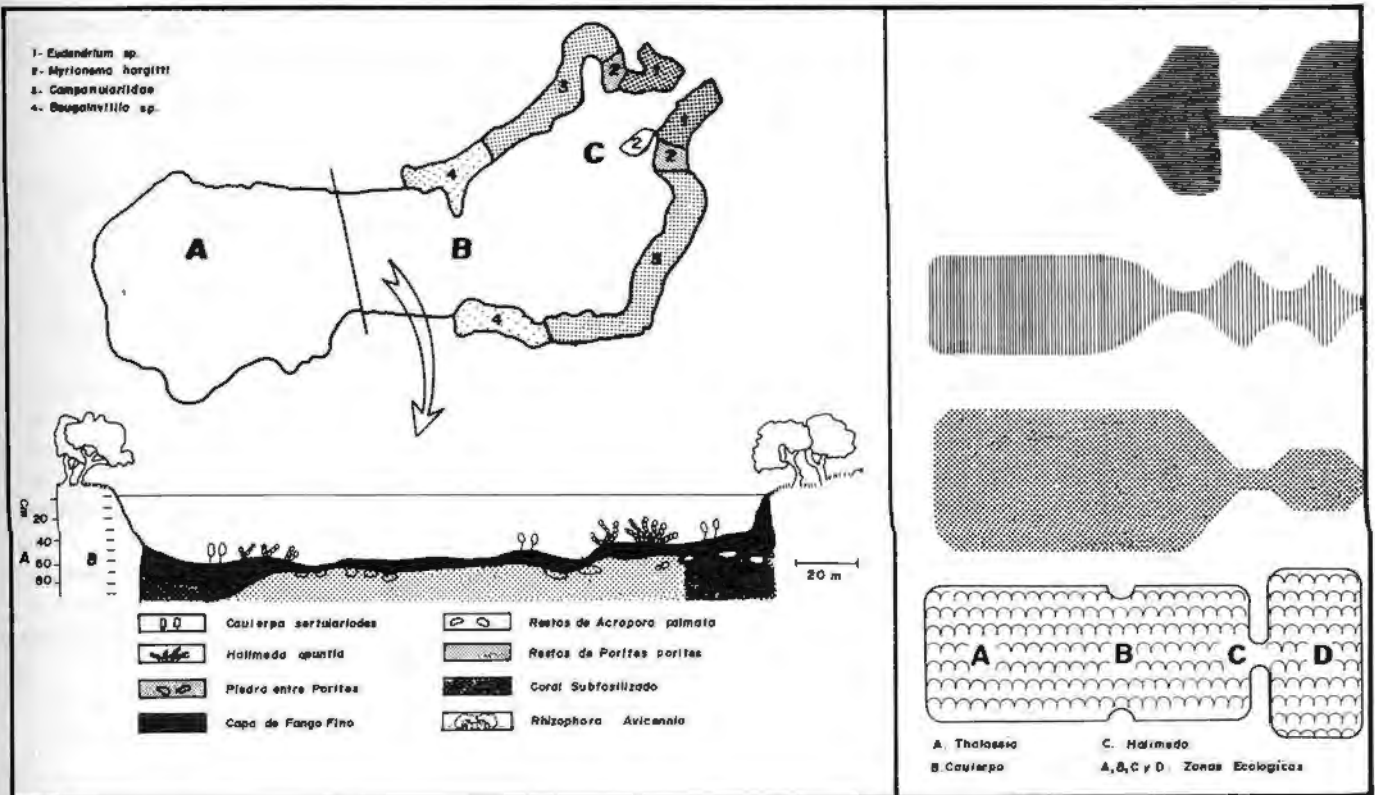


Figura 13. Distribución de los Hidrozoa: a la izquierda arriba, las cuatro especies representativas; a la izquierda abajo, corte longitudinal y vertical del transecto realizado en la zona A; a la derecha arriba, distribución de la abundancia observada en la flora sumergida en las cuatro zonas ecológicas (A, B, C, D): (a) *Thalassia*, (b) *Caulerpa*, (c) *Halimeda*.

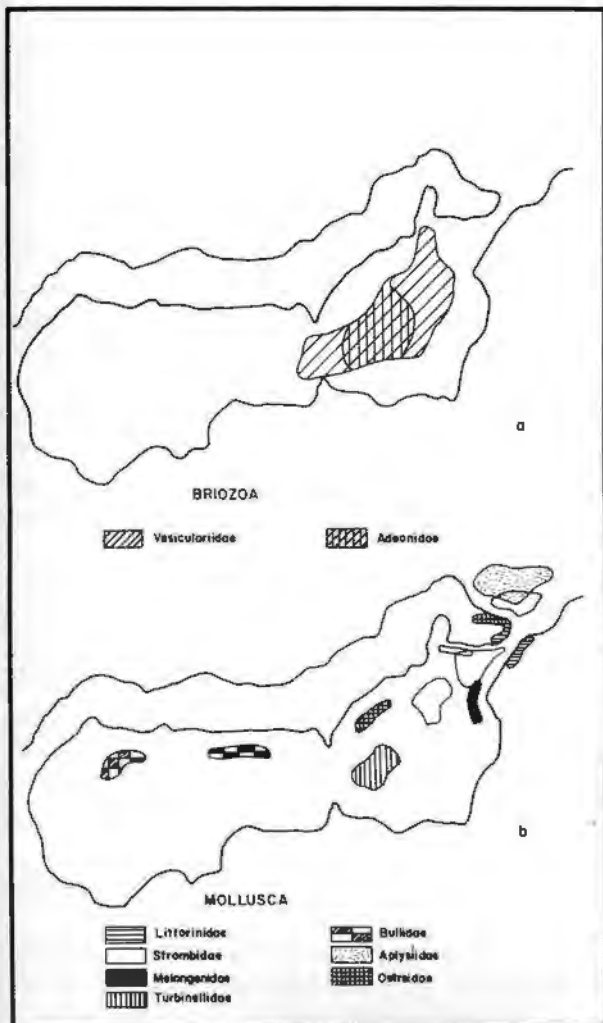


Figura 14. Distribución de los Briozoa (a) y los Mollusca (b) en la Laguna Sur de Chengue.

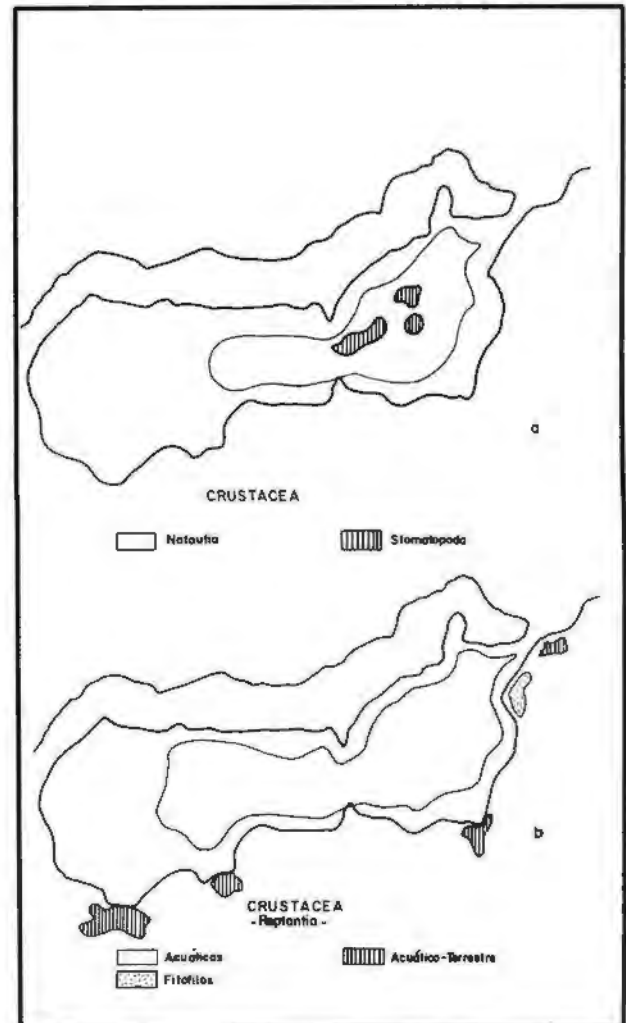


Figura 15. Distribución de los Crustáceos: Natantia y Stomatopoda (a), Reptantia (b) en la Laguna Sur de Chengue.

abundancia, pues los peces buscan el refugio y la alimentación en los manglares, las praderas y las algas (Fig. 16b).

#### h) Aves

Escasa avifauna fue observada a lo largo del estudio, donde pudo detectarse que la abundancia relativa del pelicano marrón (*Pelecanus occidentalis*) es ligeramente mayor respecto a la del pato negro (*Phalacrocorax olivaceus*). Las cuatro especies registradas utilizan el manglar como sitio de reposo, acicalamiento y refugio.

## Discusión y conclusión

### Sedimentología

El estudio cualitativo y cuantitativo de los sedimentos permitió confirmar que la laguna es de reciente formación, debido a una progresiva colmatación de sedimentos aluviales finos sobre basamento Cuaternario, además del efecto de la falla Florín (IGAC, 1975). Los valores encontrados para carbonato de calcio, materia orgánica, carbón orgánico, carbohidratos y proteínas (Tabla 1) permiten establecer de una manera aproximada las condiciones recientes y actuales de una deposición de material sedimentario en la laguna. Así mismo,

es posible entender preliminarmente las interacciones columna de agua-biota-sedimento, y los efectos dinámicos del régimen de marea sobre este sistema lacustre costero.

### Hidrografía

Las variaciones de la temperatura y la salinidad superficiales tanto en la Bahía de Chengue como en su Laguna Sur muestran un comportamiento estacional similar al registrado en otras zonas costeras de la región, como la Bahía de Santa Marta (Muller, 1979; Ramírez, 1983; Salzwedel & Muller, 1983), y la Bahía de Nenguange (Ramírez, 1987). Para la Bahía de Chengue, Solano (1987) encontró una manifestación estacional similar para el período 1984-1985, lo cual evidencia comportamientos recurrentes durante el ciclo anual. Es necesario hacer también referencia a las consideraciones discutidas previamente por Bula-Meyer (1977, 1985) respecto a las características oceanográficas y meteorológicas de la región costera de Santa Marta, particularmente relacionadas con la existencia por lo general de cuatro estaciones climáticas y la presencia de un núcleo de surgencia localizado frente a Cabo de Aguja (Fig. 1) obviamente, con las variaciones de duración o intensidad propias de cada ciclo anual.

Los valores de pH son francamente alcalinos y de una relativa constancia en las aguas de la bahía, pero disminuyen dentro de una gran variabilidad en la laguna (Fig. 9).

Se observó que la transparencia del agua en la laguna disminuye progresivamente desde la boca hasta el extremo sureste; lo anterior a causa de las corrientes generadas por las mareas y su efecto en los procesos de resuspensión y transporte del material fino en este sistema lacustre.

En realidad se puede afirmar que no existe estratificación vertical en la Laguna Sur debido a su profundidad promedio y a su dependencia directa del régimen de mareas. En la bahía de Chengue la presencia de termoclimas y picnoclimas entre otros aspectos de la estructura de la columna de agua serán estudiados posteriormente, pues estos aspectos no hacían parte del presente proyecto.

### Flora

La cobertura vegetal predomina principalmente en las zonas C y D (Fig. 12), estando representada por vegetación acuática: algas (3 taxa, 7 familias, 10 géneros, 11 especies), pastos marinos (2 familias, 3 géneros, 3 especies), vegetación anfibia: manglares (2 familias, 2 géneros, 2 especies). Dentro de la vegetación acuática vale la pena resaltar cómo *Thalassia* predomina en las zonas C y B, y es reemplazada por *Halimeda* en las zonas B y A (Fig. 12 y 13).

### Fauna bentónica y nectónica

El componente faunístico del bentos presentó una gran diversidad, estando representado por 8 taxa, 52 familias, 66 géneros, 76 especies. Los crustáceos fue el grupo más diverso (18 especies), seguidos de los hidrozoarios (12), los moluscos (8) y los briozoos (5).

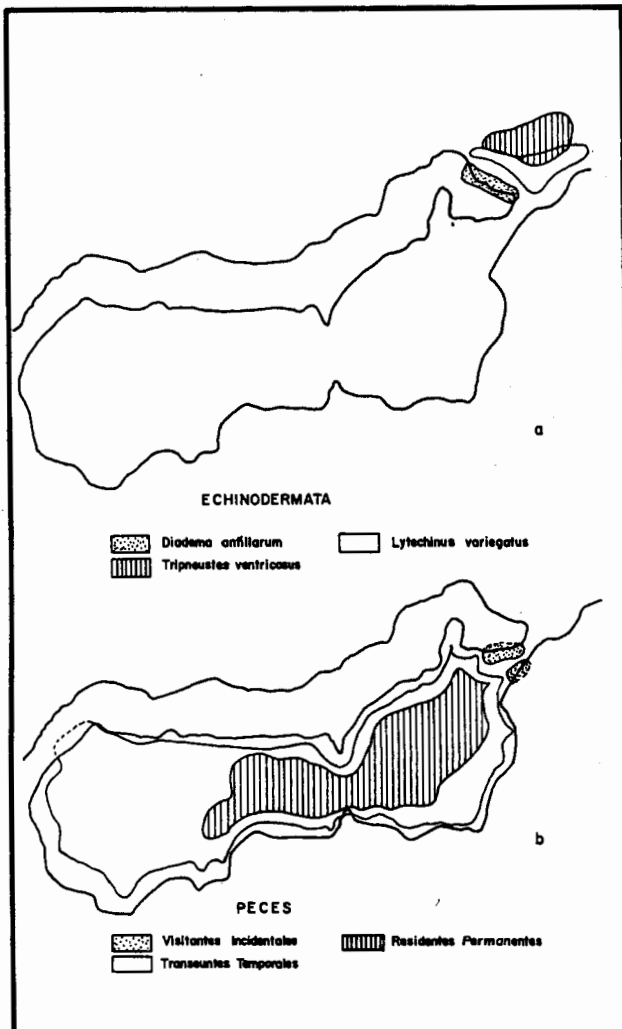


Figura 16. Distribución de los Echinodermata (a) y Peces (b) en la Laguna Sur de Chengue.

El necton en cambio, sólo estuvo representado por 2 taxa, 14 familias, 15 géneros, 15 especies, de los cuales los peces principalmente los estadios juveniles fueron muy abundantes mientras que los nudibranchios son escasos. Aunque en la laguna no se practica la pesca artesanal, las especies capturadas en la boca con red agallera permiten afirmar que las especies de importancia comercial tienen en este ecosistema acuático una verdadera fuente de alimento y protección. Este es el caso de las familias Gerreidae, Carangidae, Mugilidae, Lutjanidae y Haemulidae. En general los peces se pueden agrupar en tres categorías de acuerdo con la actividad que desarrollan en el ecosistema:

a. Residentes permanentes (Lagunares):

*Scorpaena cf grandicornis*, *Diapterus auratus*, *Eugerres plumieri*, *Sparisoma rubripinne*, *Bairdiella rhonchus*, *Bathygobius soporator*, *Erothelis smaragdus*, *Gnatholepis thompsoni*, *Lophogobius cyprinoides*, *Sphaeroides spengleri*, *Diodon hystrix*.

b. Transeúntes temporales (Crianza y/o Alimento):

*Engraulis eurystole*, *Chaetodon ocellatus*, *Abudefduf saxatilis*, *Mugil incilis*, *Acanthurus coeruleus*, *Lutjanus apodus*.

c. Visitantes incidentales (Ocasionales):

*Aetobatus narinari*, *Garanx hippos*, *Gerres cinereus*.

**Fauna aérea**

La avifauna fue escasa y estuvo constituida por 4 familias, 4 géneros, 4 especies, todas de hábitos diurnos y abundantes en el Parque Nacional Tayrona, aunque periódicamente se incrementa su número por poblaciones migratorias. *Palecanus occidentalis* y *Phalacrocorax olivaceus* forman bandadas para pescar o reposar sobre los manglares, y constituyen las especies más frecuentemente registradas.

**Zonas ecológicas**

Con base en el presente estudio, la Laguna Sur de Chengue comprende cuatro zonas ecológicamente diferentes (Fig. 13) estrechamente interrelacionadas en cuanto a las condiciones climáticas regionales, la hidrografía local, los patrones sedimentarios y al componente biótico (plancton y necton). No obstante se caracterizan por su morfología, vegetación costera y sumergida, profundidad promedio, afluentes y fauna bentónica.

a. Zona A (Suroriental):

De forma semicircular con un afluente de agua lluvia en invierno, en el margen sur y comunicación franca con la bahía; sedimentos limo-arcillosos. Profundidad promedio 0.85 m prácticamente sin vegetación sumergida y escasa fauna. Las variaciones abióticas incluyeron: temperatura (26.1 - 32.7°C), pH (7.86-8.41), salinidad (35.1-40.9%) oxígeno disuelto (3.30-5.31 ml/lit), saturación de oxígeno (80-130%) y nitrato (0.18-0.84  $\mu$  moles/lit). Se observó una gran densidad de cangrejos violinistas *Uca (Minuca) rapax* en la zona pantanosa forma-

da por la invasión de la marea sobre el lecho del afluente continental estacional. Predominan los sedimentos fango-arenosos poco consolidados sobre basamento de coral y conchas subfosilizadas.

Está rodeada de manglar rojo (*Rhizophora mangle*) aunque posee mangle salado (*Avicennia germinans*) formando rodales pequeños precisamente en los lugares en los que las aguas de la laguna se mezclan con agua dulce y con las aguas de la bahía. En el canal perimetral son abundantes los fragmentos vegetales provenientes del manglar. En el piedemonte abundan las especies subxerofíticas de la región: trupillo (*Prosopis juliflora*) y el cactus candelabro (*Stenocereus griseus*).

b. Zona B (Central):

Tiene la forma de dos semicírculos truncados. La profundidad promedio es de 0.60 m y existe un afluente estacional al sureste durante la época lluviosa; los sedimentos dominantes son limo-arcillosos con restos de *Halimeda* y el canal norte es arenoso-fangoso o fango-arenoso. Las variaciones abióticas incluyeron: temperatura (25.8-32.0°C), pH (7.82-8.44), salinidad (33.1-39.2%), oxígeno disuelto (2.80-6.67 ml/lit), saturación de oxígeno (64-150%) y nitratos (0.18-1.30  $\mu$  moles/lit). Rodeada de mangle rojo, que forma rodales densos y puros al noreste y al sureste (Fig. 11). Existe mangle salado con altura promedio de 3-4 m. Predominan los sedimentos arenoso-limosos, cuya consolidación se garantiza por la progresiva aparición de parches de algas, principalmente *Halimeda opuntia* (Fig. 13).

La fauna aumenta debido a la presencia de las algas y pastos marinos aislados; correspondiendo las especies más representativas de la zona a los crustáceos (*A. viridari*, *P. notialis*, *T. restricta*, *P. sayana*, *P. herbstii*, *M. nudifrons*, *M. trispinosum*, *P. ciliata*), moluscos (*M. melongena*, *V. muricatum*, *B. solida*), peces (*B. rhonchus*, *D. auratus*, *B. soporator*, *E. smaragdus*) y aves (*P. occidentalis*, *E. thula*, *P. olivaceus*).

c. Zona C (Noreste):

De forma triangular con un corto estero en el sector norte. La profundidad promedio aumenta a 1.10 m debido a la profundidad de la boca (1.5 m) y a la depresión que separa al estero norte de la zona B y del delta invertido de la boca. En este delta predominan los sedimentos arenosos, mientras que en el canal sur predominan los guijarros.

Las variaciones abióticas incluyeron: temperatura (25.1-29.3°C), pH (8.0-8.5), salinidad (33.7-37.6%), oxígeno disuelto (3.97-5.31 ml/lit), saturación de oxígeno (86-120%) y nitratos (0.17-1.20  $\mu$  moles/lit). El mangle rojo rodea esta zona en forma continua, disminuyendo ligeramente su densidad en la boca, donde se observan árboles de mayor talla y con abundantes raíces fúlreas. La vegetación está constituida mayormente por pastos marinos (*T. testudinum*) y parches densos de algas (*H. opuntia*, *C. isthmocladum*, *C. sertularioides*).

La fauna bentónica y nectónica es abundante y presenta una particular distribución. En el delta sobresalen

moluscos (*S. pugilis*), crustáceos (*P. argus*, *C. flamea*, *C. danae*, *C. sapidus*, *C. cubensis*, *C. bicolor*), peces (*G. thompsoni*, *L. cyprinoides*); entre las raíces del manglar norte se hallaron moluscos (*L. angulifera*), crustáceos (*P. gracilis*, *S. angusticeps*), peces (*E. plumieri*, *L. apodus*, *H. aurolineatum*, *S. rubripinne*, *D. hystrix*, *S. spengleri*); en las praderas de *Thalassia* briozoarios (*A. distans*, *A. ridovia*, *Z. verticilatum*, *R. bipartita*), moluscos (*V. muricatum*, *A. brasiliensis*), crustáceos (*P. argus*, *P. herbstii*, *M. bicornutus*); peces (*C. ocellatus*, *A. coeruleus*, *B. soporator*); entre el manglar y el piedemonte al sur se encontraron crustáceos (*U. cordatus*, *U. rapax*) y aves (*C. burrovianus*).

#### d. Zona D:

Corresponde a la zona de la Bahía de Chengue adyacente a la boca; sedimentos arenosos o areno-fangosos cerca a la *Thalassia*. Las variaciones abióticas incluyeron: temperatura (25.1-29.2°C), pH (7.95-8.45), salinidad (33.8-37.6%), oxígeno disuelto (4.39-5.08 ml/l), saturación de oxígeno (98-113%) y nitratos (0.12-1.11  $\mu$  moles/l). Es una zona marina que recibe nutrientes inorgánicos, materia orgánica y seston. Estos subsidios determinan en buena medida, la viabilidad de los organismos en el mangle rojo y la productividad acuática en la extensa y exuberante pradera de *Thalassia*.

#### Agradecimientos

Un especial reconocimiento a nuestras instituciones (PRODECOSTA, UNITECNOLOGICA e INVEMAR) por el apoyo ofrecido y el estímulo para publicar el resultado del proyecto 30003-1-43-82 auspiciado por el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" (COLCIENCIAS). Por la invaluable colaboración en la confirmación de las especies de algas (G.A. Bula-Meyer, Univ. Tecnológica del Magdalena, Colombia), briozoarios (L. Pérez-Carmona, Univ. Tecnológica del Magdalena, Colombia), crustáceos natantios (F. Chance, Smithsonian Institution, EUA; M.J. Torres, INDERENA, Colombia), crustáceos reptantios (M.H. Campos, Univ. Nacional, Colombia), estomatópodos y porcelánidos (B. Werding, Univ. Justus-Liebig, Alemania Federal), peces góbidos (A. Acero-Pizarro, Univ. Nacional, Colombia). A los auxiliares de campo José González y Evert Del Río por su apoyo en las labores de muestreo, así como a todas las personas que tanto en Santa Marta (Mag.) como en Cartagena (Bol.) colaboraron en las diversas etapas de esta investigación.

#### Bibliografía

- Acero P., A. 1979. Comentarios preliminares sobre los clínicos (Teleostei: Perciformes: Clinidae) del Caribe colombiano. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 11: 59-70.
- Alvarez-León, R. 1983a. Antecedentes y labor investigativa del INVEMAR, 1963-1983. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún, Supl. (2): 69-113.
- . 1983b. Caracterización de dos ecosistemas de las bahías de Chengue y Nenguange. Proy. INVEMAR-COLCIENCIAS - 30003-1-43-82. Santa Marta (Mag.) Inf. Final, 28 p.
- . 1989. Segundo registro del género *Domecia* (Crustacea: Decapoda: Xanthidae) en las costas colombianas del Caribe. Rev. Biol. Trop. 37(1): 113.
- . New records on association the crustaceans (Gnathophyllidae and Pinnotheridae) and echinoderms (Toxopneustidae and Scutellidae) in the Colombian Caribbean. En preparación.
- Alvarez-León, R. & H. Salzwedel 1983. Contribuciones científicas del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betún INVEMAR, publicadas entre 1986 y 1982. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún (13): 149-170.
- . & W.C. Banta. 1984. Briozoarios de tres esteros adyacentes a Mazatlán, costa noreste de México. Stud. Neotrop. Fauna and Environm. 19(4): 209-212.
- Bandel, K. 1976a. Morphologie der Gelege und ökologische Beobachtungen and Buccinaceen (Gastropoda) aus südlichen Karibischen See. Bonn. Zool. Beitr. 27(1/2): 98-133.
- . 1976b. Spawning, development and ecology of some higher Neogastropoda from the Caribbean Sea of Colombia (South America). Veliger 19: 176-193.
- Bastidas de Pascuas, N. 1980. Características fitosociológicas de los manglares en el Parque Nacional Tayrona pp. 33-45 In: Vélez-Vegas, M. (ed.) Mem. Sem. sobre Estud. Cientif. e Impact. Humano en el Ecosist. de Manglar. Cali (Valle) Colombia, nov. 27, dic. 1 de 1978, 405 p.
- Bastidas, N. & H.T. Corredor. 1977. Contribución al estudio fitosociológico del Parque Nacional Tayrona (Ensenada de Chengue y Parte de Nenguange). Tesis Profesional. Fac. de Cienc. Dpto. de Biol. Univ. Nal. de Colombia. 113 p.
- Beese, G. 1974. Results of trap fishery in Ensenada de Chengue with special reference to *Lutjanus synagris* and *Lutjanus analis*. INDERENA-Rev. Divulgación Pesquera 3(5):
- Botero, L. 1987. Zonación de octocorales gorgonáceos en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 17: 61-80.
- Bula-Meyer, G. 1977. Algas marinas béticas indicadoras de un área afectada por aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 9: 45-71.
- . 1982. Adiciones a las clorofíceas marinas del Caribe colombiano, I. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 12: 117-136.
- . 1985. Un núcleo nuevo de surgencia en el Caribe colombiano, detectado en correlación con las macro algas. UBJTL - Boletín Ecológico 12: 3-26.
- . & R. Schnetter. 1978. Notas preliminares sobre el género *Derbesia* (Derbesiaceae, Caulerpales, Chlorophyceae) en la costa atlántica de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 10: 245-248.
- Caicedo, I.E. 1978. Holothurioidea (Echinodermata) de aguas someras en la costa norte de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betún 10: 149-198.
- Clark, J.M. 1968. Bioquímica Experimental. Edit. Acribia, Zaragoza (España), 286 p.
- Cosel, R. Von. 1976. Contribución al conocimiento del género *Voluta* Linne, 1978 (Prosobanchia) en la costa del Caribe de Colombia. Mitt. Inst. Colombo - Alemán Invest. Cient. 8: 83-104.
- Criales, M.M. 1984. Shrimps associated with coelenterates echinoderms, and molluscs in the Santa Marta region, Colombia. J. Crust. Biol. 4 (4): 307-317.
- Estucosta. 1971. Proyecto de utilización turística de las costas del Parque Tayrona. Zonificación, modelos y componentes físicos. Habitar Ltda./Arthur D. Little Inc./Obregón & Valenzuela Ltda./Integral Ltda./Corp. Nal. de Turismo. Bogotá D.E. Inf. Técnico: 1-150.
- Gallo, J. 1988. Contribución al conocimiento de los equinodermos del Parque Nacional Tayrona, I. Echinoidea. Trianea. (Act. Cient. Tecn. INDERENA) 1: 99-110.

- Garzón, J. & A. Acero.** 1983. Nuevos registros de peces arrecifales para el Caribe colombiano. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 13: 85-109.
- Gotting, K.J.** 1973. Die Polyplacophora der Karibischen Kuste Kolumbiens. Arch. Moll., 103(4/6): 243-261.
- Guillot, G. & G.E. Márquez.** 1978. Estudios de la vegetación béntica marina del Parque Nacional Tayrona, costa Caribe colombiana, I. Relaciones vegetación-zonación-sustrato. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 10: 133-148.
- Hernández-Camacho, J.I. & P.I. Rodríguez-Guerrero.** 1972. Estudio ecológico de la vegetación del Parque Nacional Natural Tayrona. INDERENA - Div. Parques Nals. y Vida Silvestr., Bogotá D.E. Inf. Técnico: 1-41.
- Hernández-Rodríguez, A.** 1983. Perspectiva del INVEMAR en el contexto del Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 2: 103-116.
- Herrmann, R.** 1971. Dentongsversuch der Entstehung der "Brisa" eines fohnartigen Fallwindes der nordwestlichen Sierra Nevada de Santa Marta, Kolumbien. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient. 4: 83-96.
- Hulme, N.A. & A.D. McIntyre.** 1971. Methods for the study of marine benthos. Internal. Biol. Progr. Blackwell Scientific Publs. London, 323 p.
- IGAC.** 1975. Estudio semidetallado de suelos del Parque Tayrona (Departamento del Magdalena). Inst. Geograf. "Agustín Codazzi" Sub-Dir. Agrol. Bogotá, D.E. 199 p.
- INDERENA.** 1972. El Parque Nacional Tayrona para Colombia. II Análisis del proyecto de su utilización turística. Inst. Des. Rec. Nat. Renov. y del Ambiente - Div. Parques Nales. y Vida Silvestre. Bogotá, D.E., Inf. Técnico: 1-183.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebourng, A.L. Far & R.J. Randall.** 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Manjarrés, G.A.** 1982. Hallazgo de *Isurus duchassaingii* (Coelenterata: Zoantharia) en la región de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 12: 51-56.
- Marcus, E.d.B.-R.** 1976. Opisthobranchia von Santa Marta, Colombia. Stu. Neotrop. Fauna 11: 119-150.
- Márquez, G.E. & G. Guillot.** 1983. La vegetación marina del Parque Nacional Tayrona, costa Caribe colombiano, II Tipos de Vegetación. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 13: 17-51.
- Meyer, D.L. & D.B. Marcuda Jr.** 1976. Distribution of shallow-water crinoids near Santa Marta, Colombia. Mitt. Inst. Colombo-Alemán Invest. Cient. 8: 141-156.
- Muller, K.** 1979. Interrelaciones entre salinidad y temperatura en la bahía de Santa Marta. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 11: 219-226.
- Oyuela, A.** 1987. Gaira: Una introducción a la ecología y arqueología del litoral de la Sierra Nevada de Santa Marta. Bol. Museo del Oro. Bco. de la República 19: 35-55.
- Pawson, D.L. & I.E. Caicedo.** 1980. *Holothuria (Thymiosycia) thomasi* new species, a large Caribbean coral reef in habiting sea cucumber (Echinodermata: Holothuroidea). Bull. Mar. Sci. 30(2): 454-459.
- Prahl, H. Von & G. Manjarrés.** 1984. La asociación del cangrejo xantido *Platypodiella spectabilis* con corales blandos del género *Palythoa* en el Caribe colombiano. Univ. de Antioquia - Rev. Actual. Biol. 13(50): 106-108.
- \_\_\_\_\_ & **H. Erhardt.** 1985. Colombia: Corales y arrecifes coralinos. Financiera Eléctrica Nacional S.A. - Fondo Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis", Bogotá, D.E. 295 p.
- Ramírez-Triana, G.** 1983. Características físico-químicas de la Bahía de Santa Marta (agosto 1980 - julio 1981). An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 13: 111-122.
- \_\_\_\_\_. 1987. Características hidroquímicas y composición química de los sedimentos de la Bahía de Nenguange, Caribe colombiano. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 17: 15-26.
- Salzwedel, H. & K. Muller.** 1983. I summary of meteorological data for the bay of Santa Marta, Colombian Caribbean. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 13: 67-84.
- Schnetter, R.** 1977. Notas sobre las especies caribes del género *Botryocladia* (Rhodymeriales, Rhodophyceae) con referencia especial a los taxa de la costa atlántica de Colombia. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 9: 73-80.
- \_\_\_\_\_ & **G. Bula.** 1979. Rodoficeas nuevas para la costa atlántica de Colombia. III. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 11: 71-85.
- \_\_\_\_\_, **B. Mohr, G. Bula-Meyer & G. Seibold.** 1985. Ecology, life history and nucleus DNA contents of *Derbesia tenuisissima* from the Caribbean coast of Colombia, pp. 357-362. In: Levring, T. (Ed.) Proc. Internal. Sea weed Synip. Goteborg (Sweden), August 11-16, 1981.
- Solano, O.D.** 1987. Estructura y diversidad de la comunidad de corales hermatípicos en la bahía de Chengue (Parque Nacional Tayrona). Tesis MSc. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. de Colombia, 111 p.
- Strickland, D.H. & T.R. Parsons.** 1972. Practical Handbok of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board of Canadá. 167: 1-311.
- Vargas, M.T.** 1948. Anotaciones históricas del Magdalena. Edit. Lumen Bogotá. (Colombia).
- Werdning, B.** 1977. Los porcelánidos (Crustacea: Anomura: Porcellanidae) de la región de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. - Punta de Betín 9: 173-214.
- \_\_\_\_\_. 1978. Ein Porzellanida, *Petrolistes magdalenensis* n. sp. von der Karibisches Kuste Kolumbiens (Crustacea: Decapoda: Anomura). Senckenbergiana Biol. 59 (3/4): 307-310.
- Wedler, E.** 1984. Variación de la forma en corales de fuego (Millerporidae, Hidrocoralea, Hidrozoa) de la región de Santa Marta, Colombia. Univ. Tecnol. del Magdalena/INVEMAR/Sris. Presidencia de la República. Bicentenario Real Expedición Botánica (1783-1983). Santa Marta (Mag.). Inédito, 25 p.
- \_\_\_\_\_ & **R. Alvarez-León.** 1989. Estructura de una sección del arrecife coralino en la Playa del Muerto (Bahía de Nenguange, Caribe colombiano). Carib. J. Sci. 25(3-4): 203-217.

# TECTO-OROGENESIS, DISECCION E INESTABILIDAD DE VERTIENTES "EN LOS ANDES COLOMBIANOS"

por

Antonio Flórez\*

## Resumen

Flórez, A. Tecto-Orogenesis, Disección e Inestabilidad de Vertientes "en los Andes Colombianos". Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 527-534, 1995. ISSN 0370-3908.

Con este trabajo se muestran las consecuencias geomorfológicas de la orogenia finiterciaria de los Andes colombianos. El levantamiento andino indujo cambios climáticos hacia condiciones más frías y húmedas, lo que unido al potencial hidro-gravitatorio, generó una capacidad de disección del sustrato por la red de drenaje. La disección es activa y explica en gran parte la inestabilidad de las vertientes.

**Palabras Clave:** Geomorfología, Orogenia, Cambios climáticos, Terciario, Andes Colombianos.

## Abstract

This paper deals with the geomorphological consequences of the uplift of the Colombian Andes. The late Tertiary orogeny induced climatic changes towards cooler and wetter conditions and joined to the hydro-gravitatory potential triggered a deep cutting process and consequently a slope instability.

**Key words:** Geomorphology, Orogeny, Climatic changes, Late tertiary, Colombian Andes.

## 1. Introducción

Entre los problemas nacionales calificados como riesgos naturales, son de gran trascendencia aquellos ligados a los procesos de remoción en masa, flujos torrenciales e inundaciones, tres fenómenos conexos entre sí y con una causa común relacionada con la inestabilidad real y potencial de los sistemas montañosos de levantamiento reciente. Estos procesos morfogénicos ocasionan cada año pérdidas en vidas humanas, en obras de infraestructura y en tierras de cultivo.

Por lo anterior, es indispensable que el geógrafo y el geotecnista establezcan la relación dialéctica causa-efecto que enmarca la evolución de las vertientes, al hacer el diagnóstico que, en el ordenamiento territorial, busca

una mejor inserción del hombre y de sus actividades en el espacio geográfico.

Con este artículo se pretende mostrar el efecto del levantamiento de los Andes en la capacidad de disección de las corrientes de agua, el consecuente aumento de pendiente y la inestabilidad de las vertientes, dinámica que incide en buena parte en las inundaciones; aunque este último fenómeno no se trata aquí específicamente. Así, el área a la que se refiere la disección e inestabilidad es la comprendida entre los piedemontes (300 a 500 m) y el límite del modelado glaciar heredado (3000 m aprox.). Aunque los procesos mencionados no son exclusivos del área señalada, no se discutirá su ocurrencia en otros contextos.

Los conceptos que aquí se presentan son una generalización con base en los trabajos de investigación adelantados por el autor en el sector central de los Andes colombianos (Flórez, 1984, 1986, 1989, 1990), además en las observaciones realizadas en la Sierra Nevada de Santa Marta y en el sur de las cordilleras Occidental y Central.

\* Profesor, Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

## 2. Generación del potencial hidro-gravitatorio

El sistema montañoso de los Andes colombianos fue levantado a su altitud actual por fuerzas orogénicas relacionadas con la tectónica de placas en un tiempo geológicamente muy reciente. La orogénesis, junto con los efectos derivados del clima y su evolución, generaron un potencial hidro-gravitatorio que actúa sobre los relieves levantados produciendo ablación de materiales, disección, transferencia, acumulación transitoria en los valles de disección y luego depositación en las áreas deprimidas de piedemontes, llanuras aluviales y el mar.

Esta morfodinámica es diferencial en función del tiempo (evolución) y de los espacios afectados, siguiendo una secuencia que se esquematiza a continuación.

### 2.1 Condiciones pre-orogénicas

Antes del Mioceno (Terciario inferior) los relieves ya emergidos existentes en el territorio colombiano eran básicamente parte de las cordilleras Occidental y Central y los macizos de Garzón, Quetame, Santander y Sierra Nevada de Santa Marta, (Restrepo & Toussaint, 1988).

Según Van der Hammen (1958), después de la orogenia Preandina del Eoceno inferior y medio siguió una fase de relativa tranquilidad tectónica que duró hasta el final del Oligoceno inferior, fase en la que el clima reinante era tropical contrastado de tendencia seca y los relieves, en general, no superaban los 500 m. sobre el nivel del mar. Las condiciones climáticas de las que se infiere una vegetación baja y rala, permitieron el proceso de pedimentación por un escurrimiento superficial difuso generalizado que tuvo como consecuencia la formación de grandes superficies de aplanamiento o pedillanuras (Flórez, 1986).

El "reposo" no implicó una estabilidad tectónica pero sí de un ritmo inferior a la elaboración de los aplanamientos para mantener un equilibrio dinámico con el clima.

El volcanismo del eje de la cordillera Central se manifestó desde el Mioceno (Van Houten, 1976), en el borde occidental de esta cordillera hacia la fosa del Cauca también hubo una fase volcánica en el Mio-Plioceno (Restrepo *et al.*, 1981). La actividad volcánica depositó materiales volcano-detríticos sobre las superficies de aplanamiento y en las fosas laterales del Cauca y Magdalena (Flórez, 1986). Sin embargo, los relieves volcánicos en su forma aproximada a la actual tanto en el sector central de la cordillera Central como en el sur del país hacia la frontera con Ecuador se formaron durante el Plio-Pleistoceno junto con la mayor fase orogénica de los Andes.

El proceso de pedimentación se detuvo en el Mioceno superior cuando se reactivó notablemente la compresión del sistema andino que generó plegamiento y fallamiento. Posteriormente la orogenia del Plio-Pleistoceno y las nuevas condiciones bio-climáticas modificaron sustancialmente el funcionamiento de los procesos morfogénicos.

## 2.2 La orogenia Andina

El levantamiento principal de los Andes u Orogenia Andina ocurrió en la segunda mitad del Plioceno (hace unos 5 a 7 millones de años) y continuó más levemente en el Cuaternario (Van der Hammen, *et al.*, 1973) y las investigaciones de Lüschen (1983) muestran que el levantamiento continúa.

Los eventos orogénicos y otros hechos tectónicos diferenciaron el relieve colombiano en cuatro Cordilleras (Oriental, Central, Occidental y de La Costa) separadas por depresiones intermontanas (Patía, Atrato-San Juan, Cauca y Magdalena-Cesar) y limitadas por depresiones laterales (Llanura del Pacífico-Mar Pacífico y Llanos Orientales-Amazonia) y además por los bordes del Escudo Guayanés y los macizos aislados (Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de La Macarena). Los bloques levantados están separados de las depresiones por fallas inversas, además cada bloque fue subdividido en bloques menores también separados por fallas inversas (Irving, 1971); estas fallas y las demás desarrolladas en el sistema Andino, constituyen líneas de debilidad estructural y movilidad tectónica.

La sobreimposición de las estructuras volcánicas además de aumentar la altura del relieve, generó enormes cantidades de material detrítico de fácil movilización por los agentes de la dinámica externa.

### 2.3 Consecuencias de la tecto-orogenia

El levantamiento de los Andes determinó que una enorme masa de materiales rocosos, que antes del Plioceno estaban bajo el nivel del mar o sobre éste pero en general a altitudes bajas, llegara a las alturas actuales. Así, el levantamiento fue de varios kilómetros y los materiales adquirieron una gran energía potencial gravitatoria (Fig. 1). Por otra parte, los climas se tornaron más húmedos en condiciones ecuatoriales y la orogénesis misma creó barreras de intercepción de los vientos húmedos y durante el Cuaternario (por razón de los cambios climáticos globales) se facilitó la acumulación de glaciares en las alturas superiores a 3000 m (glaciaciones). En consecuencia, existen tres factores causales frente a la morfodinámica: potencial gravitatorio de las masas rocosas, climas más húmedos que aportan más agua y el potencial hidro-gravitatorio del agua y el hielo.

La diferenciación del relieve en cordilleras y depresiones se hizo a lo largo de líneas de falla, que junto con otros sistemas de fallamiento, fracturamiento y plegamiento constituyen en la mayoría de los casos ejes de debilidad estructural y movilidad tectónica. Lo anterior unido a la generación de relieves abruptos (pendientes fuertes) y a los efectos climáticos, define unas condiciones favorables a la remoción de materiales.

En los relieves de las características tectónicas descritas, la red de drenaje se instala, en general, en los ejes de debilidad estructural, lo cual facilita la remoción de materiales y formación de cauces más o menos rectos en los que el agua adquiere mayor velocidad y por lo tanto mayor competencia.

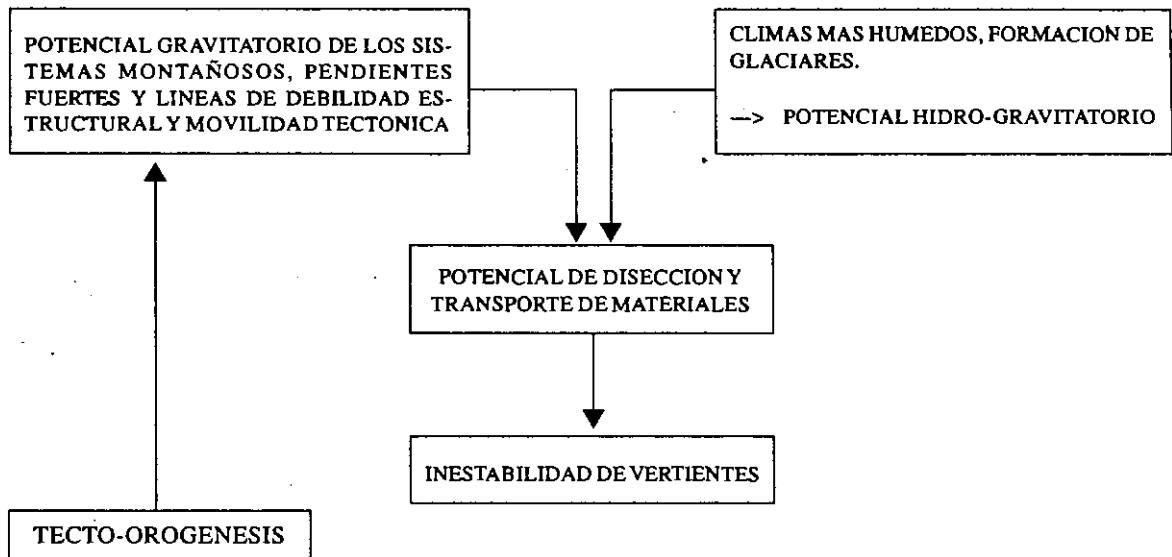


Figura 1. Esquema causal de la inestabilidad de vertientes.

Las unidades geomorfológicas de las cadenas montañosas guardan una relación estrecha con las unidades tectónicas; por ejemplo, la diferenciación en montañas y depresiones determina en términos generales las áreas de denudación y las áreas de sedimentación correlativa que a su vez están ligadas a las áreas inundables.

Otro ejemplo de las unidades antes citadas lo constituyen los piedemontes en los que el levantamiento fue inferior al de las cordilleras y forman una discontinuidad de pendiente donde los ríos pierden competencia y depositan la mayor parte de la carga en los conos de deyección aluvio-torrencial (Fig. 5). Razón por la cual los piedemontes son áreas de riesgo en función de los procesos que ocurren en la montaña. Sobre los conos de piedemonte se concentran actividades agro-industriales y urbanas, algunos ejemplos ilustran esta situación: Yopal, Villavicencio, Valledupar, Ibagué, Armero, Mariquita, Pereira-Dos Quebradas, Chinchiná, etc.

A la fuerza de la orogénesis se opone la fuerza de la disección y transporte de materiales, que pueden depositarse transitoriamente en los mismos valles estrechos de las montañas y principalmente fuera de ellas. Este esquema morfodinámico ha actuado en el pasado, actúa en el presente y continuará en el futuro como respuesta a la orogénesis del pasado y del presente; de aquí que su conocimiento sea de vital importancia en el ordenamiento territorial y especialmente en la prevención de desastres.

### 3. El modelado de disección

Los cambios climáticos al final del Terciario hacia las condiciones más húmedas del Cuaternario junto con la orogénesis andina generaron en nuestras montañas el potencial hidro-gravitatorio que definió una aceleración en la disección y en el transporte de materiales desde los bloques levantados (cordilleras) hacia las depresiones (llanuras aluviales y piedemontes). La acción de los eventos tectónicos y la evolución morfogénica son correlativos (relación dialéctica); así, los procesos de la

dinámica externa se fueron acelerando a medida que los relieves se formaban, (Fig. 2).

#### 3.1. Respuesta de la red de drenaje

Sobre las unidades morfo-estructurales pre-andinas existía una red de drenaje que captaba y dirigía las aguas hacia los mares someros que rodeaban los relieves emergidos y hacia las ciénagas y pantanos.

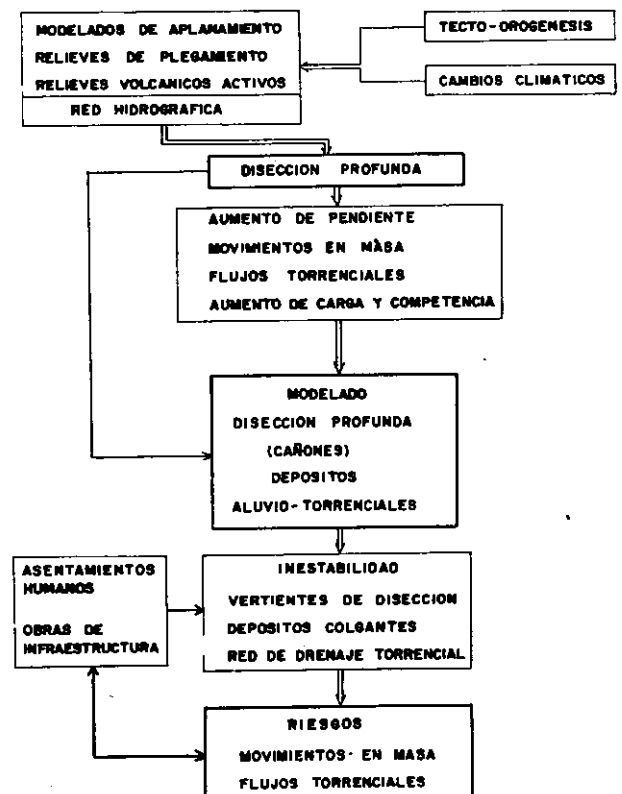


Figura 2. Riesgos inherentes a los modelados de disección profunda

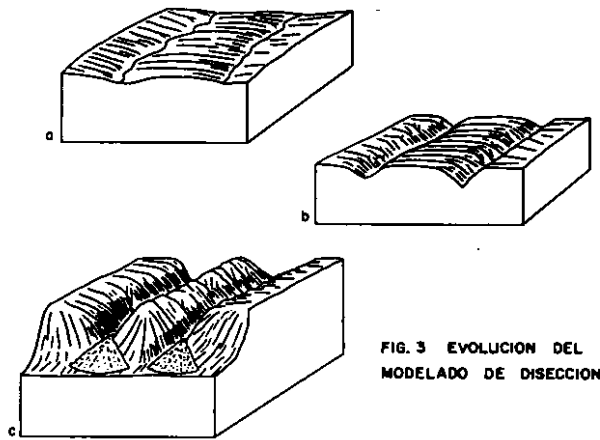


FIG. 3 EVOLUCION DEL MODELADO DE DISECCION

Figura 3. Evolución del modelado de disección

El potencial hidro-gravitatorio (antes referido) generado desde finales del Terciario, aumentó la capacidad de disección, competencia y carga de las corrientes de agua. En la figura 3 se esquematizan los eventos desde la fase de aceleración de la disección hasta la formación de cauces profundos en "V" separados por interfluvios generalmente estrechos.

En la figura 4 se presenta un caso específico de una superficie de aplanamiento disectada en la cordillera Central (Flórez, 1986), en la que los ríos principales tallaron cañones para salir al piedemonte en el valle del río Cauca.

A la energía de la orogénesis responde la energía de la red de drenaje produciendo la disección. Por la misma razón, las fuertes pendientes generadas por la formación de las cordilleras aumentan por efecto de la disección.

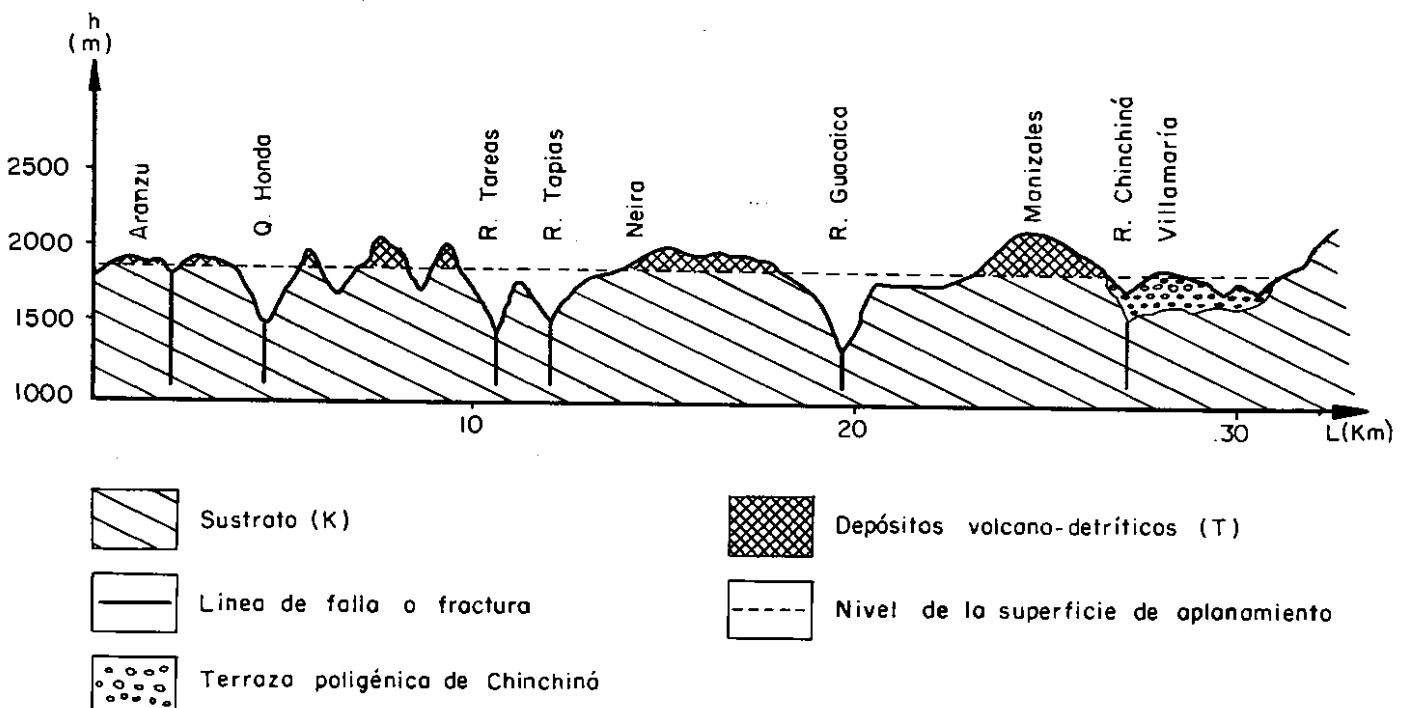


Figura 4. Superficie de aplanamiento disectada

La disección o socavamiento del sustrato se facilita en muchos de los cauces hídricos controlados por ejes tectónicos. En estos casos las rocas fracturadas a lo largo de las líneas de debilidad estructural son fácilmente evacuadas y la disección es más profunda. El control estructural produce cauces de tendencia (general) rectilínea y mayor velocidad y competencia hidráulica.

El proceso de disección disminuye o termina en los piedemontes o áreas de acumulación. Los ríos salen hacia los piedemontes por gargantas estrechas, donde empiezan los ápices de los conos y marcan el cambio de pendiente de los cauces y de las geoformas en general (Fig. 5).

La mayor orogénesis de los Andes, considerando el tiempo geológico, es muy reciente; por lo tanto, la disección actual es aún la respuesta al levantamiento. Además, el levantamiento continúa actualmente, por lo menos en la parte central de los Andes colombianos (Lüschen, 1983). Así, la disección no sólo es activa sino que continuará en el futuro próximo con el consecuente aumento de pendientes y generando una mayor sensibilidad a la inestabilidad de vertientes y por lo tanto a los riesgos naturales.

La característica general de un modelado de disección en las condiciones antes descritas es la profundidad de la red de drenaje (diferencia altitudinal entre el cauce y la divisoria de aguas), profundidad que en nuestras montañas está entre 800 y 1000 m, ej.: ríos de la cordillera Oriental que van del Llano, los de la cordillera Central que drenan hacia los piedemontes en las fosas del Cauca y Magdalena, los cañones de los ríos Guáitara-Juanambú-Patía, Guamuez-Putumayo, ... sólo para citar algunos ejemplos. Parte de los cauces de dichos ríos están adaptados (controlados) a líneas de debilidad estructural, principalmente fallas, fracturas, ejes sinclinales y anticlinales. Este hecho se debe a que las corrientes apro-

vechan las líneas a lo largo de las cuales los materiales están fracturados y/o alterados y por lo tanto la diseción y la remoción se efectúan con mayor facilidad; así se logra un mayor encajonamiento del cauce y también una mayor capacidad de transporte de materiales (competencia y carga).

**3.2 El sistema de transferencia**

El concepto de sistema de transferencia asociado a una cuenca hidrográfica se refiere a la movilización de materiales desde las partes altas hacia las bajas, con la intervención de procesos morfológicos variados

En la figura 6 se esquematiza un sistema de transferencia asociado a una cuenca de drenaje de las muchas que ocurren en las montañas colombianas. Los procesos señalados son los más generales.

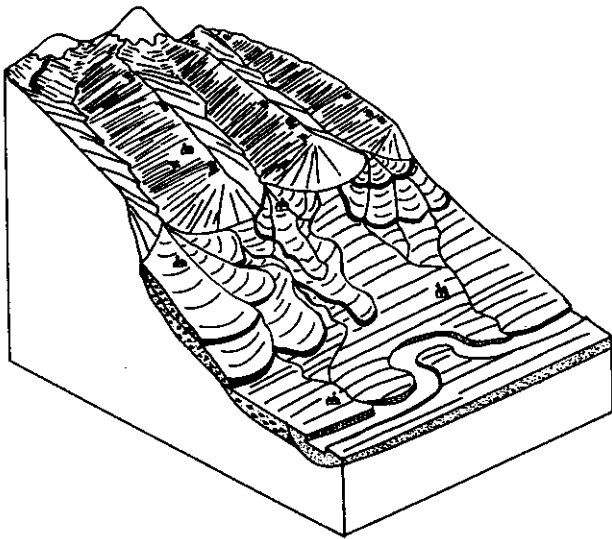


Figura 5. Cordillera - Piedemonte - Esquema General

El funcionamiento de los procesos y el transporte de materiales dentro de un sistema morfológico no es continuo ni en el tiempo ni en el espacio. La mayor o menor actividad de un proceso depende de las condiciones estructurales, pendiente, condiciones bio-climáticas y acción del hombre.

Los cambios climáticos (períodos húmedos y menos húmedos, formación y fusión de glaciares...), las fases de actividad volcánica y reactivaciones tectónicas hacen que las corrientes hídricas transporten materiales abundantes en forma discontinua en el tiempo con eventos concentrados en períodos cortos, por lo que estos fenómenos son de carácter catastrófico. Además, de estos hechos, la red de drenaje en las montañas andinas está bajo condiciones reales de torrencialidad o por lo menos lo es potencialmente.

Dentro del área de la presente discusión (arriba de los piedemontes y abajo del modelado glaciar heredado) los depósitos aluviales y aluvio-torrenciales son frecuentes y se ubican preferencialmente en los puntos de confluencia de dos corrientes. Después del depósito, la diseción continuó su trabajo acelerada por cambios climáticos o tectónicos y dejó los depósitos por encima del cauce, es decir en posición colgante.

En las figuras 7a y 7b, se muestran depósitos aluvio-torrenciales colgantes. Estos materiales están en pendientes fuertes y como el cauce está por debajo de la base del depósito se produce mayor inestabilidad. Además los materiales muebles en el área definida deben considerarse como transitorios, pues son susceptibles de ser removidos y transportados nuevamente por movimientos en masa (derrumbes, desprendimientos, deslizamientos).

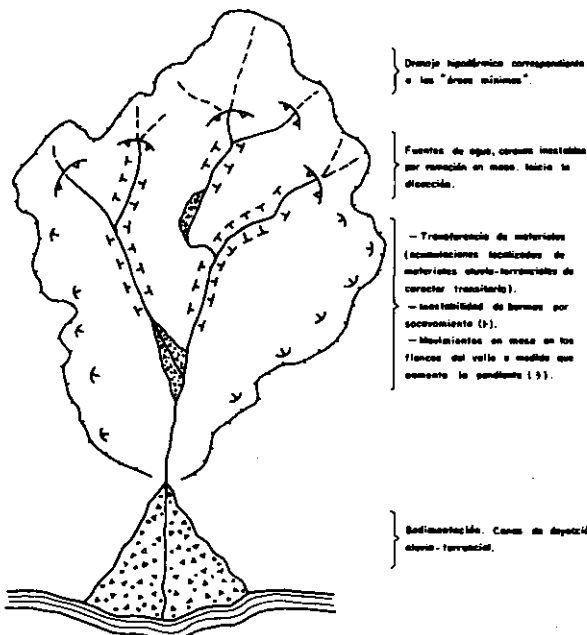


Figura 6. Sistema de transferencia

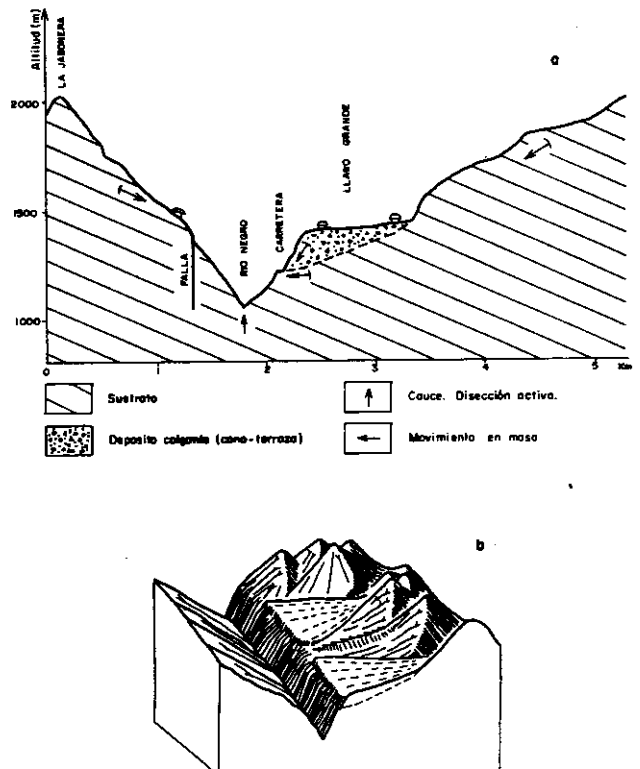


Figura 7. Diseción profunda y depósitos colgantes

tos) y una vez concentrados en los cauces generan flujos torrenciales. La inestabilidad de las formaciones superficiales es mayor en los sistemas de transferencia ubicados en las estribaciones de las cordilleras incluyendo los piedemontes. La inestabilidad también es frecuente en las cuencas cortas que confluyen perpendicular u oblicuamente en los ríos principales dentro de las cordilleras; en estos casos la corriente menor tiene una capacidad de disección inferior a la del río mayor y por lo tanto se queda en posición colgante. El sector localizado inmediatamente debajo del modelado glaciar heredado de la última glaciación presenta torrentes y terminan en conos de deyección fluvio-glaciar.

En los casos en que la parte alta de las cuencas hidrográficas están conectadas con modelados glaciares o con relieves volcánicos el desarrollo de valles profundos (cañones) es mayor. Si estas dos condiciones no existen, los depósitos aluvio- torrenciales y la profundidad de la disección son menos significativas.

La transferencia de materiales constituye la respuesta de las vertientes en búsqueda de su perfil de equilibrio.

### 3.3. Perfiles típicos

La tendencia global del perfil transversal de un valle o la del perfil longitudinal de una corriente, es hacia la concavidad regularizada. El perfil se logra por la evacuación de materiales hasta adquirir el perfil cóncavo.

En un sistema montañoso formado recientemente como los Andes, las vertientes aún no han logrado la homogeneización de su perfil y por el contrario, presentan discontinuidades.

#### *El Perfil Transversal*

En general, los valles de disección profunda presentan el perfil de la figura 8. Los principales sectores diferenciados son:

1. Divisoria de aguas (cuchillas de disección). Allí dominan los movimientos en masa de tipo derrumbe asociados a la cuchilla misma o a las líneas de fuentes (resurgencias, ver Fig. 6). Cuando estas divisorias correspon-

den con residuos de superficies antiguas de aplanamiento entonces tienen un tope más amplio y acolinado y a veces cubierto por materiales volcánicos como se observa en las cordilleras Central y Centro Occidental.

2. Sector de modelado convexo-cóncavo. Los principales procesos son la solifluxión y los deslizamientos rotacionales que ocurren preferencialmente en la parte inferior del sector.

El contacto con el sector 3 es un área crítica ya que a la ruptura de pendiente se agrega una humedad ligada a las resurgencias de agua. Aquí el sector 3 avanza hacia el sector 2.

3. Sector de modelado cóncavo. La pendiente es mayor que la de los sectores anteriores, las formaciones superficiales son menos espesas y están compuestas principalmente por derrubios y coluvios. Los afloramientos del sustrato son frecuentes y los procesos dominantes son los derrumbes y la reptación, seguidos por la disección efectuada por los drenajes de orden 1 y 2 (órdenes según Strahler, 1987).

4. Bermas subverticales de disección. La dinámica dominante además del socavamiento son los desprendimientos rocosos ya que prácticamente no existen las formaciones superficiales. El contacto con el sector 3 es otra línea de inestabilidad crítica.

El perfil descrito es una generalización para los valles de disección profunda, a nivel local se pueden encontrar diferencias especialmente relacionadas con depósitos volcánicos, conos en confluencias, terrazas aluviales, terrazas de abrasión u otras geoformas.

#### *El Perfil Longitudinal*

Al igual que el perfil transversal, el perfil longitudinal de las corrientes cordilleranas no es regularmente cóncavo sino que presenta discontinuidades, (Fig. 9). Como esquema se presenta un perfil desde la línea divisoria en una cordillera hasta un nivel de base local en una llanura aluvial.

1. Sector de acumulación glaciar o de deglaciación reciente. Las pendientes son abruptas.

2. Sector del modelado glaciar heredado de la última glaciación. La pendiente es suave y la disección es poco funcional.

3. Este el sector de disección profunda sobre el cual enfatiza en este artículo. Aquí la disección es mayor debido a unos caudales más abundantes y permanentes en corrientes de orden mayor. El socavamiento normalmente opera directamente en el sustrato y en general las vertientes presentan el mayor grado de inestabilidad en relación con los demás sectores.

4. Este sector ya no es de disección sino básicamente de acumulación y corresponde a los conos de deyección aluvio- torrencial de los piedemontes. En este sector de contacto cordillera-piedemonte los riesgos están asociados a los flujos torrenciales y a las difluencias de los ríos sobre los conos.

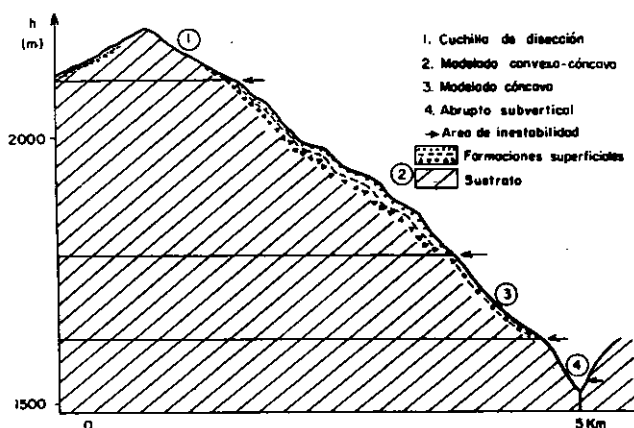


Figura 8. Diferenciación en sectores de una vertiente - Perfil Transversal

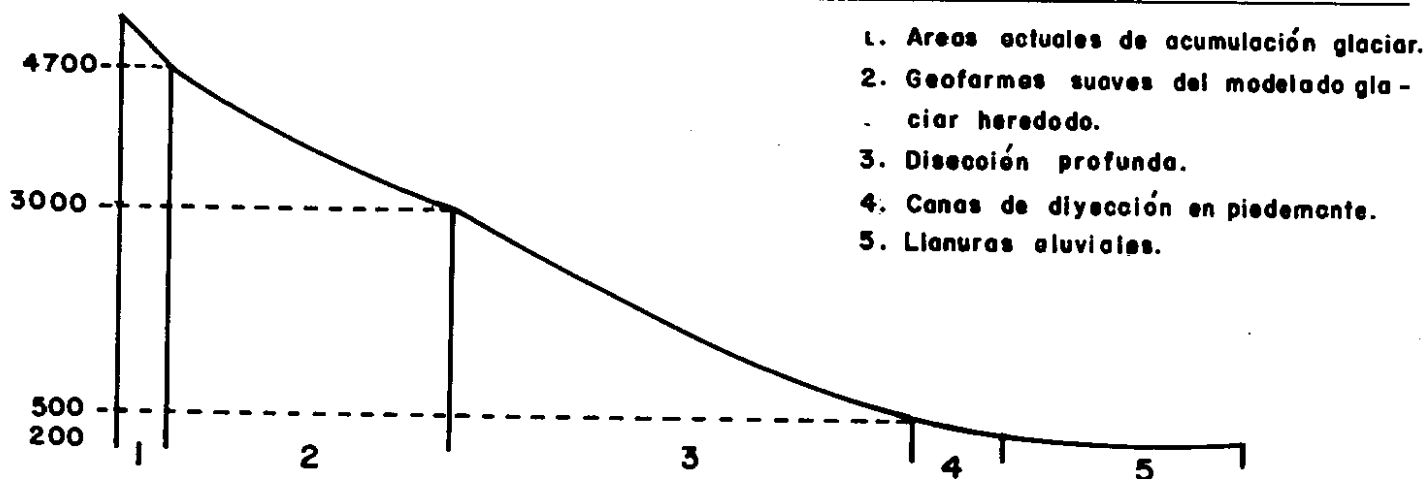


Figura 9. Diferenciación en sectores de una corriente - Perfil Longitudinal

#### 4. La intervención del hombre

Como se discutió en los capítulos anteriores, el sistema montañoso andino se caracteriza geomorfológicamente por unas condiciones reales y potenciales de inestabilidad. La acción del hombre en el territorio andino, mediante la aplicación de técnicas en la utilización de los recursos naturales implica, en muchos casos, adaptarse a unos hechos condicionantes, de lo que frecuentemente resulta una aceleración de la dinámica de las vertientes. Algunas de dichas situaciones son las siguientes

- La deforestación perturba el régimen hídrico, especialmente en pendientes fuertes, donde causa una mayor velocidad de concentración del agua lluvia en los ejes de drenaje, lo que a su vez favorece el transporte de sedimentos y la capacidad de disección.

- La construcción de vías en los límites críticos entre los sectores de las vertientes (Fig. 7a), en la base y en los bordes de los depósitos colgantes y en los contactos cordillera- piedemonte contribuye a la inestabilidad.

- La ubicación de asentamientos humanos en las áreas críticas antes señaladas implican una situación de riesgo.

- Los piedemontes son áreas de riesgo, sin embargo la utilización del espacio no ha sido planificada en función de la inestabilidad real y potencial.

En general, en nuestros sistemas montañosos la actividad antrópica indiscriminada en áreas no aptas para sistemas de explotación agropecuaria y obras de infraestructura está contribuyendo a aumentar el carácter torrencial de la red de drenaje.

#### 5. Conclusiones

En los Andes como en los demás sistemas montañosos de formación reciente, funciona actualmente una acción dialéctica entre los hechos tectónicos y la evolución morfogénica; así, los fenómenos morfodinámicos (dinámica externa) se aceleran a medida que los relieves tectónicos se van formando.

En las montañas colombianas convergen varios factores que definen condiciones de inestabilidad; mo-

vidad tectónica, pendientes fuertes y un modelado de disección profunda. El modelado de disección profunda ocurre abajo del modelado glaciar heredado de la última glaciación y arriba de los piedemontes. (Se exceptúan los altiplanos).

La disección es funcional, esto quiere decir que la formación de valles profundos es activa y por lo tanto aumenta la pendiente, la inestabilidad de vertientes e incrementa el régimen torrencial de las corrientes con los riesgos inherentes para los asentamientos humanos y las obras de infraestructura.

Los problemas principales del área montañosa descrita son los movimientos en masa (deslizamientos de varios tipos, desprendimientos, derrumbes, flujos torrenciales,...) tanto en las cabeceras de las corrientes, como a lo largo de los flancos de los valles y bermas de los cauces, con incidencias en los piedemontes y llanuras aluviales. Otro problema relacionado con la disección rápida es la presencia de los depósitos colgantes en posición de desequilibrio.

La evolución de las vertientes en nuestras montañas aún no ha alcanzado su perfil de equilibrio por lo que presentan discontinuidades. Tales discontinuidades implican áreas de mayor riesgo para las actividades humanas (ver Fig. 5,6,7,8 y 9).

La sectorización de vertientes, discutida en el presente artículo, permite diagnosticar las condiciones de estabilidad o inestabilidad como parte del quehacer geográfico frente a la problemática de ubicar o reubicar las actividades humanas para un mayor aprovechamiento del territorio y minimizar la exposición a los riesgos naturales.

#### Referencias

- Flórez, A. 1984. Escalonamiento geomorfológico en los Andes Centrales de Colombia. *Análisis Geográficos* 11: 85-104.
- \_\_\_\_\_. 1986. Geomorfología del área Manizales-Chinchiná, Cordillera Central, Colombia. Tesis Univ. de Amsterdam, 158 p.
- \_\_\_\_\_. 1989. Evidencias de inestabilidad en los sistemas morfodinámicos de alta montaña. *Rev. Colombia, sus Gentes y Regiones*, 13: 16-32.
- \_\_\_\_\_. 1990. La resección de los glaciares colombianos desde la Pequeña Edad Glaciar. *Rev. Colombia Geográfica* XVI (1):7-16.

- Irving, E.** 1971. La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia. *Bol. Geol.* **19** (2):1-90.
- Lüschén, E.** 1983. Recent tectonics of the Northern Andes according to geophysical and geodetical measurements in Colombia. *Zbl. Geol. Paläont., Teil I*:304-317.
- Restrepo, J.J., J.F. Toussaint.** 1988. Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes.* **11** (3): 189-193.
- \_\_\_\_\_ & **H. González.** 1981. Edades miopliocenas del magmatismo asociado a la formación Combia. *Deptos. de Antioquia y Caldas, Colombia Geol. Norandina.* **3** (1): 21-26.
- Strahler, A.N.** 1987. *Geología Física.* OMEGA, 629 P.
- Van der Hammen, T.** 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes colombianos-Colombia. *Bol. Geol.* **6**:67-128.
- \_\_\_\_\_, **J.H. Wermer & H. Van Dommelen.** 1973. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: A study of the Pliocene and Lower Quaternary of the Colombian eastern Cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. *Rev. Palaeobotany and Palynology,* **16**:1-122.
- Van Houten, F.** 1976. Late Cenozoic volcanoclastic deposits, Andean foredeep, Colombia. *Geol. Soc. Am. Bull.* **87** (4):481-495.

# ALGO MAS SOBRE LA CATEDRA DE MATEMATICAS DEL COLEGIO DEL ROSARIO

por

Celina A. Lértora-Mendoza\*

## Resumen

Lértora-Mendoza, C. A. Algo más sobre la Cátedra de Matemáticas del Colegio del Rosario. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 535-546, 1995. ISSN. 0370-3908.

Se hacen comentarios relativos a la enseñanza de las matemáticas en el Virreinato de la Nueva Granada a finales del Siglo XVIII, y a las dificultades planteadas por los escolásticos y filósofos al desarrollo de ésta y de otras ciencias, cuyo avance afectaba la lógica escolástica, a la vez que planteaba disputas por espacios académicos y beneficios económicos entre dominicos y jesuitas y entre los planteles religiosos y el Colegio del Rosario, más cercano a la enseñanza pública.

**Palabras clave:** Colombia, Historia, Matemáticas, Filosofía.

## Abstract

The teaching of mathematics in the Viceroyalty of New Granada towards the end of the 18th century is discussed, with particular reference to the difficulties posed by the scholastics and philosophers to the development of this and other sciences. These authorities felt that the advance of the sciences affected scholastic logic, as well as producing conflicts for academic space and economic benefits between the Dominicans and the jesuits, and between the religions establishment and the Colegio del Rosario, the institution that most closely approached offering public education.

**Key words:** Colombia, History, Mathematics, Philosophy.

La historia de la Cátedra de Matemáticas del Colegio del Rosario (la "Cátedra Mutis" como se la llama) es un tema inagotable. La escasez de datos estrictamente académicos sobre la enseñanza de Mutis primero, y de sus discípulos después, las circunstancias política y académicamente complejas de su creación y de su restablecimiento, así como la controvertida actuación de Mutis (Arboleda, 1993, 29 ss y 1994, 79ss) hacen que la comprensión del problema de esta Cátedra quede inmerso en conjuntos problemáticos mayores y relacionado con otros temas conexos pero distintos, lo que quizá conspire contra su claridad.

La historiografía se maneja en general con los siguientes parámetros (Silva, 1981; G. Hernández de Alba, 1982; Pacheco, 1984; Soto Arango, 1993, 41ss y 70ss):

1. La actitud reformista de Mutis
2. La reacción antirreformista de los círculos conservadores que veían peligrar su preeminencia, cuyos voceros oficiosos más importantes habrían sido los dominicos de la Universidad Santo Tomás
3. El interés del poder civil en aprovechar las temporalidades jesuítas para el proyecto ilustrado
4. La connotación política libertaria que tomó la cuestión científica en los últimos años del virreinato.

Considero que estos parámetros son válidos y sin duda en general pueden explicar los vericuetos históricos de esta Cátedra, como de cualquier otra que pretendiera una movi- lización de las estructuras establecidas. Pero hay algunos puntos que impiden el "cierre" total de la explicación:

\* CONITEC, Buenos Aires

1. No sabemos exactamente qué se enseñaba de matemáticas como para presumir que ello molestaría a los conservadores. Dado que aun los escolásticos más recalcitrantes tuvieron alta estima por la matemática (con qué nivel la conocían es otro problema) no valen las mismas razones que explican el ataque a los intentos de promover los nuevos conocimientos de física o astronomía. En otros términos, el nuevo "sistema del mundo" (la astronomía y la física) era de por sí conflictivo, la matemática no. Por tanto, necesitamos una razón específica de la conflictividad de la matemática, en cuanto al contenido enseñado, dato que no poseemos.

2. La inquina que pudiera haber ocasionado Mutis por sus ideas científicas, por su personalidad o por su lugar prestigioso que otros envidiarían podría explicar intentos de evitar que él ocupara la cátedra, pero no justifica el cuestionamiento de la cátedra en sí, sobre todo al tiempo de su restablecimiento, cuando ya estaba claro que no la ocuparía él.

3. Tampoco parece que la reticencia sobre la cátedra se debiera al hecho de que sólo podrían dictarla discípulos de Mutis, lo que indirectamente fortalecería su preeminencia en los círculos académicos, pues en todo caso la condición podría haber sido que no fueran ellos los que la ocuparan. En efecto, Vergara, por ej. no era el único que podía enseñar matemática (aunque concedamos que quizá era el que podía enseñarla mejor), ya que los militares destinados al virreinato poseían un conocimiento bastante bueno de matemáticas, aunque fuese más bien en la orientación práctica. Con todo, podían ocupar decorosamente una cátedra de iniciación, ya que la propuesta nunca fue una cátedra especializada ni de alta matemática.

4. El argumento de que los dominicos de la Universidad Santo Tomás siempre la obstaculizaron es verdad pero no prueba nada, porque ellos obstaculizaban casi todo lo que hacía su rival, y eso no impedía seguir adelante. El caso de la defensa muticiana del heliocentrismo es una prueba (Negrín Fajardo, 1984). Y además porque, como veremos, cuando se quiso restablecer la cátedra, se dió la curiosa situación de que quienes pusieron algunos reparos fueron las mismas autoridades del Colegio del Rosario.

Por tanto, creo que debemos separar la explicación de los problemas que tuvo Mutis como difusor de la nueva física con las que tuvo la Cátedra de Matemáticas, con o sin él. Creo que el hecho de que fuera Mutis el personaje central en ambas historias lleva insensiblemente a considerarlas en conjunto (Mutis, 1982; Martínez Chavanz, 1993, 2; Safford, 1989, 131ss). Por tanto, intento ahora separar ambos aspectos de la actuación de Mutis. Para la comprensión del problema de la Cátedra de Matemáticas considero mejor partir de los problemas que suscitó su reapertura, porque allí eliminamos el factor perturbador muticiano y la polémica sobre la enseñanza de la matemática en sí misma queda más al descubierto.

#### Pasos del restablecimiento de la Cátedra

Aunque este punto es bastante conocido, me parece útil pasar revista al expediente que nos proporciona la documentación paso a paso (Soto Arango, 1994, 90ss). Estos pasos fueron los siguientes:

- *Pedido de Vergara*. Fernando Vergara, Catedrático de Filosofía, solicita el restablecimiento de la Cátedra en el Colegio del Rosario (AN, Colonia, Colegios, T. 1, f. 1021-1042, 1786)

En su nota de pedido recuerda que en la Reforma de 1774 se mandó incluir Matemáticas, cátedra que sólo duró 5 años, durante los cuales él estudió. También se había establecido que se dictaría la Física por Jacquier (newtoniano) cosa que él mismo cumplió (f. 1022-1023)

- *Carta de Mutis avalando el pedido*. Mutis escribe a Góngora desde Mariquita el 18 de octubre de 1785 refiriéndose a su enseñanza iniciada en 1762. Menciona a Vergara como muy instruido en matemáticas y lo propone para Catedrático (f. 1024-1025).

- *Informe del Rector de la Universidad S. Tomás*. Cursada la solicitud, se recaban los correspondientes informes, siendo el primero el de Fray Manuel Ruiz, Rector Regente de la Universidad S. Tomás, del 10 de junio de 1786 (f. 1027-1033). En ella defiende la matemática recordando que los griegos no admitían en sus cursos de filosofía a quien no la supiese. Menciona elogiosamente a Wolff y Newton, y afirma que S. Tomás y S. Alberto la tenían en estima. Aduce que muchos peripatéticos en su tiempo eran sofistas y superficiales repetidores pero no auténticos aristotélicos. Pero al mismo tiempo critica a los que se sentían demasiado poderosos con su ciencia, según aquello de *eritis sicut dii* y opina que la función mental ordenadora de las matemáticas la cumple la lógica en los estudios de filosofía (f. 1028v). Por otra parte también los herejes abusan del silogismo. Recuerda que se ha enseñando esporádicamente y que no hay conclusiones ni disputas matemáticas. Desde el punto de vista didáctico, entiende que no se puede enseñar matemáticas a quien no sepa latín y haya pasado el examen de leer perfectamente a los poetas clásicos (f. 1029v). Todo esto en cuanto al aspecto académico. En cuanto al aspecto jurídico, hace consideraciones sobre los derechos de la Universidad para enseñar todas las ciencias, y recuerda que este privilegio de tener toda cátedra no se concedió al Rosario. El "inconveniente poderoso" que ve para el restablecimiento es la legislación vigente que sólo le autoriza a enseñar jurisprudencia y medicina, no matemática (f. 1031v). Por todo ello solicita que la Cátedra se establezca en la Universidad (S. Tomás) y que en el Rosario se restablezca la de medicina. No parece que haya quien pueda enseñar bien matemáticas, salvo Mutis, "que creo no está en situación" (f. 1033) y el Tte. Coronel y Comandante del Real Cuerpo de Artillería don Domingo Esquiaqui, lleno de innumerables quehaceres, quien en principio había aceptado una propuesta de la Universidad hecha por medio del Arzobispo, pero que no concretó porque "debía esperar las Ordenes de su Excia. Illma" lo que al tiempo de su escrito seguía así (f. 1033). En suma solicita que se movilice el asunto (mención en Soto Arango, 1994, 94 nº 9).

- *Informe del Colegio del Rosario*. (f. 1034-1035) Es una nota de Agustín Manuel de Alarcón al fiscal Estanislao Andino. Allí afirma que la Cátedra de Matemáticas funcionó en "perjuicio" de la de filosofía. Añade que se dictó a los cursantes "suficientes luces de las

principales partes de la Matemática como son la de Aritmética, Geometría y Geografía proporcionando las lecciones y el tiempo sin perjudicar a la principal enseñanza de la filosofía y aun en las conclusiones públicas se han mezclado y demostrado los más célebres problemas matemáticos y físicos con las cuestiones abstractas de filosofía" (f. 1034v -1035). Hace notar que en Lima la Cátedra de matemática se separó de la de Filosofía y considera que así se debería hacer en el Colegio. Reconoce como competentes para dictarla a Vergara y al Dr. Pedro de Vargas (f. 1035; mencionado en Soto Arango 1994, 94 n° 10)

- *Informe de Carpintero* (f. 1036). Eugenio Carpintero informa por nota del 10 de junio de 1786 que no hay inconveniente en el restablecimiento de la Cátedra, sino que al contrario, así se cumpliría el Plan de Estudios. Considera que hay "no sólo uno sino muchos sujetos civiles en aquel Colegio para ello" (f. 1036v)

- *Actuación procesal del fiscal Andino* (f. 1037-1039)

- *Devolución del expediente*, el 28 de julio e 1786 se devuelve el expediente con los informes

- *Vista al fiscal* (f. 1040-1042), el 3 de agosto se da vista al fiscal interino, que lo acepta con restricciones.

- *Resolución*. (f. 1042) el 6 de octubre de 1786 se accede a lo pedido dejando constancia de que ello es sin entrar el Rosario en el Cuerpo de Universidad, y sin perjuicio de las demás Cátedras. Se nombra a Vergara como candidato sustituto de Mutis (fdo. Zalamera).

## Esbozo de interpretación

De esta documentación y otra complementaria (G. Hernández de Alba, 1983; 1983 a, b) se ha analizado sobre todo la aportación de Mutis sobre todo en el contexto de su polémica con los dominicos. Sin embargo, creo que hay dos piezas claves para entender el problema de la cátedra en 1786, y retrospectivamente el de su creación y en parte la causa de su fracaso. Son los informes de Alarcón y de Ruiz, que no tienen por objeto ningún tema polémico sobre las ciencias sino otros algo distintos que paso a exponer.

### 1. La ciencia matemática y su lugar sistemático.

Curiosamente, en este punto hay coincidencias casi absolutas entre las dos instituciones rivales. En primer lugar, se acepta la necesidad del estudio de las matemáticas para la formación de los filósofos. Pero, y esto es importante, la matemática constituye -en la mentalidad escolástica de los claustros mencionados- un instrumento del saber del mismo estilo que la lógica, una propedéutica, pero no una disciplina independiente en sus objetivos y fines. Ruiz y Alarcón son muy claros en este sentido. Por lo tanto, para ambos, los estudios de matemática destinados a los filósofos tienen por objeto crear un hábito mental, fortalecer un método deductivo del saber (cf. Ruiz, f. 1027) y por eso basta con que se trate de la matemática elemental (cf. Alarcón, f. 1034v) ya que en definitiva ese papel también puede ser cum-

plido, y bien, por la lógica. Ambos están también de acuerdo en que una cátedra de Matemática, en el seno de la filosofía pero independiente de ella es pernicioso. Ruiz habla de la "soberbia" de quienes se sienten agrandados por su ciencia. No creo que esto sea sólo una alusión a Mutis, creo que se refiere a los científicos modernos que hacían de ella un elemento central de teorías descriptivas de la naturaleza que estaban compitiendo ventajosamente con las viejas teorías filosóficas inverificables. Alarcón es explícito cuando lamenta el "perjuicio" causado por la cátedra a los estudios de filosofía, cuya "decadencia" le atribuye, entendiendo que el desinterés de los estudiantes se debería en el fondo a la falta de la formación "profunda" que da la filosofía y que la matemática, como ciencia formal no puede dar (como tampoco podría la lógica). En síntesis, los escolásticos a cargo de ambas instituciones coinciden en atribuir también a la matemática el papel propedéutico que antes sólo tenía la lógica. Este reconocimiento fue relativamente tardío entre los dominicos (o tomistas en general) y en ello fueron precedidos por los franciscanos, quienes a partir de c. 1720 incluyen en los manuales del Curso de Filosofía algunas nociones de matemática (por ej. los de Corsini y Altieri) entendiéndola como propedéutica y compartiendo el primer año de filosofía con la Lógica. Este criterio nunca fue del todo asumido por la manualística dominica, aunque de hecho aceptaron el criterio docente de incluir nociones matemáticas en el año de propedéutica filosófica. La historiografía tiende a ver los intentos de incorporar matemática al trienio filosófico, por ej. el de Restrepo en Popayán, en el marco de las ideas ilustradas y las polémicas a que dieron lugar (Quintero s/f, 10 ss; Rivas Sacconi, 1977, 250 ss). Este fue sin duda el marco local de referencia más saliente y conflictivo, pero en sí la cuestión tenía ya una tradición en las Ordenes implicadas en la enseñanza, que determina tanto el sentido de su aceptación de esos estudios cuanto los límites y salvedades que les imponían.

Ahora bien, una vez establecido este punto de vista, es natural que la matemática fuese considerada una disciplina alternativa y rival de la lógica escolástica. Por eso se habla de que al enseñarse ella los alumnos se negaban a estudiar "los silogismos", es decir, la lógica aristotélica, que en esa época, reducida a las Súmulas por desguase de la Lógica Magna o disputativa, tenía como tema central la silogística y la teoría de la argumentación. Pero en ese caso, es verdad que la matemática compite desventajosamente con la lógica en vistas a la formación de un espíritu filosófico, al menos tal como entonces se entendía. Sin duda la lógica (aristotélica) era mucho más adecuada que la matemática para formar la mente en la comprensión del curriculum filosófico (sobre todo la metafísica). De modo que cuando Alarcón se queja de que la sustitución del primer año tradicional de filosofía (centrado en la Lógica) trajo una "decadencia" de los estudios filosóficos, desde su punto de vista tiene razón.

Por lo tanto, la incorporación de la Matemática en un curriculum de filosofía en estas condiciones, no podía ser sino en desmedro de ella misma, ya que debería cumplir dos requisitos que la desnaturalizarían: en primer lugar, reemplazar a la lógica silogística en la forma-

ción mental de estudiantes de filosofía escolástica; y además insertarse en el marco global de las exigencias del "Trivium" o sea, como explícitamente dice Alarcón, haber estudiado primero Gramática.

Enseñada independientemente, la disciplina no es objetada por Alarcón y probablemente tampoco por Ruiz, ya que la quiere para su Universidad. Por otra parte, también es verdad que esta "independencia" podría interpretarse como superación de la restricción de formar cuerpo universitario; sin embargo está claro que esta argucia de los rosarinos podía fácilmente frenarse con la salvedad -como de hecho se hizo- de que una Cátedra independiente del curriculum filosófico no obsta a dicha restricción. Pero obsérvese que Alarcón tiene un concepto bastante desvalorizado de esos estudios. Considera que pueden dedicarse a ella quienes carezcan de condiciones suficientes para trabajar en ciencias especulativas (f. 1035) como si la matemática no fuera suficientemente especulativa. Para las autoridades académicas preilustradas no sólo las ciencias empíricas, sino también las formales, lógica y matemática incluidas, son epistémicamente inferiores a las disciplinas filosóficas. En ese caso, está claro que la "superioridad" de los estudios filosóficos exige inclinar hacia el lado de ellos la delicada balanza económica de los tiempos postjesuitas. La matemática sólo podría sobrevivir -en este planteo- por subvenciones especiales.

Esta puja entre lógica y matemática es más patente, si cabe, en el Informe de la Universidad. Por eso merece algunas consideraciones. En la larga respuesta del P. Ruiz, hay dos puntos en este aspecto que son sobresalientes. En primer lugar, explicita la cuestión entre matemáticos y lógicos (filósofos); además, explicita la querrela entre escolásticos y modernos. Ambas cuestiones son distintas aunque en un punto se entrecruzan, y es el que nos interesa. La cuestión entre matemáticos y lógicos podría establecerse como la pregunta acerca de cuál es la disciplina que forma mejor las mentes para la deducción científica (recordemos que en el planteo aristotélico, la ciencia es esencialmente deductiva), supuesto que se admite que las dos son formativas en ese sentido.

Ahora bien, unos (los matematizantes) sostienen que la matemática cumple esa función al menos tan bien como la lógica, y quizá mejor, y sin los inconvenientes que (para una mente científica) tiene la lógica escolástica. En otros términos, que cumple el ideal de la "mathesis" que el mismo Peripato (incluso por boca de Santo Tomás) proclama. Y esto Ruiz debe reconocerlo. Esta es la visión no filosófica de la matemática y -esto es importante- es independiente de qué tipo de lógica filosófica se le oponga, que puede ser tanto la lógica peripatética como la cartesiana, la empirista, etc. Enfrentaríamos aquí una concepción científica de la metodología científica con una concepción filosófica. Según los filósofos, a los que Ruiz se suma, la lógica puede cumplir tan bien como la matemática esta función, si se centra en la teoría silogística, estricta y seriamente entendida, y no reducida a mero instrumento de inútiles disputas. Pero cuando Ruiz critica, e incluso se burla de los "falsos peripatéticos" pintando de ellos una caricatura digna del Sr. Paparrucho, uno se pregunta a quiénes

se refiere. Por cierto no a los textos (bastante venerables para él) que trataban esos temas, puesto que justamente la "buena" lógica debía aprenderse en ellos. Y si la lógica era más o menos la misma en todas las facciones escolásticas (salvo cuestiones de detalle), queda que se refiriese a ellas en conjunto. Esto es poco creíble porque la crítica incluiría a su propio plantel de profesores.

Hay aun dos interpretaciones posibles: que se refiera a otros profesores escolásticos que, a diferencia de los dominicos, enseñarían una "mala" lógica escolástica, fundamentalmente los jesuitas y los franciscanos. Como los jesuitas ya no están, resta que los destinatarios de este tiro por elevación sean los franciscanos. Esto es perfectamente posible. ¿Qué ganaría con ello? Eso es más difícil de contestar. En otros ambientes los franciscanos se hacían ecléticos (en ese caso los tiros debieran ser distintos). En Santafe, hasta donde sabemos, se mantuvieron fieles al viejo modelo del s. XVII y se dedicaron asiduamente a querrellar a los tomistas. Pero justamente los aspectos en que la lógica compite con la matemática no son aquellos temas en que estas Órdenes disputaban. Por tanto me parece que ese tiro, aunque posible, es más bien inútil. La otra posibilidad es que esa caricatura del peripato sea una salida retórica, para conceder a la otra parte lo que se clama a voz de cuello, y al mismo tiempo desvirtuar la acusación de retrógrados que pesaba sobre los dominicos. Esta alternativa me parece más plausible.

Si interpretamos que esa crítica es retórica o incluso -valga la *lectio benignior*- que es una concesión auténticamente autocrítica, en cualquier caso resta que la lógica silogística, bien enseñada, sirve tan bien como la matemática. ¿Entonces cuál es el beneficio de la lógica, para que la balanza se incline a ella y no permanezca en el centro? Para Ruiz, se trata de dos fallas de la matemática tal como en general se presentaba. Por una parte, quienes intentaban aprenderla se negaban a estudiar previamente (como debían hacerlo para la lógica) el ciclo de Gramática. Ruiz arguye que quien no sabe bien latín no puede entender correctamente una disciplina que se enseña en esa lengua. Esto es cierto, pero valga la pena recordar que por aquellos tiempos ya estaban traducidas varias obras que sin duda cumplían muy bien una enseñanza elemental (y aun más). Por tanto, la cuestión no es si se podía aprender matemática sin saber latín, porque efectivamente era posible, sino si se podía concurrir a un curso público sin ser latinista. Obsérvese que cuando Ruiz (f.1033) declara desconocer que haya en el Nuevo Reino quien esté en condiciones de dictar matemática, lo dice en virtud de que los postulantes, aunque realmente la supiesen como autodidactas o por haber cursado la cátedra en forma irregular, no la aprendieron conforme a los cánones universitarios. Cuando alega que no se dictaron "dos cátedras" como era menester, uno puede pensar que se ampara en este punto precisamente porque los ilustrados tendían a desconocer éste y otros requisitos, donde también figuraba el de la lengua. Y el temor era, sin duda, que saltando la valla de la doble cátedra, también se pasase por otros quizá más fundamentales, entre ellas la lengua. Esto me parece que se relaciona con la polémica sobre la enseñanza universitaria en len-

gua vulgar, y la polémica por las reformas propiciadas por Mayans, a las que como sabemos, se opuso tenazmente Salamanca, con el voto común de todos los tradicionalistas. La segunda objeción de Ruiz es que los matemáticos que no se interesan por la filosofía ni la lógica suelen caer en una especie de soberbia (*eritis sicut dii*, dice) de la que solo se salvarían mediante el aprendizaje de las "verdades" establecidas por la filosofía peripatética. Está claro que en este punto la lógica sirve de pretexto para toda la cuestión filosófica y que los lógicos en realidad están defendiendo el lugar de la filosofía en el curriculum de Artes. Y en todo esto hay sin duda un intento de no reconocer a las ciencias que fueron desgajándose de esa gran tronco el estatuto universitario de las disciplinas tradicionales.

Al llegar a este punto, en la respuesta de Ruiz se hace explícita la puja entre tradicionales y modernos, que no pasa solamente por la cuestión de una u otra disciplina (sea la matemática o la física) sino que implica una profunda divergencia sobre la concepción del saber y de la enseñanza, sobre todo la universitaria.

## 2. La cuestión jurídica como puja de poder

El informe del P. Ruiz incluye un amplio tratamiento de la cuestión jurídica que suscita la Cátedra. Pero en realidad excede ese aspecto puntual y desarrolla una justificación de los títulos de la Universidad Santo Tomás, denunciando al mismo tiempo las permanentes violaciones por desconocimiento que se habían sucedido en los últimos años. Es fácil ver que tras este ropaje jurídico late la gran discusión iniciada luego del alejamiento de los jesuitas, sobre la conveniencia de instaurar una universidad pública. No voy a entrar en esta historia, ya suficientemente conocida (Quintero, 1992; Arboleda 1993) pero sí quiero señalar dos aspectos de ella que se vinculan al problema que nos ocupa: la dilucidación sobre el estatuto académico de la matemática y el tema de los subsidios.

La cuestión del estatuto académico de la matemática queda jurídicamente vinculada con la pretensión de la Universidad de ser exclusiva regentadora de cátedras de carácter universitario. Podría plantearse en los siguientes términos: si la matemática es considerada una disciplina de nivel universitario, su enseñanza académica conferiría *ipso facto* carácter universitario a la institución que la dictase. Pero en la tradición española ninguna disciplina de por sí (por sus contenidos científicos) tiene ese carácter, ni siquiera la filosofía o la teología, pues hubo *curricula* de estos estudios que no otorgaban grado sino que se constituirían como exigencias internas de instituciones u órdenes religiosas. De allí que en algunos centros la medicina fuese universitaria y en otros no. Los requisitos para que un estudio tuviese carácter universitario no dependían pues, del contenido a enseñar, sino de la estructuración académica. Durante varios siglos esta estructura fue regida por una élite intelectual formada con los criterios medievales. El estamento universitario tenía un lugar social relevante y la selectividad que exigía la élite aseguraba su dominio. En el caso de la Universidad Santo Tomás, esto está muy claro. La puja entre las Ordenes por obtener la concesión universitaria con ex-

clusividad muestra hasta qué punto la élite tenía un criterio restrictivo de la función social universitaria.

A lo largo del s.XVIII el pensamiento ilustrado, presionado por los avances de las ciencias empíricas y el perfeccionamiento de las otras intentó reformas universitarias que dieran cabida a esos nuevos saberes con sus propias dinámicas investigativas, lo que de hecho significaba trastornar el modelo tradicional y ampliar la élite intelectual del estamento universitario. Es fácil explicar que dichas propuestas fuesen bien acogidas por los sectores sociales que se beneficiaban del ascenso social que eso suponía, y mal vistas por los conservadores a quienes esa ampliación imponía la necesidad de compartir poder social, prestigio y también beneficios económicos.

Creo que la reticencia en conceder a la matemática estatuto universitario independiente tiene que ver más con este aspecto que con una real preocupación dogmática por sus contenidos. O sea, no sólo se comprueba la oposición de los conservadores a los contenidos nuevos y discutibles o condenables en sede religiosa, sino también el de aquellos inocuos desde ese punto de vista, pero que de cualquier modo ampliarían el antes reducido núcleo de intelectuales representativos ante el poder político. Por eso existen las mismas razones para oponerse a la introducción universitaria de la física experimental, la nueva química, la matemática e incluso las disciplinas técnicas, aunque académicamente se esgriman argumentos distintos en cada caso. A mi modo de ver, se explica así también el común rasgo desvalorizador que tienen las apreciaciones de la élite conservadora sobre cualquiera de ellas: aunque útiles o convenientes en algún sentido, siempre conservan un discreto segundo plano frente a las disciplinas universitarias tradicionales.

El segundo aspecto puesto de manifiesto en el expediente de reapertura de la Cátedra Mutis es la puja por los subsidios provenientes del Fondo de Temporalidades. Esta puja se dió en todos los lugares donde los hubo. Por una parte el poder civil quería echar mano de ellos para realizar proyectos nuevos (sobre todo los ilustrados o simpatizantes) o para mejorar diferentes aspectos deficitarios de la vida socioeconómica. Por otra, la antigua élite universitaria pretendía repartírselos en su beneficio, ofreciendo como compensación alguna mejora intelectual. De allí que ambas instituciones, la Universidad y el Colegio, insistan en que los subsidios para la Cátedra deben salir de esos fondos. En otros términos, no estaban dispuestos a financiar por sí mismos ninguna novedad extracurricular. Sobre esta parte de la historia de diferentes centros americanos se han hecho investigaciones de las cuales resultaría que efectivamente a fines del XVIII la situación económica de las Ordenes era precaria y financieramente negativa, de modo que no podían costear solas a veces ni siquiera sus propios estudios tradicionales. Quizá este déficit y el hecho de que acudieran asiduamente a los subsidios civiles fue la excusa para las medidas de secularización que tomaron muchos gobiernos independientes. Pero desde otra perspectiva uno puede preguntarse por qué llegaron a ese límite, más allá de la explicación global sobre la crisis y la insuficiencia del tipo de economía en que se desarrollaban.

Una hipótesis al respecto es que la antigua sociedad que en el XVII había aportado dotes y beneficios (a través de los hijos de ricoshombres que entraban en religión o de las altas tasas que se cobraban a los estudiantes seculares) estaba en profunda transformación. Por una parte había empobrecido, por otra, intentaba modernizarse y algunos de sus miembros entraban en nuevas formas de actividad. La crisis económica de los centros de estudios es resultado y no causa de la decadencia de los mismos que se pregona por doquier a fines de la época colonial. De allí la urgencia de obtener subsidios que permitan superar una situación crítica sin alterar los presupuestos ideológicos que justamente habían conducido a ella. Lo cual es propio de toda mentalidad conservadora.

### Conclusión

En resumen, mi interpretación del problema de la cátedra de matemáticas es el siguiente:

1. Por no tener lugar académico propio en la situación carenciada del virreinato, la cátedra debía entrar en el área de la filosofía. Eran los filósofos del mismo Colegio, celosos guardianes de su lugar académico quienes se oponían. Los motivos de su oposición se derivan de varias consideraciones:

1.1. Salvaguardar la lógica escolástica, ya bastante deteriorada por el escaso interés de los alumnos, la influencia de corrientes alternativas (por ej. la de Port Royal) que habían producido un eclecticismo donde la tradición se desdibujaba cada vez más, y por la burla que se hacía de la lógica deductiva en los ambientes iluministas y/o proclives al cultivo de las ciencias empíricas.

1.2. La misma filosofía escolástica en conjunto sufría el embate del iluminismo y de la corriente procientífica. En ese contexto, colocar una disciplina no integrable en el seno mismo del trienio filosófico era quebrar la unidad - por cierto ya muy débil- que se trataba de mantener.

1.3. Como no podían evitar, en el caso de las matemáticas, su enseñanza, ya que no tenían argumentos normativos (prohibiciones como para las teorías científicas) preferían sacarla de su contexto sin criticarla, ya que su venerabilidad secular la hacía inatacable.

2. La disputa por la cátedra es a la vez paralelamente una disputa por los espacios de poder académicos (y no sólo académicos) que eso significaba. Por eso los dominicos de la Universidad se oponen a que la tenga el Rosario y la quieren para sí a condición de que sea de menor nivel y dignidad académica que la filosofía

3. La disputa es también una cuestión económica por la distribución de las rentas, en que los profesores con renta asignada no quieren reducirla con nuevas asignaciones al tiempo que se trata de obtener algún beneficio de las temporalidades jesuitas. Esto explica que se propicien "estudios piadosos" para poder alegar a favor de los peticionantes la restricción de uso establecida en las disposiciones reales sobre patrimonio de los expulsos.

En mi criterio, estas coordenadas explican dos puntos de otro modo inexplicables

- que los dominicos de la S. Tomás, supuestamente tan reaccionarios, pidan para sí la cátedra;

- que las autoridades del Rosario, supuestamente tan progresistas, no tengan tanto interés en la cátedra, cuando ella está en el ámbito de la filosofía.

Finalmente la disputa fue zanjada de un modo conciliador que indirectamente fortalecía los intereses del poder civil

- Se dicta la cátedra, que en esos momentos es para todos una muestra de la pujanza intelectual del virreinato visto como un todo

- Entre la Universidad y el Colegio del Rosario, se prefiere entregarla al Colegio, para no dar más poder a los dominicos

- Pero como tampoco se quiere chocar con ellos ni -quizá- encumbrar excesivamente al Rosario (que tampoco era la universidad pública e ilustrada con que soñaba Escandón y otros progresistas- no olvidemos que Alarcón era un tomista absoluto-) se establece la restricción de que la cátedra "independiente" (no se superpone ni sustituye a la lógica en el curso de primer año) ni da al Rosario carácter universitario.

## APENDICE DOCUMENTAL\*

### INFORME DE FRAY MANUEL RIOS

[f. 1027]

Señor Director de la Universidad

Con fecha de primero de este mes se sirvió V.S. insinuarme le informe: si hai algun inconveniente poderoso, que prohiva el restablecimiento de la Cathedra de Matematicas en el Colegio del Rosario de esta ciudad; y lo que aiga en el asunto sobre dotacion de esta Catedra,

y sugeto que la enseñe, á fin de informar con plenitud al Illmo y Exclmo S. Virrey Arzobispo.

Precindo á la presente lo primero de hablar con difusion sobre si la ciencia de estas Artes bellas es necesaria para los Filósofos; y en esto, solo apetesco el honor de repetir con los mayores sabios, que á la presente ilustrasi el orve, y aun con la Universidad de Salamanca de dia, y en Claustro pleno: "Que para los que han de estudiar la Filosofia, son tan necesarias las matematicas, que los antiguos Filósofos no querian admitir en sus Aulas

á los ignorantes de estas facultades”: en lo que coinciden, aunque no lo citan, con el celeberrimo, y excelentísimo matematico Christian Wolffio, que en su Prefacio introductorio á estas Artes, despues de que recomienda el metodo, como que sin el, nada se logra, “Omnino (dice) sic sentio; neminem, qui mathesin diligenter non didicit, posse ulla de re solide, accurateque disserere. Hinc mire placent graeci Philosophis prohibentes a studiis, qui Arithmetica, atque Geömetriam non didicissent... Mathesis regulas Logicae sensim ad habitum perducit”. Asimismo jusga Salamanca en su Claustro lleno de 11 de Septiembre de 1770, excitado por este efecto por el Sol de España Carlos III el Sabio, nuestro zeloso, prudentísimo, y amabilísimo Soberano.

Mas igualmente que para los filosofos son necesarias las Matematicas con la solides, claridad, laconismo, facilidad, é infalible certeza de sus Definiciones, Divisiones, Teoremas, Problemas, Escolios, Demostraciones; lo son tambien para todos los otros que [I027v] filosofan científicamente en todas las demas facultades; ya porque ellas segun el incomparable, y veracísimo Newton: “In omni vita humana praesertissimum usum habet”, y ya porque el Angel de las Escuelas S. Thomas, al fin de su expocision sobre el libro segundo de la Metafisica de Aristoteles, enseña con su acostumbrada purísima luz, que “Methodus disciplinabilis est propria scientiae Mathesis: quia est certior, et facilior, quam Physica, metaphisica, et quam quaelibet scientia operativa”. Pudiendo solamente equivocarse los Profesores matematicos quando hablan de cosas fisicas, como el illmo Feyjoo hablando de vacio, en las concideraciones y atribucion de las causas: pues el horror del vacio tan insultado de los antiperipateticos, no es la causa instrumental, é inmediata, que impide el vacio coacervado, y explican solamente los Modernos; sino la causa final tambien fisica de esos fenomenos, la qual no es de la inspexion de los matematicos, segun es palpable, y segun claramente lo enseña San Alberto el Grande en el libro segundo de la Física, tratado “2”, capítulo “21”: “In mathematicis (dize) reducimus Quaestionem ad causam formalem, in qua stat resolutio, sicut nos supra docuimus; sed non requirimus ibi materiam, quia abstracta sunt mathematica, nec quaerimus ibi causam finalem”. Pudiendo el Filosofo, que sea Septico sin capricho atribuir con los Modernos á la elasticidad, y al peso del ayre como á instrumentos de los agentes naturales, lo que al horror, y anelo que hai en el de impedir el Vacio debe atribuir con los Peripateticos prudentes, como á causa final. Sin que sea menester, que los elementos, y demás cuerpos insensibles que se horrorizan del Vacio, sean agentes intencionales quando con sus raros, y exquisitos medios conspiran á impedirlo: pues l’agua no es agente intensional, y sube pronto a impedir el Vacio que amenaza y la piedra desembarazada, por su naturaleza decidiendo, á fin de ir á su centro: y esto no lo hacen con apetito elicito, y reflexivo como los racionales, sino con apetito innato, que se les dio con el ser por el Autor de la Naturaleza para buscar, y lograr su sustento, y conservación y la armonía, y enlaza del universo.

A consecuencia de esto precindo lo segundo: de si muchísimos de los que se llaman Peripateticos, y

Filosofos, lo son [f. 1028] en la realidad; esto es, de si son verdaderos descubridores, y discipulos de la doctrina original, nerviosísima, unica reunida con sus principios los multiplicados innumerable Sistemas, y anchurosísimo campo de la doctrina grave, y utilísima de Aristoteles, solida, y aun de primera necesidad para el conocimiento fundamental de las facultades mayores segun que asimismo nos lo hace conocer la experiencia; lo enseña con ella, y con instruccion de fondo el citado sapientísimo Claustro de Salamanca; y lo adopta, y lo manda Carlos III, Ntro. Señor en su Cedula Real dada en Madrid á 3 de agosto de 1771: O si dichos peripateticos, que nada menos han cuidado ver, que los Originales, ó traducciones del Texto de Aristoteles, y de su ilustremente, son meramente unos sofisticos Metafisicos, que llamados Filosofos son deshonorra del Liceo, y del Estagirita, y aun de la Humanidad, no tienen sino el nombre del Peripato, y no hacen sino abusar del Titulo de maestros para tratar difusa, inutil, y escabrosísimamente unos centenares de Questiones abstractas, prolixas, enfadosísimas, vanas y sin destino, de las quales dize el ingenio de España, y el Gran Teologo Melchor Cano: “Nec juvenes portare possunt, nec senes ferre. Et quae ego etiam (prosigue en el Capítulo 7 del Libro 9 De Locis) cum nec essem ingenis nimis tardo, nec his intelligendis parum temporius, et diligentiae adhibuissem, animo vel informare non poteram. Puderet me dicere non intelligere, si ipsi intelligerent, qui haec tutarunt”. Esto es quando proponen, y quando proponen sin cumplimiento y con algun estudio; que quando en este juego se pican, y acaloran ya arguyendo, y ya á defenderse de los argumentos, aqui es donde *latet anguis in herba*, y donde esta el terreno en que por coger la imaginaria manzana de la vana divinidad, se hallan los arguyentes (y esto en todas partes) entre algo de ferocidad con muchos cambros y espinas á manojos entre las potencias: y mas si las salidas, y soluciones que se les dan libres de jugo, de verdad científica, ilustrada, y que patentize; solo los iluden, y se les vuelven entre las manos como el *eritis sicut dii*

O como aquel cathegorematices, y Syncathegorematices tan aborrecido de los Modernos, los quales sean cartesianos [f. 1028v] y discipulos de Anaxagoras, ó de Platon, ó Hippocraticos sequazes de Empedocles, ó Quimicos, Copernicanos, ó Tyconistas despues de que tienen buen gusto en aborrecer lo que deslumbra, y no tiene concepto fixo, si se ceban por el contrario en el infeliz capricho de que todo lo antiguo es burdo, é irracional, y que si huviese hombres de naturaleza moderna, solo estos serian hombres; prejuicio tan conexo con su destino, que ya un Sabio realmente el sapientísimo español en la Física, y en la Astronomia bien conocido de los eruditos se atrevio á decir: que si Dios le concediera edificar de nuevo el Universo, lo pondria mejor, y lo enmendaria en muchas cosas; compar, que es natural en un modo de pensar libre; si se ceban, digo los Modernos, en que han de llevar el sombrero á la chamberga, quando ya les sea forzoso llevarlo bien concatenado, sujeto a varios hilos, y a tres vientos, ó lo llevaran en la mano con un enfadoso estorvo, ó les causara infaliblemente dolor de cabeza. Entre cuyos varios extremos, y Systemas diferentes nada bien cimentados cada qual con sus

propios principios, excepto el de Aristoteles, estoi persuadido, que importa sacudir las preocupaciones, y los prejuicios, que apasionan con ceguedad por cada partido; y profesar un Septisismo verdadero, y no caprichoso que nada cree, ni tampoco aparente que dice nada cree, para creer solamente por su gusto; sino aquel veraz, y verdaderamente juicioso, que en las cosas naturales cree meramente lo que halla (despues de bien meditado, é investigado) ser la verdad. Para esto, sirven las Matematicas; y para los que filosofan en ls facultades mayores investigando en ellas, y descubriendo sus verdades instructivamente y con arte, y reglas, fue instituida singularissimamente la gran ciencia de la Logica, á quien las Matematicas habituan decia el alabado Wolffio, y es facil de demostrar.

Para esto el Sylogismo Logico, que con sus tres terminos precisos de Mayor extremidad, Menor extremidad y medio bien seguido ha sido siempre terrible, y á la Sofisteria en todas las edades, Asambleas y Tribunales; ha sido, y sera el Indagador, Descubridor, y unico Colon de la verdad, y el Baluarte inexpugnable de la verdad, y de la razon, mientras ellas subsistan. Al contrario de aquel Sylogismo Bastardo, a quien llaman las Leyes acerval, o de, ó de montos [f.1029] que para un trastorno de la misma verdad, el Arte Logical, el método, y aun de la discrecion, y por un error intolerable, y perniciosissimo se suele llamar en las disputas verbales *arguir more academico*, que mejor podria llamarse *arguir a modo de vertigo*; uso ya de poco sequito, y bien conocido por las tinieblas que infunde, porque nunca describe patente, ni apura la verdad de lo que indaga, y por lo suersivo que es el modo de saver logical embebido en la Definicion, Division y Argumentacion no viciosas, y encontrado con tanta utilidad, y fatigas que alli parece se aborrezan, como tambien el fin para que se inventan y por no lograrlo; como los Mahometanos enseñados a no admitir discurso legitimo de su Atlas ignorante, decidioso, y malvado, ó por iludir, y enloquecer á la razon como los Pelagios charlatanes, los Luteros, y aun todos los hereges de mayor fama, que si se mira bien en el convencer con el sylogismo coacervado plantearon la aljava de su persuasiva, argumentos, y intenciones diabolicas. y quien podra disculpar á semejante modo de arguir de ser venosa y torpe raiz de la obscuridad, de la falzedad, de la mentira, y aun de la ignorancia á lo menos de la Logica verdadera Racional, ó artificial? Digo de la Logica Racional, porque ya alguna vez ha oydo decir con magistralidad, y arguyendo en una Asamblea bastante seria: Que el arguya asi more academico, por arguir con Logica racional, y no con la del Peripato. Podria negarsele á este, que hablaba con una jactancia turbulenta, y tenebrosa entre cuyas sombras tal vez no llevaba argumento? O quiza ni aun havia visto la Question á que le era preciso arguir? Podria negarsele, que arguya con una logica realmente capciosa, las mas veces maligna, y distinta ciertamente de la Logica Racional? Tal Sylogismo de monton (en que puede incurrir el matematico visoiño, que no sea logico, y aun hazerlo gala por no aprenderla, sino se le precisa á ello, ó á lo menos á que entienda debe guardar la recomendacion debida á los que la versan;) como tal, y segun lo aqui asignado esta sensatissimamente descubierto, y ademas

legitima, y legalmente condenado nada menos, que desde aora quinze siglos en la Ley del Emperador Claudio Juliano, Ea est natura ff. De diversis regulis juris, donde lemos en la divulgadissima, y veraz edicion del Cuerpo del Derecho [f. 1029v] echa en Leon de Francia año de 1652, esta Regla 65: "Ea est natura cavillationis, quam Corpus? acervalem syllogismum appellant, ut ab evidenter veris per brevissimas mutationes disputatio ad ea, quae evidenter falsa sunt, perducatur". Y alli la Glosa de Accursio puesta en la impresion veneciana de 1598: "Cavillatio dicitur quasi deceptorio argumentario". Hoc autem fit per captiosas mutationes terminorum coacervatorum dolo dissimiliter acceptorum. Lo mismo hallamos en la Ley Natural 1771 Digestis De verborum, et rerum significatione.

Precindo finalmente de si la ciencia de las Matematicas se ha leido de quando en quando en esta capital á los estudiantes, ó profesores filosofos bajo el concepto de cathedra de filosofia; y nunca por año entero seguido, no interrumpido, ni á estudiantes peculiares de ellas dedicados á su estudio diariamente, y por horas determinadas para explicacion de lo estudiado de memoria y con exercitaciones privadas á lo menos semanales, y certámenes anuales publicos, que por ningun pretexto pueden llamarse Conclusiones ó disputas, no siendo disputables las Propocisiones Matematicas; pero si siendo su conocimiento bajo el concepto de previo á la Filoscia, indispensable para que sea metodico, por consiguiente util, y para que no se embaraze uno con otro, ú oprima, y no dexee parir con perceccion á los entendimientos de los principiantes a graduados con la multitud de las especies, aunque afines, entre si varias; y unas como el alimento de la leche, de facil digestion para los Niños, quales las Matematicas; y otras de grocise como el cuerpo de que tratan los Filosofos.

Pero de ningun modo puedo prescindir de aquella prudente reflexion, que dize: que estas ciencias, y qualesquiera otra no se pueden leer en latin á estudiantes que no sean latinos, y aigan comprobado en rigido, y desapasionado examen que saven construir, y traducir con perfeccion á los Oradores, Historiadores, y Poetas clasicos latinos, y hablar con su caracter: pues lo contrario es motivo de aver tan pocos profesores sobresalientes: porque no entendiendo la lengua en que se les enseña sino á retazos, otro poco por conjetura expuesta á mil errores y dexando pasar lo mas de lo que oyen, y aun de lo que aprenden de memoria, en [f.1030] blanco; es imposible que puedan aprender, ni entender; como que no penetran la lengua en que se les enseña, ni pueden explicar sus concepciones, ni sus dudas.

Todo esto asi, por ser bazas, que aunque á primera faz no se advierten, son precisas, y necesarias para que bajo de esta inteligencia pueda pasar los estudiantes á oyr las Matematicas con utilidad suya, y de Estado, y sin algun dispendio suyo, ni ageno; debo á la sazón decir á V.S. que me hallo penetrado de agradecimiento de que al Rector de la Universidad se le oyga, y pase noticia en este punto de Catedras que llaman publicas de los Colegios de esta capital, y Reyno, en que tanto interesa este mi Colegio de S.Tomas del Orden de Predicadores en el qual está erigida la Universidad de este nuevo

Reyno, ó su Estudio General, que es lo mismo por la benignidad del Rey Ntro. Señor cosa que no se havia echo asta la presente en los treinta años anteriores, de donde dimanaria, que si alguna Catedra se erigio contra los derechos de esta Real Universidad (quando ella se huviese leido con subsistencia) su ereccion, y demas actos serian desde luego nulos; ya por ser contra las regalías de las potestades supremas secular y sagrada, que constituyeron esta Universidad á quienes privativamente les pertenece erigir Universidades, y lo que esencialmentelas constituye, segun abajo demonstrare; y ya por ser en daño de tercero inculpable, no oydo ni convenido, conviene á saver de esta Universidad, y los privilegios esenciales de ellas.

Si duda Señor, que esta Universidad solamente es Menor, y esto no impide, que sea publica, como lo son sus facultades concedidas por las supremas Autoridades, como lo son sus Grados, cuya colacion es de la jurisdiccion, y potestad ordinaria de solos los Principes, como define la autorizada, y solidissima Glosa del Sr. Gregorio Lopez en la Ley 7, Tit. 6, Partida 1<sup>a</sup> sobre la palabra otorgar, donde dize con otros gravissimos jurisconsultos: "Potestas Doctorandi non permittitur nisi hoc privilegium per Pontificem in loco, specialiter conderatur: nemo enim potest exponendi, et interpretandi licentiam concedere, nisi Princeps lege finali Codice de legibus". Y antes, "Cum Studium Generale constituatur ex privilegio, vel consuetudine cuius [f. 1030v] initiis non sit memoria, videtur quod de jure communi soli Principi competat, Papae, vel Imperatori: ita similiter videtur dicendum de potestate Doctorandi". Pues si ademas los Grados de esta Universidad Menor habilitan como todos los de las Universidades Mayores de España, para presenciarse, y aun para estar en todas las Curias, Senados, Cavildos, y Tribunales; indicios claros son estos con todos sus demas actos publicos de llamarse injustamente, alguna cosa, clandestina, ó de si deba llamarse publica. Con esto es mucho de notar la Ley 1, tit. 31, partida 2, donde se dize: Estudio es ayuntamiento de Maestros, y de estudiantes á fin de aprender las ciencias. Y son en dos maneras: Universidad, que se dize. "Estudio general, en que ay Maestros de las Artes asi como de Gramatica, é de Logica, é de Rhetorica, é de Arismetica, é de Geometria, é de Astrologia. E otro si en que ay Maestros de Decretos, é Señores de Leyes. E este estudio debe ser establecido por mandado del Papa, ó del Emperador, ó del Rey. La segunda manera es: á que dicen estudio particular, que quiere tanto decir como quando alguien Maestro muestra en alguna villa apartadamente á pocos escolares, é á tal como este pueden mandar fazer Perlado, ó Concejo de algun lugar", y la Glosa autorizada del S. Gregorio Lopez sobre la palabra é de Astrologia añade asi: "De Theologia non dicit, sed sic supplendum est, ut in cap. Super specula, de Magistris. Imo quod legantur ibi Theologia, et liberales Artes, est signum Studii Generalis". De donde legitimo y claramenbte se infiere, que la erección de cada una, y de todas las Catedras, que en esta Ley se citan, y terminantemente de la Arismetica, y Geometria para los Filósofos, que se han de graduar, lo primero es regalia con exclusion, y privativa de las supremas Potestades que en la Ley se expresan: y lo segundo es privilegio

peculiar de las Universidades, y aun la esencia, que las constituye: siendo bien ovia la tercera consecuencia bipartita, que de allia mismo nace al fin, y por eso la omito: pero no el suplicar rendidamente por la obediencia, y cumplimiento ad unguem de la letra de esta Ley, y de su espiritu en todas sus partes.

Aora que estos privilegios supererogantes esten concedidos nominadamente á este mi [f.1031] Colegio de S<sup>to</sup> Tomas del orden de Predicadores de Santafe del nuevo Reyno, lo convencen las muchas Bulas Pontificias con legitimo Passe del Concejo, las muchas Cédulas Reales, y Decretos del Real y Supremo Concejo de Indias de que he echo mencion ante V.S: en mi Informe de 16 de Mayo de este año, que en todo reproduzco en el presente. Y especialmente lo persuade la Bula de Universidad *perpetua*, concedida por el Señor Paulo V singularmente á este mi Colegio, la cual comienza *Cathedram* expedida en Roma en el año octavo de su pontificado á 4 de Septiembre de 1612, y dize confirmando las voces, y concesion misma del Señor Gregorio XIII. Concedimus, quod in Collegio Santi Thomae FF. Praedicatorum Sanctae Fidei de novo regno, "*omnes et singulae a jure permissae sicientiae, et facultates legi: scholaresque inibi residentes omnes, et quoscunque cursus pro suscipiendis gradibus in qualibet ex dictis a jure permissis facultatibus peragere libere, et licite vacant in omnibus, et per omnia perinde ac si dictos gradus in qualibet ex aliis Universitatibus Studiis Generalis partium hispaniarum suscipisere*". Bula que tambien tiene Passe del Concejo Supremo de Indias dado en Madrid á 20 de Marzo de 1630. De donde parece que se infiere con claridad que Catedra publica de Matematicas, ó de qualesquier otra ciencia permitida, y á donde puedan libremente concurrir estudiantes de todas partes, y de todos gremios, y estados; aquí en este mi Colegio es donde debe establecerse: pues el solamente en esta Capital, y sus Provincias tiene el privilegio de Estudio General, y de Universidad concedido como llevo dicho por el Papa, y por el Rey. Y mas quando la autoridad suprema de las Leyes, roborá esto mismo en la Ley 2, tit. 22, Libro 1, de la Recopilacion de Indias, donde se ve que estos mismos pontificios privilegios nos los ha impetrado de la Santa Sede Su Magestad Catolica; sin duda contemplando Real, y Clementissimamente á mi Religion de S<sup>to</sup> Domingo como á la Conquistadora espiritual de este Reyno, segun asi lo reconoce su Magestad en la Real Cedula de 24 de Octubre de 1752, donde asi mismo se ven impetrados, y concedidos para mi Religion en este Reyno, otros privilegios remunerativos, que como los antedichos de Universidad y ereccion publica de todas CATEDRAS, o Estudio General, son de aquellos de [f. 1031v] que habla el Colegio de Abogados de Madrid en su sabio Informe de 8 de Julio de 1770, al numero 50 y 51, y summissamente suplico se cumplan en todas sus partes estas Pontificias, y Reales voluntades, segun se conocen en los expuestos.

Y mas quando este privilegio de todas Catedras no solo no se ha concedido al Colegio enunciado del Rosario, sino que antes bien en la Cedula Real en que se le concedió al Illmo Señor Arzobispo de este Reyno Dr. Fray Christobal de Torres de mi Sagrada Religion, y su

Fundador la licencia Real para erigirlo dada en el Pardo á 19 de Enero de 1652, se advierte, y declara expresamente con estas voces: "Que los Colegiales de el no han de hazer cuerpo de Universidad, sino de un Colegio donde estudien las dichas tres ciencias" Y arriba: "Concedo al dicho Arzobispo licencia, y facultad para fundar el dicho Colegio en la ciudad de Santafe, y que se lean á los Colegiales, que conforme á lo referido ha de aver en el la doctrina de Santo Tomas, la Jurisprudencia, y Medicina". De todo lo qual concatenandolo con lo antedicho se infiere, y aun me parece se ve, hay *inconveniente poderoso*, y nada menos, que la voluntad contraria, clara, y expresa del Soberano, para que no se puedan establecer en el Colegio del Rosario Catedra, ni catedras de Matematicas.

Tambien se infiere, é igualmente lo pido: que aiga como debe aver en el enunciado Colegio del Rosario Catedras de Medicina: por lo que en esto interesa la humanidad, y este Reyno expuesto por lo ordinario á curanderos ó sin ciencia, ó sin practica: porque así se verificara la voluntad de su Illmo. fundador y la del Rey N.S. en la Cedula de licencia citada, cuyos fines no deben quedar frustrados: y la misma Real voluntad expresada en la Cedula executorial de Su magestad y SS. del Supremo Concejo de Indias, que haciendose cargo de la predicha licencia, de ser el Fundador de aquel Colegio un filosofo dominicano, y de que los Religiosos no pueden enseñar Leyes, ni Medicina sentencio en Madrid á 14 de Agosto de 1682, "Que en el Otro sí completo de Estudio General, segun la ley de Partida Como si es Estudio General aquel en que hay Maestros de Decretos, é Señores de Leyes se completase esta Universidad con las Catedras de Leyes, y Medicina [f.1032] que debe aver en dicho Colegio del Rosario. De la Catedra de Prima de Medicina informó al Concejo el Dr. Medico Dn. Josef Vicente Roman Canzino que la estaba leyendo en el expresado Colegio, y fue en ocasion que pedia allí la confirmacion del Titulo de Proto- Medico de esta capital: de que resultó la Cedula dada en el Buen Retiro, á 21 de Junio de 1760, que en la clausula decisiva define así: "He tenido en concedecender [sic] á esta instancia con la precisa condicion de que el referido empleo de Proto- medico esté annesso á la Catedra, que os hallais sirviendo". Catedra de Prima, que luego acompaño con la Catedra de Visperas de la misma facultad, segun lo expuso en la Sala del M. S. Cavildo de esta Ciudad en el mismo año de setenta; acaso con reflexion á la costumbre antigua de este Reyno de enseñarse cada facultad Mayor á cada estudiante de ella en dos Catedras lo menos: lo qual si ha variado desde el Plan de Estudios echo por el S. Fiscal Dr. D. Francisco Moreno, y mandado observar por la Junta de Temporalidades de 22 de Septiembre de 1774 en esto ha sido inculpable, y no solo no ha podido resistir, pero ni ha podido tener parte esta mi univerisidad, aunque lo ha solicitado en cosas mas intimas suyas, segun se ve en las dos Juntas ultimas de Estudios, y su Expediente y la qual Junta de Estudios establecio y confirmo la unicidad de Catedras de Canones, y de Leyes en los dos Colegios de esta capital, segun consta en la de 13 de octubre de 1779, siendo la prepotencia que hubo en ellas, y manifiesto en mi citado informe echo ante V.S. en 16 de Mayo de este año la

causa de no exponer y perorar allí a favor muchas cosas justas, é indispensables; y acerca de esto, principalmente la Real Cédula fecha en el Pardo á 24 de Enero de 1770, que en la segunda parte de su numero 4 dize así: "mando por punto general en estos Grados (de Bachiller) que sirven de puerta, y entrada á los demas, que en ninguna Universidad del Reyno se den, ó confieran Grados de bachiller en Facultad de que no aiga dos Catedras á lo menos, de continua, y efectiva enseñanza: y que esto se observe en lo sucesivo sin embargo de cualquier privilegio, costumbre, ó posesion contraria, bajo la pena de nulidad de los que se recibieren de otra manera". Es verdad que la Junta de estudios atendiendo me parece al espiritu de esta Orden, y á la extrema miseria, ó pobreza del Reyno: mandó en el numero septimo, y octavo de la enunciada de 13 de Octubre de 79. Que el Catedratico de Canones, y lo mismo el de Leyes lean i esto es asistan á explicacion dos horas por la mañana de las ocho á las diez y hora y media por la tarde desde las tres, y que velen los Rectores de los Colegios sobre esta observancia. Lo qual si se logra, y lo expresan así en las Certificaciones que ganen por graduarse, de estos Estudios: sin duda cada uno manifestaria entonzes, que en lo formal, y substancial han oydo dos Catedras; esto es, dos explicaciones fundamentales cada día. Esto es lo que sucede con la Catedra de Filosofia en todas partes; y por este urdimiento, zelo, y continuo exercicio de los Catedraticos de filosofia, que leen por la mañana, y por la tarde, nunca se han regulado necessarias dos Catedras de filosofia por unos mismos estudiantes Filósofos, que oyen esta facultad dos veces al dia, fuera de sus demas exercitaciones, y actos literarios: metodo sufficientissimo para instruirlos, y de que es preciso hazerme cargo, por aver visto citada por algunos colegiales de S<sup>n</sup> Bartolome contra esta Universidad la citada Real Cedula de dos Catedras, en escrito que presentaron sobre asunto mui distante en esta Real Audiencia á fines del año proximo pasado.

En fe de todo lo qual, reproduco mis suplicas por medio de la direccion de V.S. ante el Illmo. y Exlmo. Sr. Virrey Arzobispo y vice Patrono Real para que de erigirse en esta ciudad la enseñanza de Matematicas, se establezca en est mi Colegio- Universidad: y por lo menos anual Catedra de Arismetica magna, de Geömetria, y uso del Globo, ó explicacion de la esfera: en la leccion de dos veces al dia: y que planteadas las horas matutinas, y vespertinas prevenidas por la Junta de estudios para las Catedras de las facultades Mayores en los Colegios donde esten ritamente erigidas para enseñanza del publico: se restablezcan en el Colegio del Rosario las Catedras de Prima, y Visperas de Medicina, cuyo Colegio, y sus alumnos en el momento que quieran ponerles fondos, lo lograrían, como pienso lo han echo con muchas de sus Catedras algunos de los Prevendados de esta Metropolitana sus hijos, y se dice, que singularmente el Señor Maestre Escuela Dr. Dn. Josef Miguel Masustegui.

[f.1033] Aora el sugeto que pueda leer las Matematicas en este mi Colegio- Universidad donde hay, y ha avido siempre continua con pluralidad de Catedras la enseñanza sin sueldo alguno, no solo de los primeros rudimentos de los niños, y Doctrina christiana, de Arismetica menor, de Logica, de Gramatica, de la Fisica,

y demas Artes liberales segun son necessarias para la inteligencia, y profesion de las facultades Mayores; sino tambien de las Sagradas Teologia, Moral, Catequetica, Dogmatica, Escolastica y Expositiva: solo puedo decir que yo no conosco quienes las ayan oydo en este Reyno en Catedras del diario exercicio expuesto: y en realidad, si uno de los motivos, que tuvo la Junta de Estudios de 13 de octubre expresada para demoler el Plan de Estudios del año de 74, dize, fue porque se mandaba en el á los lectores, ó Catedraticos enseñar por un metodo, que no avian aprendido: esta condideracion misma, se ofrez desde luego en este punto. Yo no se, que aigan internado por aca otros matematicos de profesion de los que puedan leer; que el Doctor Dn Josef Mutis, que creo no está en situacion de ésta tarea y el Teniente Coronel, y Comandante del Real cuerpo de Artilleria Dn. Domingo Esquiaqui; Quién sin embargo de sus innumerables, respetables quehazeres, preguntado por el Illmo. y Exclmo. S. Arzobispo y Capital General de este Reyno, si estaba en disposicion de leer en esta Universidad las Matematicas segun mi anelo, y ruego, que le avia echo? Le respondio á su Excl<sup>a</sup> que la leria en este mi Colegio-Universidad con mucho gusto. En este persevera desde el Septiembre de 1784, y principalmente desde aquel Octubre. Y reconvenido despues por mí para que principiara: me insinuo; que debia esperar las Ordenes de su Excl<sup>a</sup> Illma. A la sazón, le he recordado esto, y me respondio: que estaba en lo mismo que antes; que si yo gustaba podia desde luego informarlo asi.

Veo que su[f.1033v]pondria ya todo en planta, verificado un competente salario asi para el Catedratico, como para los Pasantes, y demas costos segun el Plan la Academia de Matematicas que dicho Cavallero Esquiaqui formó para la Ciudad de Cartagena, y aprobó su Excl<sup>a</sup> Illma. y que sin esto, no podia plantearse una obra util. Mas el de donde aigan de salir estos costos; proyectos verificables para ello, y el como, ya practico; yo no lo puedo alcanzar si V.S. no se sirve, como lo suplico, mandar bajo del concepto de Comisionario de Su Sc<sup>a</sup> Illma. en estos puntos; que se me pasen los Autos de Universidad, y las Juntas de Temporalidades del año de 1774, para ver si como espero, puedo encontrar algun fondo para esto, ó algun proyecto practico de utilidad.

Dios Guarde a V.S. felizes y dilatados años. De este su Colegio Universidad del Angelico Doctor S. Tomas de Santafe, Junio 10 de 1786

Señor  
Fray Manuel Ruiz  
Rector y regente de la Universidad

Al Sr. Comisionario del Exclmo Sr. Vice- Patrono, Fiscal Real y Director Dn Estanislao Andino.

#### INFORME DE AGUSTIN MANUEL DE ALARCON

[f.1034] Muy Señor mio: en vista del oficio de N.S. de 1 del corriente relativo al restablecimiento de la Cathedra de Matematicas en este Colegio debo informar a V.S. que haviendola erigido el Exmo. Sr. D. Manuel Guirior Vi-Rey que fue de este Reyno en un Plan de es-

tudios que mandó formar al DS.D.D. Francisco Moreno Protector Fiscal que era de esta Real Audiencia, despues de cinco años fue extinguida por decreto de la Superior Junta de Estudios que se formó én esta Capital en virtud de Real Cédula despachada en Madrid a 18 de Julio de 1778 cuyo principal destino fue prescribir el methodo mas oportuno de estudios que se havia de observar en los dos Reales colegios. De cuya proibidencia se dio cuenta á S. Magestad por dicha Junta; y como en la citada Real Cedula se prevenga que no se altere ni innove en manera alguna el plan de estudios que diere dicha Junta hasta la resolución de S. Magestad no queda arbitrio para reponer dicho Cathedra en los terminoa que fue establecida por dicho Señor Guirior esto es con perjuicio y extincion casi total de la Filosofia cuya Cathedra se convirtio en la de Matematica dandose apenas una escasa, y menguada noticia de aquella facultad, y prohibiendose a los cursantes el silogismo, todo contra expresa constitucion de este Colegio aprobada por S. Magestad que es la 3, tit. 5 que ordena se lean todas las partes de la Filosofia con extencion, y [f. 1034v] claridad por espacio de tres años, y en la quinta del mismo titulo se prebiene que ninguno pueda pasar á oír otra facultad sin haver cursado las Artes de Santo Tomás las quales constituciones ni directa, ni indirectamente han sido rebocadas posteriormente por S. Magestad; antes bien en varias cedula que se hallan en la coleccion de ordenes expedidas con motivo del extrañamiento de los Regulares llamados Jesuitas principalmente en el capítulo 27 de la Real instruccion quiere nuestro Catholico Monarca que se conserve en los Pueblos la antigua enseñanza siendo de sana doctrina. A mas de esto fue notorio el perjuicio que se siguió á los estudios de ambos Colegios llegando el caso de haverse extinguido enteramente la Theologia en el de S. Bartholomé, y en este haver quedado reducía á dos, o tres estudiantes, y generalmente en todas las facultades se experimento un lamentable atraso que bien entendido por dicha superior Junta tuvo á bien de mandar se suprimiessen las Matematicas, y se leyese el Celebre Curso Filosofico del P. Fr. Antonio Goudin, que es el mismo que en la actualidad se lee en las Universidades de Salamanca, y Alcalá como V.S. sabe.

No por esto se ha omitido en este Colegio dar á los cursantes suficientes luces de las principales partes de la Matematica como son de la Arithmetica, Geometria, y Geografia proporcionando las lecciones, y el tiempo sin perjudicar á la principal enseñanza de la Filosofia, y aun en las conclusiones publicas se han mesclado, y demostrado los mas celebres Problemas Matematicos [f.1035] y ficos con las questiones abstractas de Filosofia.

En la Universidad de Lima, y en otras en que se halla establecida la Cathedra de Matematicas es separada de la de Filosofia sin perjudicar á la enseñanza de esta importante facultad que segun el dictamen de Benedicto decimo quarto es la baza y fundamento de todas las ciencias, y lo mismo segura el insigne Mabillon en varias partes de sus Estudios Monasticos. Si de este modo se estableciera en este Colegio al referida Cathedra de Mathematicas independiente y separada de la de Filosofia desde luego pudiera ser muy util, y no faltaran cursantes pues muchos Jovenes que finalizan sus estudiosen temprana edad, y otros que quieren seguir el

rumbo militar, ó que son ineptos para las ciencias especulativas pudieran aplicarse de lleno á esta facultad. Tampoco faltarian Maestros pues hay algunos hijos de este Colegio que tienen de ella bastantes luces singularmente el D.D. Eloy Valenzuela, el L<sup>do</sup>. D. Fernando Vergara, y el B<sup>r</sup>. D. Pedro de Vargas.

En orden á renta aunque no tiene en este Colegio alguna asignada ni hay facultades para sufragarla pudiera asignarse de los ramos aplicables de temporalidades, y aun para la Aula de Gramatica, que no tiene renta alguna; pues S. M. en la Real Pragmatica de 2 de abril de 67 previene que dicha aplicacion se haga á usos piadosos, y entre ellos tiene el mas distinguido lugar la enseñanza de la Juventud. Que es quanto el [f.1035v] Rector puede informar a V.S.

Dios Ntro. Señor guarde a V.S. muchos años.  
Santafe y Junio 7 de 11786.

B. L. M [besa la mano] a V.S. su más dedicado Capellan

Dr. Agustin Manuel de Alarcon

Sr. Fiscal D.D. Estanislao Andino

\* Se mantiene la grafía y el estilo de ambos autores, que también tiene interés histórico.

## Bibliografía

Arboleda, L. C. 1993, "Matemáticas, cultura y sociedad en Colombia", *Historia Social de la Ciencia en Colombia*, T. II, *Matemáticas, Astronomía, Geología*, Bogotá, Colciencias: 13-172.

\_\_\_\_\_. 1994. "Mutis y las matemáticas: Wolffio" en VC *El humanismo de Mutis, proyección y vigencia*. Santafé de Bogotá, Universidad del Rosario y Colciencias: 79-90.

Hernández de Alba, Gonzalo. 1982, *Pensamiento científica y filosófico de José Celestino Mutis*, Bogotá, Ed. Fondo Cultural Cafetero.

Hernández de Alba, Guillermo. 1938, *Crónica del muy ilustre Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario en Santa Fe de Bogotá*, Bogotá, ed. Centro.

\_\_\_\_\_. 1983, *Archivo Epistolar del sabio naturalista Don J.C. Mutis*, Bogotá. Ed. Presencia, 2 v.

\_\_\_\_\_. 1983, *Documentos para la historia de la educación en Colombia*. Tomo V, 1771-1800. Bogotá, ed. Kelly.

Martínez-Chavanz, R. 1993. "La física en Colombia. Su historia y su filosofía", *Historia Social de la Ciencia en Colombia*, Tomo VI, *Física y Química*, Bogotá, Colciencias: 13-183.

Mutis, J. C., "Discurso preliminar pronunciado en la apertura del curso de matemáticas, el día 13 de Marzo de 1762, en el Colegio Mayor del Rosario de Santafé de Bogotá" (en G. Hernández de Alba, *El pensamiento científico y filosófico de J.C. Mutis*).

Negrín Fajardo, O. & D. Soto Arango. 1985. "El debate sobre el sistema copernicano en la Nueva Granada durante el siglo XVIII", *Revista Colombiana de Educación*, n. 16: 33- 48.

Pacheco, J. M. 1984. *Ciencias, filosofía y educación en Colombia, Siglo XVIII*, Bogotá, ECOE.

Quintero, J. E. 1992. "Los estudios de física newtoniana y matemáticas en el Rcal Colegio Seminario de Popayán (s. XVIII)", *I Cong. Iberoamericano de docentes e investigadores en historia de la educación latinoamericana*, Resúmenes, Bogotá: 117.

\_\_\_\_\_. *Ergotismo, ilustración y utilitarismo en Colombia, Siglos XVIII y XIX*. II Simposio sobre el pensamiento filosófico latinoamericano, Sociedad Cubana de Investigaciones filosóficas, Santa Clara- Cuba (manuscrito).

Rivas Sacconi, J. M. 1977. *El latín en Colombia*, Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura.

Safford, F. 1989. *El ideal de lo práctico. El desafío de formar una élite técnica empresarial en Colombia*. Santafé de Bogotá. Em. Ed. Universidad Nacional.

Silva, R. J. 1981. *La reforma de estudios en el Nuevo Reino de Granada, 1767-1790*, Bogotá, CIUP.

Soto Arango, D. 1993. *Polémicas universitarias en Santa Fe de Bogotá, siglo XVIII*, Santafé de Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional y Colciencias.

\_\_\_\_\_. 1994. *La ilustración en las Universidades y Colegios Mayores de Santa Fe, Quito y Caracas. Estudio bibliográfico y de fuentes*, Santafé de Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional y Colciencias.

# EL DARWINISMO EN COLOMBIA NATURALEZA Y SOCIEDAD EN EL DISCURSO DE LA CIENCIA

por

Olga Restrepo Forero<sup>1</sup> & Diego Becerra Ardila<sup>2</sup>

## Resumen

**Restrepo Forero, O. & Becerra Ardila, D.:** El Darwinismo en Colombia. Naturaleza y Sociedad en el Discurso de la Ciencia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 547-568, 1995. ISSN 0370-3908.

Al igual que en otros países latinoamericanos la recepción del darwinismo en Colombia estuvo acompañada de fuertes debates y enfrentamientos entre quienes se convirtieron al nuevo paradigma y quienes se oponían a él. En Colombia aún más que los naturalistas, terciaron en las polémicas intelectuales y diletantes que se acusaban recíprocamente de no comprender la obra de Darwin. Cambios políticos importantes en el escenario nacional generaron vivas disputas en torno al positivismo y al análisis científico de la sociedad. En torno a estas cuestiones se debatió fuertemente sobre la filosofía de la ciencia y el papel social de los intelectuales formados científicamente.

**Palabras clave:** Darwinismo, Positivismo, Naturalistas, Colombia.

## Abstract

As in other latinoamerican countries, the reception of the darwinian theory in Colombia produced strong debate between its followers, converted to the new paradigm, and its opponents. Even more than naturalists, in Colombia participated intellectuals and diletanti who accused each other of not having a through and through comprehension of Darwin's ideas. Important political changes in the national scenery generated vivid disputes over positivism and the scientific analysis of society. Close to these matters, the contenders argued over the philosophy of science, and the social role of scientifically formed intellectuals.

**Key words:** Darwinism, Positivism, Naturalist, Colombia.

“¿Quién lee hoy a Spencer?” ¿Quién cree hoy en el Dios de la Evolución, también llamado Progreso?<sup>3</sup> Durante los últimos años del siglo diecinueve, una legión de jóvenes colombianos ve a sus profesores consagrar o expulsar a Spencer y Darwin --en ese orden-- como nuevos redentores o falsos profetas, en el rito académi-

co de colegios, universidades y conventos; muchos más, siguen apasionadamente los constantes debates que se agitan en foros oficiosos, particularmente en la prensa. Aquella sociedad, (¿que hoy nos parece tan distante?), nutre por igual al maestro de la injuria, José María Vargas Vila y a Miguel Antonio Caro (ese “evangelista del clasicismo arcaico”), complemento perfecto uno del otro; se escandaliza hasta el delirio por el entierro civil de Manuel Ancizar y sepulta en el cementerio de los suicidas, al pie del basurero, a José Asunción Silva; llama pretenciosamente “Atenas suramericana” a su capital, una ciudad a medio camino entre Santa Fe y Bogotá, tan pequeña que no puede engendrar una novela; tan encerra-

<sup>1</sup> Profesora Asociada. Departamento de Sociología. Universidad Nacional de Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Departamento de Tecnología. Universidad Pedagógica Nacional.

<sup>3</sup> Con esta pregunta abría el sociólogo Talcott Parsons su famosa obra, *La estructura de la acción social*, en 1937.

da, que la llegada del correo se anuncia con banderines de diferentes colores, según el lugar de procedencia.<sup>4</sup> Y, sin embargo, en ese micromundo ¿quién no ha leído a Spencer, Darwin, Haeckel, Huxley? o mejor ¿quién confiesa no haberlos leído?

Vamos a examinar el darwinismo y el positivismo<sup>5</sup> de Spencer, como fueron conocidos e introducidos en Colombia durante las décadas finales del siglo diecinueve. Esto significa que no estamos dispuestos a separar arbitrariamente lo que estaba unido: la teoría de la evolución por selección natural, las leyes generales de evolución que abarcan la formación de las nebulosas y el desarrollo de la sociedad, las múltiples formas del neolamarckismo y las fórmulas que unen progreso y evolución. Tampoco abriremos un compartimiento especial para buscar la ciencia y otro para la ideología, ni acomodaremos nuestra medida para señalar cómo la aceptación del darwinismo constituye un triunfo de la verdad sobre el error y lo contrario su rechazo. Esto significa que procuramos abordar simétricamente los aspectos sociales que intervienen en la recepción favorable o desfavorable al darwinismo.<sup>6</sup> Trataremos los múltiples espacios de difusión, elaboración y debate en torno a la evolución: los llamados por Latour (1991) foros oficiales --Academias, escuelas, prensa especializada--, y los oficiosos --dirigidos a la opinión pública--, que son muchos. Intentaremos en este punto ir más allá de los simples enfoques difusionistas, para mostrar los procesos de selección y adaptación oportunista y creadora de las teorías. Vincularemos los actores, las ideas y los intereses, para examinar las relaciones que se dan entre las ideas y los asuntos científicos, políticos, sociales o religiosos a que se aplican. Veremos cómo se dirimen las

controversias. Examinaremos hasta dónde el debate contribuye a formar una cierta ideología de la ciencia y cuál es su contenido; cómo se decide quiénes son interlocutores autorizados, portadores legítimos del conocimiento metódico y del saber científico. Por razones de espacio, en el presente artículo sólo analizaremos detalladamente el contenido de las polémicas, en cuanto a la relación que tiene con la elaboración de una determinada filosofía de la ciencia.<sup>7</sup>

### La senda de los naturalistas

Cuando la Universidad Nacional se creó en 1867 fue integrada por cinco escuelas: derecho, medicina, ciencias naturales y la de literatura y filosofía que correspondía al nivel de la enseñanza media.<sup>8</sup> La Escuela de Ciencias Naturales se estableció con la función de formar a los futuros profesores de ciencias en un ciclo de estudios integrado por trece asignaturas distribuidas en cuatro niveles.<sup>9</sup> Sin embargo, desde los primeros años fue evidente que otras facultades atraían a los estudiantes en mayor número: por falta de alumnos no se abrieron muchos cursos. Privadamente, un profesor dictó el curso de Botánica superior para dos alumnos y solicitó que se declararan obligatorias, para los estudiantes de medicina, las cuatro primeras asignaturas (el primer año), que se pudieran ganar al mismo tiempo el nivel elemental y superior de algunas materias y, por último, que se hiciera constar en los diplomas de los médicos, como un mérito adicional, si habían inscrito materias del segundo año de la Escuela.<sup>10</sup> Con estas medidas, el grueso de los alumnos de la Escuela estuvo formado por estudiantes de medicina y unos pocos de ingeniería.

Fue aquí donde se enseñaron por primera vez algunos elementos de la teoría de la evolución. En el curso de Botánica, Francisco Bayón, quien según uno de sus contemporáneos --y su colega en la primera sociedad científica de Colombia-- fue "el primer catedrático

<sup>4</sup> Una interesante descripción de la sociedad finisecular colombiana, donde se describe el mundo de la «alta cultura» bogotana y el entierro de Silva, por quien fuera su amigo, en: Cuervo Márquez, E., 1935; sobre la ciudad, la vida universitaria entre 1881 y 1884, y el contacto con el mundo exterior, véase: Röthlisberger, 1963.

<sup>5</sup> Somos conscientes de la variedad de definiciones que se han hecho de este movimiento multiforme. Aquí seguimos la caracterización de Parsons (1967), según la cual el positivismo sería un sistema amplio de pensamiento --del cual el utilitarismo es apenas una de sus variantes-- caracterizado por la concepción de que la ciencia positiva constituye la única posible relación cognoscitiva del hombre con la realidad externa. En el análisis de los aspectos subjetivos de la acción los elementos cognoscitivos reciben todo el énfasis. Para escapar a la ignorancia y al error, que en ocasiones oscurece la comprensión de los actores sobre su misma situación, se requiere considerar ciertos procesos objetivos que darían cuenta de su incapacidad de actuar racionalmente: la acción sería explicada en términos de condiciones no subjetivas como la herencia y el medio ambiente. Estas condiciones se imponen al actor de dos modos: se adapta a ellas racionalmente sobre la base de su conocimiento científico de las mismas, una adaptación directa en la que cualquier falla se explica por la ignorancia, en la versión del positivismo radical racionalista; o bien, se le imponen por un proceso automático, que puede ser percibido subjetivamente por los errores, pero no controlado en tanto se trata de una adaptación indirecta, mediada por la selección, en la versión del positivismo radical anti-intelectualista. En conclusión, afirma Parsons, «todos los ríos positivistas confluyen en el mismo río, el del determinismo mecanicista».

<sup>6</sup> Sobre la necesidad de abordar causal, imparcial, simétrica y reflexivamente el estudio sociológico del conocimiento científico, que constituye parte fundamental del llamado «programa fuerte», véase: Bloor, 1991.

<sup>7</sup> Un problema que ha sido recientemente examinado, por ejemplo en: Bohlin, 1991; Fichman, 1984; Hodge, 1990.

<sup>8</sup> La ley de creación del 22 de septiembre y el decreto orgánico del 13 de enero de 1868, fueron publicados en el medio de difusión que el mismo decreto previó (cap. 25, arts. 148-149), con la función de dar a conocer: «el resultado de los exámenes, certámenes i grados, las resoluciones de los Consejos i de los altos empleados, las Conferencias públicas, los programas de los trabajos escolares, los trabajos i noticias científicas e industriales, i todo cuanto conduzca a hacer conocer la organización i marcha de la Universidad, i a difundir en el país conocimientos útiles». Con el título de: *Anales de la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia. Repertorio de instrucción pública, literatura, filosofía i ciencias matemáticas, físicas, médicas i legales. Periódico oficial de la Universidad, destinado al fomento i cultivo de las ciencias, la literatura i la instrucción pública en los Estados Unidos de Colombia*, se publicaron 9 tomos y 76 números, entre septiembre de 1868 y diciembre de 1875. Constituye una muy buena fuente de consulta sobre la vida de la universidad durante esos años. En adelante se cita: AUNEUC. La ley y los decretos en el 1(1): 7-9; 17-59; sep., 1868.

<sup>9</sup> Una lista de los cursos y los profesores titulares y sustitutos se puede consultar en: AUNEUC 1(1): 75-76, sep., 1868.

<sup>10</sup> El docente era Francisco Bayón, el principal botánico colombiano, fuera de José Jerónimo Triana, quien vivía en París. AUNEUC 2(7): 4-5, mrz., 1869. Información adicional sobre la Escuela en Restrepo, O., 1993: 254-267.

neogranadino que ha enseñado en el país la filosofía de la botánica" (Vezga, 1971: 258),<sup>11</sup> introdujo algunas innovaciones fundamentales entre los naturalistas colombianos que, por lo demás, hasta entonces se habían formado como autodidactas. El programa se iniciaba con una "idea sucinta de la organización vegetal", que exigía enseñar un poco de fisiología y morfología vegetal, una línea de intereses sin antecedentes en el país. En la sección consagrada a la "metodología botánica" comparaba distintos sistemas de clasificación, elemento teórico necesario para una formación menos centrada en adoptar sin crítica uno cualquiera de los múltiples sistemas que se usaron por entonces. Por último, se estudiaba la "Jeografía botánica de la América del sur", un panorama más amplio para los estudiantes que la específica de Colombia, donde se discutían cuestiones como el "estado anterior y origen probable de las especies" y se daban "lijeras nociones sobre el estudio de los vegetales fósiles".<sup>12</sup> En verdad estos elementos de teoría y metodología en los cursos de Bayón, constituían un avance en comparación con el contenido de otros cursos absolutamente descriptivos y enumerativos.

Simultáneamente, el profesor de zoología culminaba su materia con el estudio de la "zoología filosófica". En armonía con el título, aquí se trataban asuntos como: "el plan jeneral de la naturaleza en la organización animal" y los "diferentes instintos de los animales en lo que hace referencia a la conservación del individuo i de la especie, i de la relación del animal para con sus compañeros".<sup>13</sup> El capítulo final y los temas desarrollados tal vez hicieran mayor referencia a Lamarck que a Darwin, lo cual no deja de ser interesante. En un discurso pronunciado en los certámenes de clausura del año lectivo de 1868, un estudiante de la escuela se empeña en mostrar "las analogías que existen entre los reinos animal y vegetal", un tema que claramente parece sugerido por el contenido final de este programa.<sup>14</sup> En el curso de anatomía comparada y clase superior de zoología, el tema del origen del hombre se discute. Aunque no hemos encontrado los programas, sabemos que en las llamadas "conferencias generales mensuales" --en realidad exámenes públicos-- el estudiante Arístides Gutiérrez, disertó sobre esta cuestión, durante el mes noviembre de 1872, y fue muy bien evaluado por sus profesores.<sup>15</sup>

El catedrático de geología y paleontología, José María González Benito --un ingeniero que había tomado cursos de astronomía y ciencias físicas en París y director, por entonces, del Observatorio Astronómico Nacional--<sup>16</sup> dedica amplio espacio a examinar las circunstancias que favorecen o impiden la formación de fósiles; a su lado, sus alumnos estudian los procesos de "consolidación de la corteza terrestre anterior a la aparición de los animales".<sup>17</sup>

El impacto inicial de estos cursos es reducido. Ya sabemos que el auditorio es pequeño y no particularmente atraído por estas materias: los estudiantes de medicina no tienen vocación para hacerse naturalistas. Ellos tienen en Claude Bernard y en Pasteur sus propios héroes. Los médicos son ruidosos, pero los naturalistas poco intervienen en "los negocios del siglo". En esta facultad no habrá grandes rupturas, ni intrigas políticas; sólo disimulo. Así, no es extraño que después del remezón que sacudió a la universidad en 1886, botánicos y zoólogos sigan en su puesto, aunque hagan referencia más explícita a las ideas de Darwin. Wenceslao Sandino Groot, en los cursos de botánica elemental y Heliodoro Ospina L. G., en los de zoología y zoología médica, discuten las "hipótesis de los centros primitivos de vegetación" y las "influencias de la concurrencia vital";<sup>18</sup> estudian y comparan los conceptos de especie, variedad y raza; analizan las "hipótesis de la variabilidad absoluta, herencia, selección natural, híbridos", y terminan el programa con el espinoso tema haeckeliano de la generación espontánea.<sup>19</sup>

Sin duda, en unos pocos materias de la Facultad de Ciencias Naturales se integraron ideas darwinistas. No obstante, no sería legítimo decir que se introdujo entonces un paradigma o una matriz disciplinaria, en el sentido kuhniano de estos términos. Procesos de aprendizaje dogmático los hubo --como ocurre después de casi toda conversión--, pero no asimilación de un paradigma. En primer lugar, porque no se habían constituido comunidades estables de especialistas, en campos científicos donde el darwinismo resolviera mejor los problemas corrientes o los enigmas de la práctica científica normal a que se enfrentaban los naturalistas. En los primeros veinte años de la Facultad sólo once jóvenes recibieron el

<sup>11</sup> La obra citada de Vezga fue la primera monografía sobre la historia de las ciencias en Colombia que se publicó en el país (1860), como uno de los elementos esenciales en el proceso de integrar una pequeña élite alrededor de la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos (1859-1861). Las palabras citadas pertenecen a un texto que el autor escribió tiempo después y en ediciones posteriores se publicó junto con la Memoria de 1860. Sobre las sociedades científicas en Colombia, véase: Obregón, 1992; Restrepo, O., 1991 y 1993.

<sup>12</sup> Escuela de Ciencias Naturales. Programa de Botánica. AUNEUC 1(3): 291-295; nov, 1868; cita, 295.

<sup>13</sup> Escuela de Ciencias Naturales. Programa de Zoología. Por Fidel Pombo. AUNEUC 1(3): 296-300; nov, 1868; cita, 300.

<sup>14</sup> El estudiante se llamaba Carlos Michelsen Uribe y pocos años después sería profesor en la misma Escuela. AUNEUC 1(4): 351-353; cita en 351.

<sup>15</sup> Certámenes. AUNEUC 6(47): 490-494; la referencia: p. 492.

<sup>16</sup> En relación con la carrera científica de González Benito véase: Arias de Greiff, 1993: 95-105.

<sup>17</sup> "Programa de la clase de Jeología y Patología" AUNEUC. 5(34/35): 512-521; oct.-nov. 1871.

<sup>18</sup> En la obra de Quatrefages, tan citada en Colombia, este autor explica que en francés se tradujo inicialmente la expresión *struggle for existence* por la de *concurrence vital* (1870: 89). Como muchos escritores colombianos leyeron la obra de Darwin en esta versión francesa, no es extraño que empleen frecuentemente la expresión "concurrencia vital" en cambio de la ahora más corriente de "lucha por la existencia". Esta última se adoptó en ediciones francesas posteriores (por ejemplo, la de Barbier de 1896).

<sup>19</sup> "Programas de las Facultades de Ciencias Naturales y Medicina". Se publican en los *Anales de Instrucción Pública en la República de Colombia* (en adelante: AIPRC), nombre que toma la publicación que difunde información sobre la universidad y otras instituciones públicas de enseñanza entre 1887 y 1892: 13(75/76): 239-251; oct., 1888. Citas, 242, 244.

título de profesor en ciencias naturales,<sup>20</sup> acaso los necesarios para ocupar las plazas docentes en los planteles educativos de la ciudad. Segundo, porque las precarias condiciones y desarrollo mínimo de la investigación naturalística en Colombia no habían permitido siquiera resolver acertijos corrientes de la práctica normal, menos aún, detectar anomalías o dificultades que parecieran insalvables dentro de los límites de, por ejemplo, los sistemas de clasificación o la biogeografía. No había recursos para asumir, con posibilidades de éxito, la tarea que se había propuesto la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada casi cien años atrás, esto es, hacer una Flora del país. El único naturalista que intentó tamaña empresa, el botánico José Jerónimo Triana, debió emigrar a Europa para acometerla.<sup>21</sup>

Es verdad que por un instante lograron articular una comunidad de naturalistas, pero fracasaron. Casi había igual número de miembros activos que de secciones especializadas. Lo prematuro del esfuerzo se mide por los exiguos resultados. ¿Cómo podía durar a mediados del siglo diecinueve una comunidad estable, no digamos de científicos profesionales sino de aficionados a las ciencias, si entre abogados y médicos apenas sumaban unos ochocientos en todo el país?<sup>22</sup> La escasa diferenciación social de las élites, que combinan las ocupaciones más diversas, se percibe en todos los órdenes de la vida social. Después de asistir a las sesiones del día, un congresista sale a vender telas en su almacén. En los años ochenta sólo tres profesores estaban dedicados por entero a la docencia, "los demás tenían que ganarse la vida mediante la acumulación de varios cargos y desempeñaban las más variadas ocupaciones; eran funcionarios, jueces, diputados, políticos, ingenieros, periodistas, escritores, médicos atareadísimos, y dedicaban al profesorado no otra cosa que sus ocios" (Röthlisberger, 1963: 142-3). Cuando se integraron en la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales (1873-1891), tuvieron más éxito; y sin embargo, primaron los intereses de la profesión médica. Al final del siglo, en la Academia de Medicina (1890), ya se ha borrado el nombre de los naturalistas.

Hasta donde sabemos, los naturalistas no iniciaron una campaña pública de defensa del darwinismo ni articularon una comunidad y un programa de investigaciones orientado por el nuevo paradigma; no obstante, ejercieron influencia indirecta sobre estudiantes y profesores de otras facultades, particularmente las de derecho, donde hubo más alboroto.

Varios autores han señalado que posiblemente se ha magnificado el alcance de la "revolución darwinista",

que no llevó a la unificación de una comunidad científica bajo un único paradigma, tan rápidamente como se ha creído.<sup>23</sup> En cuanto se refiere al problema de la clasificación de los seres vivos, posiblemente la falta de consenso entre los naturalistas, que habían visto desfilar toda clase de sistemas en la primera mitad del siglo, facilitó la acogida inicial de un paradigma que creaba la tarea de buscar líneas filogenéticas. No obstante, el programa quedó como promesa y si hubo una "revolución darwinista", ésta no se produjo en la taxonomía, muy en contra de las expectativas del propio Darwin, quien veía en la clasificación "la síntesis del conjunto del conocimiento zoológico y botánico" (Crowson, 1982: 51-2).

Epílogo a los naturalistas. En un trabajo especializado, Santiago Cortés, uno de los pocos egresados de la Escuela, integra las ideas de Darwin en su *Monografía de las leguminosas* de 1904, y ello en un sentido laxo. Al tratar el problema de la clasificación natural y filogenética de las plantas, escribe: "En los géneros de especies numerosas muchos de los pretendidos tipos específicos son variedades climáticas de una misma especie, ó tal vez especies en vía de evolución" (Cortés, 1904: 19). No nos extrañemos. Los naturalistas son escasos; también son reservados y piadosos; su oficio no los obliga a cazar ideas sino mariposas. Creen en el orden y la estabilidad, en las jerarquías y las distancias. Legitiman su saber como necesario para descubrir las enormes riquezas que encierra el país y aprovechar los recursos naturales. La tradición les ha legado el programa de la historia natural descriptiva y clasificatoria. Son fieles a ella. Hay que recoger y clasificar cada planta, cada insecto. El inventario de la flora y la fauna se hace en el campo. Y ahí, en el retiro de su oficio, ¡qué poco vale el darwinismo!

Segundo epílogo. Si la escuela francesa de los médicos contribuyó a mantenerlos alejados del darwinismo, el mismo filtro servirá más tarde para que los naturalistas se pronuncien más a menudo a su favor. Primero habrá que conciliar ciencia y fe, no en el discurso de los metafísicos, sino en el trabajo ordinario de los naturalistas. Los Hermanos de La Salle que vienen a Colombia a finales de siglo, traídos por los gobiernos conservadores, se encargan de esta piadosa tarea.<sup>24</sup> Cuando en 1912 fundan una Sociedad de Ciencias Naturales, se empeñan en mostrar que el conocimiento de la naturaleza permite acercarse a Dios a través de sus criaturas. No hay teorías científicas que se opongan a la fe. El lema de la sociedad evoca el discreto acuerdo a que se llegaba, no sin tropiezos, no sin oposiciones: *Magna et mirabilia sunt opera tua, Domine Deus Omnipotens*.

<sup>20</sup> Fueron ellos: Luis María Herrera (1871), Carlos Michelsen Uribe (1871), Francisco Montoya (1871), Nicolás Sáenz (1871), Rafael Espinosa G. (1879), Simón Muñoz (1880), Juan de Dios Pérez F. (1871), Guillermo Montoya (1873), Aristides V. Gutiérrez (1873), Enrique Restrepo M. (1880) y Fortunato Pereira G. (1889) como profesor de Mineralogía. *AIPRC* 17(96-97): 67, jul.-ag., 1890. Los seis primeros eran profesores de la Universidad en la década de 1880.

<sup>21</sup> Sobre la vida y obra de Triana, véase Díaz Piedrahíta y Lourteig, 1989; Díaz Piedrahíta, 1991.

<sup>22</sup> Véase al respecto: Loy, 1969: 112-113; 127-136.

<sup>23</sup> Esta es la posición de Hodge (1990: 391-392), quien afirma que el consenso sobre cuestiones centrales como la forma y la función, creación y diseño, progreso y desarrollo y vida y materia, no se había alcanzado a comienzos del siglo. Las ideas de Darwin al respecto sólo eran aceptadas por unos pocos biólogos; predominaba el desacuerdo a tal punto que casi resulta superficial privilegiar el consenso. Una historia de la biología escrita a comienzos de siglo muestra muy bien esta situación que dista mucho de las posteriores historias «normalizadoras»; véase la discusión del tema en Radl, 1988, prácticamente todo el v. 2.

<sup>24</sup> La llegada de los lasallistas a Colombia es descrita por: Helg, 1987; López López, 1989.

Tercer epílogo. Joaquín Antonio Uribe, un naturalista antioqueño, católico, maestro de escuela y de la Universidad de Antioquia, escribe monografías sobre la flora de las regiones y publica artículos de divulgación. Exalta el valor ético, moral y religioso de contemplar y conservar la obra de Dios. En artículos como "Las plantas dioicas", "Los hombres de la selva", "La inteligencia y el instinto", "El mar" y otros que se compendiaron en sucesivas ediciones de sus **Cuadros de la Naturaleza** (1912), como un nuevo cronista describe los encantos de la tierra, humaniza a los animales, al tiempo que rebaja a los humanos. Cita con admiración a Darwin y como él escribe sobre la inteligencia, el altruismo y la lealtad del perro. En "El hombre con cola" (pp. 213-215), hace el elogio de este apéndice y observa que, en realidad, no hay razones para alarmarse si una dama o un caballero, "después de un escrupuloso examen táctil, en la parte inferior de su columna vertebral" encuentra, ¿adivinan qué?

Ironías y giros, todos en igual dirección. Pero los naturalistas no se atreven a dar el paso. Pasan muchos años en foros oficiosos: buscan ganar simpatías para sus proyectos. Aún no llega el momento de ampliar distancias con la cultura general. Lo harán cuando ganen un espacio institucional y se diferencien también de los médicos en una profesión intelectual.<sup>25</sup>

### Primer encuentro con los médicos

Si en España y varios países de América Latina, la polémica del darwinismo tuvo gran participación de los médicos,<sup>26</sup> este no fue el caso en Colombia. Los médicos --ya sabemos que los naturalistas son una minoría-- de la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales (1873-1891) no usaron el darwinismo como elemento diferenciador; no se jugaron en uno o varios debates la forma de demarcar los linderos de científicos y diletantes, literatos o políticos, como hicieron sus colegas en otros países, donde trazaron una línea de demarcación entre quienes serían opositores autorizados y quienes serían excluidos por carecer de competencia.<sup>27</sup> Forma-

dos casi todos en Francia, definieron su campo especializado con la ayuda de la medicina experimental y la teoría microbiana. ¿El darwinismo, quizás, los hubiera dividido? En un discurso pronunciado en 1881, uno de los pocos naturalistas titulados en la Universidad se refirió a la medicina y las ciencias naturales como "ciencias hermanas que después de vagar por largo tiempo entre las tinieblas del empirismo y del error, marchan hoy, asidas del brazo, por el ancho sendero del estudio experimental". Nombra a la fisiología y la anatomía como "lazo de unión" y "terreno neutral" entre médicos y naturalistas; campos estos que si "han brillado --dice-- en manos de un Claude Bernard ó de un Chaussier, nada han perdido de su prístina pureza en las de un Huxley o un Geoffroy de Saint-Hilaire".<sup>28</sup> Por lo dicho (y lo silenciado), tres cuestiones parecen claras: médicos y naturalistas buscan un espacio neutral que los integre; preferible si se conservan unidos alrededor de la "prístina pureza" del método experimental y mejor aún si no se nombra a Darwin.

Con toda su autoridad de antiguo director del Instituto Nacional de Agricultura (1881-1885) y también del Departamento de Agricultura y editor de **El Agricultor**; médico investigador, y Vicepresidente de la Sociedad, Juan de Dios Carrasquilla presenta en este foro oficial una comunicación sobre el darwinismo (significativamente titulada "Del influjo de las ciencias naturales en la civilización y el progreso"), la noche del 25 de febrero de 1888, aplaudida con "inusitado entusiasmo" por el público asistente.<sup>29</sup> El secretario anota en el Acta correspondiente la siguiente constancia, a petición del doctor Bernardino Medina, profesor de farmacia en la Escuela de Medicina: "las opiniones sobre el Darwinismo emitidas en la sesión solemne por el señor Doctor Juan de Dios Carrasquilla, son puramente personales, pues la Sociedad de Medicina y Ciencias naturales jamás se ha ocupado en este asunto". Algún socio pide discutir el tema en sesión especial. En medio de gran bullicio la moción se aprueba. Pero el asunto se dilata en el tiempo. Ni rechazo explícito, ni aceptación.

La exposición de Juan de Dios Carrasquilla es una viva defensa del darwinismo que integra perfectamente los argumentos centrales de una ideología científica. Es una versión informada, contundente. Carrasquilla trajinaba el asunto desde hacía varios años. En las páginas de **El Agricultor**, la revista de la Sociedad de Agricultores de Colombia que dirigía desde 1879, había publicado artículos donde se citaba a Darwin. Además, como director de la efímera institución que pretendió formar los agricultores científicos para un país agroexportador,<sup>30</sup>

<sup>25</sup> Como polémica pública el asunto se decide de manera espectacular en los años cuarenta del presente siglo, en un debate que involucra al arzobispo de Bogotá, al médico Luis López de Mesa, al biólogo Enrique Pérez Arbeláez y a buen número de periodistas --que ha sido expuesta, aunque un poco trivializada, en un interesante artículo de Diana Obregón, (1992a). Reviste enorme interés, porque desde el punto de vista de los naturalistas es claro que ya han cortado sus lazos con la cultura general y han definido un saber especializado que no hace concesiones. En la **Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, Pérez Arbeláez escribe, en un artículo titulado «La divulgación científica mal entendida», sobre «la escasa preparación científica de algunos hombres de letras que no están familiarizados con las ciencias antropológicas, ni con la Paleontología y la Geología, ni con un estricto conocimiento del alcance de las teorías evolutivas», y que sin embargo no temen tratar estos temas «sin mayor discernimiento y con indulgencia crítica hasta cierto punto inaceptable». A mediados del siglo veinte, los naturalistas no harán ya una cruzada que involucre a aquellos sectores de los que se han diferenciado; precisamente criticarán a quienes confunden «inteligencias de la masa popular muy mal preparadas y carentes de todo discernimiento». 6(24): 601-602, sep.- marz., 1945-1946.

<sup>26</sup> Como lo señalan: Galera, Puig-Samper y Pelayo: 1984; Glick: 1982, 1984, 1992; Ortiz, 1884; y Pruna, 1984.

<sup>27</sup> Por ejemplo, los casos de Argentina y Venezuela, tratados por Ortiz, 1984 y Glick, 1984.

<sup>28</sup> Francisco Montoya, **Revista Médica** (Bogotá), serie VI, No. 62, jul., 20, 1881, p. 67.

<sup>29</sup> **Revista Médica** (Bogotá), Serie XII, No. 124, marz., 21, 1888, pp. 16-39. El Acta de la Sesión, pp. 12-16.

<sup>30</sup> Sobre el desarrollo de la agronomía en Colombia, las instituciones que hemos mencionado y el papel de Carrasquilla en ellas, véase: Bejarano: 1985: 91-119; una reseña sobre **El Agricultor** también se encuentra en Rico, 1971; Becerra y Amaya, 1984.

Carrasquilla había reunido un equipo de profesores que enseñaba biología, sociología, agronomía y veterinaria. Iniciaba a los alumnos en el estudio de las ciencias que permitieran afrontar problemas prácticos como el mejoramiento de las razas por medio de la selección o el cruzamiento --tema sobre el cual se publicó mucho en el periódico y en el que intervino el profesor de ciencias Carlos Michelsen Uribe--<sup>31</sup>, el análisis de la composición de los suelos y el uso adecuado de los abonos químicos. Producto del trabajo del equipo de profesores,<sup>32</sup> Carrasquilla había publicado un texto para el Instituto, titulado **Conferencias de Agronomía**, donde trataba extensamente cuestiones geológicas con una perspectiva contemporánea y hacía una amplia exposición del trabajo de Darwin sobre los arrecifes de coral.<sup>33</sup> Cercano a este programa de formación de una agricultura científica, el profesor español José María Gutiérrez de Alba, también había colaborado en la creación de un instituto agrícola en el Estado liberal de Santander, donde había dictado conferencias sobre geología y agricultura, con una orientación transformista que discutía la aparición del hombre y declaraba --como un nuevo Lamarck-- que en la naturaleza se ponen en juego las leyes inmutables creadas por Dios y que es absurdo "querer sujetar el poder de Dios a un límite trazado por el hombre".<sup>34</sup> Es claro que estas instituciones presididas en algún momento por Carrasquilla y donde participaron botánicos como Bayón y sus antiguos alumnos, Montoya y Michelsen, y el publicista Salvador Camacho Roldán, fueron un vector de difusión de las ideas darwinistas, sin producir mucho ruido y sin grandes polémicas.

Antes de examinar el discurso que leyó Carrasquilla esa noche de 1888, es preciso conocer los términos de una controversia que se había producido un año antes y que, sin duda, estaba presente en su memoria. (Por lo demás, este era el único episodio vagamente conocido sobre el darwinismo en Colombia cuando empezamos nuestro trabajo). Como Secretario de una mal llamada Comisión Científica Permanente (que por contrariar su nombre sólo dura dos años, 1881-1883), Jorge Isaacs publica un **Estudio sobre las tribus indígenas del Estado del Magdalena**, en los **Anales de Instrucción Pública de los Estados Unidos de Colombia**.<sup>35</sup> En este trabajo --fechado en 1884, aunque circula dos años después-- Isaacs se declara seguidor de Darwin.<sup>36</sup> La obra

no tiene mayor importancia como discusión del darwinismo o de la teoría de la evolución que se menciona muy vagamente --si bien especula sobre el origen del hombre americano y reseña brevemente los debates entre monogenistas y poligenistas. Pero trae un comentario que resuena como una provocación: "Tolerándolo mis lectores muy susceptibles los partidarios de la teoría darwiniana, podríamos suponer<sup>37</sup> que la figura número 12, mitad simia y de rostro muy raro, es representación de la forma que tuvo el animal, temible como se ve, que precedió al hombre en la escala de perfeccionamiento".<sup>38</sup>

Unos meses después, Miguel Antonio Caro publica en un periódico político y de variedades un minucioso artículo crítico, titulado "El darwinismo y las misiones".<sup>39</sup> En su réplica, Caro no escatima adjetivos para (des)calificar a Isaacs. Primero. No sabe de lo que escribe: "no hizo, ni ha tenido tiempo para hacer estudios científicos en ninguna parte. Sin previos conocimientos metódicos no hay rumbo ni brújula en ninguna investigación científica". Segundo. No se puede confiar en él: "No censuraríamos al señor Isaacs (...) sus mudanzas políticas, si no se hubiese empeñado, al mismo tiempo, en hacer gala de incredulidad y de odio al clero". Tercero. Es peligroso: "El que hace guerra a la religión es enemigo de la patria" (p. 1107, 1052, 1051).

Ni qué decir tiene que los argumentos de Caro se oponen a toda idea de evolución aplicada al hombre: "Según la doctrina materialista que profesa sin rebozo nuestro explorador darwiniano, el hombre es descendiente de animal como cualquier otro, e inferior a otras especies que vendrán con el tiempo; criatura sin alma ni destinos inmortales, sometida a la ciega evolución de la inexorable naturaleza". Caro no tolera que en una publicación oficial "de una nación cristiana, se haya permitido él estampar su adhesión a la teoría de Darwin, precisamente en el punto repugnante de esa teoría, en lo que toca con el hombre"(p. 1101, 1068). ¿A quién le extrañaría que impusiera la censura de prensa durante su gobierno? El texto está lleno de correcciones gramaticales y materia menuda que hacen pesada la lectura. (Con razón Vargas Vila lo llamó "Pulga Nabucodonosor del diccionario") Pero Caro sabe lo que hace. Si además de no tener formación científica, estar equivocado en política y defender ideas peligrosas, el autor de la **María** ha perdido sus cualidades literarias, porque las musas no permiten un "poeta materialista", ¿que más se podía esperar de él? Caro defendía con ahínco, contra toda crítica de Isaacs, las misiones, la obra evangelizadora de la Igle-

<sup>31</sup> Por ejemplo, el informe que presentó como Comisario Nacional de Agricultura, titulado: «Razas de Ganado», donde se incluye una parte con el título de «Selección». *El Agricultor* (Bogotá), Serie II, no. 24: 481-492, may., 10, 1881.

<sup>32</sup> Entre éstos estaban: Francisco Bayón, Luis Herrera, el ingeniero Ruperto Ferreira, el agrónomo belga Eugene Hambursin.

<sup>33</sup> Se publicó primero por entregas en *El Agricultor*, a partir de la serie III, de octubre de 1881; como libro se editó en 1884.

<sup>34</sup> Las conferencias fueron publicadas en los *AIPEUC*; véanse, por ejemplo: 5(27): 190-197, may., 1883 (cita: 193) y 6(33): 160-168, sep., 1883.

<sup>35</sup> Se publicaron entre septiembre de 1880 y julio de 1887, un total de 10 tomos y 59 números, con un contenido similar, aunque menos rico que el de los «Anales de la Universidad» (*AUNEUC*).

<sup>36</sup> *AIPEUC* 8(45): 177-352 con la reproducción de las planchas; reeditado en 1983, de donde se cita: 160.

<sup>37</sup> Salvo que se diga otra cosa, todos los subrayados están en los originales.

<sup>38</sup> Como todos las que acompañan el texto de Isaacs, es un dibujo tan esquemático que puede ser interpretado libremente. Cuando nuestro hijo de siete años lo vio no dudó en decir que se trataba de un tiranosaurio. Nos hizo recordar la historia del sombrero y la boa en «El Principito».

<sup>39</sup> Apareció primero, en dos entregas, en *El Repertorio Colombiano* (Bogotá), 11(6): 464-491, 1886; 13(7):5-35, 1887. Poco después, una vez tomado el control de la instrucción pública, se reimprime en *AIPRC* 11(60): 47-90, jul., 1887; fue reproducido en Caro, 1962: 1049-1107, de donde se cita.

sia y la erudición de los clérigos que habían escrito sobre las formas de vida, las tradiciones y las lenguas de las tribus indígenas.

Carrasquilla evoca tácitamente esta polémica en su disertación ante la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales. Sin el ánimo de "suscitar nuevas tempestades", quiere borrar "la impresión de desagrado que el nombre de Darwin despierta en los que creen que sus doctrinas versan sobre asuntos religiosos" (p. 28). En el aspecto más delicado de la polémica se define como especialista para distanciarse de ambos: "Para las personas que no están al corriente de las Ciencias naturales, la teoría de Darwin consiste en hacer que el hombre descienda del mono; para los naturalistas ella abarca un conjunto de hechos evidentes que se ligan por un principio tan sencillo como el de la gravitación y de grandes consecuencias para el estudio de las ciencias y sus aplicaciones á la industria". Y continúa: "Si es cierto que la especie zoológica no es invariable, que el transformismo es una ley general de la naturaleza, que la evolución genealógica se cumple desde la época primaria, cuyos fósiles revelan puntos de contacto con los seres de otras épocas ¿qué importa que el hombre se considere rebajado de su dignidad de amo y señor absoluto de la creación?" (p. 25)

Carrasquilla quiere mostrarse como un conocedor de la obra de Darwin y de su trayectoria. En su defensa cita la edición francesa de *El viaje de un naturalista, la Historia de la creación natural* (1877) de Haeckel y varios artículos de la *Revue scientifique*, la *Revue des Deux Mondes* y *La Nature*. Observa que en la elaboración de la obra de Darwin jugó un importante papel el viaje de éste a América, y que la posibilidad de comparar la flora y la fauna de "remotas regiones", como lo hicieron Darwin y Wallace, fue decisiva para concebir la idea del transformismo. Y aún más, dice, si estos dos autores llegaron a idénticas conclusiones, "esta circunstancia revela la necesidad que entonces se sentía de explicar ciertos fenómenos de diversa manera de como se hacía; revela, además, la sencillez y naturalidad de la doctrina que se ofrecía simultáneamente á los dos naturalistas" (p. 19). Considera, por último, que la autoridad de Cuvier dificultó inicialmente la aceptación de las ideas darwinistas: "todas sus opiniones se tuvieron por oráculos, lo que contribuyó á la dificultad que encontraron las nuevas ideas para ser aceptadas; porque su autoridad servía de razón" (p. 20).

Completamente solo, sin el respaldo de los médicos y con la anuencia tácita de los naturalistas, Carrasquilla usa el darwinismo como arma en una cruzada ideológica a favor de la ciencia, del mismo modo que hacen en Inglaterra sus partidarios, y como elemento integrador de una nueva comunidad profesional y diferenciador entre la cultura general y la cultura del nuevo especialista (Fichman, 1984). Está claro en su texto: de un lado "las personas que no están al corriente de las ciencias", del otro, "los naturalistas". Enunciamos sus temas. Sobre la objetividad: "El gran mérito de Darwin consiste principalmente en haber observado la naturaleza sin ideas preconcebidas". Sobre la inducción: "y sobre todo, en haber sabido remontarse del conocimiento de los hechos

así observados á las leyes que los rigen". La explicación causal: "dió de estos fenómenos tan excesivamente variados una explicación mecánica, esto es, la razón de sus causas eficientes". La sencillez y el modelo de las ciencias físicas: "La sencillez que caracteriza de ordinario la verdad, se encuentra en la teoría evolucionista tanto como en las de Newton y Laplace" (p. 21-22). Sobre verdad y hechos: "la verdad de los hechos, no puede dejar de ser verdad; su interpretación puede dar pábulo a la imaginación, pero eso nada tiene que ver con la ciencia" (p. 25). Los nuevos fundamentos del saber: "la autoridad y la tradición nos abandonaron á la mitad de la jornada, y sólo nos ha quedado la razón, antorcha de la libertad, para guiar nuestros pasos" (p. 38). Solidaridad de las ciencias: "todas las ciencias se prestan mutuo apoyo y se complementan" (p. 24). Las consecuencias útiles del conocimiento científico, que son otra prueba de su verdad: "En todo el mundo se reconoce que la Inglaterra tiene una supremacía indiscutible en la cría de sus animales domésticos. A qué se debe esa superioridad? A la aplicación de las leyes del transformismo" (p. 29). La unión del valor práctico y ético de la ciencia: "¿Cuánta riqueza están derivando todas las naciones de los trabajos que con tanta abnegación, con absoluto desinterés, y aún a costa de su tranquilidad y de su vida misma llevaron á cabo esos campeones de la civilización!". Por último, el ambiente social que requiere la ciencia: "¿Cómo hemos de avanzar si, cargados con el peso de nuestra ignorancia, embarazados por las preocupaciones, se nos obstruye además la única vía transitable; si se nos tapan las rendijas por donde pudiera penetrar alguna luz; si se dogmatiza la instrucción pública; si se cierran las puertas de los institutos y se impone silencio á la voz del pensamiento libre?" (p. 37). Activo difusor de ideas científicas y nuevas técnicas, Carrasquilla había visto languidecer el Instituto Nacional de Agricultura después de la guerra de 1885. En presencia del vicepresidente de la República y de altas dignidades eclesiásticas, critica abiertamente la censura que se había impuesto sobre la enseñanza oficial.

Similares planteamientos en relación con la ciencia y sus métodos han hecho otros médicos de la Sociedad. Al definir su campo de acción profesional buscan, cerca del Estado, marcar sus linderos y establecer un monopolio de autoridad en cuestiones relativas a la higiene y la salud pública. Quieren mostrar una imagen de "cuerpo médico", unido y solidario con los intereses de la Patria.<sup>40</sup> En cuanto a su práctica clínica, también quieren el monopolio: se definen como científicos frente a los empíricos que los superan en número. Pasteur y Bernard sirven perfectamente a estos fines. Las páginas de la *Revista Médica* están llenas de escritos sobre estos dos "campeones de la ciencia" y "redentores de la humanidad". Como profesión y asociación gremial que define un espacio propio, las hazañas de estos dos sabios y sus carreras les vienen como anillo al dedo. De otro lado, la imagen de Pasteur como sabio católico y "sacerdote" de la ciencia, encaja perfectamente en las condiciones políticas del país que se imponen a finales del siglo.

<sup>40</sup> Sobre el uso que los médicos hacen de estas metáforas, véase Obregón, 1992.

### ¿Quién se ganará a los jóvenes? (o el encanto de la sociología)

En la Universidad Nacional, la primera exposición pública del darwinismo se realiza en la sesión solemne de 1872, llenas "las tribunas i galerías [del salón de grados con] una lucida concurrencia de señoras i caballeros" y con la asistencia del ciudadano presidente de la Unión y sus Secretarios, "el Cuerpo diplomático i consular, la Corte suprema federal, la Asamblea legislativa del Estado, el Tribunal i el Procurador del mismo, el Director de Instrucción pública de la Nación i el del Estado", los Rectores de las escuelas de la universidad y los alumnos. El profesor de moral, Enrique Cortés, designado por la Junta de Inspección y Gobierno, pronuncia un discurso con el tema central del progreso como ley humana y la educación. Es el problema candente del momento, como quiera que los radicales en el gobierno, con la colaboración de sectores independientes y algunos conservadores, han producido, dos años atrás, una reforma educativa que pretende secularizar la enseñanza y universalizar la escuela pública elemental. El nuevo régimen educativo "instruccionista" enfrenta en el momento una fuerte oposición, por parte de sectores recalcitrantes del partido conservador y un sector de la Iglesia, los "ignorantistas".<sup>41</sup>

Cortés, buen conocedor de la situación y defensor de las reformas,<sup>42</sup> habla sobre la necesidad de que la "educación universal, gratuita i obligatoria, se introduzca en el cerebro popular". Optimista convencido, defiende estas "tres verdades": "1a. que el progreso indefinido es una lei del hombre; 2a. que ha viajado en una direccion definida i constante; i 3a. que ya se alcanzan a distinguir la tendencia que lleva i el punto que conducirá a la raza humana". Al espíritu humano, dice, no le será negado el conocimiento, siempre que "busquemos pacientemente [y] toquemos audazmente; con fe, con valor, sin temores ridículos (...) la mente humana tiene derecho de penetrarlo todo, de investigarlo todo". Para demostrar estos asertos, explica cómo al lado de la ley de la gravitación está la ley del desarrollo "que los mas recientes investigadores alcanzan a distinguir dominando el universo entero". Charles Lyell ha demostrado que "la tierra ha vivido, es decir, que ha sufrido transformaciones" y Darwin, cuya "atrevida teoría" ha sido aceptada por los sabios, ha establecido "la lei de la eleccion natural i de la concurrencia vital, [que] presiden a la formacion i aparicion de mas perfectos jéneros i de nuevas i mas maravillosas especies; coronamiento de las cuales es la especie humana, que ha hecho su aparicion tras la callada labor de mil sucesivas transformaciones, en escala ascendente". Finalmente, Cortés menciona que "esta misma teoría del desarrollo progresivo acaba de producir en Inglaterra un nuevo sistema de filosofía moral i

ética llamado la 'teoría e la evolucion moral', cuyo atrevido espositor es Mr Herbert Spencer".

Avalado por tales descubrimientos y eminentes científicos, concluye Cortés su discurso con un llamado a continuar la obra educativa que traerá, por fin, el reino de Dios a la tierra.<sup>43</sup> En medio de prolongados aplausos, el orador baja de su tribuna. Allí nadie se escandaliza. Hay perfecta complicidad entre los estudiantes universitarios y las autoridades educativas.<sup>44</sup> No era la primera vez que Cortés exponía tales ideas: como Director de Instrucción Pública de Cundinamarca, ya había escrito en su informe final que "el hombre marcha ascendiendo lentamente desde el estado brutal del antropófago, hasta el más acabado tipo de la civilización (...) [la] transformación ó desarrollo del uno hasta el otro" es producto de la educación.<sup>45</sup> Tampoco sería la última: al final de la década, en varios artículos en defensa de la educación citará largamente a Spencer; en un ataque a las consecuencias sociales del atomismo utilitarista dirá que "la abnegación es una cualidad ó facultad especial a la especie humana. Mister Darwin sostiene que hay rudimentos de ella en cierta especie de monos" (Cortés, 1896: 246 v. 2). En la sesión solemne de 1875, el profesor de la Escuela de Filosofía y Literatura, José Ignacio Escobar también pronunció un discurso de claro contenido evolucionista, donde hablaba de los hombres antehistóricos y de todos los rastros que demostraban el error de quienes creían "que pasó ya la edad de oro"<sup>46</sup>

Los profesores de moral y geografía, sin duda, habrán tocado estos temas en sus clases en la Escuela de Literatura y Filosofía. En esta Escuela, la más vivaz y numerosa, el espacio es propicio para generar discusiones en torno a la teoría de la evolución y el darwinismo. Los cursos de principios de biología y sociología, dictados por el Rector de la Escuela, el médico (llamado por algunos el fisiólogo) Antonio Vargas Vega, y por Salvador Camacho Roldán son, desde su apertura en 1882,<sup>47</sup> el centro de dispersión de las ideas evolucionistas en la universidad;<sup>48</sup> poco después se suman a éstos los de his-

<sup>43</sup> Probablemente bajo su auspicio, como Director General de Instrucción Pública en 1875, en el periódico que se distribuía en las escuelas del país, la *Escuela Normal*, se publicarán por entregas una buena cantidad de traducciones de autores claramente evolucionistas, como el artículo de R. A. Proctor, «El pasado y porvenir del globo», publicado en cuatro entregas, entre el 7 de julio y el 7 de agosto.

<sup>44</sup> El discurso de Cortés y los comentarios del relator en: *AUNEUC* 6(48): 562-591, dic., 1872; citas: 562, 573, 575, 576, 577, 583.

<sup>45</sup> Bogotá, 8 de diciembre de 1871, publicado en: Cortés, 1896: 85-133, tomo 2; cita: 107.

<sup>46</sup> *AUNEUC* 9(75/76): 180-200; cita: 183.

<sup>47</sup> Fueron establecidos reglamentariamente como parte de los cursos obligatorios de la Escuela por Decreto No. 167 del 7 de marzo de 1881. *AIPEUC* 2(7): 7; abr., 1881.

<sup>48</sup> Vargas Vega, había dirigido entre 1870 y 1872 un periódico llamado *Revista científica e industrial* que traducía artículos científicos sobre botánica, zoología, química, geología, agricultura e higiene; allí se habían publicado extractos de las obras de evolucionistas importantes como Lubbock, Karl Vogt y J. Tyndall. Este periódico que más parece una «enciclopedia estudiantil» (Becerra y Amaya, 1984: 28), seguramente era consultado por los alumnos de la universidad y fue muy citado por diversos autores.

<sup>41</sup> La reforma educativa de 1870, las múltiples alianzas entre liberales y conservadores y las polémicas entre partidarios y opositores de la universalización de la educación laica es el tema de la tesis de Loy, 1969.

<sup>42</sup> Había sido Director de Instrucción Pública de Cundinamarca y fundador de la primera escuela normal del Estado y acababa de elaborar el código de instrucción pública promulgado ese mismo año (Loy, 1969: 150-151).

toría universal y filosofía, a cargo del profesor suizo Ernest Röthlisberger, y más concurridos. En ellos, el expositor funde en una sola lección "los sistemas y teorías de Laplace y Darwin"; discute, igualmente, el problema de "el método científico, experimental e inductivo [y] su aplicación estudiada en el sistema de Darwin".<sup>49</sup>

Un público no estudiantil puede escuchar las conferencias que se dictan en el Aula máxima de la universidad a mediados de 1884, gracias a la intervención del Secretario de Instrucción Pública.<sup>50</sup> Estos actos constituyen un acontecimiento en una ciudad atascada en la rutina; tanto que el salón se llena de "damas que de este modo distraían algo su monótona existencia [hasta cuando] un Presbítero del Templo de San Carlos se sintió inclinado a prevenir desde el púlpito, de la asistencia a tales disertaciones" (Röthlisberger, 1963: 97).

La conferencia es un formidable medio para acceder a un público más amplio. El contacto vivo con un profesor universitario, la técnica de su exposición, el lugar en donde se desarrolla la escena, todo contribuye para producir un profundo impacto en el auditorio. La universidad se proyecta hacia el mundo de afuera. El profesor se convierte en una autoridad por fuera del espacio más reducido del aula de clases. Los contradictores habrán de estar atentos. El texto de la primera conferencia, que se publica en los *Anales de Instrucción pública* y también en el *Diario Oficial*,<sup>51</sup> examina en qué situación ha quedado la filosofía ante el avance de las ciencias experimentales. Muchos autores coinciden en hablar de crisis: "La filosofía, que no puede imponerse a nuestra consideración con el mismo peso y aplomo que las demás ciencias experimentales, sus robustas hermanas, de gallardo semblante, se presenta bajo muy malos auspicios en nuestro recinto". En su argumentación usa el "método histórico", para mostrar cómo en los últimos tiempos "las tendencias separatistas de las ciencias particulares" se han completado al punto que "hoy día la psicología, la ciencia que quiere conocer la verdadera naturaleza de nuestros procedimientos y fenómenos mentales, proclama muy altamente que no se dejará gobernar en adelante por la filosofía". Todas las ciencias, dice, pretenden que sólo "por el examen directo de la realidad de los hechos, por un método objetivo y experimental, llegan a probar y a comprobar hechos, a indagar leyes, a construir sistemas, en una palabra, a conocer la verdad". Ante este gradual recorte de su objeto, pregunta, ¿cuál es el espacio de la filosofía? La respuesta del profesor es bastante interesante. En "su marcha hacia adelante", las ciencias particulares hacen a un lado "cuestiones que se ponen al principio de cada ciencia y que se consideran como resueltas o postuladas", cuestiones como "¿qué son la naturaleza, la materia, el movimiento? ¿Existe el mundo exterior ó no existe? ¿Podemos confiar en nues-

tros sentidos ó estamos expuestos á errores y engaños que hacen inútil toda investigación?" Finalmente, aborda la cuestión de si la filosofía debe ser considerada ciencia, a pesar de no "conocer por medidas y verificaciones, [y] que no llega á saber probando y comprobando". En su especificidad, contesta, la filosofía sí es una ciencia que da "ensayos de soluciones, más y más probables en el transcurso del tiempo futuro". En su respuesta a esta cuestión, el profesor de filosofía cita a Hegel: "Uno no es filósofo porque halla, sino porque busca".<sup>52</sup>

La exposición de Röthlisberger pronto recibe fulminante crítica del conservador Marco Fidel Suárez. En un artículo titulado "Filosofía antifilosófica", quiere sacar de su error a quienes piensan que estas cuestiones "en nada afectan la vida práctica ni ejercen la menor influencia sobre los destinos de sociedades e individuos". El, más agudo que otros, no se deja engañar: "el refinado eclecticismo de su llamada filosofía es el sistema más falso y pernicioso que puede enseñarse a nuestra juventud" (1958: 1309). Sabe cómo minar la autoridad del profesor. Sus ataques son certeros. Se ocupa de la forma, para decir que faltan la "armonía, conexión y lucidez que han de distinguir las obras de su especie"; de la materia, "aquejada (...) de un vicio capital, cual es la inconsecuencia, o sea la falta de sistema"; y anuncia con énfasis intencional que "hará caso omiso de los yerros literarios de que está sarpujido su lenguaje, los cuales, en lo que tienen de antigramatical, es obvio que no alcanzan a mermar el crédito de su autor" (1958: 1282, 1283).

No sin ironía, Suárez se refiere continuamente a Röthlisberger como al "ilustrado profesor", "el inteligente profesor", "el erudito profesor", el "instruido profesor", "el docto profesor". Motivos centrales en el debate: si la filosofía es una ciencia y si sus métodos difieren de los de otras ciencias. Suárez se opone a que se limite la definición de ciencia al conocimiento y la surge de la medición, la verificación, la prueba y la comprobación. En otros artículos desarrolla los argumentos. En su crítica al positivismo, afirma que "además de la inducción poseemos la evidencia, por la cual nos ponemos en relación con verdades del orden metafísico". Y, por lo demás, los sentidos son fuente de engaño: "vivimos sumergidos en perpetua ilusión". Así, concluye: "si hay algo real es la metafísica" (1958: 1322, 1323, 1326). Cita un artículo publicado en la *Revista de ambos mundos*, "donde se trata de probar que aun admitiendo que todo nuestro ser no sea más que materia, la evolución de ésta podía explicar nuestra inmortalidad". Por último, condena al positivismo porque su principal consecuencia, el "refinamiento del egoísmo", es socialmente nocivo: "desde que se niega el origen divino de la autoridad y la fuente ultraterrena de las leyes; el triunfo del más fuerte queda así justificado por la filosofía y la tiranía sigular o anárquica reemplaza el gobierno de la razón y del derecho" (1958: 1329, 1331).

Los años de discusión fuerte en torno al positivismo y el darwinismo en el espacio universitario, coinci-

<sup>49</sup> «Programa de curso de Historia universal. Primer año» y «Programa de la clase de filosofía». *AIPEUC* 5(30): 483-487, 491-495, jun., 1883; citas: 483, 491.

<sup>50</sup> *AIPEUC*, 7(42); jun., 1884.

<sup>51</sup> «Conferencia sobre filosofía», *AIPEUC* 8(44): 91-106, ag., 1884 y *Diario Oficial* (Bogotá), Sept., 17 de 1884.

<sup>52</sup> *AIPEUC* 8(44): 91-106, ag., 1884; citas: 92, 102, 103, 104, 105.

den con la década en que el partido conservador --aliado inicialmente con un sector de independientes,<sup>53</sup> entre los cuales estaba, por ejemplo, Camacho Roldán--, asume el control político del Estado, impone una fuerte centralización y revierte todo proceso de secularización y universalización de la educación pública.<sup>54</sup> Por supuesto, unos y otros legitiman su proyecto autoritario con el argumento de evitar la disolución del país. Anuncian crear las condiciones para una "paz científica" que traerá el progreso de la mano de los nuevos símbolos de la nacionalidad colombiana: la hispanofilia, muy lejana del hispanoamericanismo de otros tiempos, y el catolicismo militante, expresados en una constitución escrita no para ángeles sino para gramáticos.<sup>55</sup>

Son tiempos de grandes sobresaltos. El ritmo de la vida se agita. En menos de una década, y durante dos períodos presidenciales de Rafael Núñez, se presenta la "nueva ciencia de la sociología"; se abren cursos de biología y se dictan conferencias públicas; un Secretario de Instrucción sugiere enseñar hechos y no conjeturas; el siguiente compara al autor de tales teorías con Moisés; el sociólogo-presidente ve en la Universidad Nacional una Gomorra y a los estudiantes como a un cuarto poder, opuesto a sus intereses hegemónicos. Por fin, después de la Constitución política de 1886 y del Concordato suscrito con el papado, se prohíbe enseñar doctrinas opuestas a los dogmas de la Iglesia. Se anuncia un cambio drástico de profesores, teñas de estudio y debate en los claustros de la Universidad. El catolicismo militante recupera el control del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, que en adelante cumplirá con el mandato tomista impreso en las constituciones desde su fundación, allá en 1654. Miguel Antonio Caro, alma en pena desde cuando se vio obligado a abandonar sus cátedras en la universidad de los radicales, vuelve a los claustros; pocos años después llegaría al poder. Veamos cuál fue el entorno que rodeó estos cambios.

Las sesiones de clausura del año académico de la Universidad Nacional de 1880 y 1881, siempre ocasión de gran solemnidad, permiten al presidente Núñez encontrarse, cara a cara, con el grupo estudiantil que más tarde calificaría como "el cuarto poder" del país, los

universitarios "fanatizados --según su expresión-- por la prédica utilitarista". Se insinúan cambios. Ya no hay perfecta complicidad entre los estudiantes y el gobierno.

El utilitarismo había enfrentado a las autoridades eclesiásticas y el sector más recalcitrante del partido conservador, con el ala radical del liberalismo, desde cuando fueran introducidas, por Francisco de Paula Santander, las obras de Bentham como texto obligado de estudio, y revocada la medida por Simón Bolívar, en la década de 1820. El último episodio de una larga cadena de enfrentamientos, produjo "un duelo a muerte entre dos doctrinas enemigas (...) [una] terrible tempestad que se alzaba especialmente contra las Escuelas i Colegios oficiales i contra la Universidad nacional, amenazaba en su fuente la enseñanza libre i la libertad del pensamiento". La guerra de 1876 enfrentó en una contienda religiosa a sectores diversos del partido liberal y del conservador, en alianzas cruzadas; unos a favor de la reforma educativa implantada por los radicales en 1870 y otros en contra de cualquier intento de universalización de una escuela pública laica. En esos días, el cuarto poder se lanzó a la guerra, como narraba emocionado el Rector de la Universidad Nacional: "Entonces un espectáculo conmovedor i grandioso tuvo lugar en los claustros universitarios: por un noble arranque de abnegacion i patriotismo, esa heroica juventud (...) arrojando los libros que simbolizan su esperanza i su glorioso porvenir, empuña las armas i corre en masa a los cuarteles a ofrecer su brazo, su sangre i su existencia en defensa de la causa que sostiene el Gobierno".<sup>56</sup>

El eterno problema de la secularización. Los nuevos tiempos se anuncian cuando el Secretario de Instrucción Pública, Ricardo Becerra, envía una "Circular a los señores Rectores de las Escuelas universitarias, Rector del Colegio del Rosario y Director de las Escuelas Normales y Superiores de los Estados"; les recuerda que "las diversas religiones que se conocen y practican en Colombia, pueden dictar la enseñanza respectiva en todos los establecimientos docentes sostenidos por la Nación, a los alumnos de ellos (...) que quieran recibirla".<sup>57</sup> La medida no tiene efecto inmediato en Bogotá: en palabras de Röthlisberger "no hubo eclesiástico que quisiera venir a nuestra Universidad" (1963: 140); Núñez valora las cosas de otro modo, "ningún sacerdote se aventuró a penetrar en los muros de Gomorra" (Núñez, 1945: 176; v.7). El lenguaje se endurece.

Volvamos a la ceremonia de clausura de 1880. Núñez hace el elogio de la sociología, "elocuente maestra de la tolerancia que es nuestra gran necesidad política"; critica el sistema de estudios, en particular el uso de los textos de Bentham y Destutt de Tracy; recomienda orden y disciplina en los claustros, mayor respeto por la autoridad y las jerarquías; cita a Littré, para mostrar cómo la ciencia no debe entrometerse en los campos de la teología "porque ese dominio carece de los elementos que se prestan a investigaciones concretas". He ahí un buen positivista.

<sup>53</sup> Un excelente análisis sobre el partido liberal y la situación política de estos años se encuentra en Delpar, 1994; también en Molina, 1978.

<sup>54</sup> En contravía del proceso drástico de secularización que se desarrollaba contemporáneamente en México, y de los cambios más graduales, pero más profundos, que se impulsan en Argentina, Brasil y Chile (Hale, 1991: 10-12).

<sup>55</sup> Cuando Núñez escribió el artículo que lleva este título («La paz científica», 1882), influido por las ideas de Spencer y aún en el partido liberal («los conservadores saben perfectamente que convicciones filosóficas profundas nos separan de ellos, sin que dejemos por eso de respetar esmeradamente su credo religioso»), se orientaba en el mismo sentido de otros gobernantes latinoamericanos que proclamaban una política científica de corte autoritario (Hale, 1991: 18-21). Considerando que «la política es una ciencia experimental», defendía la necesidad de la tolerancia y procuraba, igual que ellos, alcanzar un consenso entre las élites. Pero en Colombia el consenso duraría muy poco. La «paz científica» engendraría varias guerras, entre ellas, la más sangrienta de todo el siglo (Núñez, 1945: 93-98, v. 2; citas: 95, 97).

<sup>56</sup> Gonzalo A. Tavera. «Informe del Rector de la Universidad Nacional». AUNEUC 11(84): 317-358; dic., 1877; cita: 320.

<sup>57</sup> AIPEUC, 2(9): 324; jun., 1881..

El catedrático de la Escuela de Literatura y Filosofía, Carlos E. Sáenz, contesta el discurso del presidente con un ataque al pesimismo de alguna "secta filosófica que sostiene que la vida es un mal". (¿Se oyen por ahí las estrofas de Silva? "Un cansancio de todo, un absoluto/ desprecio por lo humano... un incesante/ renegar de lo vil de la existencia/ digno de mi maestro Schopenhauer;/ un malestar profundo que se aumenta/ con todas las torturas del análisis...") Segunda declaración de fe positivista de la velada: "el gran principio de la selección natural, (...) es hoy en antropología, lo que en física la ley de la gravedad". En consecuencia --continúa Sáenz-- los alumnos de la universidad deben obedecer las leyes del progreso, defender la educación de la mujer y convertirse en campeones en la lucha contra el oscurantismo. Como se estilaba en tales actos, a nombre de sus compañeros un estudiante agradece a sus maestros; pero aprovecha la ocasión para rogar al presidente que mire "con más benévolos ojos" a la Universidad, ya que en "ella se forman los que más tarde han de dirigir los destinos del país".<sup>58</sup> Y bien que lo sabe Núñez. Está claro que el camino de la Regeneración será largo.

Al comenzar el acto, los profesores han obsequiado libros a los estudiantes más aprovechados, entre ellos, a no dudarlo, dos obras de Bentham, tres más sobre el origen de las religiones (Max Müller y Quinet) tres de Camilo Flammarion, dos de psicología (Ribot y Giner) y una sobre el Darwinismo, escrita por el neolamarckista Edward von Hartman. Obras como éstas también se encuentran en las bibliotecas del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario y de la Universidad Nacional. Un catálogo de la primera, incluye, ya en 1881, siete títulos de Spencer traducidos al francés, uno de Ribot y otro de Max Müller; no hay, sin embargo, escritos de Darwin, aunque sí de un moderado crítico francés, el eminente profesor Quatrefages, tan citado por los opositores colombianos al darwinismo.<sup>59</sup>

Al año siguiente se encuentran de nuevo, en el mismo lugar. El autor de la circular sobre enseñanza de las religiones, expone en su intervención un tema que ha sido el caballo de batalla de conservadores como Miguel Antonio Caro. No debe haber "estado docente", dice. La misión de la universidad no es "imponer determinadas creencias religiosas" o "transformar un problema dudoso en proposición cierta". En su criterio, la enseñanza de la teoría darwiniana no es conveniente para la juventud. No se trata de "hechos o principios demostrados", sino de "hipótesis osadas". ¿Qué afán hay de aventurarse en conjeturas? Du Bois Reymond, "el autorizado Rector de la Universidad de Berlín", sirve aquí como modelo. De acuerdo con Becerra había expresado estas ideas "al proclamar su adhesión a la teoría darwiniana pura" (¿se nota el adjetivo?). Al mismo presidente debió tomar desprevenido esta severa admonición de su Secretario. En su discurso habla de "la aparición del hombre sobre la tierra", de cómo "las hipótesis de investigadores alejan más y más la fecha de ese acon-

tecimiento" y hasta qué punto todos ellos "concierten en que desde un cierto período, y de un período temprano, los hombres aparecieron dispersos, impelidos probablemente por necesidades de subsistencia".<sup>60</sup> Una vaga alusión a teorías evolucionistas, es cierto. Sólo un año después dirá claramente que en esta materia no acepta el darwinismo, porque " juzgamos que el hombre es un sustancialmente distinto de toda la inferior jerarquía de animales" (1945: 188, v.2).

¿Cuál fue la respuesta de los estudiantes a estas intervenciones? En una versión moderada, Núñez relata que en los encuentros de 1880 y 1881 se escucharon "murmillos desapacibles entre el joven auditorio, no obstante la suma delicadeza con que el presidente hería las preocupaciones o supersticiones escolares reinantes" y que el intento de cambiar "el centro de gravedad de los estudios" no fue bien recibido por los ochocientos o mil estudiantes de la capital y "casi causó una insurrección" entre ellos. Siempre más drástico en sus apreciaciones (o más directo), Miguel Antonio Caro recuerda que Núñez criticó los textos de Bentham y de Tracy, lo cual casi generó un motín y el presidente, que había asistido "sin acompañamiento militar ni aparato de otro género", quedó sitiado en el edificio de Aulas por los estudiantes que en gran número se apostaron "en los corredores, en el zaguán y en la puerta, vociferando y amenazando" (Caro, 1962: 1455-56) La insurrección contra el orden regenerador, tan buscada por él, puesto que sirve a sus propósitos, llegará en 1885. Las reformas drásticas a la educación habrán de esperar hasta entonces.

Quizás en un esfuerzo retrospectivo por dar coherencia a sus frecuentes cambios de ideas, que son los de un hábil oportunista, Núñez decía haber introducido "el estudio de la sociología de Spencer con el intento de desviar la obsesión benthamista", en lo que calificaba como "un ensayo de evolución hacia altas esferas". (Núñez: 175, v.7) Partidario decidido de Spencer y fuerte impulsor del estudio de la sociología<sup>61</sup> cuando parecían servir a sus intereses de reforma política, o crítico escéptico del positivismo:<sup>62</sup> él podía ser una cosa o la contraria. (¿A eso se refieren quienes lo han llamado "ecléctico"?).<sup>63</sup> Al final de la década, estos discípulos

<sup>60</sup> «Sesión solemne de distribución de premios» AIPEUC, 3(5): 289-310; dic., 1881; citas: 292, 295-296.

<sup>61</sup> Ambas cosas fue Núñez; pero no fue él quien introdujo en el país las ideas de Spencer, ni quien primero habló de la «nueva ciencia de la sociología», como tanto se ha repetido.

<sup>62</sup> En un artículo sobre el positivismo escribía: «El método de la ciencia es el análisis que acentúa más y más el particularismo, es decir, el aislamiento de los hechos y fenómenos y así mutila la misma materia de investigación (...) La objetiva contemplación de las cosas no nos da, pues, sino un cuadro de apariencias». La conclusión del artículo no deja dudas sobre su posición con respecto a esta escuela filosófica: «Se verá pues, hasta donde es falsa y peligrosa una doctrina que sólo tiene balanza para medir y pesar las cosas tangibles» (1950: 188-194; t. 7; citas: 193, 194) En algunos apartes Núñez parece referirse más específicamente al positivismo comtiano, aunque no lo señala explícitamente.

<sup>63</sup> Un contemporáneo que proponía desde París una nueva constitución política, el abogado liberal Rafael Rocha Gutiérrez (1887), señalaba las variaciones en las ideas de Núñez y su relación con los cambios en las condiciones políticas.

<sup>58</sup> «Sesión Solemne del 19 de diciembre de 1880». AIPEUC, 1(4):232-253; dic., 1880; citas: 240, 242, 251, 253.

<sup>59</sup> AIPEUC, 3(13): 195-207; oct., 1881.

ocasionales, una generación formada en las ideas de Spencer, ya se han graduado. Dominan en su propio interés el lenguaje de las leyes inexorables de la sociedad. Las ideas de lucha por la supervivencia y selección natural forman parte de la doctrina del radicalismo derrotado; las leyes spencerianas de evolución de lo homogéneo a lo heterogéneo forman los pilares en que se apoya el liberalismo colombiano; se esgrimen contra el gobierno conservador. Ha llegado el momento de tomar distancia. Núñez quiere justificar su anterior fervor spenceriano. Después de todo, dirá, no hay leyes del progreso que funcionen como si se tratara de leyes astronómicas: "Wallace (...) ya ha modificado el carácter de los principios de selección y variación, proclamando la necesidad de admitir, respecto del adelanto intelectual y moral, la intervención de alguna ley, o agencia, superior a aquellos principios". Si aquel "ilustre discípulo de Darwin" --como lo define Núñez-- cambia tan rotundamente de ideas, por que no podría hacerlo él?<sup>64</sup>

Si Núñez quiso apartar a los jóvenes del sensualismo, "el criterio de los cinco sentidos", ya sabemos que no tuvo éxito. Los cursantes de la clase de filosofía en el Rosario tendrán a su disposición un texto compilado y traducido por César C. Guzmán, donde se examinan y extractan obras de Tracy, Spencer, Ribot, Bain, Bernard, Stuart Mill, Darwin, Barker y Haeckel. A pesar de las diferencias, observa el editor, todos ellos "están acordes en sostener que la sensación es el principio del pensamiento, y que los únicos medios eficaces y seguros para descubrir y comprender lo verdadero y lo bueno son los experimentos y la observación; por lo cual son miembros de una misma escuela: la experimental" (Guzmán, 1883: xiii). Y no hacían algo excéntrico, producto de su mala comprensión de las ideas del utilitarismo y el positivismo spenceriano.<sup>65</sup> Como si hicieran falta excusas, Röthlisberger advierte en la nota de presentación, que la obra no obedece "al deseo mezquino de imponer determinada doctrina". Sólo que la filosofía ya no se basta a sí misma: "para mantener el puesto eximio de alta ciencia habrá de entrar de lleno y resueltamente en discusión con el gran sistema filosófico que apareció en 1859 con el libro de Darwin sobre el origen de las especies" (Guzmán, 1883: v-vi, xi). Por iniciativa del Rector Juan Manuel Rudas, Manuel María Madiedo hace otro tanto: traduce y publica en cuadernillos una recopilación de textos, la **Biblioteca filosófica del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario**, entre los cuales se incluye una obra de Bentham y varios artículos y fragmentos de libros de famosos autores evolucionistas. Esta medida será fuertemente criticada por Caro, quien ve en

ello una clara violación de las constituciones del colegio. El resultado de estas prédicas, anota Caro, se aprecia claramente en los escritos que publicaban los estudiantes en un periódico escolar, donde se afirma, entre otras cosas, que hablar de Dios es "emplear una metáfora" y se concluye lo siguiente: "Si por todo esto nos ha de llevar Satán, nos vamos al infierno con Tales y con Copérnico y con Galileo y con Giordano Bruno y con Juan de Huss y con Kant y con Holbach y con Voltaire y con Helvecio y con Diderot y con Laplace y con Lamarck y con Goethe y con Darwin y con Haeckel y con Büchner y con Spencer. Porque ellos no son idólatras".<sup>66</sup>

La "evolución hacia las altas esferas" del sistema filosófico de Spencer ha sido, pues, bien recibida. En la siguiente clausura del año académico, el 10 de diciembre de 1882 hay unanimidad de criterios. El presidente no ha podido asistir. El nuevo Secretario, Rufo Urueta, en un exaltado elogio de las ciencias y de la instrucción, "como antorcha que ilumina el mundo [y] faro que guía la humanidad", compara a Darwin con Galileo; lo ubica "al lado de Moisés (...) examinando el Génesis".<sup>67</sup> A continuación, Salvador Camacho Roldán, el catedrático de sociología, en un extenso discurso explica la teoría de la evolución spenceriana y darwinista. El primer punto que aborda es casi la constatación de un hecho: la sociología pretende ser una ciencia gracias a que en el en el pasado reciente algunos grandes autores "han aplicado al estudio de sus fenómenos el mismo procedimiento de observación y experiencia á que deben su progreso en los tiempos modernos las ciencias físicas y naturales". Dos leyes intervienen en los procesos sociales: la de "crecer y multiplicarse", combinada con las leyes de población de Malthus origina la lucha por la vida; no todos los seres sobreviven: hay una desigualdad entre los medios de subsistencia y la reproductibilidad de los seres. La segunda ley es, por supuesto, la de la selección natural, de filiación propiamente darwinista, según la cual sobreviven los adaptados a las condiciones externas. Si se acepta que las leyes que rigen el cambio de los organismos biológicos, rigen también el de los organismos sociales, es fácil trasladar el concepto de selección natural a lo social: "Tribus, pueblos, ciudades, razas, naciones, imperios, todo lo débil, todo lo inferior ha cedido en el campo de la lucha por la vida á la ley de selección antropológica y social". En esta versión optimista de la evolución, el caos universal, el estado de guerra lleva a la asociación y finalmente se llegará a la armonía universal, el último peldaño de la sociedad industrial. Sólo hay que dejar que las leyes sociales obren y el progreso llegará a su tiempo. La conclusión de Camacho legitima perfectamente la necesidad de dominar la sociología, "esa nueva rama de la Filosofía", que descubre las leyes y señala el camino que conduce al progreso: el suyo es, por excelencia, un "objeto de estu-

<sup>64</sup> El artículo se titula «Ley del progreso»; en él rechaza estas dos ideas: que existen leyes automáticas, y que las instituciones políticas son impotentes en la obra del progreso (1946: 45-54, v. 10; citas: 45, 53).

<sup>65</sup> La relación entre las ideas de Smith, Malthus y Bentham y su relación con las de Spencer y Darwin ha sido señalada repetidamente y es analizada en detalle, por ejemplo, en Parsons, [1937] 1967: 43-85 y en un ya clásico historiador de la biología que bien vale la pena leer hoy, principalmente porque lejos de mostrar un rápido consenso alrededor del darwinismo, destaca los múltiples matices, en un panorama intelectual abigarrado: Radl, 1988: 111-114.

<sup>66</sup> El artículo de Caro, «El Colegio del Rosario», transcribe unas páginas del periódico estudiantil llamado *El Estudio*, «con la repugnancia del que se ve obligado, para escarmiento y desengaño, a descubrir una llaga asquerosa» (1962: 1414-1424; citas: 1419, 1420).

<sup>67</sup> «Sesión solemne de distribución de premios» *AIPEUC*, 4(24): 597-628, dic., 1882; cita: 599.

dio ligado con la prosperidad y aun con la existencia misma del cuerpo social".<sup>68</sup>

Por último, habla el alumno de la Escuela de jurisprudencia. En evidente réplica al discurso que oyera un año atrás, declara "que las ciencias tanto físicas como sociales y políticas tienen por base el estudio de los hechos, y que cuando los hechos hablan claro en algún sentido, enmudecen humillados todos los libros y todas las tradiciones".<sup>69</sup> No hay ambigüedad en los argumentos. Las cartas están sobre la mesa.

La sociología es el gran discurso legitimador en esos años, con la autoridad que le dan quienes la presentan como una nueva ciencia, ante un auditorio seducido por el poder de controlar la verdad. Con la fuerza persuasiva que da conocer las leyes que rigen el desarrollo de las sociedades, derivadas del darwinismo y de la teoría de la evolución de Spencer, el sector político de los independientes quiere formar nuevas generaciones que permitan su propia reproducción en el poder. Entre sus elementos concretos, este programa político incluye valores defendidos con argumentos que se dicen neutrales, producto no contaminado del razonamiento inductivo más riguroso. Tales son por el momento: la tolerancia, el gradualismo y el elitismo. Este último se expresa en el abandono del proyecto de la universalización de la escuela pública y en la idea de que sólo del consenso de una minoría ilustrada en estas nuevas verdades depende el progreso del país. Un consenso demasiado frágil.

Como ya anotamos, los cambios llegan después de la guerra de 1885. Una vez consolidado el gobierno de la llamada "Regeneración", muchos profesores abandonan la universidad, como Röthlisberger, a causa de la "disensión surgida con el nuevo ministerio de instrucción provisto con criterio ultramontano y bajo el cual yo no podía ni quería seguir ejerciendo la docencia". (Röthlisberger, 1963: 398). La necesidad de escapar al control de cátedra --anunciado por la constitución y refrendado en el concordato suscrito con el papado--<sup>70</sup> y de continuar el proceso de reproducción del propio grupo liberal, lleva a crear dos universidades privadas, igual que hicieron antes los conservadores, al intentar abrir una Universidad Católica durante el gobierno radical. Era el momento, también, de abandonar la escuela pública.

Fundadas con escaso intervalo, la Universidad Externado (1886) y la Republicana (1890) se convierten

en fortines ideológicos del liberalismo. La primera fue fundada por Nicolás Pinzón Warlostén, a quienes los liberales consideraban como un "maestro" y dirigida por el expresidente Santiago Pérez, desterrado pocos años después. El rector de la Republicana, Antonio José Iregui, prepara un extenso programa de sociología y unos **Fundamentos científicos de una reforma docente en Colombia**,<sup>71</sup> una reflexión sobre el sistema de formación, orientada teóricamente por los escritos de Spencer y de otros autores evolucionistas, entre los cuales varios psicólogos y pedagogos. Años después escribirá una excelente biografía sociológica de Camacho Roldán. Antiguos profesores de la Universidad Nacional, José Herrera Olarte, Manuel A. Rueda y Francisco Montoya, pertenecen a las nuevas facultades de derecho, ingeniería y ciencias naturales del Externado; Francisco Montoya, Antonio Vargas Vega y Juan David Herrera, enseñan ciencias naturales, biología y psicología en la Republicana.<sup>72</sup> Salvador Camacho Roldán dicta en ambas sus cursos de sociología, sin aceptar remuneración alguna. Detrás de ellos, muchos jóvenes abandonan la Universidad Nacional y el Colegio del Rosario. Uno de éstos define a sus profesores de biología como "fisiólogos eminentes (...) que preparaban la mente del universitario para la exacta y clara comprensión del sistema filosófico de Spencer" (Palacio, 1942: 23).

A los más viejos maestros se les unen sus antiguos discípulos, que no tienen abiertas muchas posibilidades de empleo en estos años. Ignacio V. Espinosa, un profesor del Externado, publica en 1891 un libro de texto titulado **Filosofía Experimental. Extracto de las doctrinas filosóficas de Herbert Spencer**. Quiere que "las generaciones nuevas entren en la corriente científica moderna" (p. vi). El tema central del libro es, por supuesto, el del progreso y la evolución de lo homogéneo, incoherente e indefinido a lo heterogéneo, coherente y definido; la ley se aplica tanto a los fenómenos astrológicos, geológicos y orgánicos, como a los sociales. Este es el nuevo dogma de los estudiantes liberales. Dedicado a sus alumnos, escribe su obra **El positivismo**, en la cual se proclama spenceriano y opuesto a Comte. Cuestiona ideas que corren en el país sobre esta escuela: el ateísmo se le atribuye por sostener el carácter incognoscible de la primera causa; el materialismo y el rechazo de la religión, que se suponen porque intenta analizar científicamente la cuestión religiosa. La obra termina con una crítica a metafísicos y teólogos: les ha dado por decir que vivimos en un mundo de ilusiones. Al terminar la guerra de 1895, publica su obra de combate, **Bases positivas del liberalismo**. La dedica "a la generación que frecuentó los claustros de la Universidad Nacional y del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario desde 1878 hasta 1884". Spenceriano fervoroso defiende la propiedad pri-

<sup>68</sup> AIPEUC 4(24): 603-624, dic., 1882; citas: 605, 608, 604. Los ataques que se producen en el periódico *El conservador*, deciden a Núñez a publicar, pocos meses después, dos artículos en defensa de la sociología. Trata de disipar las prevenciones que se tengan contra este estudio y diferencia el pensamiento de Comte del de Spencer (1945: 353-373, v.2) Los textos de Camacho, Núñez y su crítico, en Universidad Nacional, 1982; también se incluyen tres artículos de análisis sobre la polémica misma y las ideas sobre la sociología que expresaban estos autores.

<sup>69</sup> AIPEUC, 4(24): 625, dic., 1882.

<sup>70</sup> Los artículos 12, 13 y 14 del Concordato firmado en 1887, definieron la competencia de la Iglesia en relación con la educación pública. En el párrafo final del artículo 13 el gobierno adquiría el compromiso de impedir «que en asignaturas literarias, científicas y en general, en todos los ramos de instrucción se propaguen ideas contrarias al dogma católico y al respeto y veneración debidos a la Iglesia».

<sup>71</sup> Una conferencia dictada en la Sociedad Colombiana de Jurisprudencia la noche del 30 de abril de 1898.

<sup>72</sup> Muchos de los mismos profesores enseñaban en las dos universidades. A finales del siglo, la nómina de los profesores de la Universidad Republicana, con sus tres facultades (Ciencias Naturales, Ciencias Morales y Políticas e Ingeniería) era realmente impresionante, como que incluía buena parte de los intelectuales del liberalismo. Véase un anuncio de *La Crónica* (Bogotá), año 2, número 429, dic., 18, 1898.

vada contra el comunismo, el socialismo y el proteccionismo. Anuncia, como nueva utopía, la nivelación completa de la humanidad --un tema muy poco spenceriano-, consecuencia inevitable de la ley de la selección, que se completaría "en el extremo final de un innumerable serie de cambios, de los cuales, sólo ha sufrido nuestra especie los que apenas si la hacen diferenciar de sus precursores animales". Entretanto, habría que aceptar la desigualdad como parte fundamental de la organización social existente (1895: iii, 15). Admirado por algunos, criticado por otros, integrante de una comisión liberal para preparar las elecciones de 1896, Espinosa "el secretario del nuevo organismo, era sujeto singular, austero y severo, guerrista decidido, al propio tiempo que se creía el más auténtico discípulo de las teorías de Spencer"; lo acusan de haber leído al filósofo inglés sin entenderlo (Rodríguez Piñeres: 1985: 33). Los redactores de un periódico radical de finales del siglo, significativamente llamado **El Girondino**, califican a Espinosa como uno de los hombres nuevos del liberalismo; señalan que a él "correspondió el honor de haber defendido con profusión las doctrinas de la filosofía moderna en Colombia".<sup>73</sup> Ya casi no quedaba recuerdo de los giros intelectuales de Núñez.

#### De Santo Tomás a Spencer (y vuelta)<sup>74</sup>

El conservatismo católico-militante no se queda atrás en la cruzada ideológica. Al tomar el control de la Universidad Nacional y el Colegio de San Bartolomé, las visitas de inspección son comunes; los textos de enseñanza son censurados por el Arzobispo; restablecidas las constituciones del fundador del Rosario, el tomismo vuelve a ser, como en tiempos de la colonia, la doctrina oficial de esta institución. Carlos Martínez Silva, José Manuel Marroquín y Rafael María Carrasquilla, sucesivamente, toman a su cargo los destinos del colegio. Gabriel Rosas, Lorenzo Lleras y Liborio Zerda dictan los cursos de ciencias, que allí son el complemento necesario de la formación central en "el arte sutil de la lógica". Así formados, los estudiantes están siempre dispuestos a entrar en "disputas filosóficas (...) tan amables y ardientes como en los más felices tiempos de la Edad Media", según nostálgico relato de un exalumno. (Mora, 1972: 82, 85).

El profesor de literatura del San Bartolomé, el padre Luis Ortiz, publica **La vida**, una obra crítica de toda pretensión mecanicista, de todo materialismo. Al final añade un interminable escrito versificado --que no nos atrevemos a llamar poema--, con un nombre que es un libreto: **Dialogo científico, la electricidad y la vida. Un materialista y un católico.**

Dirigido por el recto Carrasquilla, Luis Vergara escribe su tesis, **El positivismo y la metafísica**, consagrada fundamentalmente a criticar el positivismo francés, que compara negativamente con el inglés, en especial por la forma de tratar la religión. Aunque no acepta

su sistema de pensamiento, cita a Stuart Mill para subrayar que este autor "considera como hipótesis racional y de valía la que hace proceder los seres de un principio creador, capaz de comunicarles el orden, congruencia y armonía que revela en su conjunto el universo (...) Así quedan desvanecidas todas las dificultades que oponen los positivistas á la religión revelada, en nombre de la ciencia y el Método Positivo". Crítico de las posiciones evolucionistas, proclama "el dogma de la creación como la más adecuada solución del aparente antagonismo que se observa en el mundo real" (Vergara, 1897: 66). Invoca la autoridad de Claude Bernard para demostrar que "las ideas a priori, ó sea la hipótesis, es punto de partida y factor indispensable en lo que toca á la constitución y fundamento de la ciencia, probado que sin ella el explorador científico se extraviaría en la multiplicidad y compleja trabazón de relaciones que exhibe la materia física". (p. 37-38)

En su conclusión, Vergara destaca que el positivismo encierra un programa valioso desde el punto de vista de su "espíritu de revisión y crítica, y esa pasión por la verdad", que ha permitido restaurar la "autoridad é influencia de los sentidos venidos á menos desde que Descartes y Kant redujeron y estrecharon el círculo de acción del conocimiento sensitivo en favor de la psicología" (p. 80). Una exposición con algunos matices interesantes; no es la típica condena del positivismo, al que considera como una promesa que no ha logrado los resultados prácticos que se propuso.

De igual modo, en la tesis titulada **La filosofía positivista**, Samuel Ramírez Aristizábal, refuta el darwinismo de pasada, como una parte menor del sistema positivista. Inicia con una amplia exposición del positivismo comtiano, que examina aun en la versión de seguidores de Comte ("sus secuaces"), como Laffitte. Menciona el impacto que el comtismo ha tenido en algunos países de América Latina, como el Brasil. Hace una exposición de las ideas de Stuart Mill y se ocupa, a continuación, del sistema filosófico de Spencer, en particular lo expuesto en los **Primeros principios**.<sup>75</sup> Para terminar hace un rápido balance del impacto que ha tenido el positivismo en algunos países de Europa y en Estados Unidos. Critica, en particular, la biología de Comté y Spencer que considera materialista. Cita a Pasteur para refutar a Comte y Littré por confundir el método experimental con la observación. Un lugar común de estos trabajos producidos bajo la suprema inspección de Carrasquilla. Por las referencias que citan estos dos autores, sabemos que en la universidad tomista los estudiantes usan los textos compilados por Manuel María Madieto y por César C. Guzmán.

La lista de textos similares es larga. Idénticos los argumentos. Mantener el control ideológico sobre las nuevas generaciones, reproducir a su grupo en el poder e impedir que un saber especializado se coloque al margen de la metafísica y la teología, es decir, al margen del

<sup>73</sup> **El Girondino**. Órgano de la juventud liberal de Colombia (Bogotá), año 1, serie 1. número 3, may., 12, 1898.

<sup>74</sup> Naturalmente recordamos el título de un libro de Etienne Gilson.

<sup>75</sup> En su obra ya clásica, Jaramillo Uribe cita con admiración este trabajo de Ramírez, calificado por él como «la exposición más ordenada y amplia que se haya hecho en Colombia de esta tendencia de la filosofía» (1964: 455-457; cita en 455).

control de la Iglesia. Tales son los objetivos que persigue el principal representante del neo-tomismo, Rafael María Carrasquilla. Estos son los elementos principales de su sistema. Primero. La metafísica es el saber supremo. Segundo. Dominar la filosofía es el camino para acceder a la verdad. Tercero. No es posible separar la ciencia y la filosofía, entendida esta última como metafísica. Cuarto. El método inductivo no conduce al conocimiento verdadero. Quinto. Si las ciencias positivas dependen de la observación, la medición y la experimentación, sus conocimientos son todos relativos. Sexto. Eminentemente científicos como Pasteur y Bernard han mostrado que la sola inducción no basta al científico y que no es cierto que la ciencia se realice sin ideas preconcebidas. Séptimo (y primero). Si esto es así, la metafísica resulta ser el único conocimiento verdadero. Transcurre ya la segunda década del siglo veinte.

### Una polémica excepcional (el darwinismo en sus propios términos)

En este ambiente de "sana emulación" o "lucha por la existencia", como quiera calificarse, se produjeron varias tesis sobre el positivismo y el evolucionismo. Pero hasta donde hemos consultado, sólo dos se centran exclusivamente en la obra de Darwin y discuten la teoría y la evidencia empírica, más que sus aspectos filosóficos. Claro que hay en ellas una representación de la ciencia, sus métodos de comprobación y verificación, el carácter de las pruebas que son pertinentes, la autoridad de determinados autores especializados. Este es un discurso que impresiona, precisamente, porque no se hace explícito, como reflexión externa, sino que se articula en torno a la exposición de los hechos que corroboran la teoría, las pruebas o los ejemplos en contrario.

El **Estudio sobre el sistema evolucionista** (1891) recibe el primer premio de un concurso, convocado para los estudiantes de segundo año de filosofía y metafísica del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, con tema preciso: analizar comparativamente el sistema evolucionista de Darwin y "la doctrina monogénica de la Sagrada Escritura". Su autor, Emilio Cuervo Márquez, sobrino del filólogo Rufino José Cuervo, llegaría a ser escritor y ensayista de cierta fama. Gran amigo de José Asunción Silva, escribirá en los años treinta, con el entusiasmo de la Revolución en Marcha, una biografía del poeta y una crítica mordaz de la censura, el enclaustramiento y el clericalismo de estos años.

En el jurado están el profesor de antropología y metafísica, Rafael María Carrasquilla, el de lógica, Gabriel Rosas --traductor y comentarista de la obra de Vallet, un crítico neotomista del darwinismo-- y el de física experimental, Liborio Zerda. En su evaluación, observan que "El estilo es correcto, sobrio y didáctico: los argumentos muy bien desarrollados é ilustrados con numerosos hechos científicos". He aquí dos palabras claves. El primer premio consiste en 250 ejemplares impresos de la obra. Cuervo puede, casi literalmente, dedicar un ejemplar a cada persona interesada en el asunto.

El libro de 73 páginas, se inicia con un listado de las obras consultadas. Un recurso inusual en Colombia:

se incluyen 60 títulos, casi todos en francés. Seguidores y opositores del darwinismo se hermanan con Darwin en esa amplia bibliografía: Haeckel, Zaborowski, Vogt, Vallet, Quatrefages, el español Juan Vilanova y Piera y dos colombianos, Miguel Antonio Caro y Rufino José Cuervo. Cuervo no presenta su escrito solo ni desarmado al concurso. (Primera regla: hay comunidades que certifican y respaldan.)

En el capítulo inicial, comenta los "antecedentes del sistema darwiniano" y señala, entre ingenuo y mordaz que Darwin no parece muy convencido de sus ideas: "establece su teoría como mera hipótesis"; no ha entrado en polémica abierta, como haría alguien bien seguro de la 'irrefutabilidad' de sus aseveraciones. Aunque Darwin no se ha presentado "como inventor, sino más bien como coleccionador de nuevos hechos", es, sin duda, un "profundo pensador y un sabio naturalista" (p. 11, 12). (Segunda regla: no menospreciar al adversario ni negarle sus méritos.)

En los siguientes seis capítulos expone las ideas de Darwin "con la mayor imparcialidad, siguiéndola paso á paso desde su nacimiento hasta el estado en que hoy se encuentra". (Tercera regla: no tergiversar al autor criticado. Mostrar que se comprende, antes de criticar)

Después de exponer fielmente las ideas darwinistas, Cuervo hace un llamado a la inteligencia del lector, a quien sugiere juzgar por sí mismo, antes de leer las críticas que hará a continuación. (Dos reglas: hacer aliados en el público receptor y conducirlo naturalmente a que examine los hechos.)

Compara el darwinismo con el Génesis y examina los argumentos que se han opuesto a la teoría darwinista. Menciona la obra de Pasteur y sus "experimentos que han demostrado de una manera clara y terminante la imposibilidad de la generación espontánea" (p. 43). (Sexta regla: citar pruebas decisivas: nuevos hallazgos, hechos y experimentos contundentes y, claro, mejor si entre los aliados hay científicos de gran reputación.)

En la parte más substantiva, Cuervo señala grandes fallas en la teoría de Darwin: confunde especie y variedad, olvida que los híbridos son infecundos, y pasa por alto la falta de evidencias (restos fósiles) que demuestren la serie de transformaciones. (Séptima regla: explotar los puntos débiles de una teoría, de preferencia los que el mismo autor señale como problemas no resueltos.)

Sólo en el último capítulo, "El darwinismo y la libertad. El Darwinismo y la esclavitud. El Darwinismo y la fraternidad humana", se detiene a criticar las consecuencias sociales de las ideas darwinistas y la inconsecuencia de sus partidarios: "siempre me ha causado admiración oír á los **evolucionistas republicanos** pedir á gritos la libertad: la libertad de obrar, la libertad de sufragar, la libertad de pensamiento, como si necesitaran la libertad para obrar los que fatalmente obedecen a las leyes eternas de la selección, y de la libertad de sufragar los que predicán que la única ley es la fuerza" (p. 72).

El estudiante Cuervo ha hecho bien su trabajo. Ni el propio Carrasquilla, varios años después, será capaz

de refutar de este modo el darwinismo, con todo y usar algunos de los mismos argumentos. No conocemos los otros textos que se presentaron al concurso. Pero a juzgar por los escritos que ya hemos reseñado, Cuervo merecía su premio.

En el ambiente resuena el éxito de Cuervo. El autor regala ejemplares con dedicatoria. Uno de éstos se lo entrega a su amigo, el estudiante de la Escuela de Derecho y Ciencias Políticas de la Universidad Nacional, Santiago Calvo. Muy poco tiempo después, Cuervo recibirá un libro firmado por su amigo. Bajo el título de **El evolucionismo en su aspecto físico, psicológico, moral y político**, lee la respuesta que Calvo ha preparado para él.

En estas 83 páginas, Cuervo encuentra en perfecta relación con su obra, la respuesta que merece. Calvo no se separa un instante de su cometido polémico. El estilo, hay que decirlo, es más desenvuelto. La ironía descarga por momentos la tensión, cuando se han evaluado los hechos, cuando se han analizado las pruebas. Desde el comienzo, Calvo define un discurso, tal vez diríamos, más técnico. Lo primero es borrar las prevenciones del público. El darwinismo ni ataca a la religión ni es adverso a la sociedad. El evolucionismo spenceriano estudia "en su laboratorio", que es la sociedad, "las leyes que rigen el mundo moral". Una metáfora jurídica: Desconocer las leyes no sirve para evitar las consecuencias de transgredirlas (p. 1, 5).

Con gran modestia, ruega al "público ilustrado" mirar con indulgencia "nuestro humilde estudio" (¿De quiénes? Es el proceso de "despersonalización" de este individuo insignificante, al lado de la estructura colectiva objetivada del conocimiento científico).<sup>76</sup> Calvo no sólo muestra que está bien informado y conoce literatura relevante (Lyell, Darwin, Vogt, Zimmermann, Troost, Ganot, Letournau, Gervais, Richard, Topinard), sino que maneja perfectamente el discurso de la ciencia. Analiza con gran cuidado y desde varias perspectivas, cada aseveración que Cuervo hace amparado en expresiones como: "la ciencia nos demuestra", "científicos eminentes han probado". Cuando esto ocurre, multiplica los argumentos, cita a un número mayor de autores, pone en acción múltiples disciplinas, como cuando refuta la idea de que los átomos son mutables.

Sabe convencer. Usa ejemplos sencillos, evidentes, "pongamos dos corchitos en un platón de agua ¿qué sucede?" (p. 13) Es capaz de mostrar cómo los hechos científicos hablan a favor del evolucionismo. Si hay hipótesis mejores, que se presenten. ¿Cómo se explica la peculiar distribución de los fósiles en las capas geológicas? Faltan registros fósiles que permitan seguir la línea de las transformaciones. Pero esto sólo demuestra que hay que "cavar con más cuidado para desenterrar esqueletos". Los fósiles que se han encontrado ¿no son más incómodos para la teoría teológico-monogénica? (p.35)

Un experimento crucial como el de Pasteur nunca habla por sí sólo. Hay que hacerlo hablar. (¿Ni que hubiera leído la tesis de Duhem-Quine!) El "célebre químico francés" no ha probado que "la naturaleza sea incapaz de producir sus criaturas; la única dificultad, sería eso sí, estibaría en que la vida no fuera una resultante de fuerzas químicas y físicas en la materia organizada. Si ésta fuera un principio vital (teoría desechada hoy del dominio científico), las dificultades serían grandes pero no invencibles" (p. 20). No hay que dejarse impresionar por un solo experimento.

El asunto de los híbridos. Ciertamente, escribe, que los primeros cruzamientos "son por lo general infecundos; pero el coeficiente de fecundidad aumenta con la repetición de los mismos. Veamos los hechos" (p. 28). Una larga serie de éstos se transcribe a continuación. Al final, sugiere al lector repasar el capítulo pertinente del **Origen de las especies**. En la parte más débil del discurso de Cuervo, su amigo le recuerda que el concepto de perfeccionamiento es relativo, no absoluto: "Para una de nuestras señoritas una camelia, por ejemplo, es más bella que un cerebro; pero para un anatómico tal vez sea esto el mayor de los despropósitos" (p. 37). No se crea que Calvo no es capaz de atacar con intransigencia a Cuervo: "Si no hubiéramos visto la firma de nuestro amigo y recibido su tesis de su propia mano, jamás habríamos creído que él fuera el autor de este párrafo. ¡Tan poco juicio demuestra!" (p. 38)

La vida de Calvo fue corta. Sabemos que se interesó por la criminología, pero esto es tema de otro artículo. Diez años después de haber escrito esta obra, fue asesinado en la batalla de Guadualito, al finalizar la Guerra de los Mil Días. Como guerrillero acabó sus años, quien había intercambiado con su amigo, en las calles de Bogotá, un libro.

### Darwin en las tertulias

A partir de los años ochenta el darwinismo ha tenido una amplia dispersión en múltiples foros oficiales y oficiosos de la sociedad colombiana. Entonces resulta de buen tono citar a Darwin y Spencer en ciertos círculos académicos y artísticos, dedicarles poemas, hacer coplas y versos. En periódicos y libros, tanto como en la conversación y la correspondencia, resulta común emplear expresiones como "lucha por la supervivencia", "concurrencia vital", "selección natural", "supervivencia de los más aptos"; los más afectados lo dicen en inglés, y así llega a ser común referirse al **struggle**. Los más osados acuñaron el anglicismo **strugliforlíferos**(!?), para referirse a los que se ocupaban de la cotidiana subsistencia, sin dejar apenas tiempo para otras actividades menos prosaicas.<sup>77</sup>

En una "novela corta" escrita por Enrique Cortés en 1879, imagina una sociedad secreta llamada "penetralia", "que se ocupa en escudriñar los más hondos misterios del espíritu humano". Sus socios, escribe

<sup>76</sup> Sólo estamos parafraseando a Ludwik Fleck, que ya en 1935 examinaba estos procesos colectivos del pensamiento (Fleck, 1986). Sobre la reflexividad en la ciencia, véase: Woolgar, 1991. (El lector está en lo cierto. Ya estamos enredados en nuestra propia trampa l)

<sup>77</sup> Véase la expresión en una carta que le dirige en 1892, José Asunción Silva (1979: 403-404) a Rafael Uribe Uribe.

con ironía, se dedican a estos asuntos "casi tan en serio como toman los miembros de la Academia colombiana su trascendental y laboriosa misión". Sus temas de estudio abarcan los campos de la religión, la metafísica, la fisiología, la sociología, la moral y la política: "Por de contado el sistema darwiniano de la evolución, ocupa una gran parte de sus meditaciones". El relato se titula "El hijo del amor", una historia que narra en la sociedad secreta el "doctor X", como ilustración de la disertación que presentó esa noche ante los socios, titulada: "Sobre el papel del amor en la evolución de la raza humana" (1896: 148-162, v. 1).

En una recopilación de poesías publicada en 1885 con el título de *La lira nueva*, varios poemas aluden al "progreso", a los nuevos medios de comunicación ("El telégrafo") y, por supuesto, a los científicos: a la memoria del Francisco José de Caldas, Giordano Bruno y Darwin... Emilio Antonio Escobar, quien también escribiría un texto sobre el origen de los americanos y otro sobre la probabilidad de la venida de una emigración egipcia a América, es el autor del siguiente poema:

A Carlos Darwin

Gigante de la ciencia redentora,  
Atleta del humano pensamiento,  
Oh Darwin! tú que con robusto aliento  
Del hombre escribes la primera hora!

Ya el Adán mitológico no llora  
Del Paraíso el triste alejamiento;  
Y fuerte el hombre y de verdad sediento  
Mira el Edén en el futuro ahora.

Nuevo Moisés, tu génesis bendito  
Es de una luz revelación sagrada,  
Que en sus obras sin fin Natura ha escrito.

Ruede en el polvo el religioso mito:  
El progreso es el fin de la jornada  
Del átomo impalpable á lo Infinito!<sup>78</sup>

Ya mencionamos el "Diálogo científico. La electricidad y la vida. Un materialista y un católico", del cual podemos leer algunos extractos:

C: La ciencia de los voltas proclama que es origen  
De esos arcanos físicos la eléctrica tensión.

M: Idénticas corrientes la evolución dirigen  
De mil raros fenómenos que ve la creación.

(...)

M: ¿Acaso á los católicos vedado está ese fruto  
Del árbol de la ciencia que ofrece el Creador?

C: La que es con tanta experiencia  
De la vida el gran misterio  
Hoy día bajo el imperio  
Debiera estar de la ciencia.  
Es el problema que ofrece  
Mas frecuentes desengaños

Y después de tantos años  
Cada vez más se oscurece.

(...)

M: ¿La célula? Aunque mal cuadre  
Muy pronto hará nuestro agente  
Aquese ínfimo viviente  
Cual si naciera de padre.  
Y si las fuerzas vitales  
De la célula creamos,  
De seguida penetramos  
En las vidas animales.

C: ¡Qué ilusión! Todos mis nervios  
De compasión se me excitan  
Al oír que triunfo gritan  
Los científicos soberbios.<sup>79</sup>

(...)

El mismo espíritu polémico, idénticos argumentos hemos visto ya en la academia, los discursos, las tesis. Otros autores escribieron poemas o citaron frecuentemente a Darwin y Spencer en sus textos literarios. Tal vez son conocidas las constantes referencias que hace José María Vargas Vila, bien para sazonar sus ideas con referencias científicas o para atacar con saña, como sólo él sabía hacerlo: "mono cargado de adverbios", escribe sobre Caro... Un poema más conocido es el de Carlos Arturo Torres, titulado "La Abadía de Westminster", que naturalmente dedica unas buenas líneas a Darwin y a Spencer.

#### ¿Evolución o revolución? (o cómo tumbar al régimen)

Sin duda "el darwinismo se presentaba como prueba científica, en el reino natural, de las leyes que Spencer formulaba para el dominio social" (Restrepo, 1993: 270). ¿Pero exactamente cuáles eran estas leyes y qué acción práctica podía derivar el liberalismo de ellas? A finales de siglo los liberales debaten fuertemente cómo recuperar el poder y cómo actuar frente a la hegemonía del partido conservador. En la convención de 1897, los liberales se dividen entre evolucionistas y no evolucionistas. Partidarios los primeros de llegar a acuerdos electorales con el presidente Caro y los segundos de no entrar en componendas con los nacionalistas. La cuestión estuvo a punto de llevar a un duelo. "Eliminada la solución evolucionista", todo terminó en abrazos y los contrincantes "reanudaron su vieja amistad, empezada en el Colegio de San Bartolomé". Excluidos de toda participación en el congreso y el gobierno, sancionada la prensa, continúa pendiente la posición que deberán asumir los liberales. A finales de 1898 se han perdido las esperanzas de legitimar la participación liberal en las elecciones. El debate es ahora intenso. Unos aconsejan lanzarse nuevamente a la guerra. ¿Otra más? ¿Cómo puede un evolucionista serio proponer una revolución? --dicen los pacifistas. Aún los dementes intervienen en el asunto. Un contemporáneo cuenta que "el loco Arias" gritaba por las calles: "el partido liberal no subirá al poder

<sup>78</sup> Escrito en 1883, recopilado en: Rivas Groot, (1886): 49-50.

<sup>79</sup> Ortiz, 1893: 69, 72, 73, 74, 76.

por **revolución** ni por **evolución**, sino por **invitación**" (Rodríguez Piñeres, 1985: 49-50, 33, 28).

Antiguos alumnos de la Universidad Nacional y el Externado Rafael Uribe Uribe y Carlos Arturo Torres se acusan, recíprocamente, de ser "falsos evolucionistas", "filósofos fáciles", "cientistas ligeros" "diletantes científicos" o "diletantes políticos"; unos dicen que los otros difunden un "Spencer adulterado" (Uribe Uribe, 1898). ¿Cómo podían hacerse a un lado estas cuestiones fundamentales? Imposible, decía Torres, si "constituyen la base de los estudios filosóficos que el liberalismo, proscrito, ha propagado en sus cátedras" (Torres, 1898). En este caso no habrá reconciliación. El debate se lleva a cabo en los periódicos: Uribe dirige *El Autonomista* y Torres *La Crónica* y *La Opinión Pública*; Lucas Caballero "un spenceriano integral" publica *El Diario* (Rodríguez Piñeres: 1985, 149). ¿Cómo podía ser de otro modo? Se decide, nada menos, que el comienzo de la guerra más devastadora de cuantas ha habido en Colombia: la de Los Mil Días, o de los Tres Años: aunque nada hacía pensar entonces que fuera a durar tanto.

Todos los caminos conducen al mismo tema. Uribe publica un artículo titulado "Los peces de Amatitlán".<sup>80</sup> Ha estado en México. En aguas termales "donde brota el manantial en borbotones" ha visto unos "peces rarísimos, que acaso se nutren de algún producto mineral, pues mal pueden encontrar en ese paraje residuos vegetales ni animales". Se trata de un "caso patente de selección, confirmatorio de las hipótesis de la escuela transformista". Cerca de allí, en el lago, nadan otros peces que morirían en el agua hirviendo. Ambos proceden de un tronco común. Seres intermediarios existirán, o habrán existido, entrambos. Seres que pueden tomar la vía del agua fría o de la caliente, ya que no vale "decir que la obra de la naturaleza es progresiva y que no retrocede en su curso". La misma ley vale para otras especies animales, para las razas humanas y las clases sociales: "entre la flor y la hez de las sociedades existe una clase media, promedio de los defectos y cualidades comunes, y término de contacto y confusión de las otras dos, en lo mental, en lo moral, en lo económico, en las costumbres y relaciones y aun en el cruzamiento de razas". Todo es gradual en la naturaleza: "por los mismos pasos ascienden los pueblos del valle oscuro de la servidumbre a las doradas cumbres de la libertad, ó descienden tristemente en dirección contraria". Uribe toma su espacio para desarrollar los argumentos y por fin llega al punto. La libertad de una nación no se debe "atrapar de súbito", como no se puede trasladar de un medio a otro a un ser que ha vivido en condiciones opuestas: "Pero si el pueblo ganó una vez la libertad por propio esfuerzo, y es de ella privado con violencia, violentamente debe y le conviene recuperarla cuanto antes, so pena de entrar en la región de la decadencia, del raquitismo y de la muerte (...) porque está entre las leyes más elementales de la naturaleza castigar con la pérdida de la facultad la cesación voluntaria de la función". De los peces de Amatitlán se desciende (¿o asciende?) gradualmente a justificar la guerra contra el gobierno.

Torres contesta.<sup>81</sup> "El diletantismo científico es uno de los rasgos característicos de las nuevas generaciones". Uribe no recuerda las lecciones del "sabio doctor Vargas Vega en su clase de Biología en los inolvidables claustros de San Bartolomé". Discutir "el concepto que se tiene de la teoría evolutiva" no es cosa de poca monta, dice Torres, porque "él nos da la clave no sólo de la índole o conclusiones del artículo en referencia, sino de toda una tendencia mental y aun de una escuela política". Para combatirla nada mejor que señalar sus equivocaciones. Primer error: "es una interpretación ligera y apasionada de la doctrina del insigne naturalista inglés" afirmar que "Darwin haya dicho en parte alguna de sus obras que el hombre desciende del mono". Parte de su estrategia consiste en mostrarse mejor informado. Cita a Darwin, Haeckel, Le Bon, Carl Vogt, Hartman, Schmidt y Perrier. Segundo error: "hacer de la hipótesis de la selección natural y de la evolución orgánica una sola y misma cosa". Por una vez, a alguien le interesa deslindar muy bien los campos. Torres se declara partidario de la "ley de la evolución (...) esta ley soberana [que] no es una utopía, como no lo son la sociología y la ciencia política, sus consecuencias más avanzadas". En su criterio sólo falta que sus "nociones más elevadas y sus generalizaciones más amplias lleguen a ser patrimonio de todas las inteligencias" para que por fin "el respeto y la tolerancia" sucedan a "la persecución y al despotismo". Torres culmina el texto con una característica fundamental de su ideario. La educación de las élites como elemento de progreso "las modernas concepciones científicas, difundidas en la atmósfera intelectual, han de modificar la literatura y la ciencia. Aprovechemos todas las ocasiones para propagarlas: ellas dan al criterio político su más firme cimiento y nos enseñan á tener más fe en el progreso y en la libertad".

En dos nuevos artículos, Uribe concluye que el **diletanti** es Torres. "No recordamos en qué lugar de las obras de Herbert Spencer pudiera hallarse semejante principio: **hay pueblos civilizados que no merecen ser libres; el que se deja arrebatar la libertad, es porque no la merece**". Esta mala interpretación de Spencer llevaría al "fatalismo turco, al enervamiento indio, a la negación de la voluntad humana". ¿De dónde sacaría Torres tales ideas, acaso de Renán?<sup>82</sup> Lo acusa de interpretar mal "el positivismo y el experimentalismo". Su obra no es más que "un falsamiento inadmisibles de la ciencia, de las ideas modernas y del adelanto de los estudios históricos y naturales, para sacar conclusiones en favor de la pasividad política".<sup>83</sup>

El público que sigue atentamente los argumentos expuestos en "Los peces de Amatitlán", el "Diletantismo Científico", el "Diletantismo Político" y "Los Falsos

<sup>81</sup> «Diletantismo Científico», *La Crónica* (Bogotá), Año II, No. 411; nov., 27, 1898. También reproducido (aunque recortado en la última parte) en: Carlos Arturo Torres. *Estudios varios*. Bogotá: Editorial ABC, 1951. pp. 245-257.

<sup>82</sup> «Diletantismo Político», *El Autonomista* (Bogotá), Serie III, No. 61; dic., 1, 1898.

<sup>83</sup> «Los falsos evolucionistas», *El Autonomista* (Bogotá), Serie III, No. 68; dic., 10, 1898.

Evolucionistas", sabe cuanta maña se dan los articulistas para burlar las censuras del gobierno, que no duda en cerrar periódicos, encarcelar o desterrar editores. También saben los lectores que las ideas se ponen en obra. Muchos se alistan para la guerra...

Es claro que dentro del liberalismo se ha dado una gran dispersión de las ideas darwinistas y las leyes generales de la evolución. En la fragmentación política, los bandos enfrentados apelan, cada uno, a la legitimidad que les da el mayor dominio que tienen sobre las leyes naturales y sociales. De la correcta interpretación de las teorías científicas se desprende, argumentan unos y otros, que se tomen las acciones políticas adecuadas. Naturalmente los dos bandos dicen poseer el saber preciso, el conocimiento profundo. Fuera del número de sus seguidores, no están en capacidad de demostrarlo.

### Comentarios finales (¿A modo de conclusión?)

Como ocurrió en otros países latinoamericanos, el control secular de la educación fue fundamental en Colombia para la difusión del positivismo y para la inicial aceptación de las ideas darwinistas.<sup>84</sup> Sin embargo, probablemente en mayor medida que en otros países latinoamericanos, el universitario fue casi el único foro oficial de las polémicas. En la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia, fundada en 1867, como parte del programa del nacionalismo liberal de crear una cultura común, homogénea y centralizada para una élite fragmentada regional y políticamente, se dictaron las primeras cátedras en que se habló de la teoría de la evolución por selección natural. Allí los estudiantes de ciencias naturales, muy débilmente, y con mayor intensidad los de literatura y filosofía, y derecho, se hicieron partidarios decididos de las teorías de la evolución, igual que los alumnos del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Del mismo modo, durante los gobiernos conservadores que se iniciaron con el triunfo de la Regeneración en 1886, en los centros educativos oficiales se formaron, con pocas excepciones, opositores decididos del darwinismo y las teorías de la evolución, que en las universidades privadas radicales, se estudiaban con verdadero fervor.

Otros foros oficiales no tuvieron igual fuerza, por dos razones. En primer lugar, no se dio en ellos rechazo o aceptación explícita --en términos de Latour-- del darwinismo; segundo, no se definió al calor de esta polémica, la diferenciación de una nueva profesión académica ni la institucionalización de un papel social para la ciencia o de una disciplina científica, en cuanto implica aceptación social de una actividad que se rige por sus propios valores, normas y cánones metodológicos, diferentes de los que se aplican en otras instituciones como la religión, la política, la economía (Ben-David 1974: 99).

Los naturalistas incluyeron muy lentamente el darwinismo en su programa de trabajo, aunque lo ense-

ñaron en sus cátedras. Por lo demás, eran un grupo aún demasiado frágil para intentar diferenciarse de los médicos que con muy pocas excepciones fueron reacios a aceptar el darwinismo. Los casos excepcionales como el de Carrasquilla y Vargas Vega, manifiestan las tensiones entre la comunidad médica y algunas disciplinas científicas que se integran o surgen dentro de ella. Los abogados encontraron en las teorías de la evolución y en el darwinismo un discurso científico que, en cuanto tal, proclamaban superior, objetivo y neutral, y ajeno al control de la Iglesia y sus intelectuales. Estos, a su vez, cuestionaron un discurso de la ciencia que pretendía dejar sin objeto social y sin relevancia política a la filosofía-metafísica, toda vez que la sociología, la psicología, la antropología quedaban por fuera de su dominio. En la polarización del debate este fue un elemento esencial. Las condiciones políticas eran favorables a los segundos y en gran medida, al lograr revertir el proceso de secularización, les dieron el triunfo.

Asociada con la discusión del darwinismo y las teorías de la evolución hay una tentativa de diferenciar la sociología, la antropología y la psicología como nuevos saberes, aunque no conducen a la formación de una profesión académica: forman parte del arsenal de conocimientos principalmente de los abogados, pero también de los ingenieros y los médicos. La relación que se daba entre los naturalistas y los médicos presenta analogías con la que empiezan a desarrollar sociólogos y antropólogos con los abogados.

Las vías de llegada de las ideas darwinistas fueron las obras del propio Darwin; primero, en ediciones francesas, más tarde en inglés y en traducciones al castellano. Otro tanto ocurrió con las de Spencer, Haeckel y Huxley. Los críticos franceses del darwinismo fueron más leídos que los españoles. Se citaron frecuentemente revistas como *Revue des deux Mondes* y la *Revue scientifique*, de donde se extractaron y tradujeron muchos artículos; también fueron conocidos varios darwinistas sociales y pedagogos norteamericanos. Si bien pocos extranjeros participaron en la difusión de las ideas darwinistas o el positivismo en Colombia, donde no hubo un proceso importante de inmigración, varios de los difusores habían viajado a Europa y los Estados Unidos.

El papel central de los foros oficiales, en particular la prensa política y las conferencias para el público general, muestra claramente el sentido de los debates, fuertemente asociados con cuestiones como la secularización de la educación pública, el orden social y el progreso, la relación entre religión y ciencia, la estrategia política del partido liberal en la oposición. En este contexto amplio es natural que los antagonistas no hayan creado condiciones específicas para dirimir una cuestión científica: con muy pocas excepciones, no hay reglas acatadas por todos, protocolos para evaluar argumentos y pruebas ni jueces autorizados que tomen la última decisión. Acaso los únicos criterios unánimemente aceptados son la corrección estilística y gramatical y la coherencia real o supuesta de los intérpretes colombianos con las fuentes europeas de donde extraen sus teorías, hipótesis y argumentos. No es extraño o fuera de lugar que este sea un elemento esencial en las polémicas.

<sup>84</sup> Pensamos, particularmente, en los casos de México, Venezuela, Argentina, pero también en España, tratados en Glick, 1982, 1992; Moreno, 1984; Ortíz, 1984.

## Bibliografía

- Arias de Greiff, J. 1993. *La astronomía en Colombia*. Santa Fe de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (Colección Enrique Pérez Arbeláez, No. 8). 196p.
- Becerra Ardila, D. y Amaya, J. A. 1984. *Historia de la química en Colombia*. Bogotá: Documento elaborado para el Proyecto Historia Social de las Ciencias, COLCIENCIAS, Sociedad Colombiana de Epistemología. Bogotá: Marzo. Multicopiado. 56p.
- Bejarano, J. A. 1985. *Economía y poder. La SAC y el desarrollo agropecuario colombiano. 1871-1984*. Bogotá: CEREC. (Serie Historia, No. 1). 392p.
- Barnett, S. A. 1985. *Un siglo después de Darwin*. 5a. ed. Traducido por Faustino Cordón. Madrid: Alianza. (El libro de bolsillo, No. 25) 2v.
- Ben-David, J. 1974. *El papel de los científicos en la sociedad*. México: Trillas. 247p.
- Biblioteca filosófica del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. 1883-1884. Una recopilación de textos para uso de los estudiantes, traducidos por Manuel María Madieto. Incluye, entre otros: obras de Bentham, Segismund Zaborowski (con apéndices de Faber y Férrière), Robinet, G. H. Lewes. Bogotá: Imprenta de Medardo Rivas; Imprenta de Zalamea Hermanos (el de Bentham).
- Bloor, D. 1991. *Knowledge and Social Imagery*. Second Edition. Chicago and London: The University of Chicago Press. 203p.
- Bohlin, I. 1991. "Robert M. Young and Darwin Historiography". *Social Studies of Science* (SAGE, London, Newbury Park and New Delhi), 21(4): 597-648. Nov.
- Burrow, J. W. 1966. *Evolution and Society. A study in victorian social Theory*. Cambridge: Cambridge University Press. 294p.
- Calvo, S. 1892. *El evolucionismo en su aspecto físico, psicológico, moral y político*. Bogotá: Imprenta de La Luz. 83p.
- Camacho Roldán, S. 1983. *Escritos varios*. Bogotá: Editorial Incunables. 3v.
- Caro, M. A. 1962. *Obras completas*. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. (Clásicos colombianos IV). v. 1.
- Carrasquilla, R. M. 1956-1961. *Obras completas*. Recopiladas por Monseñor José Eusebio Ricaurte. Bogotá: Empresa Nacional de Publicaciones, Imprenta Nacional. 5 t., en 6 v.
- Colombianos contemporáneos. Los poetas*. 1886. [José Rivas Groot (ed.?)] Bogotá: Imprenta de Medardo Rivas. 417p.
- Cortés, E. 1896. *Escritos varios*. París: Imprenta Sudamericana. 2v.
- Cortés, S. 1904. *Monografía de las leguminosas, é introducción al estudio de la Flora de Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Crowson, R. A. 1985. "Darwin y la clasificación". En: Barnett, 1985: 27-59, v. 2.
- Cuervo Márquez, E. 1891. *Estudio sobre el sistema evolucionista, por ---, obra honrada con el primer premio en el concurso filosófico del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*. Bogotá: Imprenta "La Luz". 73p.
- . 1935. *José Asunción Silva. Su vida y su obra*. Lectura hecha en la Sorbona de París (Anfiteatro Michelet) en la noche del 23 de mayo de 1935, ante selecto y numeroso auditorio. Amsterdam: Editorial "De Faam". 49p. Reproducido en: José Asunción Silva. *Poesía y prosa*; con 44 textos sobre el autor Edición a cargo de Santiago Mutis Durán y J. G. Cobo Borda. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura, 1979. (Biblioteca Básica Colombiana, No. 40) pp. 487-512.
- Darwin, C. [1859] 1981. *The Origin of Species*. Bungay, Suffolk: Penguin Books. 476p.
- Delpar, H. 1994. *Rojos contra azules. El partido liberal en la política colombiana 1863-1899*. Traducido por Alvaro Bonilla Aragón. Santa Fe de Bogotá: Tercer Mundo Editores. 550p.
- Díaz-Piedrahita, S. (ed.) 1991 *José Jerónimo Triana: su vida, su obra y su época*. Bogotá: Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Colección Enrique Pérez Arbeláez, No.5). 186p.
- Díaz-Piedrahita, S. y A. Lourteig. 1989. *Génesis de una flora*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (Colección Enrique Pérez Arbeláez, No. 2). 334p.
- Drouin, J.-M. 1991. "De Linneo a Darwin: los viajeros naturalistas". En: Serres, Michel. (ed.) *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra. pp. 363-379.
- Escobar, J. I. 1875. *Discurso pronunciado en la Universidad Nacional en la distribución de premios*. Bogotá: Imprenta de Rivas. 16p.
- Espinosa, I. V. [1891]. 1910. *Filosofía Experimental. Extracto de las doctrinas filosóficas de Herbert Spencer*. Bogotá: Imprenta de Lleras y Cía. Se cita la edición de 1910. 87p. La Universidad Externado de Colombia publicó en 1986 una edición facsimilar de esta obra.
- . 1893. *El positivismo*. Bogotá: Imprenta de Torres & Cia. 47p.
- . 1895. *Bases positivas del liberalismo*. Bogotá: Imprenta de Torres Amaya. 115p.
- Fleck, L. 1986. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial. (Alianza Universidad, No. 469). 200p.
- Fichman, M. 1984. "Ideological factors in the dissemination of Darwinism in England 1860-1900." In: Mendelsohn, Everett (ed.) *Transformation and Tradition in the Sciences. Essays in Honor of I. Bernard Cohen*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 471-485.
- Galera Gómez, A.; Puig-Samper Mulero, M. A. y F. Pelayo López. 1984. "El darwinismo en la Sociedad Antropológica española". En: Hormigón, 1984: v. 1, pp. 389-402.
- Glick, T. F. 1982. *Darwin en España*. Barcelona: Ediciones Península. 122p.
- . 1984. "Perspectivas sobre la recepción del darwinismo en el mundo hispano". En: Hormigón, 1984: 49-64.
- . 1992. "El impacto del darwinismo en la Europa mediterránea y en Latinoamérica". En: Lafuente, Antonio y Sala Catalá, José. (eds.) *Ciencia colonial en América*. Madrid: Alianza Editorial. (Alianza Universidad No. 710). pp. 319-350.
- Guzmán, C. C. 1883. *Curso de filosofía experimental, traducida y compilado por ---*. Bogotá: Imprenta de Medardo Rivas. 502p.
- Hale, C. A. 1991. "Ideas políticas y sociales en América Latina". En: Bethell, Leslie. ed. *Historia de América Latina. 2. América Latina colonial: Europa y América en los siglos XVI, XVII, XVIII*. Barcelona, Cambridge University Press: Editorial Crítica. pp.3-64.
- Helg, A. 1987. *La educación en Colombia 1918-1957. Una historia social, económica y política*. Bogotá: Fondo Editorial CEREC, 334p.
- Hodge, M. J. S. 1990. "Origins and Species Before and after Darwin". In: Olby, Robert Cecil; Cantor, G. N.; Christie J. R. R. and Hodge, M. J. S., (eds). *Companion to the History of Modern Science*. London: Routledge. pp. 374-395.
- Hormigón, M. (ed.) 1984. *Actas II Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*. Zaragoza: Sociedad Española de Historia de las Ciencias. 3v.
- Iregui, A. J. 1898. *Fundamentos científicos de una reforma docente en Colombia*. Conferencia dictada en la Sociedad Colombiana de Jurisprudencia la noche del 30 de abril de 1898. Bogotá: Imprenta de "La Crónica". 95p.
- . 1919 *Ensayo biográfico. Salvador Camacho Roldán. Síntesis histórica de las ideas, sentimientos y sucesos notables de mediados a fines del siglo XIX, y perspectivas del siglo XX en Colombia, por ---, miembro de número de las academias colombianas de historia y de jurisprudencia, y correspondiente de las de legislación y jurisprudencia de Madrid y Barcelona*. Bogotá: s. n. 224p. se reimprimió con el título de "Salvador Camacho Roldán". En: *Colombianos ilustres (estudios y biografías)*. Bogotá: Imprenta de San Bernardo, 1929. v.3, pp. 1-224.

- Isaacs, J. [1884]. 1983. *Las tribus indígenas del Magdalena*. 3a ed. Bogotá: Editorial Incunables. Edición original en *Anales de Instrucción Pública en los Estados Unidos de Colombia* (Bogotá), 8(45): 177-352. En esta edición están reproducidas las planchas.
- Jaramillo Uribe, J. 1964. *El pensamiento calambiano en el siglo XIX*. Bogotá: Editorial Temis. 464p.
- Latour, B. 1991. "Pasteur y Pouchet: heterogénesis de la historia de las ciencias". En: Michel Serres (ed.). *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra. pp. 477-501.
- López López, H. 1989. *Contribución de los lasallistas a las ciencias naturales en Colombia*. Bogotá: Fondo FEN Colombia. 298p.
- Loy, Jane Meyer [Rausch, Jane Meyer]. 1969. *Modernization and Educational Reform in Colombia, 1863-1886*. Tesis Ph. D. Hist. University of Wisconsin. Publicada en castellano como: Rausch, Jane M. *La educación durante el federalismo. La reforma escolar de 1870*. Traducción de María Restrepo Castro. Santafé de Bogotá: Instituto Caro y Cuervo, Universidad Pedagógica Nacional. 228p. (Serie: Educación y Desarrollo, No. 1). Se cita la copia de la versión en inglés, 216p.
- Molina, G. 1978. *Las ideas liberales en Colombia 1849-1914*. 5a ed. Bogotá: Ediciones Tercer Mundo. t. 1.
- Mora, L. M. 1972. [1936] *Croniquillas de mi ciudad*. Bogotá: Banco Popular (Biblioteca Banco Popular, No. 37). 355 p.
- Moreno, R. 1984. *La polémica del darwinismo en México. Siglo XIX*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 384p.
- Núñez, R. 1945-46. *La reforma política*. Bogotá: Biblioteca popular de Cultura Colombiana. 7 tomos. (Es una colección de artículos publicados en diferentes periódicos entre 1881 y 1892).
- Obregón, D. 1992. *Sociedades científicas en Colombia: La invención de una tradición 1859-1936*. Bogotá: Banco de la República. 341p.
- . 1992a. "Luis López de Mesa y Monseñor Ismael Perdomo. La tempestad de la sardina". *Revista Credencial Historia* (Bogotá), (31): 12-14, jul.
- Ortiz, E. 1984. "La polémica del darwinismo y la inserción de la ciencia en Argentina". En: Hormigón, 1984: 89-108.
- Ortiz, L. 1893. *La vida: Disertación científica de R.P.---- (S.J.), profesor de literatura en Colegio Nacional de San Bartolomé*. Bogotá: Imprenta de la Luz. 82p.
- Ospina, P. 1939. *Diccionario biográfico y bibliográfico de Colombia*. Bogotá: Editorial Aguila Colombiana. 3v.
- Parsons, T. 1967. *The Structure of Social Action*. New York: The Free Press. 817p.
- Pennini de Vega, H. 1984. "Darwin en la Argentina". *Quipu; Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología* (México), 1(1): 119-132. Ene.-Abr.
- Pruna, P. M. 1984. "La recepción de las ideas de Darwin en Cuba, durante el siglo XIX". *Quipu; Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología* (México), 1(2): 369-389. Sep.-Dic.
- Quatrefages, A. 1870. *Charles Darwin et ses précurseurs français, étude sur le transformisme*. Paris: Germeir Baillière. 378p.
- Radl, E. M. [1905-1909]. 1988. *Historia de las teorías biológicas*. 1. Hasta el siglo XIX. 2. Desde Lamarck y Cuvier. Madrid: Alianza Editorial. (Alianza Universidad, Nos. 553-554). 2v.
- Ramírez B., R. 1920. *Elocuencia colombiana*. Bogotá: Arboleda & Valencia. 371p.
- Ramírez, S. 1898. *La filosofía positivista*. Tesis para optar al título de doctor en filosofía y letras. Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Bogotá: Imprenta de vapor de Zalamea Hermanos. 98p.
- Rico, E. 1971. "El fundodor". *Revista Nacional de Agricultura* (Bogotá), (784): 20-32, 15 dic.
- Restrepo Forero, O. 1991. "Sociedades de Naturalistas: la ciencia decimonónica en Colombia". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Bogotá), 18(68): 53-64. May.
- . 1993. "Naturalistas, saber y sociedad en Colombia". En: *Historia social de las ciencias. Tomo 3. Historia natural y ciencias agropecuarias*. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores. 459p. [Restrepo, pp. 13-327]
- Rodríguez Piñeres, E. [1945]. 1985. *Diez años de política liberal, 1892-1902*. 2a. ed. Bogotá: Editorial Incunables. 222p.
- Röthlisberger, E. 1963. *El Dorado. Estampas de viaje y cultura de la Colombia suramericana*. Traducción de Antonio de Zubiaurre. Prefacio de Walter Röthlisberger. Bogotá: Banco de la República. (Archivo de la Economía Nacional, No. 26). 461p.
- Suárez, M. F. 1958. *Obras completas*. Bogotá: Instituto Caro y Cuervo. (Clásicos Colombianos, III) v. 1.
- Torres, C. A. [1910] 1944. *Idola fori*. Bogotá: Editorial Kelly. 230p.
- . 1951. "Dilettantismo científico". En: ----- *Estudios varias*. Bogotá: Editorial A.B.C.
- Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Sociología. 1982. *Cien años de la sociología en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional. 83p.
- Uribe, J. A. [1912]. 1985. *Cuadros de la naturaleza*. Medellín: Ediciones Gráficas. (Ediciones Autores Antioqueños No. 17) 418p.
- Uribe Uribe, R. [1908]. 1955. *Por la América del Sur*. Bogotá: Editorial Kelly. 2v. (Biblioteca de la Presidencia de la República).
- Vergara, L. F. 1897. *El positivismo y la metafísica*. Bogotá: Imprenta Nacional. Tesis, Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. 81p.
- Vezga, F. 1971. [1860] *La Expedición Botánica*. Esta edición contiene: "Botánica indígena". "La Expedición Botánica". "La botánica desde 1816 hasta 1859". Cali: Carvajal. 263p.
- Woolgar, S. (ed.). 1991. *Knowledge and Reflexivity. New Frontiers in the Sociology of Knowledge*. London: SAGE. 214p.

# LOGICA DE LOS HACES DE ESTRUCTURAS

por

Xavier Caicedo F.\*

## Resumen

Caicedo, X.: Lógica de los haces de estructuras. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **19** (74): 569-586, 1995. ISSN 0370-3908.

Se exponen los principios de una lógica de estructuras e individuos variables o extendidos utilizando como modelos naturales los haces fibrados sobre espacios topológicos. La teoría de modelos resultante, caso particular de la lógica de los topoi, revela interesantes conexiones entre lógica y geometría. En este contexto, se presenta una noción de estructura genérica sobre un haz que ilumina las relaciones entre la lógica intuicionista y la clásica, y unifica los resultados fundamentales acerca de la construcción de modelos de la lógica de primer orden, la lógica infinitaria y la teoría de conjuntos.

## Abstract

Utilizing sheaves over topological spaces as natural models, we expose the principles of a logic of extended and variable structures. The resulting model theory, particular case of the logic of topoi, reveals interesting connections between logic and geometry. In this context, we present a notion of generic structure over a sheaf which illuminates the relations between intuitionistic and classical logic, and unifies the fundamental results of first order logic, infinitary logic, and set theory on model construction.

*No se da algo así como  
la naturaleza en un instante...*

A. N. Whitehead. El concepto de Naturaleza.

## Introducción

La noción de haz sobre un espacio topológico ha jugado un papel fundamental en el Análisis Complejo, la Geometría Diferencial y la Geometría Algebraica desde su introducción en los años cuarenta por Leray, Cartan y Lazard. En el contexto de los traba-

jos de la escuela francesa de Geometría Algebraica de la postguerra dedicados a demostrar las conjeturas aritméticas de Weil, generalizó Grothendieck la noción de haz y nos enseñó que es posible rehacer en la categoría de todos los haces sobre un *sitio* (hoy un *topos de Grothendieck*) las construcciones familiares de la categoría de los conjuntos clásicos. Motivado en gran parte por las ideas de Grothendieck, y gracias a la visión de Lawvere, Tierney, Joyal, Freyd, Reyes, y otros categoristas formados en la escuela norteamericana de Eilenberg y Mac Lane, ha salido a la luz el hecho fundamen-

\* Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Departamento de Matemáticas, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

tal de que los haces pueden verse como "conjuntos variables" los cuales obedecen una lógica intrínseca propia, y que las categorías de haces constituyen universos alternos cada uno de los cuales permite hacer una matemática heterodoxa que ilumina y enriquece a la clásica. La lógica binaria del universo de los conjuntos clásicos se reduce al caso especial en que la variación es nula. Las leyes formales de esta lógica coinciden con las de la Lógica Intuicionista, propuesta por los matemáticos holandeses Brouwer y Heyting en el primer tercio de este siglo como alternativa crítica a la lógica Fregeana y a los fundamentos Cantorianos de las matemáticas hoy imperantes. Cada espacio topológico o, más generalmente, cada "sitio" induce en sus haces una lógica intermedia entre el intuicionismo y la lógica clásica cuyas leyes reflejan sus propiedades geométricas. La introducción del concepto de *topos elemental* por Lawvere y Tierney permite generalizar estos fenómenos a universos más abstractos. En este contexto, los resultados de consistencia e independencia de Cohen en teoría de conjuntos han sido reinterpretados como la construcción de ciertos topos que "colapsan" luego a universos clásicos por medio de operaciones lógico-geométricas. Los modelos booleanos de la teoría de conjuntos y los modelos Heyting-valuados de Fourman y Scott son haces sobre álgebras booleanas y de Heyting, respectivamente. Macintyre y otros han utilizado en forma muy limitada los haces sobre espacios booleanos en la teoría clásica de modelos.

Quizás el abstruso aparato categórico con que se han presentado generalmente estas ideas en la literatura ha hecho que matemáticos y lógicos no les hayan prestado la atención debida, y que sus posibles aplicaciones permanezcan en gran parte inexploradas. Exponemos en este trabajo los fundamentos de la lógica de los haces sobre espacios topológicos sin suponer conocimientos preliminares acerca de teoría de categorías, intentando justificarla desde una perspectiva epistemológica. El caso de los haces topológicos es ya suficientemente rico como para permitir las aplicaciones lógicas y matemáticas más interesantes, y para que el lector pueda adentrarse en posteriores generalizaciones categóricas a los topos de Grothendieck y los topos elementales. Introducimos en este contexto una teoría de modelos genéricos sobre haces que ilumina las conexiones entre lógica intuicionista y lógica clásica, y unifica los resultados fundamentales de la teoría de modelos (completitud, compacidad, omisión de tipos, propiedades de ultraproductos) y las diversas aplicaciones del método de "forcing" dispersas en la literatura (independencia en teoría de conjuntos, forzamiento de Robinson, etc.)

### § 1. Objetos variables y extendidos.

Los objetos y acontecimientos del mundo se presentan extendidos en el tiempo y el espacio. Esta observación es evidente con respecto a los objetos macroscópicos de la experiencia cotidiana, pero vale igualmente para los objetos de las teorías físicas incluyendo las partículas subatómicas cuya vida y dimensiones pueden ser muy cortas pero no reducirse a un solo punto es-

pacio-temporal. Podría discutirse de ciertas partículas como el fotón o el neutrino si poseen una extensión espacial o no, pero toda partícula considerada por la Física posee una extensión temporal, su "vida", que es inmensa para las mencionadas partículas o del orden de  $10^{-20}$  segundos para ciertos mesones, pero nunca se reduce a un solo instante. Obsérvese que aun los acontecimientos mentales, sin clara extensión espacial, parecen poseer un extensión temporal positiva.

De la misma manera, las propiedades y atributos de los objetos deben estar presentes en toda una región de su extensión espacio-temporal para poder ser detectados. Los acontecimientos puntuales e instantáneos de nuestros modelos físico-matemáticos del mundo parecen ser límites ideales de acontecimientos extensos y no verdaderos fenómenos naturales, como bien ha observado Withehead (1920) en su reconstrucción conceptual de la naturaleza. Sin embargo, no parecen haber advertido los filósofos de la física que al llevarse a sus últimas consecuencias esta localización puntual de los fenómenos, las leyes lógicas clásicas pueden perder su validez. Consideremos como ilustración de lo dicho las propiedades de una hoja de papel dividida en dos regiones complementarias, una totalmente blanca y otra totalmente negra, un típico objeto extendido (fig. 1):

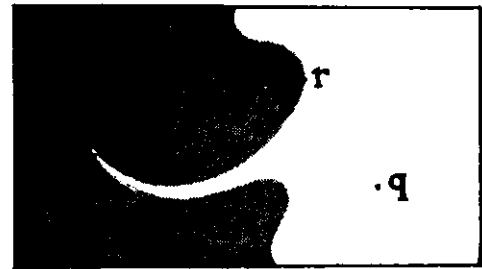


Figura 1

Ante las preguntas: ¿es negra o no la hoja en el punto  $p$ ? ¿en el punto  $q$ ? ¿en el punto  $r$ ? responderemos sin vacilar que lo es en el punto  $p$  interior a la región negra y no lo es en el punto  $q$  totalmente externo a la misma, pero no es claro cual será nuestra respuesta para el punto  $r$ , acaballado entre las dos regiones. A pesar de que la negritud o ausencia de negritud parece estar totalmente determinada en cada uno de los puntos de nuestro modelo lógico-matemático de la hoja, razones de simetría conceptual nos impiden tomar partido, y no parece valer en este caso el "tercio excluso", una de las leyes fundamentales de la lógica tradicional. El problema se hace más inquietante al preguntarnos si es más negra la hoja en el punto  $r$  que en el punto  $s$ , o si corresponde a alguna percepción posible que la hoja sea blanca en un punto matemático aislado en medio de la región negra.

La respuesta convencional a las anteriores inquietudes dice que el color de la hoja (o del modelo matemático de la hoja) en los puntos de frontera como  $r$  depende de si la región oscura es cerrada o no, según las definiciones del Análisis Matemático (véase por ejemplo Rudin, 1976). Pero esta solución no tiene correlato per-

ceptible: es imposible distinguir sensorialmente o experimentalmente una hoja en donde la región negra es matemáticamente cerrada de una hoja idénticamente coloreada en donde no lo es. Si la región negra incluyera su frontera, la región blanca no incluiría la suya, ¿por qué tal asimetría? Suponer que una región coloreada incluye o no sus puntos de frontera es una idealización matemática que no corresponde a ninguna intuición física pero salva las leyes de la lógica clásica.

La noción de color parece ser aplicable *prima facie* solamente a "regiones" y no a "puntos". Cualquier observación, tan fina como se quiera, que se haga de un punto lo será realmente de una región o *vecindad* del punto (matemáticamente hablando, de un conjunto que contiene un disco de radio positivo alrededor del mismo). Como alrededor de  $p$  existe una vecindad plenamente negra, no tenemos dificultad en atribuir la negritud a  $p$ . Lo análogo vale para el punto  $q$  interior a la región blanca. Sin embargo, cualquier observación de  $r$  lo será de una vecindad que resulta siempre en parte negra y en parte blanca, independientemente de que las regiones coloreadas sean o no matemáticamente cerradas, y como el punto mismo no es individualmente perceptible parece imposible asignarlo a una de las dos regiones.

Problemas similares se presentan cuando atribuimos propiedades instantáneas a objetos extendidos en el tiempo. En Física se acostumbra identificar a una partícula con la función o "curva temporal" que le asocia a cada instante sus atributos. Supongamos que uno de esos atributos es la velocidad y la partícula se mueve aceleradamente. ¿Qué significa que su velocidad en un instante dado  $t_0$  sea de 1 metro por segundo, cuando sucede que en ningún intervalo de tiempo que se observe alrededor de  $t_0$  se mide dicha proporción entre el espacio recorrido y el tiempo empleado?

Desde Newton, sabemos responder esta pregunta: la *velocidad instantánea* es el *límite matemático* de las proporciones que efectivamente podríamos medir en intervalos temporales alrededor de  $t_0$  si dispusiésemos de mecanismos de medición arbitrariamente finos. Los escrúpulos que sobre la realidad y significado de la velocidad instantánea pudimos haber tenido al aprender la Física en la escuela han sido reprimidos por la coherencia e indiscutible efectividad de la noción de límite. Sin embargo, el contenido epistemológico de la velocidad instantánea sigue siendo una ficción análoga a la del color de un punto. La proposición: *la velocidad en el instante  $t_0$  es 1 m/s* significa matemáticamente que para cada  $\epsilon$  positivo se cumple la aserción:

*existe un intervalo temporal abierto alrededor de  $t_0$  tal que todas las velocidades medidas en períodos contenidos en dicho intervalo que incluyan a  $t_0$  están entre  $1+\epsilon$  y  $1-\epsilon$  m/s.*

La validez de esta afirmación en toda una vecindad abierta nos induce a atribuir idealmente la propiedad al instante  $t_0$  y afirmar:

*en el punto  $t_0$  la velocidad está entre  $1+\epsilon$  y  $1-\epsilon$  m/s. (1)*

Aplicando la propiedad arquimediana a esta velocidad

ideal localizada en  $t_0$ , concluimos que es exactamente de 1 m/s. Volviendo a la aserción crítica (1), parece que aceptamos su validez en el instante  $t_0$  porque se observa para todas las mediciones relevantes dentro de una vecindad temporal alrededor de  $t_0$ . Esto es análogo a declarar que la hoja de nuestro primer ejemplo es negra en un punto  $p$  porque hay una vecindad alrededor de  $p$  que se observa totalmente negra.

Si en cualquier vecindad abierta alrededor de  $t_0$  se midiesen velocidades tanto dentro como fuera del intervalo numérico  $E = [1+\epsilon, 1-\epsilon]$ , no podríamos afirmar la proposición (1), pero tampoco podríamos afirmar su negación:

*en el punto  $t_0$  la velocidad no está entre  $1+\epsilon$  y  $1-\epsilon$ ,*

pues para ello sería necesario que en cierto intervalo alrededor de  $t_0$  las mediciones diesen todas fuera del intervalo  $E$ . Clásicamente, este último fenómeno no se describe como una falla del tercio excluso, más bien se afirma que en tal caso "la velocidad no existe en  $t_0$ " y que por tanto ni (1) ni su negación tienen sentido. Pero esta es una situación similar a la del punto  $r$  en la frontera de la región negra de nuestro primer ejemplo. ¿Podríamos afirmar, consecuentemente, que "en  $r$  el color no existe" y por lo tanto no tienen sentido la aserción: *la hoja es negra en el punto  $r$* , ni su negación?

Las nociones de *punto geométrico* e *instante temporal* son idealizaciones límite gracias a las cuales podemos construir nuestros modelos matemáticos del mundo. No es claro que podamos prescindir de las mismas o que ganásemos algo de poder hacerlo, aparte de complicar los modelos inmensamente. Sin embargo, las anteriores observaciones apuntan a la conveniencia de revisar la lógica que gobierna a las propiedades puntuales o instantáneas, las cuales deben ser también un límite de propiedades extensas. Precisamos una lógica adecuada para individuos extendidos, digamos sobre abiertos de un espacio topológico  $X$  (que podemos imaginar como el espacio-tiempo), cuyas propiedades puntuales cumplan el siguiente paradigma de continuidad veritativa:

*Si una propiedad vale de un individuo en un punto de su dominio de extensión, entonces debe valer en toda una vecindad de dicho punto.*

Ejemplo de una propiedad matemática que ya cumple dicho paradigma es la analiticidad de una función compleja en un punto  $z_0$ . Utilizando los haces de estructuras sobre espacios topológicos como estructuras extendidas es posible lograr tal objetivo con respecto a todas las propiedades matemáticamente predicables. Se obtiene con esto una lógica que no se opone a la clásica sino que la enriquece e incorpora en varias formas al proporcionar poderosos métodos para la construcción de modelos, y la cual constituye además un interpretación natural de la lógica intuicionista, que se deja generalizar a estructuras aún más abstractas que los haces: a los haces sobre sitios de Grothendieck o a los objetos de un topos elemental. Esperamos que el potencial lógico-matemático de estas ideas resulte claro para el lector de lo aquí expuesto. Por otra parte, creemos que el estudio de la lógica natural de los objetos variables y

extendidos podría quizás contribuir a la formulación de modelos más finos de la realidad, o al mejor entendimiento de aquellos afectados por extrañas paradojas como la física cuántica.

§ 2. Haces sobre espacios topológicos.

La idea de los haces sobre espacios topológicos aparece por primera vez en el trabajo de H. Weyl (1913) acerca de superficies de Riemann. Su definición moderna fue introducida en los seminarios de H. Cartan (1948-52). La escuela francesa de Geometría Algebraica de la postguerra, liderada por J.P. Serre (1953), M. Artin (1962) y A. Grothendieck (1960-1967), una de las más brillantes pléyades de matemáticos del siglo, generalizó la cohomología de espacios con coeficientes en grupos, módulos o anillos, a la cohomología de esquemas (es decir ciertos haces) con coeficientes en haces de grupos, módulos o anillos. En este contexto, Grothendieck introdujo los haces sobre sitios en lugar de espacios topológicos puntuales, es decir sobre categorías pequeñas dotadas de los que hoy llamamos una topología de Grothendieck. El trabajo de este grupo se realizó principalmente en el famoso *Seminaire de Géométrie Algébrique* del I.H.E.S (Instituto de Altos Estudios Científicos de París). La motivación para tal empresa eran las conjeturas de A. Weil (1949) sobre la función Zeta asociada al número de soluciones de sistemas de ecuaciones algebraicas sobre cuerpos finitos. El mismo Weil había observado que las propiedades de tal cohomología podrían llevar a demostrar sus conjeturas, lo cual fue confirmado parcialmente por Grothendieck y luego demostrado plenamente por P. Deligne (1974).

Es típico del trabajo matemático del siglo XX que problemas de teoría de números como las conjeturas de Weil fuesen atacados por métodos geométricos, y que los problemas geométricos se atacasen a su vez con una formidable maquinaria abstracta. La teoría creada para tal propósito, obra de Grothendieck principalmente, es uno de los más complejos y hermosos edificios de la matemática. Va mucho más allá de su propósito inicial, y sus posibles consecuencias y aplicaciones no han sido todavía suficientemente exploradas. Lo que más adelante exponemos sobre lógica está inspirado en último término en el espíritu que anima el trabajo de Grothendieck, aunque él nunca llegó a ocuparse explícitamente de asuntos lógicos.

I. Haces. Aunque existen magníficas presentaciones de la teoría de haces, por ejemplo Godement (1958), Tennison (1975) o Harsthorne (1977), entre otros, damos una somera introducción a sus conceptos fundamentales para ponerlos en el contexto lógico que nos interesa. En primera instancia consideraremos a los haces como espacios fibrados más bien que funtores de secciones.

**Definición 2.1.** Dado un espacio topológico X, un haz (*espace étale, sheaf, sheaf-space*) sobre X es un par  $\mathcal{H} = (E, p)$ , donde E es un espacio topológico y  $p: E \rightarrow X$  es un homeomorfismo local, es decir una función

tal que cada punto  $e \in E$  tiene una vecindad abierta S para la cual se cumple:

- i)  $p(S)$  es abierto en X.
- ii)  $p|_S: S \rightarrow p(S)$  es un homeomorfismo.

(En algunos trabajos se reserva el nombre de haz para el caso en que p es sobreyectiva, y se utiliza *espacio fibrado* en el caso general (Dedecker, 1969), en otros se llama haz al funtor de secciones y a nuestro haz se le llama *espacio-haz*).

Se sigue inmediatamente de la definición que p debe ser continua y abierta, y que los abiertos para los cuales se cumple (i) y (ii) forman una base para la topología de E. Para cada elemento x en X, el conjunto  $E_x = p^{-1}(x) = \{ e \in E \mid p(e) = x \}$  se llama la *fibra de*

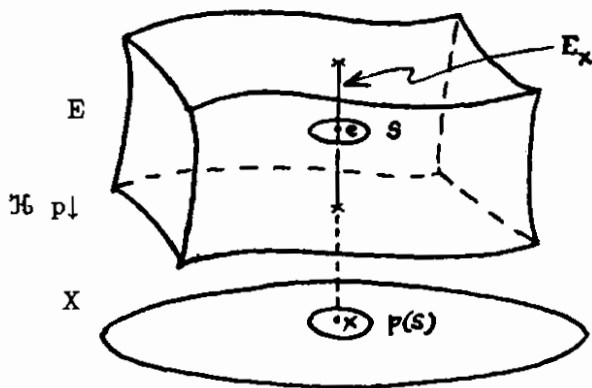


Figura 2

$\mathcal{H}$  sobre X. Una fibra puede ser vacía en caso de que p no sea sobreyectiva. Cada fibra tiene la topología discreta como subespacio de E, pues si  $e \in p^{-1}(x)$  y S es una vecindad abierta de e que cumple la condición (ii) de la definición de haz, entonces  $p^{-1}(x) \cap S = \{e\}$  por inyectividad de p en S. Podemos visualizar a E como la unión disyunta de sus fibras, de ahí el nombre de *espacio fibrado* o de *haz* (un haz de fibras). Sin embargo un haz matemático es más que una colección de fibras, pues las vecindades abiertas que aparecen en la definición establecen conexiones continuas "horizontales" entre fibras cercanas. Un haz es pues un haz de fibras "atadas" por ciertos abiertos.

Una *sección* de  $\mathcal{H}$  es una función continua  $\sigma: U \rightarrow E$ , donde U es algún abierto de X, tal que  $p \circ \sigma = \text{Id}_U$ , es decir una *inversa local a derecha* de p.

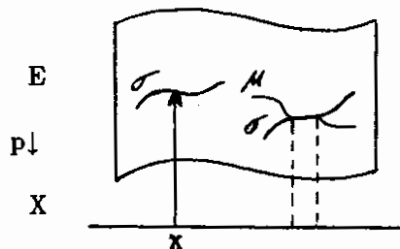
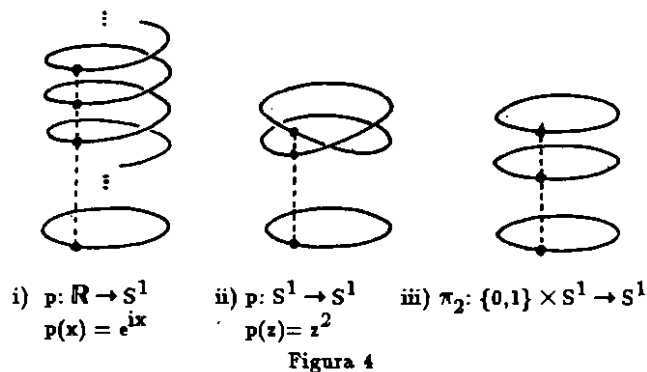


Figura 3

Una sección se dice *global* si su dominio es todo X; de

lo contrario se llama *local*. Un fibrado puede no poseer secciones globales, aún cuando  $p$  sea sobreyectiva. Evidentemente una sección  $\sigma:U \rightarrow \sigma(U)$  es un homeomorfismo y está completamente determinada por su imagen  $\text{Im}(\sigma) = \sigma(U)$ , pues tiene a  $p|_{\sigma(U)}$  por inversa continua. Además  $\text{Im}(\sigma)$  es abierta en  $E$  ya que si  $e \in \sigma(U)$  y  $S$  es una vecindad de  $e$  que satisface (i) y (ii), entonces  $S \cap \sigma(U) = p^{-1}(p(S) \cap U)$  es una vecindad abierta de  $e$  contenida en  $\sigma(U)$ . Por tanto podemos identificar a las secciones con los abiertos de  $E$  que cumplen (i) y (ii) en la definición de haz.

**Ejemplo 2.1.** Los espacios recubridores de la Topología Algebraica (ver Massey, 1967) son haces; tenemos, por ejemplo, los siguientes haces sobre el círculo  $S^1 = \{z : |z| = 1\}$ :



Los haces (i) y (ii) no poseen secciones globales. Los haces (ii) y (iii) muestran que la estructura de las fibras no determina la estructura global del haz.

**Ejemplo 2.2.** Podemos construir un haz de anillos sobre el plano complejo  $\mathbb{C}$  tomando por fibras los anillos locales  $E_a = \mathbb{C}[[z-a]]$  de series de potencias complejas con centro  $a \in \mathbb{C}$  y radio de convergencia positivo. A la unión disyunta  $E = \bigcup_{a \in \mathbb{C}} E_a$  se la dota de la topología generada por los siguientes abiertos básicos:

$$S_{U,h} = \{ \sum a_n(z-a)^n : a \in U \text{ y } \sum a_n(z-a)^n \text{ representa a } h \text{ en una vecindad de } a \},$$

donde  $U$  es abierto en  $\mathbb{C}$  y  $h$  una función holomorfa en  $U$ . La proyección  $p: E \rightarrow \mathbb{C}$  está definida de la manera obvia. Puede verse que este haz no es un espacio recubridor de  $\mathbb{C}$ . Sus secciones están en correspondencia biunívoca con las funciones holomorfas.

**II. Haces como estructuras variables.** Consideraremos en este trabajo a un haz sobre un espacio  $X$  como un conjunto que se extiende o desarrolla sobre  $X$ . Los "elementos" de este conjunto no serán los puntos de  $E$ , sino las secciones del haz, *individuos que se extienden sobre abiertos* de  $X$ . El valor  $\sigma(x)$  será solamente la descripción puntual (tal vez ideal) de la sección  $\sigma$  en  $x$ . Desde esta perspectiva, la siguiente observación indica que la relación de igualdad entre secciones de un haz satisface el paradigma lógico propuesto en la sección anterior.

**LEMA 2.1.** Si dos secciones coinciden en un punto  $x \in X$ , entonces coinciden en toda una vecindad

de  $x$ .

**Demostración.** Suponga  $\sigma(x) = \mu(x)$ ; como  $S = \text{Im}(\sigma) \cap \text{Im}(\mu)$  es abierta y  $p$  es una función abierta, entonces  $V = p(S)$  es una vecindad abierta de  $x$ ; además  $\sigma|_V = \mu|_V$ , ya que  $p \circ (\sigma|_V) = \text{Id}_V = p \circ (\mu|_V)$  y  $p$  es inyectiva en  $S = \sigma(V) = \mu(V)$ .  $\square$

Como en el ejemplo 2.2, las fibras de un haz pueden ser anillos, grupos, conjuntos ordenados, o cualquier otro tipo de estructuras matemáticas. Si la estructura de las fibras "cambia continuamente" al movernos de fibra a fibra a "lo largo" de las secciones se dice que tenemos un *haz de estructuras*. Este es el caso de las operaciones de anillo en el mencionado ejemplo 2.2. Nos restringiremos en este trabajo a los haces de estructuras de primer orden, aunque es posible trabajar con estructuras de orden superior. Fijemos un tipo de estructuras  $\tau = \langle R^n, \dots, f^m, \dots, c, \dots \rangle$ , donde  $R$  es un símbolo típico de predicado  $n$ -ario,  $f$  un símbolo de operación  $m$ -aria y  $c$  un símbolo de constante.

**Definición 2.2.** Un haz de estructuras  $\mathfrak{A}$  de tipo  $\tau$  sobre  $X$  consta de:

- 1) Un haz  $(E, p)$  sobre  $X$ .
- 2) Para cada  $x \in X$ , una estructura  $\mathfrak{A}_x = (E_x, R_x, f_x, c_x)$  de tipo  $\tau$  con la fibra  $E_x$  por dominio (es decir  $R_x \subseteq E_x^n, f_x: E_x^m \rightarrow E_x$  y  $c_x \in E_x$ ), sujeta a las condiciones siguientes:

- i) el conjunto  $R^{\mathfrak{A}} = \bigcup_x R_x$  es abierto en  $\bigcup_x E_x^n$  (como subespacio del espacio producto  $E^n$ ),
- ii) la función  $f^{\mathfrak{A}} = \bigcup_x f_x: \bigcup_x E_x^m \rightarrow \bigcup_x E_x$  es continua,
- iii) la función  $c^{\mathfrak{A}}: X \rightarrow A$  dada por  $c^{\mathfrak{A}}(x) = c_x$  es una sección global continua.

El espacio  $E \times \dots \times E = \bigcup_x E_x^n$  es el *producto fibrado de  $E$  por  $E$  ( $n$  veces)*. Se verifica fácilmente que el par  $(E \times \dots \times E, p^*)$ , donde  $p^*$  envía  $E_x^n$  a  $x$ , es un haz sobre  $X$  cuyas secciones tienen la forma  $\langle \sigma_1, \dots, \sigma_n \rangle(x) = (\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x))$ , con  $\sigma_i$  sección de  $\mathfrak{A}$ . Además se demuestra fácilmente que la continuidad de la función  $f^{\mathfrak{A}}$  equivale a la de todas las funciones parciales  $f^{\mathfrak{A}} \circ \langle \sigma_1, \dots, \sigma_m \rangle(x) = f_x(\sigma_1(x), \dots, \sigma_m(x))$ , las cuales son por lo tanto secciones de  $\mathfrak{A}$ .

Cada fibra  $\mathfrak{A}_x$  es una estructura en el sentido clásico, con la salvedad de que puede ser vacía. Los predicados y funciones extendidas o variables denotados por los símbolos  $R$  y  $f$  satisfacen también el paradigma de continuidad veritativa cuando se aplican a secciones del haz. En realidad, éste paradigma vale para cualquier propiedad o relación *positiva* entre secciones, lo cual generaliza el Lema 2.1:

**LEMA 2.2.** Si  $\varphi(v_1, \dots, v_n)$  es una fórmula de primer orden que contiene solamente los operadores lógicos  $=, \wedge, \vee, \exists$ , además de los predicados y funciones atómicas, y  $\varphi[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)]$  es verdadera en  $\mathfrak{A}_x$ , entonces existe una vecindad abierta  $U$  de  $x$  tal que  $\varphi[\sigma_1(y), \dots, \sigma_n(y)]$  es verdadera en  $\mathfrak{A}_y$  para toda  $y \in U$ .

**Demostración.** Que  $R[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)]$  sea verdadero

en  $\mathfrak{A}_x$  significa que  $(\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)) \in R^{\mathfrak{A}}$ ; tome como vecindad de  $x$  a  $U = \text{p}(\text{Im}(\langle \sigma_1, \dots, \sigma_n \rangle) \cap R^{\mathfrak{A}})$ , que es abierto por serlo  $R^{\mathfrak{A}}$  y por ser  $\langle \sigma_1, \dots, \sigma_n \rangle$  una sección, entonces  $(\sigma_1(y), \dots, \sigma_n(y)) \in R^{\mathfrak{A}}$  para toda  $y \in U$ .

Si  $f^{\mathfrak{A}}((\sigma_1(x), \dots, \sigma_m(x))) = \mu(x)$ , entonces por continuidad de  $f^{\mathfrak{A}} \circ \langle \sigma_1, \dots, \sigma_m \rangle$  existe una vecindad abierta  $U$  de  $x$  tal que  $f^{\mathfrak{A}} \circ \langle \sigma_1, \dots, \sigma_m \rangle(U) \subseteq \text{Im}(\mu)$ ; se verifica fácilmente que  $f^{\mathfrak{A}}(\sigma_1(y), \dots, \sigma_m(y)) = \mu(y)$  para toda  $y \in U$ , ya que las secciones están determinadas por su imagen. Esto demuestra el caso atómico de la afirmación, el resto se obtiene por inducción en términos y fórmulas.  $\square$

**III. Prehaces y germinación.** Es común presentar a los haces funtorialmente, en términos de sus *prehaces de secciones*. Dado un haz  $\mathfrak{A}$  de estructuras sobre  $X$  y un abierto  $U$  de  $X$ , el conjunto de *secciones sobre*  $U$ :

$$\mathfrak{A}(U) = \{ \sigma : \text{dom}(\sigma) = U \}$$

hereda una estructura del mismo tipo que  $\mathfrak{A}$ , pues es una subestructura natural del producto directo de las fibras  $\prod_{x \in U} \mathfrak{A}_x$ . Además, para cada inclusión  $U \supseteq V$  entre abiertos, la *restricción*

$$\rho_{UV}: \mathfrak{A}(U) \rightarrow \mathfrak{A}(V), \quad \rho_{UV}(\sigma) = \sigma|_V$$

es un homomorfismo entre las correspondientes estructuras. El sistema de estructuras  $\mathfrak{A}(U)$  y homomorfismos  $\rho_{UV}$  permite reconstruir a  $\mathfrak{A}$ , como explicamos en seguida en un contexto más general.

**Definición 2.3.** Un *prehaz de estructuras de tipo  $\tau$*  sobre  $X$  es una asignación  $\Gamma$  de una estructura  $\Gamma(U)$  de tipo  $\tau$  a cada abierto  $U$  de  $X$ , y de un homomorfismo  $\Gamma_{UV}: \Gamma(U) \rightarrow \Gamma(V)$  a cada inclusión  $U \supseteq V$ , de manera que  $\Gamma_{UU} = \text{Id}_U$ , y  $\Gamma_{VW} \circ \Gamma_{UV} = \Gamma_{UW}$  cuando  $U \supseteq V \supseteq W$ .

En el lenguaje de categorías, un prehaz de estructuras de tipo  $\tau$  es un funtor contravariante  $\Gamma: \text{Ab}(X) \rightarrow \text{Estr}_\tau$ , donde  $\text{Ab}(X)$  es la categoría de abiertos de  $X$  con las inclusiones por morfismos, y  $\text{Estr}_\tau$  es la categoría de estructuras y homomorfismos de tipo  $\tau$ . En particular, el *prehaz de secciones* de un haz  $\mathfrak{A}$  es el funtor  $\Gamma_{\mathfrak{A}}$  que asigna  $\Gamma_{\mathfrak{A}}(U) = \mathfrak{A}(U)$  a cada abierto  $U$  de  $X$  y  $(\Gamma_{\mathfrak{A}})_{UV} = \rho_{UV}$  a cada inclusión  $U \supseteq V$ .

**Definición 2.4.** Todo prehaz  $\Gamma$  puede transformarse en un haz  $\mathbb{G}\Gamma$  de *gérmenes*. Para cada  $x \in X$ ,  $\mathbb{G}\Gamma$  tiene por fibra  $(\mathbb{G}\Gamma)_x$  sobre  $x$  al límite directo de la familia dirigida de estructuras y homomorfismos constituida por el prehaz restringido al filtro  $\mathcal{V}(x)$  de vecindades abiertas de  $x$ . Es decir,

$$(\mathbb{G}\Gamma)_x = \varinjlim_{U \in \mathcal{V}(x)} \Gamma(U) = \bigcup_{U \in \mathcal{V}(x)} \Gamma(U) / \sim_x$$

donde, si  $a \in \Gamma(U)$  y  $b \in \Gamma(V)$ :

$$a \sim_x b \Leftrightarrow \exists W \in \mathcal{V}(x), W \subseteq U \cap V \text{ tal que } f_{UW}(a) = f_{VW}(b);$$

y si denotamos por  $a/x$  a la clase de equivalencia de  $a$  en  $x$ , llamada el *gérmen de  $a$  en  $x$* , tenemos:

$$(a_1/x, \dots, a_n/x) \in R_x \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(x) \text{ tal que } (a_1, \dots, a_n) \in R^{\mathfrak{A}(U)}.$$

$$f_x(a_1/x, \dots, a_n/x) = f^{\mathfrak{A}(U)}(a_1, \dots, a_n)/x.$$

El espacio de fibras  $E^* = \bigcup_x \Gamma_x$  tiene la topología inducida por las imágenes de las secciones:  $\sigma_a: U \rightarrow E$ ,  $\sigma_a(x) = a/x$ , para cada  $a \in \Gamma(U)$ ,  $U \in \text{Ab}(X)$ .

**Ejemplo 2.3.** El haz de *gérmenes de funciones holomorfas* es el que se obtiene al germinar el siguiente prehaz de anillos:

$$\begin{aligned} \Gamma(U) &= (\{ h: U \rightarrow \mathbb{C} \mid h \text{ holomorfa en } U \}, +, \cdot) \\ U &\subseteq \mathbb{C} \\ f_{UV}(h) &= h|_V, \end{aligned}$$

donde la suma y el producto se definen por componentes. Ahora bien, dos funciones holomorfas representan el mismo gérmen en  $z_0$  si coinciden en una vecindad de  $z_0$ . Pero esto significa que tienen desarrollos en serie de potencias idénticos alrededor de  $z_0$ ; se ve entonces que la fibra  $\Gamma_{z_0}$  de gérmenes sobre  $z_0$  está en correspondencia biunívoca con la fibra del haz de series de potencias del Ejemplo 2.2. En efecto, estos dos haces de son topológicamente y algebraicamente isomorfos.

**Lema 2.3.** Si  $\Gamma_{\mathfrak{A}}$  es el prehaz de secciones de un haz  $\mathfrak{A}$ , entonces  $\mathbb{G}\Gamma_{\mathfrak{A}}$  es homeomorfo-isomorfo al haz original  $\mathfrak{A}$ . Es decir existe un homeomorfismo  $H: E^* \rightarrow E$  que envía isomórficamente cada fibra de gérmenes  $(\mathbb{G}\Gamma_{\mathfrak{A}})_x$  a la fibra  $\mathfrak{A}_x$  del haz original.

**Demostración.** Defina  $H(\sigma/x) = \sigma(x)$ .  $\square$

**Definición 2.5.** Diremos que un prehaz de estructuras  $\Gamma$  es *exacto* si, dado  $U = \cup_i U_i$  y  $\sigma_i \in \Gamma(U_i)$  tales que  $\Gamma_{U_i, U_j}(\sigma_i) = \Gamma_{U_j, U_i}(\sigma_j)$  para todo  $i, j$ , existe un único  $\sigma \in \Gamma(U)$  tal que  $\Gamma_{U, U_i}(\sigma) = \sigma_i$  para todo  $i$ ; y lo mismo se cumple para las relaciones  $R^{\Gamma(U)}$  de  $\Gamma(U)$ , vistas como prehaces.

El prehaz de *funciones holomorfas* del Ejemplo 2.3 es exacto. Lo mismo es cierto del prehaz de funciones complejas continuas en abiertos de  $\mathbb{C}$ . Más generalmente, dados un espacio topológico  $X$  y una estructura topológica  $\mathfrak{B}$ , el prehaz de estructuras de funciones continuas  $\Gamma(U) = \mathbb{C}(U, \mathfrak{B})$ , con  $U$  abierto en  $X$  y con las restricciones como homomorfismos de transición, es exacto.

Un prehaz exacto  $\Gamma$  resulta siempre naturalmente isomorfo al prehaz de secciones de su haz de gérmenes (véase Tennison, 1975 para prehaces de conjuntos o de grupos), y por lo tanto a un prehaz de funciones continuas. Más precisamente,

**Lema 2.4.** Si  $\Gamma$  es un prehaz exacto, entonces  $\Gamma_{\mathbb{G}\Gamma}(U) \approx \Gamma(U)$  de manera que las restricciones  $\rho_{UV}$  de  $\Gamma_{\mathbb{G}\Gamma}$  se transforman en los homomorfismos  $\Gamma_{UV}$  de  $\Gamma$ .

**Ejemplo 2.5.** Dada una variedad diferencial  $M$ , el prehaz de funciones diferenciables en abiertos de  $M$ :  $\mathfrak{D}(U) = \mathbb{C}^1(U, M)$  es un prehaz exacto de álgebras, de

manera que da lugar a un haz de gérmenes  $\mathcal{G}$  cuya álgebra de secciones continuas sobre cada abierto  $U$  es isomorfa a  $C^1(U, M)$ . Un *vector tangente* de  $M$  en  $x$  es una transformación lineal  $v$  de la fibra  $(\mathcal{G})_x$  en sí misma que satisface la regla de Leibniz:  $v(ab) = av(b) + v(a)b$ . El *espacio tangente*  $T_x$  es por definición el espacio vectorial de todos los vectores tangentes en  $x$ . Este cambia continuamente de punto a punto, lo cual puede hacerse explícito uniendo disyuntamente todos los espacios tangentes para formar un nuevo espacio topológico (de hecho otra variedad diferencial) que, junto con la proyección que envía  $T_x$  a  $x$ , constituye el *fibrado tangente*  $TM$ . Podemos visualizar el fibrado tangente del círculo, cuyos espacios tangentes son rectas, como la superficie del tubo a la derecha de la figura 5:

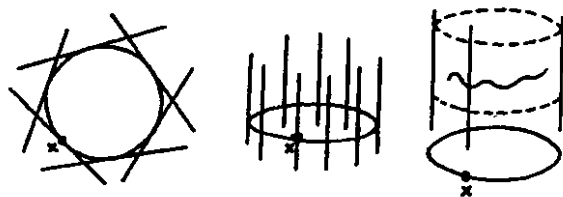


Figura 5

$TM$  no es un haz ya que las fibras  $T_x$  no son discretas. Sin embargo, sus secciones locales diferenciables, los llamados *campos vectoriales*, forman un prehaz exacto de álgebras de Lie:

$$\begin{aligned} V(U) &= \{ V: U \rightarrow TM \mid V \text{ diferenciable, } V(x) \in T_x \}, \\ U &\subseteq M \\ f_{UV}(V) &= h|V, \end{aligned}$$

de manera que para cada  $U \in Ab(M)$  la estructura de secciones de  $\mathcal{G}$  sobre  $U$  es naturalmente isomorfa a  $V(U)$ , y los campos vectoriales de  $M$  sobre  $U$  pueden verse como las secciones continuas de cierto haz.

De los lemas 2.3 y 2.4 se desprende que podemos considerar indistintamente a los haces como ciertos espacios fibrados, o como ciertos prehaces. La equivalencia de los dos puntos de vista se expresa con precisión en el lenguaje de las categorías. Sea  $H_\tau(X)$  la categoría de haces de estructuras de tipo  $\tau$  sobre  $X$  que tiene por morfismos entre  $(E, p)$  y  $(E', p')$  a las funciones continuas  $m: E \rightarrow E'$  que envían isomorficamente  $E_x$  a  $E'_x$ , y sea  $PE_\tau(X)$  la categoría de prehaces exactos de estructuras de tipo  $\tau$  sobre  $X$ , con las *transformaciones naturales* entre funtores por morfismos, entonces los funtores  $\Gamma_\tau: H_\tau(X) \rightarrow PE_\tau(X)$  y  $\mathcal{G}: PE_\tau(X) \rightarrow H_\tau(X)$  establecen una equivalencia entre categorías (es decir, un isomorfismo de categorías "módulo isomorfismo de objetos").

Es la noción de prehaz exacto la que puede generalizarse a la de haz sobre un *sitio*, y lleva a los topos de Grothendieck. Las categorías de haces, de prehaces, o de prehaces exactos de tipo  $\tau = \emptyset$  sobre un espacio  $X$ , son todas topos de Grothendieck; y los haces, prehaces y prehaces exactos de estructuras de tipo  $\tau$  no vacío pueden verse como "objetos o diagramas de tipo  $\tau$ " en los correspondientes topos.

### § 3. Lógica de los haces.

A partir de la creación de la Teoría de Categorías por Eilenberg y MacLane (1945) y sus aplicaciones a la homología y la cohomología, se hizo cada vez más evidente que algunas categorías constituyen universos matemáticos alternativos de riqueza análoga a la de la Categoría de Conjuntos. Esto se manifiesta de una manera evidente en las categorías de haces generalizados introducidas por Grothendieck (1960) en su nueva fundamentación de la Geometría Algebraica, hoy llamados *topos de Grothendieck*. Lo anterior motivó a varios miembros de la escuela norteamericana de categoristas formada por MacLane y Eilenberg: Lawvere, Tierney, Joyal, Freyd, y Reyes (1960-70), entre otros a intentar fundamentar las matemáticas en la teoría pura de categorías. Las propiedades esenciales de los topos de Grothendieck dieron lugar a la noción más general de *topos elemental* (Lawvere, 1971). Lawvere impulsó la idea de que los haces constituyen "estructuras variables". Así un haz de grupos debe verse como un solo grupo que varía sobre el espacio base, más bien que una gavilla de grupos distintos. Estas motivaciones y los resultados técnicos sobre la lógica interna de los topos, como la construcción de los conectivos y cuantificadores en un topos debida a Freyd (1972) confluyen en la misma lógica, la llamada *semántica de Kripke-Joyal*. La definición usual de la semántica de Kripke-Joyal puede resultar misteriosa y ad-hoc para quien no sea experto en categorías; sin embargo, ella puede "deducirse" de nuestros puntos de vista sobre la verdad puntual. Presentamos aquí la semántica de los haces de estructuras sobre espacios topológicos como una noción de verdad localizada en los puntos del espacio de base que cumple el paradigma de continuidad veritativa propuesto en nuestras discusiones preliminares. La semántica de Kripke-Joyal puede interpretarse entonces como la *validez* en todos los puntos de un abierto, de donde resultan inmediatamente todas sus propiedades.

**I. Semántica puntual.** Como hemos indicado en la sección anterior, consideramos a un haz como una estructura extendida sobre el espacio base, y a las fibras como meras descripciones puntuales o instantáneas de la estructura en su variación. La estructura está constituida por el objeto global y no por sus descripciones puntuales. De esta manera, los "elementos" de la estructura serán las secciones continuas, individuos que varían sobre su dominio en el espacio base. El valor  $\sigma(x)$  de una sección en un punto  $x$  no será un individuo sino la descripción puntual o instantánea de un individuo. Lo anterior corresponde a nuestra noción ordinaria de individuo; una *amiba*, por ejemplo, puede considerarse como una sección sobre un abierto del espacio tridimensional, o mejor del espacio-tiempo cuatridimensional, con valores en un espacio  $E$  de descripciones físico-químicas puntuales. Si el espacio de base es lineal, podemos imaginar que la estructura es un universo en evolución y que las secciones locales representan las *curvas temporales* de las partículas materiales, la duración de cuyas vidas es su dominio.

En consecuencia, interpretaremos el lenguaje lógi-

co de manera que los sujetos de las proposiciones sean las secciones y no los puntos geométricos del espacio de fibras. Por otra parte, las propiedades de las secciones podrán variar de punto a punto de su dominio de extensión de modo que las proposiciones lógicas tendrán la forma:

*las secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  tienen la propiedad P en el punto x.*

Damos un sentido preciso a esta idea para el lenguaje predicativo de primer orden, sintácticamente el mismo de la lógica clásica. En adelante, *sección definida en x* (respectivamente, *en U*) significará *sección definida al menos en x* (respectivamente, *al menos en U*).

**Definición 3.1.** Sea  $L_\tau$  el conjunto de fórmulas de primer orden de tipo  $\tau$ . Dado un haz de estructuras  $\mathfrak{A}$  de tipo  $\tau$  sobre X, definimos inductivamente en fórmulas  $\varphi(v_1, \dots, v_n) \in L_\tau$  la relación:  $\mathfrak{A}$  fuerza  $\varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$  en x, para secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  de  $\mathfrak{A}$  definidas en  $x \in X$ ; en símbolos:

$$\mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n].$$

1) Si  $\varphi$  es atómica y  $t_1, \dots, t_k$  son términos de tipo  $\tau$ :

$$\mathfrak{A} \Vdash_x (t_1=t_2)[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow t_1^{\mathfrak{A}_x}[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)] = t_2^{\mathfrak{A}_x}[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)]$$

$$\mathfrak{A} \Vdash_x R(t_1, \dots, t_k)[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow (t_1^{\mathfrak{A}_x}[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)], \dots, t_k^{\mathfrak{A}_x}[\sigma_1(x), \dots, \sigma_n(x)]) \in R_x.$$

2)  $\mathfrak{A} \Vdash_x (\varphi \wedge \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$  y  $\mathfrak{A} \Vdash_x \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ .

3)  $\mathfrak{A} \Vdash_x (\varphi \vee \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$  o  $\mathfrak{A} \Vdash_x \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ .

4)  $\mathfrak{A} \Vdash_x \neg\varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow$  existe una vecindad abierta U de x tal que para toda  $y \in U$ :  $\mathfrak{A} \not\Vdash_y \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ .

5)  $\mathfrak{A} \Vdash_x (\varphi \rightarrow \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow$  existe una vecindad abierta de x tal que para toda  $y \in U$ : si  $\mathfrak{A} \Vdash_y \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$  entonces  $\mathfrak{A} \Vdash_y \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ .

6)  $\mathfrak{A} \Vdash_x \exists v \varphi(v, \sigma_1 \dots \sigma_n) \Leftrightarrow$  existe  $\sigma$  definida en x tal que  $\mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma, \sigma_1, \dots, \sigma_n]$ .

7)  $\mathfrak{A} \Vdash_x \forall v \varphi(v, \sigma_1 \dots \sigma_n) \Leftrightarrow$  existe vecindad abierta U de x tal que para toda  $y \in U$  y toda  $\sigma$  definida en y:  $\mathfrak{A} \Vdash_y \varphi[\sigma, \sigma_1 \dots \sigma_n]$ .

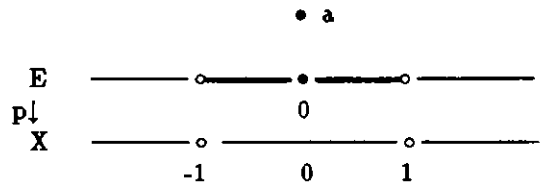
(Por supuesto, en la cláusulas (4), (5) y (7) el abierto U debe estar contenido en  $\cap_i \text{dom } \sigma_i$ ).

La anterior definición coincide con la semántica clásica de la fibra  $\mathfrak{A}_x$  para fórmulas que utilizan solamente los operadores  $\wedge, \vee, \exists$ , pero es más exigente que la clásica para  $\neg, \rightarrow$  y  $\forall$ . Por ejemplo, en la cláusula (7) para el cuantificador universal se exige no solamente que la propiedad  $\varphi$  valga para todas las secciones definidas en x, sino también para las definidas en puntos cercanos a x cuyo dominio puede no incluir a x. En todo caso, el forzamiento puntual cumple el paradigma de continuidad semántica:

**TEOREMA 3.1.**  $\mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow$  existe una vecindad abierta U de x tal que  $\mathfrak{A} \Vdash_y \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$  para toda  $y \in U$ .

**Demostración.** Para las fórmulas atómicas se sigue de los Lemas 2.1, 2.2., y para las fórmulas más complejas se demuestra por inducción. Los pasos inductivos para  $\wedge, \vee, \exists$  son triviales, y para  $\neg, \rightarrow$  y  $\forall$  resultan de que la vecindad U que aparece en las correspondientes cláusulas de la definición de forzamiento es vecindad de todos sus puntos.  $\square$

**Ejemplo 3.1.** Un conocido ejemplo de una variedad diferencial E que no es de Hausdorff consiste de la recta real  $\mathbb{R}$  con un punto adicional a cuyas vecindades abiertas tienen la forma  $(U - \{0\}) \cup \{a\}$  donde U es vecindad abierta de 0.



Esta variedad puede verse naturalmente como un haz  $\mathfrak{H}$  sobre  $\mathbb{R}$  cuyas fibras tiene todas un elemento, excepto la fibra sobre 0 que tiene dos elementos. Sean  $\sigma$  y  $\mu$  las dos secciones que "viven" en el abierto  $(-1, 1)$  de X: una pasa derecho por 0 y la otra "salta hasta a" en 0, entonces:

$$\mathfrak{H} \not\Vdash_0 (\sigma = \mu \vee \neg \sigma = \mu).$$

No se cumple  $\mathfrak{H} \Vdash_0 \sigma = \mu$  pues  $\sigma(0) \neq \mu(0)$ , ni se cumple  $\mathfrak{H} \Vdash_0 \neg(\sigma = \mu)$  pues en toda vecindad de 0 existe  $x \in \mathbb{R}$  tal que  $\sigma(x) = \mu(x)$ . En los demás puntos de  $(-1, 1)$  vale  $\Vdash_x \sigma = \mu$ . De hecho, se puede demostrar que el tercio excluido para la igualdad:

$$\forall u \forall v (u=v \vee \neg u=v),$$

vale en un haz  $\mathfrak{H}$  sobre  $\mathbb{R}$  si y solamente si el espacio de fibras E es de Hausdorff. Más precisamente:

$$\mathfrak{A} \Vdash_x \forall u \forall v (u=v \vee \neg u=v) \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(x) \text{ tal que } p^{-1}(U) \text{ es de Hausdorff. } \square$$

El anterior ejemplo muestra cómo la lógica que hemos introducido es capaz de expresar propiedades geométricas del espacio de fibras del haz. El siguiente resultado ilustra cómo ésta se relaciona fuertemente con la topología del espacio base.

**TEOREMA 3.2.**  $\mathfrak{A} \Vdash_x \neg\neg\varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow$  existe una vecindad abierta U de x tal que  $\{y \in U: \mathfrak{A} \Vdash_y \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\}$  es denso en U.

**Demostración.**  $\mathfrak{A} \Vdash_x \neg\neg\varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(x) \forall y \in U: \mathfrak{A} \not\Vdash_y \neg\varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(x) \forall y \in U \forall W \in \mathcal{V}(y) \exists z \in W: \mathfrak{A} \Vdash_z \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(x) \{z \in U: \mathfrak{A} \Vdash_z \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\}$  es denso en U.  $\square$

**Ejemplo 3.2.** En el último ejemplo considerado,  $\mathfrak{A} \not\Vdash_0 \sigma = \mu$ ; sin embargo, se tiene  $\mathfrak{A} \Vdash_x \neg\neg \sigma = \mu$  pues  $\mathfrak{A} \Vdash_x \sigma = \mu$  para todo  $x \in (-1, 0) \cup (0, 1)$  que es denso en la vecindad  $(-1, 1)$  de 0. Podemos concluir

que  $\mathfrak{A} \not\models_0 (\neg \sigma = \mu \rightarrow \sigma = \mu)$ .

**Ejemplo 3.3.** La lógica de haces incluye a la clásica como caso especial: si  $X = \{x\}$ , los haces sobre  $X$  son estructuras clásicas individuales, y el forzamiento coincide con la semántica clásica. Más generalmente, si  $x$  es un punto aislado de  $X$  se cumple para toda fórmula  $\varphi$  y haz  $\mathfrak{A}$  sobre  $X$ :

$$\mathfrak{A} \Vdash_x \varphi \Leftrightarrow \mathfrak{A}_x \models \varphi.$$

Resulta del Lema 2.2 que la equivalencia vale también en cualquier punto de un espacio arbitrario si la fórmula  $\varphi(v_1, \dots, v_n)$  utiliza solamente los operadores lógicos  $\wedge, \vee, \exists$ .

**II. Semántica local.** Dado un abierto  $U \subseteq X$  y secciones  $\sigma_i$  definidas en  $U$ , se define naturalmente el *forzamiento en abiertos*:

$$\mathfrak{A} \Vdash_U \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \forall x \in U: \mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n],$$

el cual cumple trivialmente las leyes siguientes:

- (A)  $\mathfrak{A} \Vdash_U \varphi$  y  $W \subseteq U \Rightarrow \mathfrak{A} \Vdash_W \varphi$
- (B)  $\mathfrak{A} \Vdash_{W_i} \varphi[\sigma|W_i] \ \forall i \in I \Rightarrow \mathfrak{A} \Vdash_{\cup_i W_i} \varphi[\sigma]$ .

Además, satisface reglas para cada operador lógico que permiten definir inductivamente el forzamiento en abiertos sin hacer referencia a puntos. Tal vez la más significativa es la siguiente,

$$\mathfrak{A} \Vdash_U \exists v \varphi(v, \sigma_1 \dots \sigma_n) \Leftrightarrow \text{existe una familia } \{\mu_i\}_i \text{ de secciones cuyos dominios } U_i \text{ cubren a } U \text{ tal que } \mathfrak{A} \Vdash_{U_i} \varphi[\mu_i, \sigma_1, \dots, \sigma_n] \text{ para todo } i.$$

La implicación " $\Rightarrow$ " vale por el Teorema 3.1, pues para cada punto  $x \in U$  existe  $\mu_x$  y una vecindad  $U_x \subseteq \text{dom} \sigma_x$  tal que

$$\mathfrak{A} \Vdash_{U_x} \varphi[\mu_x, \sigma_1 \dots \sigma_n].$$

y los  $U_x$  obviamente cubren a  $U$ . La otra dirección es inmediata. Esta equivalencia dice que la validez de un existencial en un abierto  $U$  no garantiza la existencia de una sección global sobre  $U$  que lo satisfaga, sino solamente la de una familia de secciones no necesariamente compatibles que lo satisfacen localmente. Sin embargo, el siguiente principio cuya demostración requiere el axioma de elección afirma que tal familia de secciones puede reemplazarse por una sección "casi" global.

**TEOREMA 3.3 (Principio del máximo).** Si  $\mathfrak{A} \Vdash_U \exists v \varphi(v)$ , entonces existe  $\sigma$  definida en un abierto  $W$  denso en  $U$  tal que  $\mathfrak{A} \Vdash_W \varphi[\sigma]$ .

**Demostración.** Si  $\mathfrak{A} \Vdash_U \exists v \varphi(v)$  existe un recubrimiento abierto  $(U_\alpha)_\alpha$  de  $U$  y una familia  $(\sigma_\alpha)_\alpha$  de secciones,  $\sigma_\alpha$  definida en  $U_\alpha$ , tales que  $\mathfrak{A} \Vdash_{U_\alpha} \varphi[\sigma_\alpha]$  para todo  $\alpha$ . Entonces el conjunto

$$\Gamma = \{ \sigma : \text{dom}(\sigma) \subseteq U \text{ y } \mathfrak{A} \Vdash_{\text{dom}(\sigma)} \varphi[\sigma] \}$$

es no vacío. Si  $(\sigma_i)_{i \in I}$  es una cadena por inclusión en  $\Gamma$ , entonces  $\sigma = \bigcup_{i \in I} \sigma_i$  es una sección que extiende a

todas las  $\sigma_i$  y además  $\mathfrak{A} \Vdash_{\text{dom}(\sigma)} \varphi[\sigma]$  por el principio (B). Por lo tanto  $\sigma$  es una acota superior de la cadena. Por el Lema de Zorn, existe  $\hat{\sigma}$  maximal en  $\Gamma$ . Si  $W = \text{dom}(\hat{\sigma})$  no fuera denso en  $U$ , existiría  $V \subseteq U$  abierto no vacío tal que  $V \cap W = \emptyset$ , y como los  $U_\alpha$  cubren a  $U$  existiría  $\beta$  tal que  $V \cap U_\beta \neq \emptyset$ . Entonces  $\sigma' = \hat{\sigma} \cup \sigma_\beta|_{(V \cap U_\beta)}$  sería una sección que extiende propiamente a  $\hat{\sigma}$ , y  $\mathfrak{A} \Vdash_{\text{dom}(\sigma')} \varphi[\sigma']$  por los principios (A) y (B), lo que implicaría  $\sigma' \in \Gamma$ , contradiciendo la maximalidad de  $\hat{\sigma}$ .  $\square$

El siguiente resultado lista las reglas sobre los conectivos que caracterizan el forzamiento en abiertos. La importancia de esta definición "sintética" es que puede generalizarse a haces sobre un sitio en el sentido de Grothendieck (véase Mac Lane & Moerdijk, 1992).

**LEMA 3.1 (Semántica de Kripke-Joyal).** La relación  $\mathfrak{A} \Vdash_U \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$  está completamente definida por las propiedades siguientes:

- 1) Si  $\varphi$  es atómica:  

$$\mathfrak{A} \Vdash_U \sigma_1 = \sigma_2 \Leftrightarrow \sigma_1|_U = \sigma_2|_U.$$

$$\mathfrak{A} \Vdash_U R[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow \langle \sigma_1, \dots, \sigma_n \rangle (U) \subseteq R^{\mathfrak{A}}.$$
- 2)  $\mathfrak{A} \Vdash_U (\varphi \wedge \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \mathfrak{A} \Vdash_U \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$  y  $\mathfrak{A} \Vdash_U \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ .
- 3)  $\mathfrak{A} \Vdash_U (\varphi \vee \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow$  existen abiertos  $V, W$  tales que  $U = V \cup W$ ,  

$$\mathfrak{A} \Vdash_V \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n] \text{ y } \mathfrak{A} \Vdash_W \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n].$$
- 4)  $\mathfrak{A} \Vdash_U \neg \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \forall W \subseteq U, W \neq \emptyset: \mathfrak{A} \not\Vdash_W \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ .
- 5)  $\mathfrak{A} \Vdash_U (\varphi \rightarrow \psi)[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Leftrightarrow \forall W \subseteq U: \mathfrak{A} \Vdash_W \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n] \Rightarrow \mathfrak{A} \Vdash_W \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ .
- 6)  $\mathfrak{A} \Vdash_U \exists v \varphi(v, \sigma_1 \dots \sigma_n) \Leftrightarrow$  existe un recubrimiento abierto  $\{U_i\}_i$  de  $U$  y secciones  $\mu_i \in \mathfrak{A}(U_i)$  tales que  $\mathfrak{A} \Vdash_{U_i} \varphi[\mu_i, \sigma_1, \dots, \sigma_n]$ , para todo  $i$ .
- 7)  $\mathfrak{A} \Vdash_U \forall v \varphi(v, \sigma_1 \dots \sigma_n) \Leftrightarrow \forall W \subseteq U, \forall \mu$  definida en  $W: \mathfrak{A} \Vdash_W \varphi[\mu, \sigma_1 \dots \sigma_n]$ .

**Demostración.** Es suficiente demostrar que la relación  $\Vdash_U$  satisface las equivalencias (1)-(7), pues éstas constituyen una definición inductiva que solamente puede ser satisfecha por una única relación. Las equivalencias (1) y (2) son inmediatas y la (6) ya fue discutida. Explicamos la dirección menos trivial de las restantes:

3) " $\Rightarrow$ ", tome  $V = \{x \in U : \mathfrak{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]\}$ ,  $W = \{x \in U : \mathfrak{A} \Vdash_x \psi[\sigma_1 \dots \sigma_n]\}$  que son abiertos por el Teorema 3.1.

4) " $\Leftarrow$ ", si  $\mathfrak{A} \not\Vdash_U \neg \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ , hay un punto  $x \in U$  tal que  $\mathfrak{A} \not\Vdash_x \neg \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$ , y por tanto toda vecindad de  $x$ , en particular  $U$ , contiene y tal que  $\mathfrak{A} \Vdash_y \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ ; por el Teorema 3.1, existe  $W$  vecindad de  $y$  tal que  $\mathfrak{A} \Vdash_W \varphi[\sigma_1 \dots \sigma_n]$  y podemos suponer  $W \subseteq U$ .

5) " $\Rightarrow$ " Si  $\mathfrak{A} \Vdash_U (\varphi \rightarrow \psi)$  entonces se tiene en particular

que:  $\mathfrak{U} \Vdash_{-x} \varphi \Rightarrow \mathfrak{U} \Vdash_{-x} \psi$ , para todo  $x \in U$ , el resto es trivial.

" $\Leftarrow$ " Si  $\mathfrak{U} \not\Vdash_{\cup} (\varphi \rightarrow \psi)$ , existe  $x \in U$  tal que  $\mathfrak{U} \not\Vdash_x (\varphi \rightarrow \psi)$  y por tanto en existe  $y \in U$  tal que  $\mathfrak{U} \Vdash_{-y} \varphi$ ,  $\mathfrak{U} \not\Vdash_y \psi$ . Entonces existe  $W$  vecindad de  $y$  tal que  $\mathfrak{U} \Vdash_{-W} \varphi$  y evidentemente  $\mathfrak{U} \not\Vdash_W \psi$ . Tome  $W \subseteq U$ .

7) " $\Rightarrow$ ", suponga que  $\mathfrak{U} \not\Vdash_x \forall v \varphi(v, \dots)$  par algún  $x$  de  $U$ , entonces existe  $y \in U$  y  $\mu$  definida en  $y$  tal que  $\mathfrak{U} \not\Vdash_y \varphi(\mu, \dots)$ . Sea  $W = U \cap \text{dom}(\mu)$ , entonces  $\mathfrak{U} \not\Vdash_W \varphi(\mu, \dots)$ .  $\square$

Las leyes lógicas satisfechas por un haz pueden expresar también propiedades estructurales de su pre-haz de secciones. El siguiente resultado al respecto parece no haber sido observado hasta ahora.

**TEOREMA 3.4.** *Sea  $U$  un abierto conexo, entonces:*

a)  $\mathfrak{U} \Vdash_{-U} (\sigma = \tau \vee \neg \sigma = \tau)$  para todo para todo par de secciones  $\sigma, \tau$  definidas en  $U$  si y solamente si para todo abierto  $V$  no vacío la restricción  $\rho_{UV}: \mathfrak{U}(U) \rightarrow \mathfrak{U}(V)$  es inyectiva.

b)  $\mathfrak{U} \Vdash_{-U} (\phi \vee \neg \phi)[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$  para toda fórmula atómica  $\phi$  y secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  si y solamente si para todo abierto no vacío  $V$  la restricción  $\rho_{UV}: \mathfrak{U}(U) \rightarrow \mathfrak{U}(V)$  es un sumersión isomórfica.

c)  $\mathfrak{U} \Vdash_{-U} (\phi \vee \neg \phi)[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$  para toda fórmula  $\phi$  y secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  si y solamente si para todo abierto no vacío  $V$  la restricción  $\rho_{UV}: \mathfrak{U}(U) \rightarrow \mathfrak{U}(V)$  es un sumersión elemental (clásica); equivalentemente, para toda  $\varphi$  y secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  se tiene  $\mathfrak{U} \Vdash_{-U} \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \Leftrightarrow \mathfrak{U} \Vdash_{-V} \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ .  $\square$

El caso (c) del teorema implica que para todo  $x \in U$  el forzamiento en  $x$  coincide con la satisfacción clásica en  $\mathfrak{U}_x$ , y que las fibras sobre  $U$  son todas elementalmente equivalentes. Más precisamente, si  $\sigma_1 \in \mathfrak{U}(U)$ ,  $x, y \in U$ , entonces  $(\mathfrak{U}_x, \sigma_1(x), \dots) \equiv (\mathfrak{U}_y, \sigma_1(y), \dots)$ .

**EJEMPLO 3.4.** Se demuestra en el Análisis Complejo que si dos funciones holomorfas coinciden en un subconjunto abierto  $V$  de un abierto conexo  $U$  entonces son idénticas en todo  $U$ . Esto significa que las restricción  $\rho_{UV}$  es una sumersión isomórfica, y por el teorema anterior vale la ley del tercio excluso para las fórmulas atómicas en el haz de gérmenes de funciones holomorfas de  $\mathbb{C}$ . Puede comprobarse que lo anterior no es cierto para el haz de gérmenes de funciones complejas continuas, por ejemplo no vale el tercio excluso para la igualdad entre la función identidad y la función conjugado, secciones globales de este haz.

**EJEMPLO 3.5.** La lógica de cualquier espacio recubridor de un espacio localmente conexo es clásica en cada fibra, pues cada  $x \in X$  tiene una vecindad abierta conexa  $U$  para la cual  $p^{-1}(U) \approx U \times p^{-1}(x)$ . Por conexidad, secciones distintas sobre  $U$  deben tener imágenes disjuntas y por tanto las restricciones son inyectivas. Además las restricciones a abiertos conexos son isomorfismos lo cual implica la condición (c) del Teorema, por la conexidad local.

#### § 4. Validez de la lógica intuicionista en los haces

¿Podemos dar cuenta de las leyes lógicas generales satisfechas por todos los haces? Sorprendentemente, las leyes formales de la lógica de los haces coinciden con las de la *Lógica Intuicionista*, la alternativa más importante que se ha planteado a la lógica clásica, propuesta por el matemático Brouwer (1908, 1913) a quien movían principios filosóficos acerca de los fundamentos de la matemática totalmente ajenos a los que hemos expuesto en este trabajo. La filosofía del intuicionismo exige que las demostraciones sean constructivas y que exhiban explícitamente los objetos matemáticos cuya existencia demuestran, o al menos las instrucciones para construirlos. Las construcciones y objetos infinitos son aceptables para el intuicionismo solamente cuando están determinadas por procesos inductivos. No se aceptan las pruebas por contradicción en su forma fuerte, donde se deduce una afirmación de la inconsistencia de su negación. En esta lógica fallan leyes como el "tercio excluso":  $\varphi \vee \neg \varphi$ , y la ley de doble negación:  $\neg \neg \varphi \rightarrow \varphi$ . Heyting (1930) propuso un sistema formal deductivo que captura fielmente las leyes deductivas aceptadas por Brouwer, sistema llamado hoy día *Cálculo de Heyting*. Por mucho tiempo, el Cálculo de Heyting careció de una interpretación semántica matemáticamente satisfactoria, hasta que Kripke (1965) introdujo una semántica estructural para la cual el Cálculo de Heyting es válido y completo, los hoy llamados *modelos de Kripke*. Para referencias más detalladas sobre la lógica intuicionista y el Cálculo de Heyting puede verse el texto introductorio de van Dalen (1983).

En adelante,  $\vdash_{\mathfrak{H}} \varphi$  indicará que la fórmula  $\varphi$  se puede deducir formalmente en el Cálculo de Heyting. Como las leyes de  $\vdash_{\mathfrak{H}}$  forman un subsistema del Cálculo de Predicados Clásico  $\vdash_{\mathfrak{C}}$ , se tiene que

$$\vdash_{\mathfrak{H}} \varphi \Rightarrow \vdash_{\mathfrak{C}} \varphi.$$

Evidentemente no vale el recíproco; sin embargo, la traducción introducida por Gödel (1933) para demostrar la interpretabilidad de la aritmética clásica en la intuicionista proporciona una especie de recíproco, mostrando que ambas lógicas tienen la misma fuerza deductiva. Independientemente y anteriormente a Gödel había descubierto Kolmogorov (1925) una interpretación equivalente basada en la iteración de la doble negación. Esta traducción tendrá un papel importante en la sección siguiente.

**Definición 4.1 (Interpretación de Gödel).** A cada fórmula  $\varphi$  se asocia  $\varphi^G$  como sigue:

$$\varphi^G = \neg \neg \varphi \quad \text{si es atómica } \varphi$$

$$(\varphi \wedge \psi)^G = (\varphi^G \wedge \psi^G)$$

$$(\varphi \vee \psi)^G = \neg(\neg \varphi^G \wedge \neg \psi^G)$$

$$(\varphi \rightarrow \psi)^G = \neg(\varphi^G \wedge \neg \psi^G)$$

$$(\neg \varphi)^G = \neg(\varphi^G)$$

$$(\forall v \varphi)^G = \forall v (\varphi^G)$$

$$(\exists v \varphi)^G = \neg \forall v \neg \varphi^G.$$

Se tiene entonces:

$$\vdash_C \varphi \Leftrightarrow \vdash_H \varphi^G$$

(para una demostración sintáctica véase van Dalen). Si  $\varphi$  no contiene a  $\forall$  puede demostrarse que  $\varphi^G \equiv_H \neg \neg \varphi$ , de donde resulta el conocido Teorema de Glivenko para el calculo proposicional:  $\vdash_C \varphi \Leftrightarrow \vdash_H \neg \neg \varphi$ .

**I. Modelos de Kripke como haces.** Un modelo de Kripke de tipo  $\tau$ , consiste de una cuádrupla  $K = (\Sigma, \leq, (K_i)_{i \in \Sigma}, (f_{ij})_{(i,j) \in \leq})$  sujeta a las condiciones:

- i)  $(\Sigma, \leq)$  es un conjunto parcialmente ordenado.
- ii) Para cada  $i \in \Sigma$ ,  $K_i$  es una estructura de tipo  $\tau$ .
- iii) Dados  $i, j \in \Sigma$  con  $i \leq j$ ,  $f_{ij}: K_i \rightarrow K_j$  es un homomorfismo de estructuras;  $f_{ii}$  es la identidad.
- iv) Si  $i, j, k \in \Sigma$  con  $i < j < k$ , entonces  $f_{jk} \circ f_{ij} = f_{ik}$ .

El forzamiento de Kripke:  $K \Vdash_i \varphi[a_1, \dots, a_n]$ , donde  $a_1, \dots, a_n \in K_i$ , se define inductivamente:

$$K \Vdash_i a_1 = a_2 \Leftrightarrow a_1 = a_2$$

$$K \Vdash_i R[a_1, \dots, a_n] \Leftrightarrow (a_1, \dots, a_n) \in R^{K(p)}$$

$$K \Vdash_i (\varphi \rightarrow \psi) \Leftrightarrow \forall j \geq i (K \Vdash_j \varphi[f_{pq}(a_1) \dots f_{pq}(a_n)] \Rightarrow K \Vdash_j \psi[f_{rq}(a_1), \dots, f_{pq}(a_n)])$$

$$K \Vdash_i \neg \varphi \Leftrightarrow \forall j \geq i: K \not\vdash_j \varphi[f_{pq}(a_1) \dots f_{pq}(a_n)]$$

$$K \Vdash_i \exists v \varphi(v)[a_1, \dots, a_n] \Leftrightarrow \text{para algún } a \in K_i: K \Vdash_i \varphi[a, a_1, \dots, a_n]$$

$$K \Vdash_i \forall v \varphi(v, \dots)[a_1, \dots, a_n] \Leftrightarrow \forall j \geq i \forall b \in K_j: K \Vdash_j \varphi[a, f_{pq}(a_1) \dots f_{pq}(a_n)].$$

Todo modelo de Kripke puede verse como un haz de estructuras como veremos en seguida.

**Definición 4.2.** Un conjunto parcialmente ordenado  $\Sigma$  está dotado de una topología natural  $\Sigma^+ = \{S \subseteq \Sigma : \forall i \in S \forall j \geq i (j \in S)\}$ , que tiene por base de abiertos a los conjuntos de la forma  $(i) = \{j \in \Sigma : j \geq i\}$ . Dado un modelo de Kripke  $K$  sobre  $\Sigma$ , tomemos como fibra sobre  $i$  a la estructura  $K_i$ , y dotemos a la unión disyunta  $E = \bigcup_{i \in \Sigma} K_i$  con la topología generada por las secciones:

$$\sigma = (a_i)_{i \in U} \text{ con } a_i \in K_i \text{ y } f_{ij}(a_i) = a_j \text{ para } i \leq j.$$

De esta manera  $K$  se transforma en un haz  $K^*$  de estructuras de tipo  $\tau$  sobre el espacio  $X = (\Sigma, \Sigma^+)$ .

A cada individuo  $a \in K_i$  se le puede asociar la sección  $\sigma_a: (i) \rightarrow E$  que consiste de  $\sigma(i) = a$  y todas sus imágenes futuras  $\sigma_a(j) = f_{ij}(a)$ ,  $j \geq i$ . Esta asociación define un isomorfismo entre la fibra  $K_i$  y la estructura de secciones  $K^*((i))$ , por el cual  $f_{ij}$  corresponde a la restricción  $\rho_{(i)(j)}$ . Además se tiene:

**LEMA 4.1.** Sea  $K$  un modelo de Kripke y  $K^*$  el haz correspondiente; entonces las siguientes afirmaciones son equivalentes:

- a)  $K \Vdash_i \varphi[a_1, \dots, a_n]$  à la Kripke,
- b)  $K^* \Vdash_i \varphi[\sigma_{a_1}, \dots, \sigma_{a_n}]$  en el sentido de la semántica puntual de haces,
- c)  $K^* \Vdash_{(i)} \varphi[\sigma_{a_1}, \dots, \sigma_{a_n}]$  en el sentido de la semántica de Kripke Joyal.

**Demostración.** Una obvia inducción en fórmulas. En el caso atómico debe utilizarse que las funciones de transición son homomorfismos. La última equivalencia vale porque  $(i)$  es el mínimo abierto que contiene a  $i$ .  $\square$

Las leyes intuicionistas son forzadas en todos los puntos del espacio base de un haz, pues se puede verificar que el forzamiento es preservado por Modus Ponens, y que cada axioma del cálculo de Heyting es forzado en todos los haces, una tediosa pero fácil tarea. También vale el recíproco por el lema anterior, pues si una fórmula es forzada en todos los haces lo será en todo modelo de Kripke, y por el teorema de completitud de Kripke (1965) será deducible en el calculo de Heyting. Tenemos entonces:

**TEOREMA 4.1.**  $\vdash_H \varphi \Leftrightarrow$  para todo  $X$  y todo haz de estructuras  $\mathcal{U}$  sobre  $X$ :  $\mathcal{U} \Vdash_X \varphi$ .

Se desprende que las fórmulas forzadas en todos los haces sobre un espacio fijo  $X$  constituyen una lógica intermedia entre la intuicionista y la clásica, la cual depende exclusivamente de la topología de  $X$ .

Como los abiertos  $(i)$  son conexos, tenemos el siguiente corolario al Teorema 3.4 y Lema 4.1.

**TEOREMA 4.2.** Sea  $K$  un modelo de Kripke, entonces:

- a)  $K \Vdash_i (a=b \vee \neg a=b)$  para todo  $a, b \in K_i \Leftrightarrow \forall j \geq i: f_{ij}$  es inyectiva.
- b)  $K \Vdash_i (\phi \vee \neg \phi)[a_1, \dots, a_n]$  para toda fórmula atómica  $\phi$  y  $a_1, \dots, a_n \in K_i \Leftrightarrow \forall j \geq i: f_{ji}$  es un isomorfismo inyectivo.
- c)  $K \Vdash_i (\phi \vee \neg \phi)[a_1, \dots, a_n]$  para toda fórmula  $\phi$  y  $a_1, \dots, a_n \in K_i \Leftrightarrow \forall j \geq i: f_{ji}$  es un monomorfismo elemental.

**Ejemplo 4.1 (Forzamiento de Robinson).** Si se toma una clase  $\forall \exists$  de estructuras  $C$  ordenada por la relación de subestructura, el forzamiento de Robinson (1970) en  $C$  corresponde a forzamiento en el modelo de Kripke que tiene a  $\mathcal{U}$  por fibra sobre  $\mathcal{U}$ , y por transiciones las inclusiones. Utilizando la clausura de  $C$  bajo unión de cadenas, puede extenderse cualquier nodo de  $C$  a uno que satisfaga el tercio excluso para todas las fórmulas. Por (c) del Teorema anterior, tales modelos deben ser modelo completos en  $C$ .

**II. Lógica multivaluada en los haces.** La lógica intermedia asociada a un espacio  $X$  puede verse como una lógica multivaluada con valores en el álgebra de Heyting  $Ab(X)$ . Si  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  son secciones de un haz  $\mathcal{U}$ , definidas en  $U$ , es razonable introducir la extensión veritativa de una proposición en  $U$ :

$$[\varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]]_{\mathcal{U}} \stackrel{\text{Def}}{=} \{x \in U : \mathcal{U} \Vdash_x \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\}.$$

aunque todas ellas pueden considerarse como la construcción de estructuras clásicas (los modelo genéricos) a partir de un modelo de Kripke, de manera que la semántica del modelo clasico está conectada con la del modelo de Kripke por via de un filtro genérico del orden parcial (teorema del modelo genérico). En la mayoría de las aplicaciones en la literatura la existencia de estos filtros y modelos requiere de fuertes condiciones de enumerabilidad.

Introducimos aquí una noción más general de filtros y modelos genéricos en haces de estructuras sobre espacios topológicos cuya existencia no precisa condiciones de enumerabilidad. Veremos en la sección siguiente que las condiciones de enumerabilidad son necesarias solamente cuando se desea que los modelos sean genéricos con respecto a lógicas infinitarias.

Sea  $X$  un espacio topológico y  $Ab(X)$  su familia de subconjuntos abiertos, una subfamilia  $\mathcal{F} \subseteq Ab(X)$  es un *filtro de abiertos* sobre  $X$  si cumple:

$$\begin{aligned} X \in \mathcal{F} \\ U, V \in \mathcal{F} &\Rightarrow U \cap V \in \mathcal{F} \\ U \supseteq V \in \mathcal{F} &\Rightarrow U \in \mathcal{F}. \end{aligned}$$

Un filtro de abiertos  $\mathcal{F}$  es *no trivial* si no es todo  $Ab(X)$  o equivalentemente  $\emptyset \notin \mathcal{F}$ ; es *maximal* si lo es con respecto a inclusión entre todos los filtros no triviales de abiertos sobre  $X$ . En lo que sigue, todos los filtros mencionados serán de abiertos aunque no se lo diga explícitamente.

**LEMA 5.1.** *Si  $\mathcal{F}$  es un filtro maximal de abiertos sobre  $X$  entonces:*

- a)  $W$  abierto denso en  $U \in \mathcal{F} \Rightarrow W \in \mathcal{F}$ .
- b)  $U \in Ab(X) \Rightarrow U \in \mathcal{F} \text{ o } -U = \text{Int}(X - U) \in \mathcal{F}$ .

**Demostración.** a) Si  $V \in \mathcal{F}$  entonces  $V \cap U$  es un abierto no vacío contenido en  $U$ , luego  $W \cap (V \cap U) \neq \emptyset$  por densidad de  $W$  y a fortiori  $W \cap V \neq \emptyset$ ; entonces existe un filtro no trivial que contiene a  $\mathcal{F}$  y a  $W$ , que por maximalidad deberá ser el mismo  $\mathcal{F}$ , así que  $W \in \mathcal{F}$ .

b) Si  $U \notin \mathcal{F}$  entonces por maximalidad existe  $W \in \mathcal{F}$  disyunto de  $U$ ; evidentemente  $\text{Int}(X - U) \supseteq W$ .  $\square$

**Definición 5.1.** Sea  $\mathcal{A}$  un haz de estructuras de tipo  $\tau$  sobre un espacio topológico  $X$ . Un filtro  $\mathcal{F}$  no trivial sobre  $X$  es *genérico para  $\mathcal{A}$* , si para cualquier fórmula  $\varphi(v_1, \dots, v_n)$  de primer orden de tipo  $\tau$  y cualesquier secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  de  $\mathcal{A}$  definidas en  $U \in \mathcal{F}$ , se tiene:

- 1)  $\exists W \in \mathcal{F} : \mathcal{A} \Vdash_W \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \text{ o } \mathcal{A} \Vdash_W \neg \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ .
- 2) Para cualesquier secciones  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  de  $\mathcal{A}$  definidas en  $U \in \mathcal{F}$  y fórmula  $\varphi(u, v_1, \dots, v_n)$ :

$$\mathcal{A} \Vdash_U \exists u \varphi(u, \sigma_1, \dots, \sigma_n) \Rightarrow \exists W \in \mathcal{F} \text{ y } \sigma \text{ definida en } W, \text{ tales que } \mathcal{A} \Vdash_W \varphi[\sigma, \sigma_1, \dots, \sigma_n].$$

**TEOREMA 5.1 (Existencia de filtros genéricos).**  
*Un filtro maximal de abiertos sobre  $X$  es genérico*

*para cualquier haz de estructuras sobre  $X$ .*

**Demostración.** Sea  $\mathcal{F}$  un filtro maximal de abiertos sobre  $X$ ,  $\varphi(v_1, \dots, v_n)$  cualquier fórmula,  $U \in \mathcal{F}$  y  $\sigma_1, \dots, \sigma_n$  secciones en un haz  $\mathcal{A}$ , definidas en  $U$ . Si  $B = \{x \in U : \mathcal{A} \Vdash_x \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\} \notin \mathcal{F}$  entonces  $C = \text{Int}(X - B) = \text{Int}(\{x \in U : \mathcal{A} \Vdash_{-x} \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\} \cup (X - U)) \in \mathcal{F}$ . Intersectando  $C$  con  $U$  nos da que  $D = \text{Int}(\{x \in U : \mathcal{A} \Vdash_{-x} \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]\} \cap U) \in \mathcal{F}$ . Por definición,  $D$  es tal que  $\mathcal{A} \Vdash_D \neg \varphi[\sigma_1, \dots, \sigma_n]$ . Esto prueba la condición (1). Supongamos ahora que  $\mathcal{A} \Vdash_U \exists u \varphi(u, \sigma_1, \dots, \sigma_n)$  con  $U \in \mathcal{F}$ . Por el principio del máximo, existen un abierto  $W$  denso en  $U$  y una sección  $\sigma$  sobre  $W$  tales que  $\mathcal{A} \Vdash_W \varphi[\sigma, \sigma_1, \dots, \sigma_n]$ . Por el Lema 5.1,  $W \in \mathcal{F}$ . Esto demuestra la propiedad (2).  $\square$

Vale el recíproco del teorema anterior. En realidad, un filtro sobre  $X$  es maximal si y solamente si es genérico para el haz de *gérmenes de abiertos* que resulta de germinar el prehaz de álgebras de Heyting  $\Gamma(U) = (Ab(U), \subseteq)$ .

**Definición 5.2.** Dado un haz de estructuras  $\mathcal{A}$  sobre  $X$  y un filtro  $\mathcal{F}$  sobre  $X$  sea  $\mathcal{A}[\mathcal{F}] = \varinjlim_{U \in \mathcal{F}} \mathcal{A}(U)$ , límite que se construye de la misma manera que una fibra de gérmenes, utilizando el filtro  $\mathcal{F}$  en lugar del filtro de vecindades de un punto, es decir:

$$\mathcal{A}[\mathcal{F}] = \dot{\bigcup}_{U \in \mathcal{F}} \mathcal{A}(U) / \sim_{\mathcal{F}}$$

donde dados  $\sigma \in \mathcal{A}(U)$ ,  $\mu \in \mathcal{A}(V)$ :

$$\sigma \sim_{\mathcal{F}} \mu \Leftrightarrow \exists W \in \mathcal{F}, \text{ tal que } \sigma \upharpoonright W = \mu \upharpoonright W,$$

y si llamamos  $[\sigma]$  a la clase de equivalencia de  $\sigma$ , entonces las relaciones y funciones se definen:

$$([\sigma_1], \dots, [\sigma_n]) \in R^{\mathcal{A}[\mathcal{F}]} \Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{F} : (\sigma_1, \dots, \sigma_n) \in R^{\mathcal{A}(U)}.$$

$$f^{\mathcal{A}[\mathcal{F}]}\left([\sigma_1], \dots, [\sigma_n]\right) = [f^{\mathcal{A}(U)}(\sigma_1, \dots, \sigma_n)].$$

Si  $\mathcal{F}$  es genérico para  $\mathcal{A}$ , diremos que  $\mathcal{A}[\mathcal{F}]$  es un *modelo genérico*.

Consideramos al siguiente como el *Teorema Fundamental de la Teoría de Modelos*, ya que tiene por corolarios inmediatos los teoremas principales de la teoría de modelos clásica, como mostramos más adelante. Su demostración resulta de una cuidadosa inducción en fórmulas. Recuérdese que  $\phi^G$  denota la traducción de Gödel de la fórmula  $\phi$ .

**TEOREMA 5.2 (Teorema del modelo genérico).**  
*Sea  $\mathcal{F}$  un filtro sobre  $X$  genérico para  $\mathcal{A}$ , entonces,*

$$\begin{aligned} \mathcal{A}[\mathcal{F}] \models \phi([\sigma_1], \dots, [\sigma_n]) \\ \Leftrightarrow \text{existe } U \in \mathcal{F} \text{ tal que: } \mathcal{A} \Vdash_U \phi^G(\sigma_1, \dots, \sigma_n) \\ \Leftrightarrow \{x \in X : \mathcal{A} \Vdash_x \phi^G(\sigma_1, \dots, \sigma_n)\} \in \mathcal{F}. \end{aligned}$$

Si  $\phi$  no contiene  $\forall$ , hemos dicho que  $\varphi^G \equiv \neg \neg \varphi$  intuicionístamente; esto implica, por definición de filtro genérico que podemos evitar la traducción de Gödel en el teorema anterior y concluir:

$$\mathcal{A}[\mathcal{F}] \models \phi([\sigma_1], \dots, [\sigma_n])$$

$\Rightarrow$  existe  $U \in \mathcal{F}$  tal que:  $\mathfrak{U} \Vdash \bigcup \phi(\sigma_1, \dots, \sigma_n)$ .

$\Leftrightarrow \{x \in X : \mathfrak{U} \Vdash_x \phi(\sigma_1, \dots, \sigma_n)\} \in \mathcal{F}$ .

El "ultrastalk theorem" de Ellerman (1976) es el enunciado anterior para el caso de filtros maximales. Miraglia (1989) demuestra un resultado análogo para filtros maximales en estructuras Heyting-valuadas. Puede considerarse al modelo  $\mathfrak{U}[\mathcal{F}]$  como una nueva fibra que se añade al haz  $\mathfrak{U}$ . Más precisamente, sea  $X \cup \{\infty\}$  el espacio que resulta de añadir a  $X$  un nuevo punto  $\infty$  con las vecindades abiertas:  $U \cup \{\infty\}$ ,  $U \in \mathcal{F}$ , y mantener la topología original en  $X$ . Tómese a  $\mathfrak{U}_\infty = \mathfrak{U}[\mathcal{F}]$  por fibra sobre  $\infty$ , y por nuevas secciones definidas en  $\infty$  las de la forma  $\sigma^* = \sigma \cup \{(\infty, [\sigma])\}$ , donde  $\sigma$  es una sección de  $\mathfrak{U}$  sobre  $U \in \mathcal{F}$ . Entonces, el teorema del modelo genérico significa que en el nuevo haz  $\mathfrak{U}^*$  esta fibra es clásica, es decir:

$$\mathfrak{U}^* \Vdash_{\infty} \phi(\sigma^*_1, \dots, \sigma^*_n) \Leftrightarrow \mathfrak{U}[\mathcal{F}] \Vdash \phi([\sigma_1], \dots, [\sigma_n]).$$

Los teoremas fundamentales de la teoría de modelos pueden interpretarse como la construcción de estructuras genéricas en haces adecuados, como lo ilustramos con los siguientes ejemplos.

**I. Teorema de Loz para ultraproductos.** Una familia de estructuras  $\{\mathfrak{U}_i : i \in I\}$  puede verse como un haz  $\mathfrak{U}$  sobre el espacio discreto  $I$ . Para cada  $S \subseteq I$ ,  $\mathfrak{U}(S) = \prod_{i \in S} \mathfrak{U}_i$  y así las secciones globales son los elementos del producto  $\prod_{i \in I} \mathfrak{U}_i$ . Un ultrafiltro  $\mathcal{F}$  sobre  $I$  es genérico por ser maximal. Es fácil ver, además, que  $\mathfrak{U}[\mathcal{F}]$  coincide con el ultraproducto de la familia  $\{\mathfrak{U}_i : i \in I\}$  con respecto a  $\mathcal{F}$ :

$$\mathfrak{U}[\mathcal{F}] = \lim_{\substack{\rightarrow \\ S \in \mathcal{F}}} \mathfrak{U}(S) = \lim_{\substack{\rightarrow \\ S \in \mathcal{F}}} \prod_{i \in S} \mathfrak{U}_i \approx \prod_{i \in I} \mathfrak{U}_i / \mathcal{F}.$$

El último isomorfismo se debe a que toda sección con dominio  $S \in \mathcal{F}$  puede extenderse a una global. Toman-do secciones globales  $f_1, \dots, f_n$ , que tienen su dominio en  $\mathcal{F}$ , se tiene por el Teorema del Modelo Genérico:

$$\begin{aligned} \prod_{i \in I} \mathfrak{U}_i / \mathcal{F} \Vdash & \phi([f_1], \dots, [f_n]) \\ \Leftrightarrow \{i \in I : \mathfrak{U} \Vdash_i \phi^G(f_1, \dots, f_n)\} & \in \mathcal{F} \\ \Leftrightarrow \{i \in I : \mathfrak{U}_i \Vdash \phi(f_1(i), \dots, f_n(i))\} & \in \mathcal{F} \end{aligned}$$

donde la última equivalencia se debe a que en este caso toda fibra es clásica, y  $\phi^G \equiv \phi$  clásicamente.

**II. Completitud de la lógica de primer orden.** Utilizando modelos genéricos a la Cohen, Dahn (1979) ha demostrado el teorema de completitud para teorías enumerables de primer orden en la forma de existencia de modelos de teorías consistentes. Solamente para teorías enumerables ya que utiliza los teoremas clásicos de existencia de filtros genéricos sobre órdenes parciales. Damos aquí una demostración de dicho teorema para teorías de cualquier cardinalidad utilizando nuestra noción de filtro genérico.

Sea  $T$  una teoría consistente de primer orden de tipo  $\tau$ ,  $C$  un conjunto infinito enumerable de constantes, disyunto de  $\tau$ , y  $\tau' = \tau \cup C$ . Se define un modelo de Kripke de tipo  $\tau$ :

$$\mathbb{K}_T = (\Sigma, \leq, \mathfrak{U}_p, f_{pq})_{p, q \in \Sigma, p \leq q}$$

como sigue:

- $\Sigma = \{p : p \text{ es un subconjunto finito de } L_{\omega\omega}(\tau') \text{ y } T \cup p \text{ es consistente}\}$
- $p \leq q \Leftrightarrow p \subseteq q$
- $\mathfrak{U}_p = (D / \sim_p, R^p, \dots, f^p, \dots, c^p, \dots)$ , donde  $D = \{t : t \text{ término cerrado sobre } \tau'\}$
- $t_1 \sim_p t_2 \Leftrightarrow T \cup p \Vdash t_1 = t_2$
- $(t_1 / \sim_p, \dots, t_n / \sim_p) \in R^p \Leftrightarrow T \cup p \Vdash R(t_1, \dots, t_n)$
- $f(t_1 / \sim_p, \dots, t_n / \sim_p) = f(t_1, \dots, t_n) / \sim_p$
- $f_{pq} : \mathfrak{U}_p \rightarrow \mathfrak{U}_q$  se define como  $f_{pq}(t / \sim_p) = t / \sim_q$ .

**LEMA 5.2.** Sean  $t_1, \dots, t_n$  términos cerrados y  $\phi(u_1, \dots, u_n) \in L_{\tau'}$ , entonces:

$$T \cup p \vdash \phi(t_1, \dots, t_n) \Leftrightarrow \mathbb{K}_T \Vdash_p \phi^G(t_1 / \sim_p, \dots, t_n / \sim_p).$$

**Demostración.** Por inducción en fórmulas. Solamente se necesita del sistema deductivo que tenga reducción al absurdo (débil) y generalización universal. Se utiliza que  $\phi^G$  solamente contiene los operadores  $\neg$ ,  $\wedge$ ,  $\forall$ , y clásicamente,  $\phi(t_1, \dots, t_n) \equiv \phi^G(t_1, \dots, t_n)$ .  $\square$

**Corolario.** Sea  $T$  una teoría consistente de primer orden, si  $\mathcal{F}$  es un filtro genérico para  $\mathbb{K}_T$ , entonces  $\mathbb{K}_T[\mathcal{F}] \Vdash T$ .

**Demostración.** Si  $T \vdash \phi$ , esto implica por el lema anterior que  $\mathbb{K}_T \Vdash_{\Sigma} \phi^G$  y por el teorema del modelo genérico,  $\mathbb{K}_T[\mathcal{F}] \Vdash \phi$ .

**III. El universo cumulativo de los conjuntos variables.** El método de forzamiento de Cohen (1963) para demostrar la independencia del Axioma de Elección y la Hipótesis del Continuo se presenta en la literatura como una construcción técnica ad-hoc cuya efectividad parece a veces milagrosa. Puede reinterpretarse, sin embargo, como la construcción de modelos genéricos en ciertos modelo de Kripke sobre órdenes parciales cuidadosamente escogidos cuyas fibras son universos de la teoría de conjuntos (Fitting, 1969), o como la construcción de universos de valores booleanos (Scott, 1967). Ambas ideas son casos especiales de la construcción del universo cumulativo de conjuntos extendidos sobre un espacio topológico arbitrario. Presentamos aquí una versión de esta construcción que simplifica y justifica intuitivamente la definición clásica de "forcing", aun en el caso de forzamiento sobre órdenes parciales. Por ejemplo, los elementos de nuestro modelo de Kripke no son "constantes" o "nombres", ni el forzamiento de la pertenencia se define por medio de una inducción en rango, como en las presentaciones tradicionales (Fitting, 1969; Kunen, 1980) sino que resulta ser genuina pertenencia entre conjuntos extendidos.

Tierney (1972), Bunge (1974) y otros autores han

interpretado categóricamente el forzamiento de Cohen tomando todo un topos como modelo de la teoría, mientras que aquí trabajamos con un solo haz, lo cual corresponde a construir la jerarquía cumulativa dentro de un topos.

Presentamos el universo cumulativo de conjuntos extendidos sobre un espacio arbitrario  $X$  como un prehaz exacto, pues describir directamente el fibrado resulta artificial y complicado. En el caso de modelos de Kripke, en cambio, será más sencillo y natural describir directamente el haz fibrado.

**Definición 5.3.** Sea  $X$  un espacio topológico. Para cada ordinal  $\alpha$  definimos un conjunto  $V_\alpha(U)$  de funciones definidas en  $\text{Ab}(U)$ , cuyos valores en  $W \in \text{Ab}(U)$  son conjuntos de funciones en  $\text{Ab}(W)$  cuyos valores, a su vez, en  $V \in \text{Ab}(W)$  son conjuntos de funciones en  $\text{Ab}(V)$ , etc.:

$$V_0(U) = \emptyset$$

$$V_{\alpha+1}(U) = \{ \sigma \in \prod_{W \in \text{Ab}(U)} P(V_\alpha(W)) : \sigma \text{ con las restricciones } \rho_{\text{Ab}(W)\text{Ab}(T)} \text{ para } W \supseteq T \text{ constituye un sub-prehaz exacto} \}$$

$$V_\alpha(U) = \bigcup_{\gamma < \alpha} V_\gamma(U)$$

Finalmente defínase

$$V(U) = \bigcup_{\alpha \in \text{Ord}} V_\alpha(U),$$

y dados  $\sigma, \mu \in V(U)$ , la relación de pertenencia:

$$\sigma \in \mu \Leftrightarrow \sigma \in \mu(U).$$

Escribimos  $V^X$  para hacer explícito el espacio topológico.

Se tiene  $V_\alpha(U) \subseteq V_\gamma(U)$  si  $\alpha < \gamma$ . Además se verifica que  $V_\alpha$  con las restricciones  $\rho_{\text{Ab}(U)\text{Ab}(W)}$  es un prehaz exacto sobre  $X$ , por tanto  $V_\alpha \in V_{\alpha+1}(X)$  y así  $V_\alpha \in V_{\alpha+1}$ . Más generalmente  $V_\alpha \upharpoonright \text{Ab}(U) \in V_{\alpha+1}$ . También  $V$  con las restricciones es un prehaz exacto cuyas estructuras de secciones  $V(U)$  son clases propias. No intentamos calcular el haz  $\mathcal{G}V$  de gérmenes, pero sabemos que los elementos de  $V(U)$  pueden considerarse como las secciones en  $\mathcal{G}V(U)$ ; en particular  $V_\alpha$  y  $V_{\alpha+1}$  son secciones globales y tenemos

$$\mathcal{G}V \Vdash_X V_\alpha \in V_{\alpha+1}.$$

En el caso de modelos de Kripke, podemos describir directamente el haz de gérmenes, ya que en general un prehaz exacto está completamente determinado por sus valores en una base, y en modelos de Kripke vale  $K_p \approx K([p])$ . Si interpretamos el orden parcial  $\Sigma$  como la estructura del tiempo, entonces tenemos una genuina jerarquía cumulativa de conjuntos variables sobre  $\Sigma$ :

$$K_p^\alpha = \emptyset$$

$$K_p^{\alpha+1} = \{ f: [p] \rightarrow \bigcup_{q \geq p} P(K_\alpha, q) : f(q) \subseteq K_\alpha, q, \forall r \geq q \geq p: g \in f(q) \Rightarrow g \upharpoonright [r] \in f(r) \}$$

$$K_p^\alpha = \bigcup_{\gamma < \alpha} K_p^\gamma \text{ si } \alpha \text{ es un ordinal límite.}$$

$$K_p = \bigcup_{\alpha \in \text{Ord}} K_p^\alpha, \quad g \in P_f \Leftrightarrow g \in f(p).$$

Los elementos de  $K_p$  son funciones definidas en  $[p]$ , de hecho secciones del haz  $K \upharpoonright [p]$ , cuyos valores en  $q$  es a su vez un conjunto de funciones definidas en  $[q]$ ,  $q \geq p$ , etc. Un conjunto variable  $g$  pertenece en el momento  $p$  al conjunto variable  $f$  si  $g$  pertenece a la descripción instantánea  $f(p)$  de  $f$  en  $p$ . Los homomorfismos de transición son las restricciones que, por construcción, respetan la relación de pertenencia del modelo.

**TEOREMA 5.3.** Para todo espacio topológico  $X$ ,  $\mathcal{G}V^X \Vdash_X ZF^G$ .

**Demostración.** Para mayores detalles sobre esta construcción y la verificación de que los axiomas de ZF (Teoría axiomática de conjuntos de Zermelo-Fraenkel) son forzados en estos haces conjuntistas véase la tesis de Magister de A. Villaveces (1991).  $\square$

Se tiene como corolario inmediato que  $V^X[\mathcal{F}] \models ZF$  para cualquier filtro genérico  $\mathcal{F}$ . Los axiomas de ZF no son necesariamente forzados en su formulación corriente, por ello se necesita la traducción de Gödel; por ejemplo, en el universo conjuntista sobre el espacio de Sierpinski no se fuerza la formulación corriente del axioma de fundamentación AF:

$$\forall u \exists v (v \in u \wedge \forall w (w \in v \rightarrow \neg w \in u)),$$

sino más bien su negación  $\neg AF$ , pero se fuerza  $AF^G$  (que contradice a  $\neg AF$  clásicamente, pero no intuicionistamente).

## § 6. Genericidad en lógica infinitaria

La semántica puntual de haces puede extenderse al lenguaje  $L_{\infty\omega}$  que admite conjunciones y disyunciones infinitas (para la lógica infinitaria clásica véase Dickmann, 1975), adicionando a las cláusulas de la Definición 3.1 las reglas:

$$\begin{aligned} \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{x}} \bigvee_{i \in I} \varphi_i[\sigma_1 \dots \sigma_n] &\Leftrightarrow \exists i \in I: \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{x}} \varphi_i[\sigma_1 \dots \sigma_n], \\ \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{x}} \bigwedge_{i \in I} \varphi_i[\sigma_1 \dots \sigma_n] &\Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(\bar{x}) \text{ tal que } \forall y \in U, \\ &\forall i \in I: \mathfrak{M} \Vdash_{-y} \varphi_i[\sigma_1 \dots \sigma_n]. \end{aligned}$$

se tiene entonces la siguiente extensión de la semántica de Kripke-Joyal:

$$\begin{aligned} \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{U}} \bigvee_{i \in I} \varphi_i[\sigma_1, \dots, \sigma_n] &\Leftrightarrow \exists \text{recubrimiento } \{U_i\}_i \text{ de} \\ &U \text{ tal que } \forall i: \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{U}_i} \varphi_i[\sigma_1, \dots, \sigma_n], \\ \mathfrak{M} \Vdash_{\bar{U}} \bigwedge_{i \in I} \varphi_i[\sigma_1, \dots, \sigma_n] &\Leftrightarrow \exists U \in \mathcal{V}(\bar{x}) \text{ tal que} \\ &\mathfrak{M} \Vdash_{-U} \varphi_i[\sigma_1, \dots, \sigma_n] \text{ para todo } i. \end{aligned}$$

Es posible generalizar también la teoría de modelos genéricos a fragmentos de  $L_{\infty\omega}$ , lo cual permite demostrar completitud y omisión de tipos para fragmentos enumerables, unificando las demostraciones por medio de condiciones de consistencia de Barwise (1970) y Keisler (1973), y la de Dahn (1979) para la lógica de primer orden  $L_{\omega\omega}$  por medio de modelos de

Kripke.

Un sublenguaje  $L$  de  $L_{\infty\omega}$  será un *fragmento* si es cerrado bajo subfórmulas y los operadores:  $\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \forall, \exists$ .

**Definición 6.1.**  $G$  es  $L$ -genérico para  $\mathfrak{A}$  ( $L$  un fragmento de  $L_{\infty\omega}$ ) si cumple las condiciones de la definición original para todas las fórmulas de  $L$ , y además la cláusula:

$$3) \mathfrak{A} \Vdash \bigcup \Phi \text{ con } U \in \mathcal{F} \Rightarrow \exists W \in \mathcal{F} \exists \varphi \in \Phi$$

tales que  $\mathfrak{A} \Vdash W \varphi$ .

Para disyunciones finitas, esta propiedad se sigue de las otras dos, de manera que genericidad a secas es  $L_{\omega\omega}$ -genericidad. El análogo del teorema del modelo genérico 5.2 sigue valiendo para fórmulas de un fragmento  $L$  y un filtro  $L$ -genérico, si extendemos la traducción de Gödel a la lógica infinitaria con las reglas:

$$(\bigwedge_{i \in I} \phi_i)^G = \bigwedge_{i \in I} \phi_i^G$$

$$(\bigvee_{i \in I} \phi_i)^G = \neg(\bigwedge_{i \in I} \neg \phi_i^G).$$

No podemos asegurar en general la existencia de filtros  $L$ -genéricos, pues un filtro maximal no tiene por qué cumplir la condición (3); sin embargo, podemos garantizarla bajo condiciones de enumerabilidad para  $L$  y el haz.

**TEOREMA 6.1.** Sean  $L$  un fragmento enumerable de  $L_{\infty\omega}$  (y por lo tanto de  $L_{\omega_1\omega}$ ),  $X$  un espacio topológico con una base enumerable  $B$ , y  $\mathfrak{A}$  un haz de estructuras sobre  $X$  tal que  $\mathfrak{A}(U)$  es enumerable para toda  $U \in B$ ; entonces existe un filtro  $L$ -genérico para  $\mathfrak{A}$ . Además puede escogerse el filtro de manera que tenga una base de filtro formada por elementos de  $B$ .

Bajo condiciones fuertes de intersección en el espacio de base es posible probar también la existencia de filtros  $L$ -genéricos para fragmentos no enumerables.

Llamaremos *filtro de Cohen* a un filtro sobre un modelo de Kripke que sea generado por básicos de la forma  $[p]$ . Por la última condición del Teorema 6.1, existen filtros de Cohen genéricos en modelos de Kripke enumerable. En tal caso el conjunto  $C = \{ p : [p] \in \mathcal{F} \}$  es un filtro genérico sobre el orden parcial del modelo en el sentido corriente de la teoría de conjuntos (véase Kunen, 1980). Sea  $L$  un fragmento enumerable y  $\vdash_L$  el sistema deductivo resultante de adjuntar al sistema  $\vdash$  para la lógica de primer orden con las reglas infinitarias naturales para las conjunciones infinitas de  $L$ . Es decir para cada  $\bigwedge_{i \in \omega} \phi_i \in L$  las dos reglas:

$$\bigwedge_{i \in \omega} \phi_i \vdash_L \phi_j; \quad \phi_1, \phi_2, \dots \vdash_L \bigwedge_{i \in \omega} \phi_i$$

Si construimos como antes el modelo  $K_T$  asociado a una teoría consistente  $T \subseteq L$  y al sistema deductivo  $\vdash_L$ , puede demostrarse el análogo del Lema 5.2, y como se cumplen las condiciones del Teorema 6.2, puede demostrarse el teorema de completitud:

**TEOREMA 6.2 (Completitud para fragmentos e-numerables).** Sea  $L$  un fragmento enumerable y  $T \subseteq L$  un teoría consistente para el sistema  $\vdash_L$  entonces  $K_T[\mathcal{F}]$  es modelo de  $T$ , para cualquier filtro  $L$ -genérico  $\mathcal{F}$  de  $K_T$ .

Si  $\mathcal{F}$  es de Cohen, el límite  $K_T[\mathcal{F}]$  resulta enumerable, pues puede calcularse utilizando solamente las estructuras  $K_T([p])$  que son enumerables por construcción. Por otra parte, ecogiendo con cuidado el fragmento y utilizando el mismo haz  $K_T$  puede demostrarse el teorema de omisión de tipos.

**TEOREMA 6.3 (Omisión de tipos para fragmentos enumerables).** Sea  $L$  un fragmento enumerable. Si  $\Phi(v)$  es un tipo no principal sobre  $T \subseteq L$ , existe un modelo enumerable que omite a  $\Phi(v)$ .

**Demostración.** Suponemos sin perder generalidad que el fragmento es cerrado bajo la traducción de Gödel. Para cada  $t \in D$  y  $p \in \Sigma$  se tiene en  $K_T$ :

$$K_T \Vdash \neg \bigwedge \phi(v) \in \Phi(v) \phi^G(t/\sim_p),$$

de lo contrario  $K_T \Vdash \neg \bigwedge \phi^G(t/\sim_q)$  para toda  $\phi(v) \in \Phi(v)$ , y por el análogo del Lema 5.2:  $T \cup p \vdash_L \phi^G(t)$ , es decir,  $T \vdash_L \bigwedge p(t) \rightarrow \phi(t)$ ; pero podemos suponer que existe  $c \in C$  tal que  $(t = c) \in p(t)$ , entonces  $T \vdash_L \bigwedge p(c) \rightarrow \phi(c)$  así que  $T \vdash_L \forall v (\bigwedge p(v) \rightarrow \phi(v))$  para todo  $\phi(v) \in \Phi(v)$ , una contradicción. En conclusión,

$$K_T \Vdash \Sigma \neg \bigwedge \phi(v) \in \Phi(v) \phi^G(\sigma_t),$$

donde  $\sigma_t$  es la sección global  $\sigma_t(p) = t/\sim_p$ . Ahora, el mínimo fragmento  $L^*$  que contiene a  $L$  y a la fórmula  $\neg \bigwedge \phi(v) \in \Phi(v) \phi^G(v)$  sigue siendo enumerable y podemos hallar un filtro de Cohen  $L^*$ -genérico  $\mathcal{F}$  para  $K_T$ . Como  $\Sigma \in \mathcal{F}$ :

$$K[\mathcal{F}] \models \neg \bigwedge \phi(v) \in \Phi(v) \phi([\sigma_t]);$$

pero todo elemento de  $K[\mathcal{F}]$  tiene la forma  $a = [\sigma_t]$ , ya que si  $\mu$  está definida sobre  $U \in \mathcal{F}$ , que es de Cohen, existe  $[q] \in \mathcal{F}$  con  $q \in U$  y por lo tanto  $\mu \sim_{\mathcal{F}} \mu|[q] \sim_{\mathcal{F}} \sigma_t$ , donde  $t = \mu(q)$ , pues para toda  $p \geq q$ ,  $\sigma_t(p) = \mu(p) = t/\sim_p$ . Por tanto,  $a$  no realiza a  $\Phi(v)$ .  $\square$

**Reconocimiento.** Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto apoyado por COLCIENCIAS sobre el tiempo en la lógica que actualmente adelantamos con el Profesor José M. Muñoz de la Universidad Nacional de Colombia.

**Bibliografía**

Artin, M. 1962, *Grothendieck topologies*. Harvard Math. Dept. Lect. Notes.  
 ——— & A. Grothendieck 1963-1964, *Cohomologie étale des schemas*, fascicule 1, S.G.A., I.H. E.S.,

- Paris.
- Barwise, J. 1970, "Notes in forcing and countable fragments". Preprint.
- Bell, J. L. & A. B. Slomson 1971, *Models and ultra-products*. North Holland, Amsterdam.
- Brouwer, L. E. J. 1908, *De onbetrouwbaarheid der logische principes*. Tijdschrift voor wijsbegeerte, vol. 2: 12-158.
- . 1913, *Intuitionism and Formalism*. Bulletin of the A. M. S. 20 : 81-86.
- Bunge, M. 1974, *Topos theory and the continuum hypothesis*. J. Pure and Appl. Alg. 4: 159-187.
- Caicedo, X. 1988, *Introducción a los topos de Grothendieck, I*. Apuntes Matemáticos No. 8, Universidad de los Andes, Bogotá.
- . 1991, *Investigaciones sobre nuevos conectivos intuicionistas*. Apuntes Matemáticos No. 14, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Cartan, H. (editor) 1967, *Seminaire H. Cartan, 1948 -51*, Benjamin, San Francisco.
- Cohen, P. J. 1963, 1964, *The independence of the continuum hypothesis*, Proc. Nat. Acad. Sc. 50: 1143-1148; 51: 105-110.
- Dahn, B. 1979, *Constructions of classical models by means of Kripke models*. Studia Logica 38, No. 4
- Dedecker, P. 1969, *Variedades diferenciables y espacios fibrados*, Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca, Caracas.
- van Dalen, D. 1983, *Logic and structure*, 2nd ed. Springer Verlag, Berlin.
- Deligne, P. 1974, *La conjecture de Weil I*, Publ. Math. I.H.E.S. 43: 273-307.
- Dickmann, M. A. 1975, *Large infinitary languages*, North Holland, Amsterdam.
- Ebbinghaus, H. D., J. Flum & W. Thomas 1984, *Mathematical Logic*, UTM Springer Verlag, New York.
- Eilenberg, S. & S. Mac Lane 1945, *General theory of natural equivalence*. Trans. Am. Math. Soc. 58: 231-294.
- Ellerman, D. P. 1974, *Sheaves of structures and generalized products*. Ann. of Math. Logic 7: 163-195.
- Freyd, P. J. 1972, *Aspects of Topoi*. Bull. Austral. Math. Soc. 7: 1-76.
- Fitting, M. C. 1978, *Intuicionistic logic model theory and forcing*, Studies in Logic. North Holland, Amsterdam.
- Fourman, M. P. & D. Scott 1979, *Sheaves and logic*. In *Applications of sheaves* (ed. M.P. Fourman). Springer Verlag LNM 753: 230-301.
- Gödel, K. 1933, *Zur intuitionistischen Arithmetik und Zahlentheorie*. Ergebnisse eines mathematischen Kolloquium, Heft 4: 34-38. Traducción: *Sobre la teoría de números y la aritmética intuicionista*, en *Obras completas de Gödel*, Alianza Editorial, Madrid, 1981.
- Godement, R. 1958, *Topologie algébrique et théorie des Faisceaux*. Hermann, Paris.
- Grothendieck, A. 1960-1967, *Éléments de Géométrie Algébrique*, Vol I-IV. Publications Mathématiques I.H. E.S., Paris.
- Goldblatt, R. 1984, *Topoi, the categorical analysis of logic*. North Holland, Amsterdam.
- Hartstorn, R., 1977, *Algebraic Geometry*. GTM 52, Springer Verlag, Berlin.
- Heyting, A. 1930, *Die formalen Regeln der intuitionistischen Logik*. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse: 42-56.
- Keisler, J. 1973, *Forcing and the omitting types theorem*. In MAA Studies in Mathematics (ed. M. D. Morley) 8: 96-133.
- Kripke, S. 1965, *Semantical Analysis of Intuitionistic Logic*. In *Formal Systems and Recursive Functions* (eds. J. Crossley and M. Dummett), North Holland, Amsterdam: 92-130.
- Kolmogorov, A. N. 1925, *On the principle of the excluded middle*. Traducción del ruso en: *From Frege to Gödel* (ed. J. van Heijenoort). Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1967.
- Kunen, K., 1980, *Set theory, An introduction to independence proofs*. North Holland, Amsterdam.
- Lawvere, F. W. 1971, *Quantifiers and sheaves*. Actes Congrès intern. math. 1970, Tome 1. Gauthier-Villars, Paris: 329-334.
- . 1975, *Continuously variable sets: algebraic geometry = geometric logic*. In *Proceed. Logic Colloquium, Bristol, 1973*, North Holland, Amsterdam: 135-153.
- . 1986, *Categories of spaces may not be generalized spaces as exemplified by directed graphs*. Rev. Colombiana de Mat. Vol. XX: 179-185.
- Macintyre, A. 1973, *Model completeness for sheaves of structures*. Fund. Math. 81: 73-89.
- Makkai, M. & G. Reyes 1977, *First order categorical logic*. LNM 611, Springer Verlag, Amsterdam.
- Massey, W. S. 1967, *Algebraic topology, an introduction*. Harcourt, Brace & World, Inc., New York.
- Mac Lane, S. & I. Moerdijk 1992, *Sheaves in Geometry and Logic*, Springer Verlag, New York.
- Miraglia, F. 1989, "Generalized ultraproducts for first order structures in  $\Omega$ -sets. Preprint, U. de São Paulo.
- Munkres, J. R. 1975, *Topology, a first course*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Reyes, G. 1974, *From sheaves to logic*. MAA Studies

- in *Mathematics* (ed. A. Daigneault) 9: 143-204 .
- Robinson, A. 1970, *Forcing in model theory*. 1st. Nat. Alta Math. Symposia Math. 5: 69-82. También en: Actes Congrès intern. math. 1970, Tome 1. Gauchier-Villars (1971): 245-250.
- Rudin, W. 1976, *Principles of Mathematical Analysis*, 3rd. ed., McGraw Hill.
- Scott, D. 1967, *Lectures on Boolean-valued models for set theory*. Notes for AMS-ASL Summer Institute, UCLA.
- Seebach, S. 1979, *What is a Sheaf?* Amer. Math. Monthly 77: 681-703.
- Serre, J. P. 1953, *Faisceaux algébriques cohérents*. Ann. Math. 61: 197-278.
- Sette A. M. & X. Caicedo, 1993, *Equivalencia elemental entre feizes*. Proc. of the IX Latin American Symposium on Mathematical Logic. Notas de Lógica Matemática 38: 129-141.
- Tennison, B. R. 1975, *Sheaf Theory*, London math. Soc. Lect. Notes 20. Cambridge Univ. Press.
- Tierney, M. 1972, *Sheaf theory and the continuum hypothesis*. Springer Verlag LNM 274: 13-42.
- Villaveces, A. 1991, *Modelos-fibrados y modelos-haces para la Teoría de Conjuntos*. Tesis de Magister, Universidad de los Andes, Bogotá.
- Weil, A. 1949, *Numbers of solutions of equations in finite fields*. Bull. Amer. Math. Soc. 60: 497-508.
- Weyl, H. 1913, *Die Idee der Riemannschen Fläche*. Teubner, Leipzig.
- Whitehead, A. N. 1920, *The concept of nature*. Cambridge University Press. (Traducción: *El concepto de Naturaleza*. Gredos, Madrid, 1968).

# BLACKFLY NOVELTIES FROM THE AREA NEAR THE "PARAMO DE LOS VALLES" IN THE DEPARTMENT OF TOLIMA, COLOMBIA (DIPTERA:SIMULIIDAE)\*

por

Sixto Coscarón\*\* & Paulina Muñoz de Hoyos \*\*\*

## Resumen

Coscarón, S. & P. Muñoz de Hoyos. : Blackfly novelties from the area near the "Páramo de los Valles" in the department of Tolima, Colombia (Diptera:Simuliidae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74) : 587-592, 1995. ISSN 0370-3908.

*Simulium (Ectemnaspis) anaimense*, se describe con base en la hembra farate, macho farate, pupa y larva. Se mencionan algunos datos de su biología y se relacionan las especies presentes en el Páramo de los Valles, cercano a la quebrada Potosí donde se encontró la nueva especie en el Departamento del Tolima, Colombia.

**Palabras clave:** Simuliidae, *Simulium (Ectemnaspis) anaimense*, Tolima, Colombia.

## Abstract

*Simulium (Ectemnaspis) anaimense*, new species, is described from the pharate female, pharate male, pupa and larva. The biology of the new species and the species present in the Paramo region near the Potosi stream in the department of Tolima, Colombia are mentioned.

**Key words :** Simuliidae, *Simulium (Ectemnaspis) anaimense*, Tolima, Colombia.

The opportunity to visit the "Reserva de Anaime" area and the "Páramo de los Valles" looking for *Simulium (Ectemnaspis) tolimaense* permit us to collect several species of Simuliidae in the region. At the Paramo, between 3285 m and 3530 m we found several larvae and some pupae of *Simulium (Ectemnaspis) bicornutum*, *Gigantodax cervicornis*, *G. wygodzinskyi*, *G. multituberculatus*, *G. multifilis*, *G. zumbahuae* and *G. misitu*.

*G. multifilis* and *G. zumbahuae* are the first citations for Colombia (Muñoz de Hoyos, 1995).

In the stream of Potosí, near the police inspection, in the row to the paramo region, at 2330 m, were founded several larvae, two pupae and one exuvia of pupa of one species undescribed until now. The Potosí stream begins in the Paramo and goes to the Anaime river.

Based on the pupae morphology, specially on the cocoon shape with very thick walls, dorsal surface of cocoon with a thick longitudinal ridge, anterior margin conspicuously thickened and individual threads difficult to discern, trichomes morphology of pupa thorax and larva body tegument, plus yellow scutum and scutellum and female cibarium with many tubercles between the lateral cornuae, we consider that it corresponds to the subgenus *Simulium (Ectemnaspis)*.

\* Financial support was provided by Colciencias, National University of Colombia and Conicet, Argentina.

\*\* Departamento de Zoología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata (Investigador del Conicet). Paseo del Bosque S/No., 1900, La Plata, Argentina.

\*\*\* Instituto de Ciencias Naturales-Museo Historia Natural, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Apartado 7495, Bogotá, Colombia.

## Description

***Simulium (Ectemnaspis) anaimense* n. sp.** (Figs. 1-23)

**Pharate female.** The female was very immature, for that reason the description of the female is incomplete. Color of the *scutum* yellow. Frons wide (0.15 mm). Length of antenna 0.53 mm. Cibarium with pigmented cornuae, space between cornuae with many tubercles; the number and rows of them were difficult to count because of the lack of pigment of the cibarium. Ratio of lengths of segments III - V of the maxillary palp 1: 1.36 : 2.22; sensory vesicle half as length of the third article. Calcipala about as high as wide. Claw III subbasally with medium-sized, pointed projection.

**Pharate male.** (Figs. 1-2). As it was very immature only the following information was obtained: *Scutum* and *scutellum* yellow, *postnotum* blackish. Palp sensorial organ as in figure 1, about 1/3 of the article. Calcipala well developed (Fig. 2).

**Pupa.** (Figs. 3-11). Length of cocoon along dorsal surface 2.6 mm (n=3), along ventral surface 3.4 mm (n=3). Length of respiratory organ 2.3 mm (n=3).

Cocoon whitish, thick, reinforced at the rim of aperture and on a median dorsal ridge (Fig. 3); texture as felt, threads visible only under only high magnification.

Frontoclypeus with rugose platelets moderate in number but abundant around the base (Fig. 4). Frontoclypeus with 1+1 facial trichomes with curl-shape base and 4-7 branches (Fig. 5) and 2+2 frontal trichomes with curved base and 8-9 branches (Fig. 6). Thorax trichomes in number of 5+5 dorsally with 11+13 branches (Figs. 7, 10). The trichomes show curved base and branches flattened basally. Thorax with rugose platelets more concentrated around the base of the respiratory organ (Figs. 8, 9).

Gill branches whitish, thick and disposed in several planes, dotted homogeneously (Fig. 8), in number of six. Basal trunk well evident with three primary branches, a few longer than the basal trunk, bifurcated and getting slowly thin until the apex.

Abdomen with onchotaxy as in figure 11 .

**Larva .** (Figs. 12-23). Maximum length of mature larva 4.0 - 5.5 mm (n=8).

Head color brown, body green to light blue over whitish base; shape and ornamentation as in figure 12, showing distally two small ventral papillae.

Cephalic apotome brown, dark basally (Fig. 13) with slowly acuminate anterior border and numerous single trichomes (Fig. 14). Postgenal bridge about 1/6-1/4.7 of hypostomium high. Hypostomial setae arranged in single row, numbering 4+5 in each row; disc of hypostomium with a simple setae and with 4-8 lateral serrations (Fig. 15). Cephalic fan with 28-34 rays, fan rays showing alternatively 3-5 small teeth between 2

long teeth, about twice longer than the former (Fig. 16). Antenna light brown longer than stem of the cephalic fan. Ratio of lengths of articles I-III = 1: 1.0 - 1.1 : 1.5 - 1.6 (n=4) (Fig. 17). Mandibles with 9-10 internal teeth, with one latero mandibular process; three subapical teeth, conspicuously decreasing in size from first to third, two marginal serrations present, the anterior two times bigger than the second one (Fig. 18). Maxillary palp robust, with 4-5 apical papilles (Fig. 19).

Thorax and abdomen cuticle with palmiform trichomes with some single filiform intermixed, very abundant on abdomen dorsal and laterally (Fig. 20). Proleg sclerite with teeth disposed in 6-7 groups of 2-3 teeth each (Fig. 21). Anal sclerite as shown in figure 22. Anal circle with 64-70 rows each composed of 11-14 hooks. Anal gill consisting of three groups of 18-12-15 elongate diverticles in each group (Fig. 23).

**Material examined.** **Holotype:** very immature female; Colombia : Tolima: Potosí stream; 17 Km far from Anaimé, 2330 m, Aug 6 1994 (S. Coscarón; ICN-MHNDIPSi 1505). **Allotype:** pharate male; Colombia : Tolima: same data as holotype (S. Coscarón; MLP). **Paratypes :** pupa exuvia; Colombia : Tolima: same data as holotype (R. Miranda; ICN-MHNDIPSi 1506); several larvae same data as holotype (C. Moreno & L. Arteaga; ICN-MHNDIPSi 1507-1509, 1614).

**Etymology.** The specific name is taken from Anaimé, a little town near the "quebrada Potosí" in which this insect was found.

**Biology.** Larvae and pupae were obtained in medium size torrentous stream with crystalline cold water. Larvae and pupae occurs attached to trailing roots on the high speed running waters. Temperature 21°C; water temperature 12°C ; pH 7.46, resistance - 0.23mV. One of the larvae was infected with a mermithid. *Simulium (Ectemnaspis) ignescens* was present with this new species.

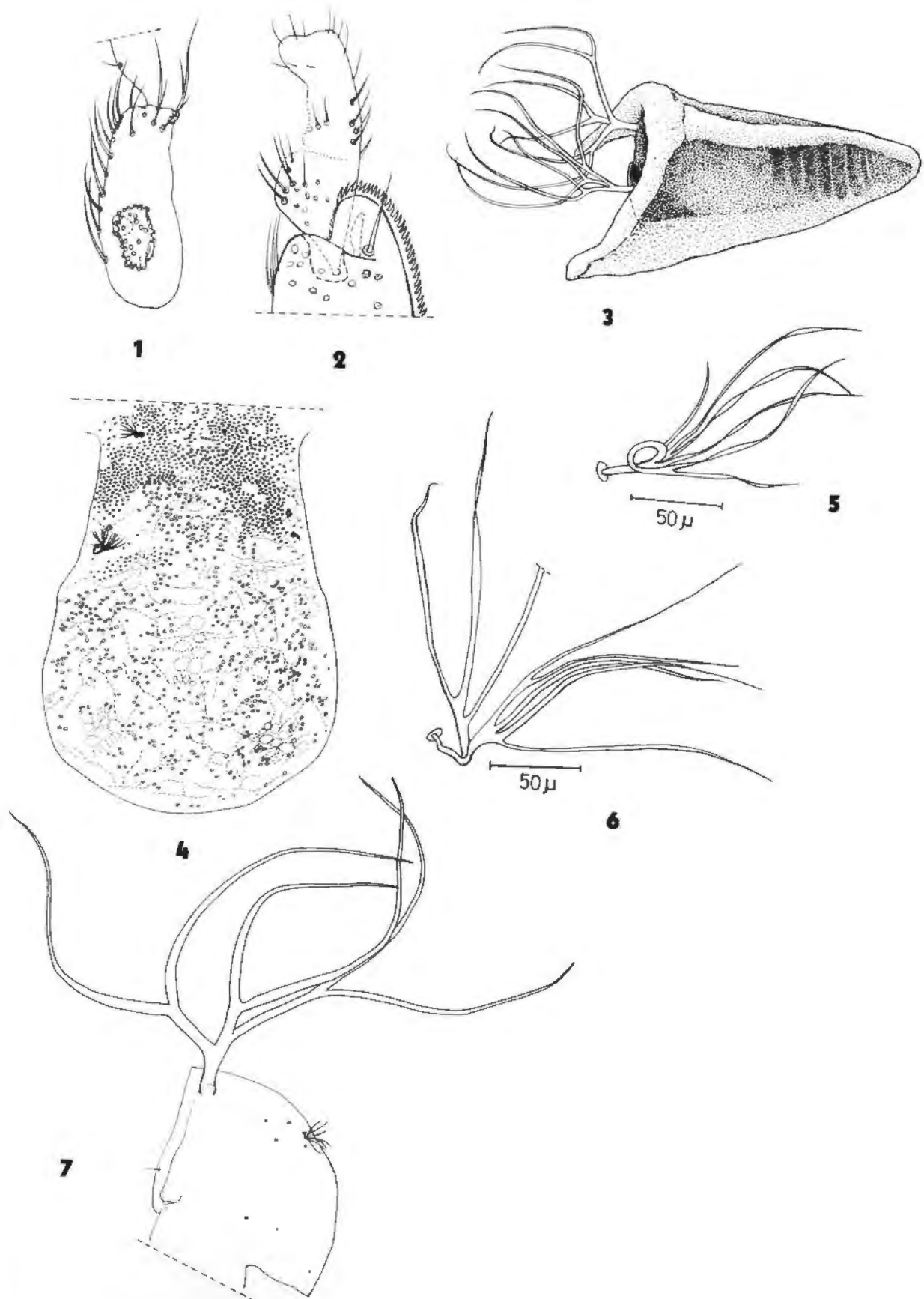
**Distribution.** This new species was found in the Cordillera Central from the Andes of Colombia, in the department of Tolima.

## Discussion

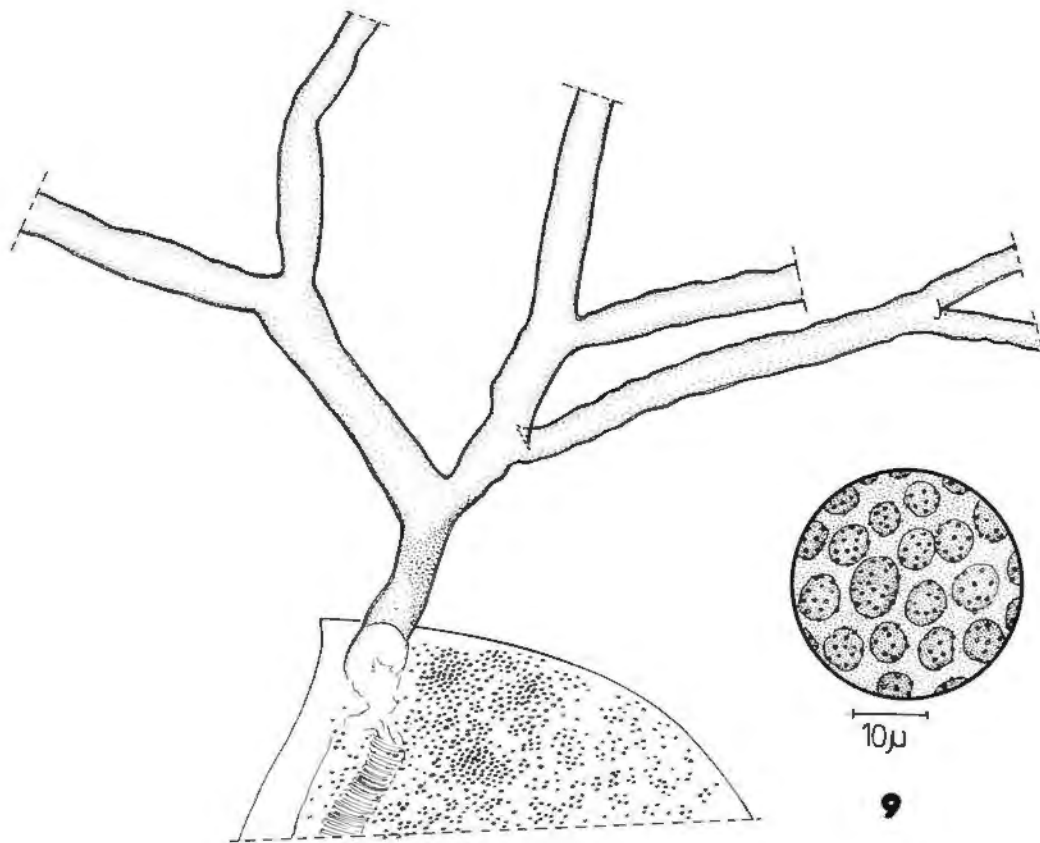
The new species is specially defined by the peculiar pupa gill composed by 6 thick tubular branches disposed in several planes and with homogeneous microstructure.

In accordance to the larva body trichomes this species is closed to *Simulium (Ectemnaspis) albanense* (Coscarón, 1990) (the bifid trichomes of *S. albanense* probably are the expression of similar palmiform trichomes boiled in NaOH); the thin membranous trichomes of larvae are well evident without alkalis treatment and stained with lignin pink.

The thick whitish cocoon reinforced on the anterior border and medial dorsally ridge with fibers not differentiate with individual threads difficult to discern, plus the multiramous thorax and frontoclypeus trichomes

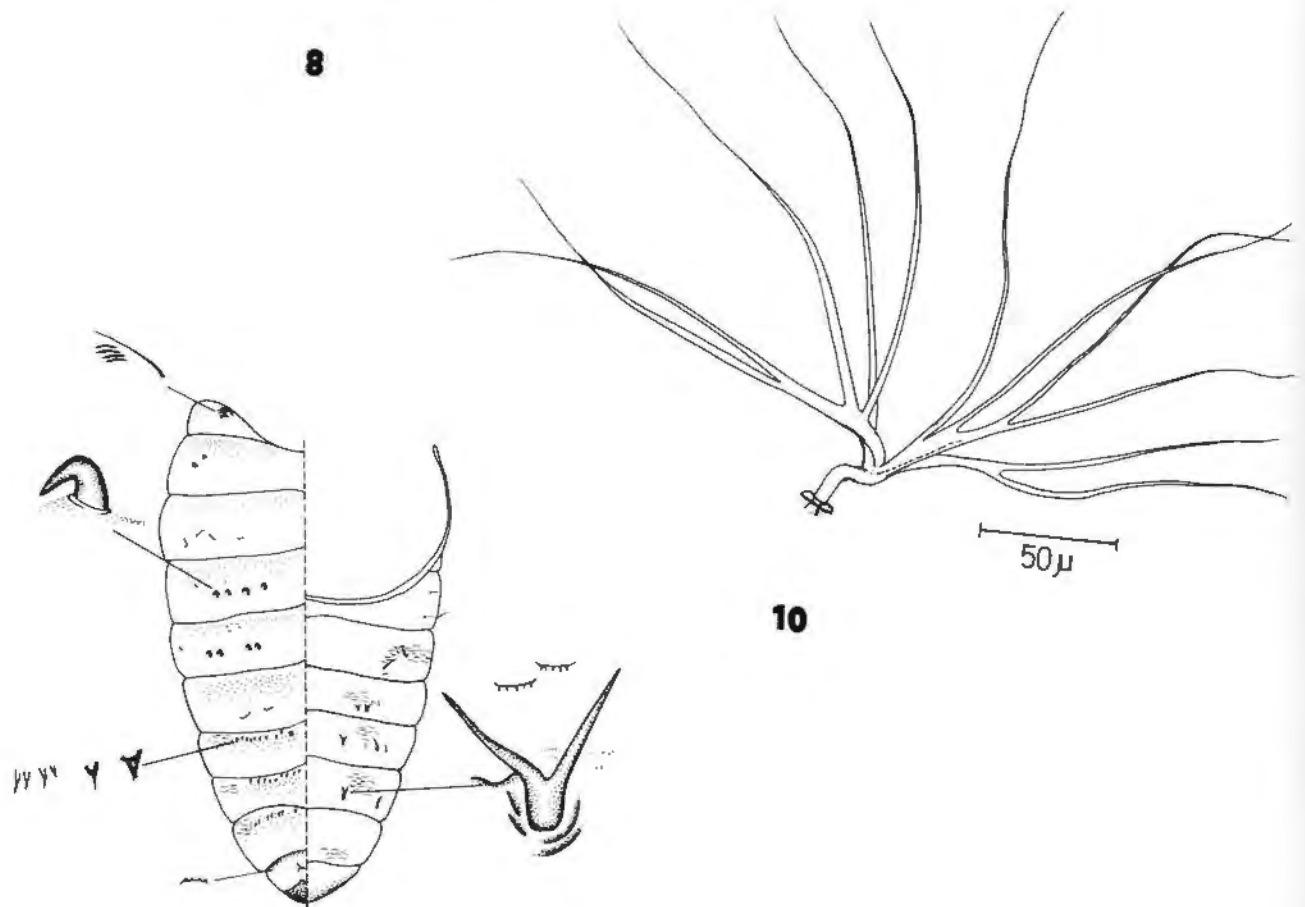


**Figs. 1-2.** *Simulium anaimense* pharate male. 1: Basal article and sensorial organ of maxillary palp. 2: Calcipala and second tarsal segment.  
**Figs. 3-7.** *Simulium anaimense* pupa. 3: Pupa in cocoon, lateral view. 4: Frontoclypeus. 5: Facial trichomes of frontoclypeus.  
 6: Frontal trichomes of frontoclypeus. 7: Thorax and gill.



8

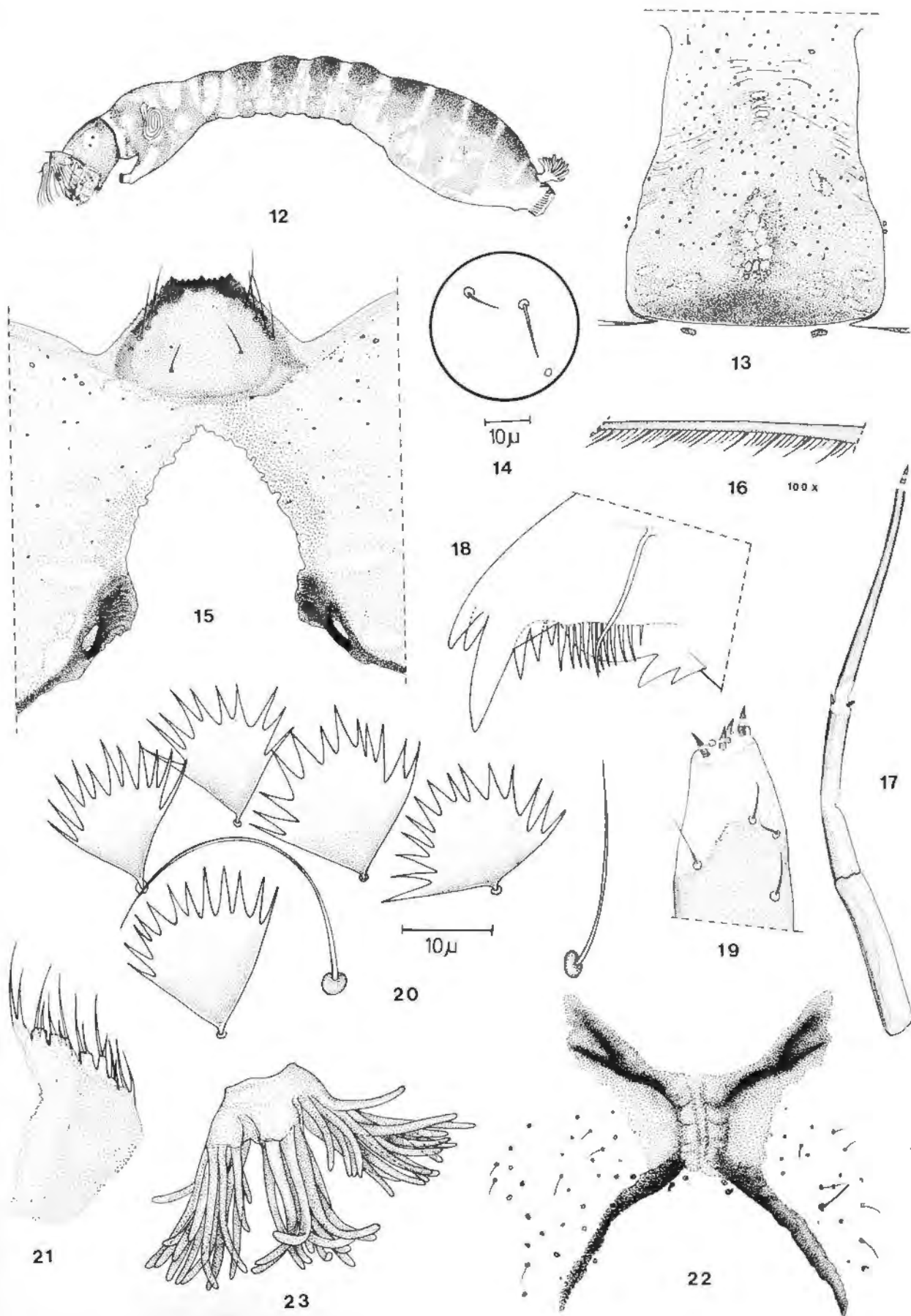
9



10

11

Figs. 8-11. *Simulium anaimense* pupa. 8: Portion of thorax and basal branches of gill. 9: Aspect of platelets with high magnification. 10: Dorsal thorax trichome. 11: Onchotaxy of abdomen.



**Figs. 12-23.** *Simulium anaimense* larva. 12: Larva, lateral view. 13: Cephalic apotome. 14: Trichomes of cephalic apotome. 15: Portion of head, seen from below. 16: Detail of ray of large fan of mouth brush. 17: Antenna. 18: Apex of mandible. 19: Apical portion of maxillary palp. 20: Trichomes of body tegument. 21: Lateral sclerite of proleg. 22: Anal sclerite. 23: Anal gills.

and the abdominal onychotaxy very similar to *Simulium (Ectemnaspis) furcillatum* (Wygodzinsky & Coscarón, 1982), added to yellow *scutum* and *scutellum* and black *postnotum*, characteristics of mostly species of *romanai* group of *Simulium (Ectemnaspis)* (Coscarón, 1984, 1990) induce us to include the new species in this subgenus. In concordance, ornamentation and morphology of head, body, and appendages of larva, congruent with the *S. (Ectemnaspis)* species, are another evidence to sustain the taxonomic position. Unfortunately we could not obtain mature imagos, in order to see the morphology of the genitalia helping on its systematic ubication.

#### Acknowledgements

To the "Fundación Semillas de Agua" for facilitating field collections. Assistance in the field was provided by Blanca Restrepo, Rafael Miranda, Claudia

Moreno and Lourdes Arteaga. The illustrations were prepared by Nérida Caligaris in La Plata, Argentina and some of the preparations by Fredy Castellanos of the ICN-MHN, Bogotá, Colombia.

#### References

- Coscarón, S. 1984. Revisión del subgénero *Simulium (Ectemnaspis)* Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). Rev. Soc. Entom. Arg., Buenos Aires 43 (104) : 283-325.
- . 1990. Taxonomía y distribución del subgénero *Simulium (Ectemnaspis)* Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre (70) : 109-170.
- Muñoz de Hoyos, P. 1995. Género *Gigantodax* (Diptera: Simuliidae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74) : 587-592.
- Wygodzinsky, P. & S. Coscarón. 1982. Description of three unusual species of the black fly subgenus *Simulium (Ectemnaspis)* from the Andes of Colombia (Diptera, Simuliidae). American Museum Novitates 2736 : 1-13.

# PECES SERRANIDOS DEL PARQUE GORGONA, PACIFICO COLOMBIANO (OSTEICHTHYES: SERRANIDAE)

por

Rebeca Franke\* & Arturo Acero P.\*\*

## Resumen

Franke, R. & A. Acero P.: Peces serránidos del Parque Gorgona, Pacífico colombiano (Osteichthyes: Serranidae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 593-600, 1995. ISSN 0370-3908.

De la familia Serranidae se han registrado 24 especies para la Isla de Gorgona (Pacífico colombiano). Se destaca la presencia de *Epinephelus cifuentesi* Lavanberg & Grove y *Serranus huascarii* Steindachner, nuevos registros para Colombia, y de *Diplectrum maximum* Hildebrand, *Epinephelus acanthistius* (Gilbert), *Mycteroperca xenarcha* Jordan y *Paralabrax callaensis* Starks, que son citadas por primera vez para la Isla; casi todos estos peces son de gran importancia desde el punto de vista económico.

**Palabras clave:** Gorgona, Pacífico colombiano, Osteichthyes, Serranidae.

## Abstract

Twenty four species of the family Serranidae have been reported for Isla de Gorgona (Colombian Pacific). *Epinephelus cifuentesi* Lavanberg & Grove and *Serranus huascarii* Steindachner, new records for Colombia, and *Diplectrum maximum* Hildebrand, *Epinephelus acanthistius* (Gilbert), *Mycteroperca xenarcha* Jordan and *Paralabrax callaensis* Starks, new reports for Gorgona, are remarkable; almost all of them are economically highly important.

**Key words:** Gorgona, Colombian Pacific, Osteichthyes, Serranidae.

## Introducción

Los serránidos son, sin duda, una de las familias de peces óseos más importantes para las pesquerías en los mares tropicales; se trata de Perciformes generalizados y hermafroditas, algunos simultáneos (Subfamilia Serraninae) otros protogínicos (subfamilias Epinephelinae y Anthiinae). La tribu Epinephelini, que incluye a los meros, chernas y cabrillas, ha sido relativamente bien estudiada en el Caribe Colombiano (Acero & Garzón-

Ferreira, 1991), pero en el Pacífico colombiano aún subsisten muchos vacíos en el conocimiento de la familia, a pesar del importante esfuerzo realizado por investigadores adscritos a la Universidad del Valle (Rubio *et al.*, 1987; Rubio, 1988). Aprovechando la afortunada declaración de la Isla de Gorgona (2° 47' -3° 06' N, 78° 06-18' W) como Parque Nacional Natural, se ha venido adelantando un trabajo intenso sobre su ictiofauna de valor económico dentro del Programa de Pesca Científica (Acero & Franke, 1993, 1994; Franke & Acero, 1990, 1991, 1992a, 1992b, 1993); en esta parte se hace un análisis detenido sobre los peces de la familia Serranidae sometidos a extracción artesanal en el área del Parque, donde están permitidas las labores de pesca de subsistencia y deportiva (Código de los Recursos Naturales, artículo 30, Decreto 622 de 1977).

\* Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA (Parque Nacional Natural Gorgona), A.A. 3039, Cali, Colombia.

\*\* Universidad Nacional de Colombia (Instituto de Ciencias Naturales), Apartado 1016 (INVEMAR), Santa Marta, Colombia.

## Material y Métodos

Los peces fueron capturados con espinel, anzuelo y volantín para el caso de las faenas artesanales y al troleo para las deportivas; también fueron incluidos ejemplares decomisados de faenas ilegales (trasmallos). De las especies poco conocidas de la Isla se conservan ejemplares en la colección de peces del Museo Marino de Gorgona (MMGPe). La mayoría de los individuos fueron medidos, pesados y sexados. La metodología para la toma de datos merísticos y morfométricos se basa en Heemstra & Randall (1993). Las abreviaturas utilizadas a lo largo del texto son: Aa: elementos de la aleta anal, Ad: elementos de la aleta dorsal, Ap: elementos de la aleta pectoral, Br: branquiespinas, Di: distancia interorbitaria, Do: diámetro del ojo, Ema: hileras de escamas de la mejilla en sentido dorsoanterior a ventroposterior, Emb: hileras de escamas de la mejilla en sentido dorsoposterior a ventroanterior, Hc: altura del cuerpo, Hd: altura de la aleta dorsal, Hpc: altura del pedúnculo caudal, Lbd (1): longitud de la base de la (primera) aleta dorsal, La: longitud prealeta anal, Lc: longitud de la cabeza, Ld: longitud prealeta dorsal, Le: longitud estándar, Led: longitud de la espina dorsal más larga, Lh: longitud del hocico, LII (III)a: longitud de la segunda (tercera) espina anal, Ll: escamas de la línea lateral, Lm: longitud de la mandíbula superior, Lp: longitud de la aleta pectoral, Lpo: longitud posocular, Lpp: longitud prealeta pectoral, Lrv: longitud prealeta pélvica, Lt: longitud total, Lid: longitud del primer radio dorsal, Lv: longitud de la aleta pélvica. Las medidas se expresan en porcentajes de Le, mientras que Le y Lt se presentan en milímetros.

## Resultados y Discusión

Clave para los géneros de la familia Serranidae conocidos de la Isla de Gorgona, modificada de Courtenay (1978) y Smith (1978).

- 1a. Extremo superior del opérculo no libre; aletas pélvicas pequeñas y situadas siempre anteriores a la base de las aletas pectorales ..... 2
- 1b. Extremo superior del opérculo libre; aletas pélvicas relativamente grandes y situadas antes o después de la base de las aletas pectorales ..... 3
- 2a. Tres espinas en la aleta anal; línea lateral incompleta ..... *Pseudogramma*
- 2b. Sin espinas en la aleta anal; línea lateral completa y continua ..... *Rypticus*
- 3a. Cuerpo pesado, robusto, ni alargado ni fuertemente comprimido; bases de las aletas dorsal y anal blandas cubiertas con escamas y piel gruesa; escamas pequeñas y en buena parte sobrepuestas ..... 4
- 3b. Cuerpo menos robusto, bien sea alargado o comprimido; bases de las aletas dorsal y anal blandas no cubiertas con piel gruesa ni escamas; escamas por lo general más grandes ..... 10
- 4a. Cabeza grande, Lc más del 32% de Le; aleta caudal de redondeada a emarginada ..... 5

- 4b. Cabeza más pequeña, Lc menos del 30% de Le; aleta caudal muy ahorquillada ..... *Paranthias*
- 5a. 7-9 radios blandos en la aleta anal ..... 6
- 5b. 10-11 radios blandos en la aleta anal ..... *Mycteroperca*
- 6a. 10-12 elementos espinosos en la aleta dorsal .. 7
- 6b. 9 elementos espinosos en la aleta dorsal ..... 9
- 7a. Borde inferior del preopérculo sin espinas dirigidas hacia adelante ..... 8
- 7b. Borde inferior del preopérculo con una espina dirigida hacia adelante ..... *Alphestes*
- 8a. Escamas lisas, secundariamente cicloides ..... *Dermatolepis*
- 8b. Escamas fuertemente ctenoides ..... *Epinephelus* (en parte)
- 9a. Cabeza con manchas; 14 radios blandos en la aleta dorsal ..... *Cephalopholis*
- 9b. Cabeza sin manchas; 16-17 radios blandos en la aleta dorsal ..... *Epinephelus* (En parte)
- 10a. Línea lateral que no corre cerca de la base de la aleta dorsal; sin dientes agrandados a los lados de la mandíbula inferior ..... 11
- 10b. Línea lateral que corre muy pegada a la base de la aleta dorsal; con dientes agrandados (caninos) a los lados de la mandíbula inferior ..... *Hemanthias*
- 11a. Borde vertical del preopérculo con aserraciones regulares ..... 12
- 11b. Borde vertical del preopérculo con uno o dos grupos de espinas radiantes ..... *Diplectrum*
- 12a. Tercer elemento espinoso de la aleta dorsal en extremo alargado, de modo que es tres o más veces la longitud del segundo ..... *Paralabrax*
- 12b. Tercer elemento espinoso de la aleta dorsal normal, no más del doble la longitud del segundo .. *Serranus*

## Género *Alphestes* Bloch & Schneider

Las dos especies del género han sido registradas de Gorgona (Rubio *et al.*, 1987; Rubio, 1988) y carecen de valor comercial por su pequeña talla, pero es importante hacer un corto comentario sobre ambas. *Alphestes afer* (Bloch) (= *Epinephelus afer*) no existe en ambas costas de América, sino que es reemplazada en el Pacífico americano por *A. immaculatus* Breder (Heemstra & Randall, 1993). *Alphestes multiguttatus* (Günther) (= *Epinephelus multiguttatus*), endémica del Pacífico americano y conocida desde el Golfo de California hasta el Perú (Chirichigno, 1974; Thomson *et al.*, 1979), ha sido registrada de material proveniente de las islas de Gorgona y Malpelo, Cabo Manglares, Yurumanguí y El

Vigía; se ha dicho que tales ejemplares alcanzan hasta casi 71 cm Lt, sin embargo, ya que es sabido que ninguna especie del género llega a los 40 cm, es necesario ratificar este registro a partir del reexamen del material.

### Género *Cephalopholis* Bloch & Schneider

El género incluye sólo una especie en el Pacífico americano, *C. panamensis* (Steindachner) (= *Epinephelus panamensis*), la cual ha sido registrada de Gorgona (Rubio *et al.*, 1987) y carece de valor económico por su pequeña talla, máximo 31 cm Lt (no 60 cm).

### Género *Dermatolepis* Gill

*Dermatolepis dermatolepis* Boulenger (= *Epinephelus dermatolepis*) es la única especie del género en el Pacífico americano y es bien conocida entre California y Ecuador y las islas Galápagos, Revillagigedo, Cocos y Clipperton (Robins *et al.*, 1991; Heemstra & Randall, 1993). Ha sido citada de Gorgona (Rubio *et al.*, 1987), donde sus juveniles (hasta de unos 35 cm Lt) son detectados sobre áreas rocoso-coralinas.

### Género *Diplectrum* Holbrook

Rubio (1988) citó para Gorgona a *D. rostrum* Bortone y *D. macropoma* (Günther), las cuales no fueron detectadas por nosotros. La presencia en la Isla al menos de *D. macropoma* debe ser ratificada reexaminando el material, pues se mencionan ejemplares de hasta 24 cm Lt y Bortone (1977) la presentó como una especie pequeña (máximo 19.5 cm Lt) y fácil de confundir con *D. eumelum*.

*Diplectrum eumelum* Rosenblatt & Johnson.

**Material examinado.** MMGPe 87056: (1), 29-IX-87. MMGPe 88066: (1), El Poblado, 19-V-88. MMGPe 90072: (1), 5-IV-90. 297 ejemplares desechados del 12-V-90 al 9-III-93.

**Comentarios.** Se separa de sus congéneres del Pacífico americano por tener 22 o menos Br en el primer arco, siete radios anales, LIIa mucho más corta que LIIIa, 8-14 espinas en el preopérculo, 3-5 manchas en el hocico y por carecer de filamentos en las espinas dorsales (Bortone, 1977). La coloración en fresco presenta manchas amarillas en el hocico, opérculo verdoso, aletas dorsal y anal blandas con manchas amarillas, región dorsal del cuerpo marrón y región ventral blanca. Los pescadores lo conocen como bocón y lo capturan con espinel entre 55 y 80 m en todo el costado oriental de la Isla, profundidades que coinciden con lo indicado por Bortone (1977); se pescó un espécimen de 360 mm Lt y 290 mm Le, lo cual es casi el 25% más de la talla máxima registrada anteriormente (Bortone, 1977). El 66.0% de los ejemplares estudiados fue capturado entre marzo y julio. La especie, al igual que todos sus congéneres, es un hermafrodita simultáneo; además, de nuestros datos se colige que es un desovador parcial, pues por lo general los ovarios incluían óvulos en estado V y otros aún en formación. Se encontraron especímenes maduros casi todos los

meses del año, excepto en octubre y diciembre; cien de los ovarios examinados estaban maduros y el 60% de ellos aparecieron en junio y julio. Teniendo en cuenta, igualmente, que los cuatro individuos con semen detectados fueron pescados en julio, todo parece indicar que en junio-julio ocurre el pico principal de reproducción en Gorgona. El individuo más pequeño con ovarios maduros tenía 210 mm Lt y el más pequeño con semen tenía 230 mm Lt; coincidentemente, dos ejemplares costarricenses de 209-228 mm Le; pescados en julio tenían gónadas desarrolladas, pero sin óvulos maduros (Bortone, 1977). Según Bortone (1977) es una especie capturada con poca frecuencia; esto es obvio que no se cumple en el Parque, donde es en extremo abundante. Se conoce entre Bahía Magdalena (Baja California) y el Ecuador.

### *Diplectrum maximum* Hildebrand

*D. maximum* Hildebrand, Bull. U.S. Natl. Mus. 189: 185-187, 1946 (Paita, Perú); Chirichigno (1974): 296; Rosenblatt & Johnson (1974): 178-191; Bortone (1977): 33-35; Rubio (1988): 258.

**Material examinado.** MMGPe 92012: (1), 17-I-92. MMGPe 92035: (1), El Poblado, 19-II-92. MMGPe 92082: (1), 15-VI-92.

**Merística y morfometría.** Ad: X, 11(1) y 12(2); Aa: III, 6, 7 y 8; Ap: 15, 16 y 17; Br: 7+1+12 (13 totales); Ll: 58 y 60; Ea: 8(1) y 9(2); Eb: 10, 11 y 13; Lt: 380-410 mm; Le: 300-335 mm; Lc: 35.0-36.9%; Lh: 9.0-10.8%; Lin: 14.9-16.9%; Do: 5.7-6.8%; Di: 5.8-7.2%; Ld: 32.8-36.9%; La: 60.0-64.6%; LIIa: 6.5%; LIIIa: 7.1%; Lp: 20.9-24.6%; Lpp: 31.0-33.8%; Lv: 17.7-18.8%; Lrv: 28.4-30.8%; Hc: 23.3-27.7%.

**Comentarios.** Se separa de sus congéneres del Pacífico americano por tener 21 o menos Br, usualmente 7 radios anales y LIIa más fuerte que LIIIa, por carecer de filamentos en las espinas dorsales y por su enorme talla; nuestro ejemplar de 335 mm Le es el mayor *Diplectrum* registrado y es 11% más grande que el individuo de mayor talla mencionado para la especie. Su coloración en fresco no era conocida para los autores anteriores, por eso se presenta de forma detenida: cuerpo dorsalmente gris verdoso muy claro, con cuatro rayas formadas por puntos marrón naranja que separan tres bandas relativamente oscuras de dos claras, vientre blanco, aletas pectorales amarillas claras, aleta anal rosada, aletas pélvicas amarillo-rosadas con el borde externo azul oscuro, aleta dorsal espinosa blanca verdosa con una banda ancha distal amarilla naranja y una banda punteada medial, aleta dorsal blanda amarilla naranja con una banda basal verde claro y borde distal negro, cabeza con puntos naranja dorsalmente y una banda amarillo claro desde el hocico al ojo pasando por debajo de las narinas, ojo amarillo dorado anteriormente y blanco en la mitad posterior. Todos los especímenes cayeron con espinel. Supuestamente se conoce de dos áreas de distribución, una norteña en Bahía Magdalena (Baja California) y otra sureña, de Colombia al Perú, pero parece muy improbable que se trate de una misma especie; esta es su primera cita para Gorgona.

**Género *Epinephelus* Bloch***Epinephelus acanthistius* (Gilbert)

*Bodianus acanthistius* Gilbert, Proc. U.S. Natl. Mus. 14 (1891): 552-553, 1892 (Cabo Lobos, Golfo de California).

*E. (Epinephelus) acanthistius*, Smith (1971): 132-133; Thomson *et al.* (1979): 76-77.

*Cephalopholis acanthistius*, Chirichigno (1974): 285.

*E. acanthistius*, Rubio (1988): 245; Lea & Fukuhara (1991): 80-82; Heemstra & Randall (1993): 102-103; Bussing & López (1994): 92-93.

**Material examinado.** MMGPe 87052: (1), 27-IX-87. MMGPe 87057: (1), 29-IX-87. MMGPe 90128: (1), 18-VII-90. MMGPe 91090: (1, huevos), 24-IV-91. MMGPe 91091: (3, gónadas), 26-VIII-91. MMGPe 91094: (1, gónada), 24-IX-91. MMGPe 91117: (1, huevos), 16-X-91. 3040 ejemplares desechados del 22-I-87 al 23-I-93.

**Merística y morfometría.** Ad: IX,16; Aa: III,9; Ap: 16 y 19; Br: 10(1) y 11(1)+1+16 (17 y 23 verdaderas); Lt: 325-600 mm; Le: 260-490 mm; Lc: 40.0-41.9%; Lh: 10.0-10.2%; Lm: 20.0%; Do: 6.1-8.1%; Led: 21.9-24.5%; Lbd1: 26.5%; Hd: 18.4%; Lp: 28.8%; Lv: 23.8%.

**Comentarios.** Se diferencia fácilmente de sus congéneres americanos por tener sólo nueve espinas dorsales; es la especie comercial más importante de la Isla, donde los pescadores la conocen como ambulú y la capturan con espinel por debajo de los 80 m. Alcanza tamaños de un metro, aun cuando no hemos examinado ningún ejemplar de más de 78 cm o de 7 kg. Entre junio y agosto se pescó el 40.5% de los individuos estudiados; ocho especímenes de 310-430 mm Lt pesaron 500 g 23, de 380-480 mm 1 kg, 20 de 380-560 mm 1.5 kg, 14 de 410-570 mm 2 kg, 13 de 540-625 mm 2.5 kg, 24 de 520-650 mm 3 kg, 31 de 580-680 mm 3.5 kg, 40 de 540-700 mm 4 kg, 24 de 550-710 mm 4.5 kg, 17 de 640-710 mm 5 kg, 5 de 670-690 mm 5.5 kg; 5 de 585-730 mm 6 kg, uno de 690 mm 6.5 kg y seis de 620-775 mm 7 kg. Se hallaron 36 hembras maduras de 570-760 mm Lt en todos los meses del año, excepto mayo; el 17% de ellas apareció en enero. Por su parte, sólo tres machos de 540-620 mm Lt fueron detectados con semen en enero, marzo y julio; es posible, entonces, que buena parte de la reproducción ocurra entre enero y julio, aunque es claro que hay actividad reproductiva durante todo el año. La especie, como todos sus congéneres, es hermafrodita protogínica, encontrándose individuos en transición entre 320 y 680 mm Lt y completamente machos desde 420 mm Lt; de las tallas obtenidas por nosotros resalta que el cambio de sexo y la madurez sexual son aspectos en extremo variables en este pez. Es un miembro del grupo de especies *niveatus*, que es básicamente un conglomerado de meros de profundidad. Esta es su primera cita de Gorgona, pero su distribución va desde el Condado de Los Angeles (EE. UU.) hasta la Isla Lobos de Tierra (Perú).

*Epinephelus analogus* Gill

**Material examinado.** MMGPe 87037: (1), 18-VIII-87. 311 ejemplares desechados del 18-VIII-87 al 5-I-93.

**Comentarios.** Se distingue de sus congéneres del Pacífico americano por tener diez espinas dorsales y Lv más corta que Lp (Heemstra & Randall, 1993). Uno de nuestros ejemplares de 900 mm Lt y 780 mm Le; parece ser la talla más grande estrictamente registrada, pero también se menciona que llega a pesar 13 kg (Eschmeyer *et al.*, 1983), en tanto que el individuo de Gorgona pesó sólo 8 kg. Sus capturas principales se realizaron en dos meses bien separados, pues el 34.2% de los ejemplares cayó en enero y el 39.7% en julio; los pescadores la denominan cabrilla y la capturan con espinel y volantín en todos los alrededores de la Isla hasta 110 m, pero preferentemente al costado occidental. Seis especímenes entre 370-450 mm Lt pesaron 1 kg, dos de 460 y 500 mm 1.5 kg, nueve entre 420-650 mm 2 kg, cinco entre 450-670 mm 2.5 kg, nueve entre 465-620 mm 3 kg, seis entre 560-630 mm 3.5 kg, ocho entre 600-690 mm 4 kg, dos de 630 y 650 mm 4.5 kg, cuatro entre 650-710 mm 5 kg, uno de 740 mm 5.5 kg, dos de 600 y 700 mm 6 kg y uno de 900 mm 8 kg. Se colectaron cinco hembras maduras entre 590-720 mm Lt en enero y febrero. Fueron sexados veintiocho machos entre 530-770 mm Lt; parece entonces que hay una amplia variación entre la talla de cambio de sexo. Su única pariente cercana en América es *E. adscensionis* (Osbeck), conocida del Atlántico (Smith, 1971). Se le registra desde San Pedro (California) hasta Pucusana (Perú), incluyendo las Galápagos y las Revillagigedo (Chirichigno, 1974; Eschmeyer *et al.*, 1983; Heemstra & Randall, 1993).

*Epinephelus cifuentesi* Lavenberg & Grove en Heemstra & Randall

*E. cifuentesi* Lavenberg & Grove en Heemstra & Randall, FAO Fish. Synop. 125 (16): 129-130, 1993 (Punta Judas, Costa Rica); Bussing & López (1994): 94-95.

**Material examinado.** MMGPe 91057: (1): 10-VI-91. MMGPe 91065: (1), 1-VII-91. MMGPe 91066: (2, branquias), 3-VII-91. MMGPe 92006: (2, branquias), 9-I-92. 92024: (1), La Camaronera, 27-I-92. 42 ejemplares desechados del 22-IV-92 al 26-VI-92.

**Merística y morfometría.** Ad: XI,15; Aa: III,9; Ap: 18; Br: 10(1), 11(2) y 12(1)+1+17(1), 18(2) y 19(1) [totales: 29(1), 30(2) y 31(1)]; Lt: 270-610 mm; Le: 217-520 mm; Lc: 35.9-41.5%; Lh: 9.2-11.2%; Lm: 16.1%; Do: 6.1-8.3%; Ld: 31.8%; Led: 13.7-18.9%; L1d: 13.7%; La: 65.0%; Lp: 18.5-24.4%; Lpp: 36.9%; Lv: 16.1-20.7%; Lrv: 39.2%; Hc: 34.9-35.9%.

**Comentarios.** Se separa de sus congéneres del Pacífico americano por tener once espinas (la segunda la más larga) y 14-16 radios dorsales, nueve radios anales y Lp más larga que Lv; su coloración también es distintiva, pues es uniformemente verde. La especie acaba de ser descrita a partir de 15 especímenes provenientes de Costa Rica, Isla del Coco y Galápagos, por lo que nues-

tros ejemplares amplían su rango de distribución hasta América del Sur; por otro lado, es claro que el material colombiano tiene más Br (29-31 totales) que la serie tipo (24-29). Sería interesante un estudio completo sobre las afinidades sistemáticas de la especie, porque podría pensarse *a priori* que pertenece al grupo *niveatus*, pero la ubicación y tamaño de las pélvicas no concuerda con las de esos meros. En Gorgona se le captura al occidente entre 70 y 110 m de profundidad, utilizando espinel e incluso volantín, y es denominada ambulú verde; uno de nuestros ejemplares se constituye en la mayor talla detectada: 730 mm Lt y 610 mm Le. El 82% de los individuos fue pescado en enero.

#### *Epinephelus itajara* (Lichtenstein)

**Comentarios.** Se reconoce fácilmente en el campo por su cabeza aplastada, ojos diminutos y muy cortas espinas dorsales (Robins *et al.*, 1986). Los registros de Gorgona son visuales, a partir de observaciones frente al Poblado y en las rocas de Gorgonilla. La especie es el único miembro de la familia que ocurre en toda la región Atlántica-Pacífico oriental (Heemstra, 1991); en el Pacífico americano se distribuye desde el Golfo de California hasta el Perú (Heemstra & Randall, 1993).

#### *Epinephelus labriformis* (Jenyns)

**Material examinado.** MMGPe 87062: (1), La ventana, 9-X-87. MMGPe 88008: (1), Yundigua, 20-III-88. MMGPe 90020: (5), La Azufrada, 28-II-90. MMGPe 91053: (1), El Horno, 24-IV-91. MMGPe 91058 (1), noroccidente de Gorgona, 28-VI-91. Siete ejemplares desechados del 24-X-88 al 13-II-92.

**Comentarios.** Se le reconoce fácilmente por su coloración verde a rojo-marrón con puntos blancos irregulares dispersos y una mancha oscura en la parte dorsal del pedúnculo caudal; además Lp es más larga que Lv y posee once espinas dorsales (Thomson *et al.*, 1979; Heemstra & Randall, 1993). No tiene mayor importancia pesquera, pues sólo cae en espinel cuando éste es colocado cerca al coral; igualmente su pequeña talla [(aunque fue registrada hasta más de 70 cm por Orellana Amador (1985)] no la hace muy atractiva. Su posición sistemática dentro del género no es clara (Smith, 1971). Se le conoce desde Bahía Magdalena (Baja California) hasta Paita y las Islas Lobos de Afuera (Perú), incluyendo las islas de Cocos, Revillagigedo y Galápagos (Chirichigno, 1974; Thomson *et al.*, 1979; Heemstra & Randall, 1993); los pescadores la denominan mero manchado o limón.

#### *Epinephelus niphobles* Gilbert & Starks

**Material examinado.** MMGPe 88060: (1), sur de Gorgona, 4-VI-88. MMGPe 90150: (1), 18-XII-90. MMGPe 91009: (1, branquia), norte de Bazán (Nariño), 17-I-91. 23 ejemplares desechados 9-VI-88 al 7-I-93.

**Comentarios.** Se separa de sus congéneres del Pacífico americano por tener Lp y Lv más o menos iguales, once espinas dorsales, cuerpo sin barras verticales definidas y por la coloración (Heemstra & Randall, 1993); la de nuestro individuo examinado más pequeño

era marrón con tres filas y seis columnas de puntos claros, ojo marrón amarillo, un mostacho amarillo quemado, borde de la aleta dorsal espinosa con manchas amarillas, aletas pectorales rojizas, aletas pélvicas oscuras, vientre marrón claro, aleta anal marrón con borde rojizo, aleta caudal marrón con una banda subterminal rojiza. La especie ha sido llamada por dos nombres distintos en este siglo, ambos errados: *niveatus*, considerada equivocadamente anfiamericana, pero descrita del Brasil y restringida al Atlántico, y *peruanus*, un sinónimo 66 años posterior a *niphobles*, descrito a partir de dos ejemplares juveniles de Puerto Pizarro (Heemstra & Randall, 1993). Aparentemente, nuestro individuo de 1020 mm es el más grande registrado de la especie y así mismo un récord de profundidad, pues se ha dicho que alcanza 80 cm y vive hasta 130 m (Eschmeyer *et al.*, 1983), mientras que ese ejemplar, proveniente de Nariño, fue capturado a 450 m; es interesante que los pescadores, que la denominan chamo, informan que se puedan obtener "animales tan grandes como uno". Los juveniles son raros entre 50 y 72 m, mientras que tanto juveniles como adultos aparecen a más de 215 m de profundidad. Es otro miembro del grupo de especies *niveatus*. Se le conoce entre el Condado de San Luis Obispo (California) hasta Paita y las Islas Lobos de Afuera (Perú) (Chirichigno, 1974; Eschmeyer *et al.*, 1983).

#### Género *Hemanthias* Steindachner

##### *Hemanthias peruanus* (Steindachner)

**Material examinado.** MMGPe 90061: (1), noreste de la Isla, 28-III-90. MMGPe 90062: (1), noreste de la isla, 28-III-90. MMGPe 90074: (1), El Poblado, 25-IV-90. MMGPe 90107: (1), MMGPe 90111: (1), MMGPe 90133 (1), 1990. MMGPe 91027: (1), El Viudo, 15-II-91. 91045: (1), 17-IV-91. MMGPe 91084: (1), 11-IX-91.

**Comentarios.** La especie se separa de sus congéneres por tener la tercera espina dorsal prolongada en un filamento, 14 radios blandos en la aleta dorsal, 8 radios blandos en la aleta anal, 16-18 radios en la aleta pectoral, 31-34 Br, 52-59 escamas en Ll (Fitch, 1982). Ejemplares entre 295 y 440 mm Lt fueron capturados en espinel a profundidades entre 63 y 450 m, mientras que los menores (hasta de sólo 56 mm Le) provienen de contenidos estomacales de *Brotula clarkae* Hubbs, *Seriola rivoliiana* Valenciennes y *Lutjanus argentiventris* (Peters). Un espécimen de 306 mm Le y 440 mm Lt iguala la talla máxima registrada. La especie se conoce desde el Banco Hipólito (Baja California) hasta Chile (Fitch, 1982; Pequeño, 1989), aunque los autores estadounidenses presentan a Trujillo (Perú) como el límite sur.

#### Género *Mycteroperca* Gill

Rubio (1988) registra del país a *M. olfax* (Jenyns) y *M. rosacea* (Streets), pero las dos son improbables habitantes de nuestras costas, pues la primera parece ser endémica de las Galápagos y Cocos (desconocida del Golfo de California), mientras que la segunda habita únicamente en el Golfo de California y las costas mexicanas inmediatamente adyacentes hasta Jalisco (no hasta el Golfo de Guayaquil). Además, sería difícil que algún

miembro del género exista en la plataforma continental colombiana y no apareciera en Gorgona.

#### *Mycteroperca xenarcha* Jordan

*M. xenarcha* Jordan, Proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 39: 387, 1888 (Isla Santiago, Galápagos); Smith (1971): 200-203; Chirichigno (1974): 286; Thomson *et al.* (1979): 84; Eschmeyer *et al.* (1983): 199; Rubio (1988): 242-243; Heemstra & Randall (1993): 280-281; Bussing & López (1994): 94-95.

**Material examinado.** MMGPe 87025: (1, branquias), 15-IV-87. MMGPe 87042: (1, branquias), 23-VIII-87. MMGPe 87045: (1, branquias), 30-VIII-87. MMGPe 88015: (1, cabeza), 27-III-88. MMGPe 89093: (1), 7-III-89. MMGPe 91107: (2, gónadas), La Montañita y El Viudo, 12-X-91. MMGPe 91123: (1), El Horno, 11-XI-91. MMGPe 92067: (1), Playa Pizarro, 15-V-92. 25 ejemplares desechados del 15-X-86 al 18-III-93.

**Merística y morfometría.** Ad: XI-15(9) y 16(4); Aa: III, 10(4) y 11(8); Ap: 16(1) y 17(4); Br: 10(1), 11(7), 12(2) y 15(1)+1+19(7), 20(3) y 21(1)=31(5), 32(4), 33(1) y 35(1); Lt: 420-910 mm; Le: 350-800 mm; Lc: 34.5-44.4%; Lh: 9.1-14.5%; Lm: 17.7-18.3%; Do: 3.6-5.4%; Lbd: 48.3%; Led: 11.6%; La: 17.7%; Lp: 19.0-19.6%; Lv: 17.1%; Hc: 32.1%.

**Comentarios.** Se separa de sus congéneres por tener entre 30 y 35 Br y usualmente 15 radios blandos dorsales y 17 pectorales. Es una especie de cierta importancia en la pesca deportiva, principalmente al troleo, pero que no cae en espinel debido a que sólo habita fondos rocoso-coralinos relativamente someros; en la Isla aparece donde quiera que se den sus condiciones ecológicas. Sus capturas están distribuidas más o menos uniformemente a lo largo del año, pues sólo en diciembre no fue registrado y el 50% de los individuos cayeron entre agosto y noviembre; esto es algo normal en peces residentes en arrecifes coralinos. Dos especímenes de 600 y 710 mm Lt pesaron 2.5 kg, dos de 650 y 670 mm 4 kg, uno de 765 mm 5 kg, dos de 725 y 780 mm 5.5 kg, uno de 805 mm 7 kg, uno de 730 mm 8 kg y otro de 910 mm 12 kg; la literatura menciona que alcanza tallas de unos 150 cm y 45 kg. La única hembra madura, de 725 mm Lt, apareció en noviembre, mientras que se detectaron tres machos de 650-910 mm Lt; como sucede en muchas especies protogínicas, la talla de cambio de sexo es bastante variable. Es conocida entre la Bahía de San Francisco (California) y la costa norte del Perú; esta es su primera cita del Parque, donde es conocida como mero negro.

#### Género *Paralabrax* Girard

Rubio *et al.* (1987) registraron a *P. humeralis* (Valenciennes) de Gorgona a partir de material colectado en El Horno.

#### *Paralabrax callaensis* Starks

*P. callaensis* Starks, Proc. U.S. Natl. Mus. 30: 787, 1906 (El Callao, Perú); Hildebrand (1946): 179-181; Chirichigno (1974): 294; Rubio (1988): 83.

**Material examinado.** MMGPe 92011: (1), La Camaronera, 16-I-92.

**Merística y morfometría.** Ad: X,13; Aa: III,7; Ap: 19; Br: 13+1+22; L1: 117; Lt: 545 mm; Le: 440 mm; Lc: 40.9%; Lh: 11.4%; Lm: 18.2%; Di: 8.0%; Lp0: 22.7%; Led: 22.7%; Lid: 11.4%; Lp: 18.2%; Lv: 19.3%; Hc: 31.8%.

**Comentarios.** El género necesita de una adecuada revisión, que facilite la separación de sus varias especies, la mayoría confinada al Pacífico americano; supuestamente en la plataforma continental tropical y subtropical de América del Sur existen dos especies: *callaensis* y *humeralis*. Hemos asignado nuestro ejemplar a la primera por tener más de 100 L1, la tercera espina dorsal (Led) mayor que Lc/2 y el espacio interorbital con espinas ctenoides. La coloración también parece ser importante y consta de siete barras verticales formadas por manchas irregulares marrón-rojizo (ladrillo); con un ocelo blanco elongado (medidas: izquierda 30x10 mm, derecha 25x8 mm) ubicado entre la dorsal blanda y la línea lateral, por debajo del primer al quinto radio; con un ocelo gris oscuro sobre fondo gris claro en la base de la pectoral; cabeza gris azulado con manchas naranja en forma de puntos en el hocico y a modo de líneas horizontales irregulares en la región postocular; pectoral amarilla. Este patrón y el aspecto general del individuo lo asemeja a *P. dewegeri* (Metzelaar), conocida de Venezuela a las Guayanas, que muy probablemente sea la especie gemela de la aquí estudiada. El ejemplar cayó en espinel a 70 m y es sin duda el más grande conocido de su especie. Su distribución va del Departamento del Cauca hasta El Callao (Perú); esta es su primera cita de Gorgona y el primer espécimen colombiano analizado a fondo.

#### Género *Paranthias* Guichenot

#### *Paranthias colonus* (Valenciennes)

**Material examinado.** MMGPe 88065: (1), 13-VI-88. MMGPe 89084: (1), El Poblado, 12-III-89. MMGPe 90014: (1), Pasacaballos (Nariño), 25-II-90. MMGPe 90015: (1), El Poblado, 26-II-90. MMGPe 91024: (1), El Poblado, 14-II-91. Cuatro ejemplares desechados del 15-VIII-88 al 13-II-92.

**Comentarios.** Es el único representante de su género en el Pacífico, que se separa de los otros miembros de su familia por tener nueve espinas dorsales y la aleta caudal profundamente ahorquillada. Es de pequeña talla (máximo 380 mm Lt y 290 mm Le, ejemplar colectado en el Parque) para tener importancia comercial, pero se le denomina pargo rey y se le captura esporádicamente por volantín, anzuelo y trasmallo. Se le conoce del sur de California (Robins *et al.*, 1991) a El Callao (Perú), incluyendo las islas Revillagigedo, Galápagos, Clipperton, Cocos y Malpelo (Chirichigno, 1974; Heemstra & Randall, 1993).

#### Género *Pseudogramma* Bleeker

La única especie del Pacífico americano, *P. thaumasium* (Gilbert), es un pequeño pez (menos de 10 cm Lt)

de hábitos crípticos carente de interés comercial; su rango va desde el Golfo de California hasta Gorgona (Thomson *et al.*, 1979; Rubio *et al.*, 1987). Este género y el siguiente fueron durante varios decenios incluidos en familias aparte de Serranidae, pero Johnson (1983) demostró que pertenecen a la tribu Grammistini de la subfamilia Epinephelinae.

### Género *Rypticus* Cuvier

Este género, endémico de América, incluye dos especies en el Pacífico americano distribuidas desde el Golfo de California hasta el Perú: *R. bicolor* (Valenciennes) y *R. nigripinnis* Gill. Ambas están registradas de Gorgona (Rubio *et al.*, 1987) y carecen de interés comercial por su pequeña talla (máximo 30 cm Lt) y por la presencia de una sustancia jabonosa (grammistina) en la superficie del cuerpo, que los hace poco atractivos (Thomson *et al.*, 1979).

### Género *Serranus* Cuvier

*Serranus huascarii* Steindachner

*S. huascarii* Steindachner, Anz. Akad. Wiss. Wien 37: 206-208, 1900 (Perú).

*Prionodes huascarii*, Hildebrand (1946): 183-184; Pequeño (1989): 60.

*P. huascari*, Chirichigno (1974): 295.

*Serranus huascari*, Thomson *et al.* (1979): 68.

**Material examinado.** MMGPe 92091: (1), occidente de Gorgona, 8-VII-92.

**Merística y morfometría.** Ad: X,12; Aa: III,7; Ap: 18; Br: 7+1+11; L1: 50; Ea: 9; Eb: 12; Lt: 200 mm; Le: 160 mm; Lc: 37.5%; Lh: 8.1%; Lm: 16.2%; Do: 10.0%; Di: 4.1%; Ld: 35.6%; La: 62.5%; Lp: 25.0%; Lpp: 33.8%; Lv: 21.9%; Lrv: 32.5%; Hc: 25.0%.

**Comentarios.** La especie se diagnostica por tener 16-18 (modalmente 17) radios pectorales, 17-22 (modalmente 19-20) Br, 46-51 L1 y por coloración (ver abajo). Se incluye aquí esta especie en el género *Serranus* sólo por conveniencia, pues así ha sido llamada por los autores que la han trabajado recientemente; empero Meisler (1987) demostró que sus afinidades mayores son con el género *Diplectrum*, aunque difiere de éste por carecer de la espuela de espinas del ángulo del preopérculo. Se hace urgente una definición clara de los límites genéricos en la subfamilia Serraninae. La coloración en fresco de nuestro espécimen, capturado con espinel a 220 m de profundidad, era marrón en los dos tercios superiores del cuerpo, con una banda verde clara que nace detrás de la cabeza y llega hasta el pedúnculo caudal, pasando sobre la línea lateral; tercio inferior del cuerpo blanco; aleta caudal amarilla clara-verdosa, con la base y el borde distal oscuros; aletas dorsal, anal, pectorales y pélvicas verde-amarilla claras, la dorsal con la base ligeramente oscura; cabeza marrón claro-amarillenta, con una línea delgada amarilla-ocre claro en el borde inferior del ojo; iris dorado; superficie interna de los arcos branquiales

amarillo mostaza, paladar posterior gris oscuro con borde amarillo naranja. Esto coincide básicamente con una fotografía donada a nosotros por el Dr. Lloyd Findley de un ejemplar capturado al arrastre en Guaymas, Golfo de California. Este es el primer registro de la especie para Colombia y una confirmación de su existencia entre los límites de su distribución, que va del Golfo de California hasta Chile.

*Serranus psittacinus* Valenciennes

**Material examinado.** MMGPe 88012: (2), El Poblado, 20-III-88; MMGPe 89017: (2), El Poblado, 7-II-89; MMGPe 93035: (2), El Muelle, 10-III-93.

**Comentarios.** Es el único representante de aguas someras del Pacífico americano de su género y la especie tipo del subgénero válido *Prionodes* Jenyns (Meisler, 1987). El nombre *fasciatus* Jenyns, a pesar de ser más antiguo, no es utilizable, pues es un homónimo secundario de *S. fasciatus* (Bloch) (Meisler, 1987). La especie carece de importancia comercial por su pequeña talla, inferior a 19 cm. Se le conoce del Golfo de California a las Islas Lobos de Afuera (Perú) y Galápagos (Chirichigno, 1974; Thomson *et al.*, 1979).

### Agradecimientos

El Instituto de Ciencias Naturales/Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia autorizó las visitas del segundo autor a la Isla, mientras que el Fondo José Celestino Mutis de la Financiera Eléctrica Nacional (Bogotá) colaboró económicamente. Funcionarios del INDERENA destacados por el Parque han cooperado estrechamente con los autores, en particular M.L. Baena, así como los Guardaparques Voluntarios y auxiliares de campo. Agradecemos el intercambio de información con L.T. Findley, experto en peces del Golfo de California.

### Bibliografía

- Acero P., A. & R. Franke. 1993. Una nueva especie de *Opistognathus* (Pisces: Perciformes) para la Isla de Gorgona (Pacífico colombiano). *Caldasia* 17(2): 291-293.
- \_\_\_\_\_. 1994. Registros nuevos de peces cartilagosos del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacífico colombiano). II. Rayas, incluyendo la descripción de *Rhinobatus prahli* (Rhinobatidae). *Caldasia* 18: en prensa.
- \_\_\_\_\_. & J. Garzón-Ferreira. 1991. Meros, chernas y cabrillas del Caribe colombiano (Pisces: Serranidae: Epinephelinae: Epinephelini). *Caldasia* 16(78): 355-375.
- Allen, G.R. & W. Fisher. 1978. Bony fishes. En: Fischer, W. (Ed.) *FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31)*. Vol. I. FAO, Roma.
- Bortone, S.A. 1977. Revision of the sea basses of the genus *Diplectrum* (Pisces: Serranidae). NOAA Techn. Rep. NMFS Circular 404: 1-49.
- Bussing, W.A. & M.I. López S. 1994. Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centro América meridional guía ilustrada. Publ. Esp. Rev. Biol. Trop., San José, Costa Rica.
- Courtenay, W.R. 1978. *Grammistidae*. En: Fischer, W. (Ed.) *FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31)*. Vol. II, FAO, Roma.
- Chirichigno F., N. 1963. Estudio de la fauna ictiológica de los esteros y parte baja de los ríos del Departamento de Tumbes (Perú). Servicio de Pesquería Perú, Serie Divulgación Científica.

- \_\_\_\_\_. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Inf. Inst. Mar Perú 44: 1-387.
- \_\_\_\_\_. 1978. Nuevas adiciones a la ictiofauna marina del Perú. Inf. Inst. Mar Perú 46: 1-109.
- Eschmeyer, W.N., E.S. Herald & H. Hammann 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Houghton Mifflin, Boston, 336 p.
- Fitch, J.E. 1982. Revision of the Eastern North Pacific anthiin basses (Pisces: Serranidae). Nat. Hist. Mus. Los Angeles Country Contr. Sci. 339: 1-8.
- Franke, R. & A. Acero P. 1990. Rémoras (Pisces: Echeineidae) conocidas de los mares colombianos. Bol. Ecotrópica 23: 23-30.
- \_\_\_\_\_. 1991. Registros nuevos y comentarios adicionales sobre peces cartilaginosos del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacífico colombiano). I. Tiburones. Trianea 4: 527-540.
- \_\_\_\_\_. 1992a. Peces óseos comerciales del Parque Gorgona, Pacífico colombiano (Osteichthyes: Elopidae, Chanidae, Exocoetidae, Belonidae y Scombridae). Rev. Biol. Trop. 40(1): 117-124.
- \_\_\_\_\_. 1992b. Peces lutjánidos del Parque Gorgona, Pacífico colombiano (Osteichthyes: Lutjanidae). Rev. Biol. Mar. 27(1): 59-71.
- \_\_\_\_\_. 1993. Peces carangoideos del Parque Gorgona, Pacífico colombiano (Osteichthyes: Carangidae, Coryphaenidae, Nematistiidae). Rev. Biol. Mar. 28(1): 51-73.
- Heemstra, P.C. 1991. A taxonomic revision of the Eastern Atlantic groupers (Pisces: Serranidae). Bol. Mus. Municipal Funchal 43(226): 5-71.
- \_\_\_\_\_. & J.E. Randall. 1993. Groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). FAO Fish. Synop. 125(16): 1-382.
- Hildebrand, S.F. 1946. A descriptive catalogue of the shore fishes of Perú. Bull. U.S. Natil. Mus. 189: 1-530.
- Johnson, G.D. 1983. *Nippon spinosus*, a primitive epinepheline serranid, with comments on the monophyly and intrarelationships of the Serranidae. Copeia 1983: 777-787.
- \_\_\_\_\_. & P. Keener. 1984. Aid to identification of American grouper larvae. Bull. Mar. Sci. 34(1): 106-134.
- Lea, R.N. & L. Fukuhara 1991. The gulf coney, *Epinephelus acanthistius*, from the marine waters of southern California. Bull. South. Calif. Acad. Sci. 90(2): 80-82.
- Meisler, M.R. 1987. Limits and relationships of serranine seabasses, with revisions of *Serranus* and *Mentiperca* (Pisces: Serranidae). Tesis Ph.D., University of Southern California, Los Angeles, 250 p.
- Orellana Amador, J.J. 1985. Marine fishes of Los C6banos fishes of El Salvador. Sigma Foundation. Nueva York, 126 p.
- Pequeño R., G. 1989. Peces de Chile lista sistemática revisada y comentada. Rev. Biol. Mar. 24(2): 1-132.
- Robins, C.R., G.C. Ray & J. Douglass. 1986. A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin. Boston, 354 p.
- \_\_\_\_\_. R.M. Bailey, C.E. Bond, J.R. Brooker, E.A. Lachner, R.N. Lea & W.B. Scott. 1991. Common and scientific names of fishes from the United States and Canada. Fifth edition. Spec. Publ. Amer. Fisch. Soc. 20: 1-183.
- Rosenblatt, R.H. & G.D. Johnson. 1974. Two new species of sea basses of the genus *Diplectrum*, with a key to the Pacific species. Calif. Fish Game 60: 178-191.
- Rubio, E.A. 1988. Peces de importancia comercial para el Pacífico colombiano. Univ. Valle. Cali, 499 p.
- \_\_\_\_\_. B. Gutiérrez & R. Franke. 1987. Peces de la Isla de Gorgona. Univ. Valle. Cali, 315 p.
- Smith, C.L. 1971. A revision of the American groupers: *Epinephelus* and allied genera. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 146(2): 67-242.
- \_\_\_\_\_. 1978. Serranidae. En Fischer, W. (Ed). FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (Fishing Area 31). Vols. IV y V, FAO, Roma.
- Thomson, D.A., L.T. Findley & A. N. Kerstitch. 1979. Reef fishes of the Sea of Cortez. Wiley. Nueva York, 302 p.

# CRIA DEL CAIMAN DEL ORINOCO (*Crocodylus intermedius*) EN LA ESTACION DE BIOLOGIA TROPICAL "ROBERTO FRANCO", VILLAVICENCIO, META

por

Luz Myrian Lugo Rugeles\*

## Resumen

Lugo Rugeles, L. M.: Cría del caimán del orinoco (*Crocodylus intermedius*) en la estación de biología tropical "Roberto Franco", Villavicencio, Meta. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **19** (74): 601-606, 1995. ISSN 0370-3908.

Se presentan los resultados de las actividades de cría del "Caimán del Orinoco" (*Crocodylus intermedius*) en la Estación de Biología Tropical "Roberto Franco" desde 1970. Dos parejas se reproducen exitosamente desde 1991, contando con 92 crías a las que se les hace seguimiento de crecimiento.

**Palabras clave:** Crocodylia, Cría en cautiverio.

## Abstract

The breeding activities of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in the Estación de Biología Tropical "Roberto Franco", are presented. Two mating couples, reproducing successfully since 1991 were observed, and the growing development of their 92 offspring is assessed.

**Key words:** Crocodylia, Breeding in captivity.

## Introducción

El "Caimán del Orinoco" (*Crocodylus intermedius*) es una especie endémica de la Cuenca del Orinoco en Colombia y Venezuela, era abundante hasta mediados de 1930, especialmente en los ríos Arauca, Casanare, Meta y un poco menos en los ríos Vichada, Guaviare y Guayabero. Desde 1920, dado el alto valor de su piel en los mercados internacionales, empezó la caza comercial, incrementándose considerablemente en los años siguien-

tes hasta 1948, cuando disminuyeron notablemente las cantidades de cocodrilos comercialmente exportables, por lo que las compañías extranjeras abandonaron el negocio, sin embargo, los caimaneros continuaron la cacería, sacrificando ejemplares de menos de 150 cm (Medem, 1980).

Federico Medem, (q.e.p.d.), director en ese entonces de la Estación de Biología Tropical "Roberto Franco", fue el primero en notar la declinación de las poblaciones de caimanes, por lo que hizo un llamado de atención a encaminar acciones de protección. En 1970, empezó a acopiar ejemplares de caimanes para establecer un centro de reproducción, constituyendo un "stock"

\* Bióloga, Directora Estación de Biología Tropical «Roberto Franco» Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 2261 Villavicencio.

de parentales, al tiempo que investigaba aspectos básicos de su biología. También realizó un censo poblacional en 1973-76, contabilizando sólo 280 caimanes adultos, para una extensión de 252.530 Km<sup>2</sup> de la Orinoquia Colombiana. La Tabla 1 muestra la relación de las cantidades aproximadas de pieles obtenidas en diferentes ríos, hasta el año 1976, comparado con los estudios de poblaciones de 1973-76. Como él mismo lo anotara, estos datos son incompletos y deben ser considerados como mínimo absoluto, ya que como ocurre en los países latinoamericanos, no hay control riguroso por parte de las autoridades, así como hay deficiencia de las estadísticas sobre exportaciones, no correspondiendo los registros a la realidad (Medem, 1980).

En este trabajo se presentan los resultados de la cría del "Caimán del Orinoco" (*C. intermedius*), en las instalaciones de la Estación de Biología Tropical "Roberto Franco" a partir de 1970.

### Materiales y Métodos

**Lugar y características de los encierros.** La Estación de Biología Tropical "Roberto Franco" (EBTRF), centro adscrito a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio (Meta), a 4° 09' N y a 73° 39' O, a 467 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 25.9°C y con una precipitación estacional de 4200 mm anuales (IGAC, 1983).

Los encierros para los adultos poseen una área aproximada de 90 m<sup>2</sup>, la mitad seca, cubierta de arena y la otra en agua, con tanques en cemento de forma rectangular con una profundidad de 1 m. Para los animales menores de 1600 mm, existen tanques en cemento de 4,8 m<sup>2</sup>, 10 m<sup>2</sup> y 64 m<sup>2</sup>, con una profundidad de 0,5 m.

**Los ejemplares.** A pesar de los esfuerzos del profesor Medem, la consecución de caimanes adultos no fue posible, por lo que el pie de cría se inició con especímenes juveniles. En 1970 se acopió la primera pareja de caimanes provenientes del río Metica, cerca de Puerto López (Meta); el macho (No.1), con una longitud total (LT) de 1780 mm, había sido capturado por un pescador en 1963 de una talla de 600 mm, por lo que se calcula que tendría de 7 a 8 años. La hembra (No. 2) midió 720

mm, con una edad aproximada de dos años. Otro macho (No. 3) de 1830 mm de LT proveniente de San Carlos de Guaroa - alto río Meta - llegó en 1974. Dos años más tarde se consiguió una hembra (No. 4) de 1160 mm de LT, proveniente del río Humea (Meta), calculándose para cada unos 3 años de edad.

Los ejemplares fueron acomodados indistintamente en las pocetas de acuerdo a la talla; a medida que crecían se fueron cambiando a tanques mas grandes. La alimentación consistió en peces, carne roja, vísceras y pollos. Por no existir datos históricos sobre cantidad y frecuencia, asumimos que la dieta fue oportunística hasta 1989, año en que se mejoró calidad, cantidad y frecuencia del alimento.

Otra pareja fue conformada recientemente: la hembra (No. 6) proveniente del caño Yatea (Casanare) medía 610 mm de LT en 1987, se levantó en las instalaciones de la Estación alcanzando en 1993, una LT de 2500 mm a la edad aproximada de 8 años. El macho (No. 7) con una LT de 3200 mm llegó a la Estación en junio de 1993; había sido capturado por un pescador en el río Cusiana cerca a la población de Maní, Casanare, de una talla de 1000 mm y mantenido en su casa de habitación durante 14 años, tiempo en que fue trasladado a la Estación. La pareja se instaló en un encierro de 20 x 15 m, separados por una reja con el fin de evitar que se lastimaran dada la agresión natural que producen los cambios ambientales y la presencia de un extraño en la misma área. En varias ocasiones durante los meses de cortejo se levantó la reja permitiendo su mutuo acercamiento, pero estos encuentros terminaron en agresión por parte del macho, por lo que nuevamente se les ha separado. Con esta pareja se espera registrar la edad mínima de postura de esta especie en condiciones controladas.

**Manejo de los caimanes.** Las pocetas son lavadas frecuentemente de acuerdo al grado de suciedad que presenten y a la época del año, siendo las pocetas pequeñas y la temporada seca las que exigen más recambio de agua, esto ha evitado que se presenten enfermedades a causa de deficiencias sanitarias. La alimentación en los adultos, a partir de 1989 consiste en pescado en un 5% al 7% del peso del animal una vez por semana. A los pequeños se les suministra pescado con vitaminas, en un 10% del peso, repartidos en tres porciones semanales.

Para la obtención de crías, los huevos se extraen de los nidos y se llevan al cuarto de incubación con temperatura y humedad controlada.

### Resultados

**Reproducción.** En 1974 el caimán No. 1 con una edad calculada de 13 años y con una talla de 2650 mm, roncó por primera vez, demostrando la madurez sexual; las hembras No. 2 (LT = 1650) y No. 4 que se encontraban en el mismo tanque, pero separadas por una reja, no mostraron reacción alguna. Cinco años más tarde, las dos hembras mostraron interés por el ronco del caimán, acercándose a la reja, por lo que se acondicionaron encierros para trasladar los ejemplares por parejas separadas: el macho No.1 con la hembra No. 4 (Figura 1) y el macho No. 2 con la hembra No. 3.

Tabla 1. Relación del número de pieles de *Crocodylus intermedius* con el número de adultos censados.

Departamento	Area Km <sup>2</sup>	Extracción Pieles 1930-1940	No adultos censados 1973-1976
Arauca	23490	50000	180
Casanare	44300	204000 (*)	49
Meta	85770		14
Vichada	98970	200	37
Total	252530	254200	280

Fuente: Adaptado de Medem (1980).

(\*) El dato de la extracción de pieles de Casanare, corresponde a Casanare y Meta.

La temporada de cortejo y cópula en los primeros años se registró de octubre a noviembre y en los últimos tres años se ha anticipado al mes de agosto, donde tanto el macho como la hembra despliegan una actividad de cortejo con roces, juego de burbujas, vueltas alrededor de la pareja y finalmente la monta y cópula. Esta actividad la realizan tanto en el día como en la noche.

La postura se lleva a cabo en la época seca. Tres o cuatro semanas antes de la ovoposición, la hembra deja de comer y en ocasiones se le ve escarvar en la arena, con patas y hocico, preparando el terreno. Los huevos son depositados en un hoyo excavado en la arena y luego cubierto sin dejar rastro. Las hembras de la Estación han mantenido su tiempo de postura entre la última semana de diciembre y la primera de enero, así como la tendencia a anidar en el mismo lugar, año tras año, tal como ocurre en su medio natural (Blohm, 1982; Thorbjarnarson, 1987).

La primera postura se presentó en 1986 en la hembra (No.2) que tenía alrededor de 18 años, pero los huevos fueron colocados muy superficialmente y al borde del tanque, rodando al agua, malográndose, sin poder determinar su número. Tres años más tarde reanudó posturas continuándolas anualmente, presentando mucha irregularidad en el número de huevos por postura, así como un bajo índice de fertilidad. La hembra No.4 inició posturas en enero de 1990 a la edad de 17 años, incrementando el número de huevos y el índice de fertilidad anualmente (Tabla 2).

La distancia promedio del tanque al nido es de 2.50 m y las dimensiones de éste son de 350 mm de profundidad por 280 mm de diámetro; los huevos son depositados en 2, 3 y/o 4 capas, son de cáscara dura con superficie lisa y con un tamaño promedio de 83 X 49 mm y un peso de 120 g (Figura 2).

**Eclosiones.** En el primer año (1990) en que las dos hembras comenzaron a producir huevos, no se obtuvieron crías, porque no se dieron las condiciones adecuadas de incubación. Un grupo de huevos fue dejado en la arena en el lugar de postura, bajo las condiciones ambientales; otro grupo fue trasladado al laboratorio y colocado en cajas de icopor con material del nido, rociándoles periódicamente agua para mantener la humedad. En ninguno de los dos sistemas se obtuvo crías, aunque muchos presentaban embrión muerto en diferentes estadios de desarrollo. Ante este resultado, al siguiente año (1991) se construyó un cuarto de incubación de 6m<sup>2</sup> x 2,20 m de altura, con temperatura y humedad controlada. El sistema de control no es muy tecnificado y no permite una calibración exacta, presentándose oscilaciones de temperatura de 1 a 2° C y de 5 % en la humedad.

En la Tabla 2 se registran los valores de temperatura y humedad a los que fueron sometidos los huevos en los diferentes años y los períodos de incubación obtenidos bajo esas condiciones. Se observa en 1993 una disminución en el número de crías, resultado de la mala incubación a causa de los prolongados períodos de racionamiento energético que sufrió el país y que por no contar con planta eléctrica propia, 40 embriones casi a término, se malograron. Estos presentaban un saco con vitelo muy protuberante y signos vitales muy débiles, muriendo el primer día de su eclosión, a los 118 días de incubación.

**Crecimiento.** Los datos históricos de crecimiento de los caimanes adultos que llegaron a la Estación en los diferentes años son pocos y esporádicos (Tabla 3). El mayor incremento se presentó en la hembra No.5 con 2340 mm en los primeros 7 años, y el menor en la hembra No.2 con 340 mm en el mismo tiempo. La figura 4 muestra la curva de promedio mensual en (LT) y peso durante 36 meses, de 30 crías machos, nacidos en abril

**Tabla 2.** Huevos, fertilidad, eclosiones, mortalidad, temperatura, humedad y tiempo de incubación de *Crocodylus intermedius* en la EBTRF (\*)

Año	N° Hembra	Número huevos/H	Fertilidad		Eclosiones		Temperatura Incubación (C°)	Humedad relativa Incubación %	Días de Incubación	Mortalidad crías	
			N°	%/H	N°	%/H				N°	%/nido
1986	2	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	2	16	11	68.7	7	63.6	32-33	90	85	2	28.5
	4	38	30	78.9	28	93.3	32-33	90	90	3	10.7
1992	2	31	24	77.4	0	0.0	30-31	90	-	-	-
	4	42	36	85.7	32	88.8	30-31	90	94	2	6.2
1993	2	26	20	76.9	5	25.0	(**)	90	122	5	100.0
	4	43	38	88.3	17	44.7	(**)	90	108	11	64.7
1994	2	24	14	58.3	14	85.7	29-30	90	104	3	16.0
	4	46	37	80.4	30	81.0	29-30	90	100	3	10.0

(\*) Estación de Biología Tropical "Roberto Franco". Universidad Nacional, Villavicencio.

(\*\*) Variable por cortes prolongados de energía.

H: Hembra.



Figura 1. Pareja de reproductores de *C. intermedius* en la EBTRF.



Figura 2. Nidada de *C. intermedius* en la EBTRF.

Tabla 3. Crecimiento (LT=mm) de cinco parentales de *C. intermedius* de la EBTRF (\*).

Año	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
1970	1780	726			
1972	250				
1973		771			
1974	2650				
1975		836	1830		
1976	2850	1066	2210	1160	
1977	2880	1345	2570	1470	
1978	2910	1636	2800	1655	
1979	3000	1817	3000	2110	
1980		2180		2230	
1987					610
1988	3600		3700	240	840
1989					1415
1991	3800	2600	3900	2800	
1992					2430
1993				3000	2600
1994		2880			2950
Incremento Total	2020	2154	2070	1840	2340

(\*) Estación de Biología Tropical "Roberto Franco".



Figura 3. Crías de *C. intermedius* de 18 meses de edad.

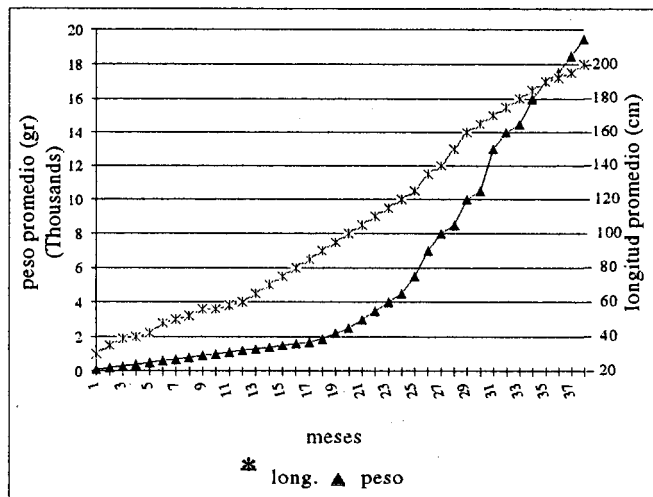


Figura 4. Crecimiento promedio mensual del *Crocodylus intermedius* durante 36 meses

de 1991, con incrementos promedios de 275, 480 y 573 mm y de 604, 4550 y 13516 g, para el primero, segundo y tercer año respectivamente.

**Manejo de crías.** Los primeros neonatos fueron trasladados a acuarios de vidrio, suministrándoles a partir del cuarto día pescado molido en un 10% de su peso, tres veces por semana. A los tres meses se presentó una mortalidad de cinco crías, aparentemente sin causa, excepto en una, cuyo vientre se veía inflado y al hacerle la disección mostró un intestino cubierto de grasa - reducido del saco vitelino - en muy mal estado y con olor a rancio.

Otros cinco se mostraron inapetentes, se les apartó y se les colocó una lámpara de 100 w. se les inyectó intraperitonealmente glucosa al 10% y complejo B, a la vez que se alimentaron a la fuerza, durante dos semanas. Poco a poco se observó recuperación y fueron trasladados con el resto de crías en los tanques pequeños a la temperatura ambiental (Figura 3).

**Comportamiento.** La territorialidad de los adultos en cautiverio es evidente. Los ejemplares recién trasladados a un estanque ajeno inicialmente no son agresivos pero al poco tiempo establecen territorialidad y atacan. En las condiciones de la Estación la pareja se tolera, aunque el macho en ocasiones se nota agresivo con la hembra no permitiéndole meterse al agua o aselearse según él se encuentre en tierra o en agua. La hembra sólo en la época de anidación y cuidado de la cría muestra agresividad a todo lo que se acerque al lugar incluyendo al macho, al que intenta agredir para evitar que se aproxime al lugar donde colocó sus huevos, con poco éxito ya que la fuerza y agresividad del macho la domina.

Los caimanes en cautiverio conocen a sus alimentadores permitiendo que éstos se acerquen a muy corta distancia, pero con extraños, la sola presencia, hace que se inflen sus vientres y emitan un silbido, mostrándose alerta y en ocasiones lanzan dentelladas, o se meten bruscamente al agua.

Los pequeños en ocasiones se muestran agresivos pero normalmente son asustadizos y huyen. Al sentirse

amenazados tratan de morder, lanzando dentelladas sin fijarse, atacándose unos a otros, constituyendo un peligro, ya que se pueden lesionar como ocurrió en tres ocasiones cuando los ejemplares al asustarse se atacaron, rompiéndose la mandíbula, siendo necesario sacrificarlos.

## Discusión

Colombia y Venezuela iniciaron pequeños ensayos sobre cría en cautiverio de *C. intermedius* desde 1970, pero fué Venezuela la que concentró más esfuerzos en este campo incrementando los centros de reproducción en cautividad. Actualmente cuenta con 4 zocriaderos de caimanes, de los cuales los de Masaguaral y Unellez son los más importantes. El primero posee 13 ejemplares adultos y el segundo tres desde 1985 (Fudena, 1993). La variabilidad en el número de ejemplares, la edad y las condiciones experimentales y ambientales, así como la escasa publicación de resultados sobre el tema, dificulta las comparaciones válidas. El zocriadero de Unellez es el único que ha reportado resultados sobre cría de caimanes del Orinoco en cautiverio, por lo que se toma como referencia de comparación. Los resultados de la EBTRF pueden considerarse más exitosos dado que el pie de cría de ésta, a diferencia de los criaderos venezolanos, se levantó y alcanzó la madurez sexual en los encierros. La sobrevivencia de las crías, 77% en la EBTRF, es más alta comparada con el 69% de la Unellez (Seijas, 1993). Los crecimientos obtenidos en las crías son superiores a los reportados por Unellez: 283, 410 y 350 mm (Seijas, 1993; Ramo *et al.*, 1993), comparado con los de la EBTRF: 275, 485 y 573 mm, para el primero, segundo y tercer año respectivamente. Sin duda, los mejores resultados obtenidos en la Estación, en reproducción y crecimiento del Cocodrilo del Orinoco, se debe principalmente al mejoramiento de la calidad y cantidad del alimento, como lo postula Lang (1987). Se pasó de una dieta oportunística, baja en calidad (vísceras y ocasionalmente pollo o carne roja), a una de mejor calidad (pescado y vitaminas), más cantidad (7%) y mayor frecuencia en el suministro del alimento (una vez para adultos y tres para crías/ semana).

Rodríguez & Rodríguez (1991) señalan que cuando los neonatos y juveniles de *Crocodylus acutus* en cautiverio se alimentan durante cinco días a la semana, suministrándoles una cantidad del 6% en relación a su peso en cada oportunidad (30% semanal), incrementan su longitud media total con una razón de 1.12 mm/día. Si los ejemplares son alimentados con la misma ración diaria, pero sólo durante tres días a la semana o se les disminuye el porcentaje de biomasa a 5%, el crecimiento disminuye un 12% y un 18% respectivamente. En *C. intermedius* incrementos promedios mayores de 1.12 mm/día se registraron en el segundo y tercer año de vida (1.13 y 1.56 mm/día) alimentados con una biomasa del 10% distribuida tres veces por semana.

No existe un modo específico de levantar cocodrilos, existen fundamentos y detalles biológicos comunes a todas las especies, pero son muchos los factores que intervienen para el éxito de un zocriadero, por lo que es difícil hacer generalizaciones de la crianza en cautiverio. Todavía falta mucha investigación al respecto.

**Bibliografía**

- Blohm, T.** 1982. Husbandry of Orinoco crocodiles (*Crocodylus intermedius*) in Venezuela. Proc. 5th. Work Mtg. CSG, SSC. IUCN, 264-282.
- Fudena.** 1993. Plan de acción: Supervivencia del Caimán del Orinoco en Venezuela 1994-1999.
- IGAC.** 1983. Atlas regional Orinoquía-Amazonía. Bogotá, Colombia. 162 pp.
- Lang, J. W.** 1987. Crocodylian behaviour: Implications for Management. Pages 273-94, in: Wildlife Management Crocodiles and Alligators ed. by Grahme J. W. Webb, S. Charlie Manolis and Peter J. Whitehead. Surrey Beatty and Sons. Pty Limited. Camberra.
- Medem, F.** 1980. Los Crocodylia de Sur América. Vol. I. Los Crocodylia de Colombia. Colciencias, 354pp.
- Ramo C., B. Bustos & A. Utrera.** 1993. Breeding and rearing Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in Venezuela (sin publicar).
- Rodríguez, M. & E. Rodríguez.** 1991. La Frecuencia y la tasa de alimentación de neonatos y juveniles de *Crocodylus acutus*. Cuvier 1807 (Crocodylia: Crocodylidae). Trianea 4: 497-504.
- Seijas, A.E.** 1993. Cría de caimanes del Orinoco en la UNELLEZ, Venezuela. Mem. I Reunión regional del CSG, IUCN. Santa Marta, Colombia, Noviembre 1991.
- Thorbjarnarson, J. B.** 1987. Status, ecology, and conservation of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in Venezuela. Report to WWF. 74 pp.

# GENERO *Gigantodax* (DIPTERA:SIMULIIDAE) EN COLOMBIA \*

por

Paulina Muñoz de Hoyos \*\*

## Resumen

Muñoz de Hoyos, P. : Género *Gigantodax* (Diptera:Simuliidae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (74): 607-630, 1995. ISSN 0370-3908.

Se proporcionan los caracteres diagnósticos de pupas y larvas y una clave gráfica para identificar las pupas de las 17 especies del género presentes en Colombia. Se describen la larva de *Gigantodax zumbahuae* y una especie nueva del género *Gigantodax*. Se comenta la distribución de las especies y se registran por primera vez para Colombia las especies *G. cypellus*, *G. multifilis* y *G. zumbahuae*. Se localizan los marcadores cromosómicos primarios y secundarios de los cromosomas politénicos de la especie nueva del género, se indica su idiograma y se comparan estos marcadores y la secuencia de bandas con los cromosomas de *G. ortizi* para determinar si pertenecen al mismo grupo.

**Palabras clave:** Simuliidae, *Gigantodax*, Colombia, Distribución, *Gigantodax osornorum* sp. nov.

## Abstract

The diagnostic characters of the pupae and larvae and a graphic key for the identification of the pupae of 17 species of *Gigantodax* are reported. The description of the larva of *Gigantodax zumbahuae* and the description of a new species of the genus *Gigantodax* are given. The distribution of the *Gigantodax* species in Colombia is discussed. *G. cypellus*, *G. multifilis* and *G. zumbahuae* are registered for the first time. The idiogram of the polytene chromosomes of *Gigantodax* sp. nov. is shown and the comparison between the polytene chromosomes of this species and the polytene chromosomes of *G. ortizi* is made in order to see if the new species belongs to the same group as *G. ortizi*.

**Key Words :** Simuliidae, *Gigantodax*, Colombia, Distribution, *Gigantodax osornorum* sp. nov.

## Introducción

En Colombia la familia Simuliidae está representada por los géneros *Simulium* Latreille, 1802 y *Gigantodax* Enderlein, 1925; el primero es cosmopolita y el segundo se distribuye a lo largo de los Andes, desde México hasta Tierra del Fuego.

El género *Gigantodax* está incluido en la tribu Prosimuliini, según Crosskey (1987) y en la tribu Simuliini según Py-Daniel (1990). Es un género que ha tenido la fortaleza de diversificarse en varias especies en la región neotropical en donde ha tenido una especiación bastante rica a lo largo de la cadena montañosa de los Andes.

Actualmente se encuentran 73 especies en el género (Takaoka et al., 1988, Vargas & Ramírez-Pérez, 1988, Wygodzinsky & Coscarón, 1989), de las cuales 17 están registradas en Colombia.

Son dípteros especialistas, las larvas son dependientes de las condiciones lóxicas, es decir, de las co-

\* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia el 23 de noviembre de 1994 con ocasión de su posesión como Académica de Número.

\*\* Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-Museo Historia Natural. Apartado 7495. Bogotá, D. C. Colombia S. A.

rrientes de agua. Las larvas y las pupas toleran cambios bruscos de temperatura durante el día y la noche y prefieren corrientes de agua pequeñas, con agua cristalina, gran cantidad de sedimento y pH entre 5.63 y 8.25. Pueden encontrarse, según la especie, adheridas a la vegetación colgante y/o acuática, a las piedras sumergidas en el agua o a los sustratos artificiales como latas, botellas, plásticos.

Con el fin de conocer las especies de simúlidos de una región basta muestrear las quebradas, ríos y arroyos del área para obtener larvas y pupas. Los adultos se consiguen al criar las pupas individualmente en el laboratorio. Las hembras de este género no son antropofílicas.

Las larvas del género *Gigantodax* carecen de escotadura gular. Sus mandíbulas poseen 3 dientes externos, uno apical, 3 preapicales (2° más corto que 1°; 3° largo en forma de espina), 1 o 2 serraciones mandibulares grandes seguidas de varias menores. Los 17 dientes del hipostomio están arreglados en 3 grupos conspicuos, siendo el diente mediano y los dientes esquineros los más grandes; el esclerito anal tiene escleritos accesorios formando un anillo completo alrededor de la parte posterior del abdomen con escamas perianales bien desarrolladas en algunas especies.

Las pupas exhiben la mayor variabilidad en las branquias respiratorias; la variación extraordinaria de las branquias en este género es única en la familia Simuliidae. El frontoclípeo de la pupa carece de tricomas frontales y los tricomas faciales tienen forma de espina o pelo; los tergitos abdominales exhiben peine con espinas; el tergito VIII no tiene ganchos grandes y los procesos terminales del abdomen son largos; los esternitos abdominales VI y VII están divididos longitudinalmente en el medio por una área membranosa y estriada.

Los adultos carecen de pedisulco en la pata III pero poseen una gran calcipala. El ala posee la vena cubital, Cu2, recta, característica apomórfica del género. Los brazos de la horquilla genital de la hembra tienen apodemas largos. En el macho la placa ventral es generalmente romboidea con emarginaciones apicales típicas; la porción basal del órgano endoparameral está poco desarrollada y la porción denticulada tiene 1 o 2 dientes largos; el esclerito mediano posee estructura compleja (Wygodzinsky & Coscarón, 1973, 1989; Crosskey, 1990).

Con base en los caracteres morfológicos de larva, pupa, adulto macho y hembra Wygodzinsky & Coscarón (1989) consideran 8 grupos dentro del género *Gigantodax*, los cuales se encuentran bien definidos por caracteres apomórficos: *cortesi*, *igniculus*, *minor*, no presentes en Colombia, y *brophyi*, *cilicinus*, *cormonsi*, *wrighti* y *multifilis* con representantes en nuestro país. El grupo *brophyi* se extiende desde el norte de Colombia y Venezuela hasta Tierra del Fuego; posee dos subgrupos, el del norte en los Andes de Venezuela, Colombia y Ecuador y dos especies aisladas en el Perú y el del sur en la región Chilena-Patagónica; *cilicinus* se encuentra desde Colombia, Venezuela y Ecuador hasta los Andes centrales en Argentina; *cormonsi* desde Colombia y Ecuador hasta el norte de Chile; *wrighti* desde México hasta Tie-

rra del Fuego y *multifilis* en los Andes del Ecuador y Colombia.

Las características diagnósticas de los estados de pupa y larva de los grupos son: Grupo *brophyi*: Pupa. Capullo bien desarrollado. Branquias respiratorias con 18 ramas filamentosas. Larva. Apotoma cefálico ancho cerca a la base. Antena más corta o tan larga como el tallo del abanico cefálico. Serraciones mandibulares numerosas. Diente medio del hipostomio más bajo que los dientes esquineros. Escamas anales formando anillo completo; branquias anales con 3 lóbulos.

Grupo *cilicinus*: Pupa. Capullo poco desarrollado. Branquias respiratorias basalmente gruesas, con filamentos delgados y caducos distalmente, ramas 12 y 16 (excepcionalmente 15) más largas que las otras y la mayoría con procesos tegumentarios. Larva. Apotoma cefálico ancho cerca a la base. Antena tan larga como el tallo del abanico cefálico. Serraciones mandibulares numerosas. Diente medio del hipostomio más corto o más largo que los dientes esquineros. Escamas anales formando anillo completo; branquias anales con 3 lóbulos.

Grupo *cormonsi*: Pupa. Capullo bien desarrollado. Branquias respiratorias con 18 ramas con procesos cuticulares, a menudo fusionadas en forma de concha, con ramas 12 y 16 largas. Larva. Apotoma cefálico ancho cerca a la base. Antena tan larga o un poco más larga que el tallo del abanico cefálico. Serraciones mandibulares regulares. Diente medio del hipostomio más bajo que los dientes esquineros. Escamas anales sin formar o formando anillo completo; branquias anales con 3 lóbulos.

Grupo *multifilis*: Pupa. Capullo bien desarrollado. Branquias respiratorias arborescentes, con más de 100 filamentos terminales. Larva. Apotoma cefálico ancho cerca a la base. Antena más larga que el tallo del abanico cefálico. Serraciones mandibulares reducidas (3-6). Diente medio del hipostomio más bajo que los dientes esquineros. Papila ventral prominente. Escamas anales sin formar anillo completo; branquias anales con varios lóbulos.

Grupo *wrighti*: Pupa. Capullo poco desarrollado. Branquias respiratorias con 4 a 14 ramas tubulares o globosas, frecuentemente con paredes membranosas o procesos cuticulares cortos y áreas arrugadas. Larva. Apotoma cefálico ancho cerca a la base. Antena tan larga como el tallo del abanico cefálico. Serraciones mandibulares numerosas. Diente medio del hipostomio más corto o más largo que los dientes esquineros. Escamas anales sin formar o formando anillo completo; branquias anales con 3 lóbulos.

Los adultos son difíciles de identificar, aun empleando caracteres microscópicos y medidas, ya que son muy parecidos entre sí. Por fortuna las pupas poseen unas branquias respiratorias características, útiles en la identificación de especies. Las larvas tienen algunos caracteres favorables para la identificación, sin embargo algunas especies, pertenecientes al mismo grupo, no se prestan para una diferenciación rápida. Dado que las hembras no son antropofílicas, cuando se estudia este

género las colecciones llevadas a cabo en quebradas y/o riachuelos se basan en pupas y larvas de diferentes instares; por tal motivo acá solo se contemplan los rasgos morfológicos de estos estadios inmaduros y se suministra una clave gráfica para la identificación de las especies teniendo en cuenta las branquias respiratorias de la pupa. Igualmente, se comenta la distribución de las especies registradas en Colombia.

Citogenéticamente el género es poco conocido; tan solo hay tres trabajos previos, el de **Hirai** (1987) con cinco especies, no identificadas, del Ecuador, otro realizado por **Coscarón-Arias** (1991) en *G. marginalis*, *G. fulvescens* y *G. chilensis* de Argentina y un trabajo de grado, dirigido por la autora, llevado a cabo por **Moreno** en 1990 en *Gigantodax ortizi*, del grupo *brophyi*, dentro del proyecto de investigación Simúlidos del río Chisacá, financiado por Colciencias. El estudio de los cromosomas de *G. ortizi* se llevó a cabo para solucionar la identificación de las especies de 18 filamentos de la región de Chisacá; solo se encontró *G. ortizi* en la zona de estudio que sirvió así para caracterizar los cromosomas de la especie (**Moreno**, 1990). Con base en este último estudio se analizaron los cromosomas politénicos de *Gigantodax osornorum* Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno *sp. nov.* para asegurar su pertenencia al grupo *brophyi*.

**Materiales y métodos**

Los métodos de colección, transporte, conservación y montaje, para los estudios morfológicos son los que usan en el Museo de Historia Natural en Londres.

Para la distribución de las especies se tuvieron en cuenta las publicaciones de **Wygodzinsky** (1973), **Wygodzinsky y Coscarón** (1989), **Takaoka et al.** (1988), **Muñoz de Hoyos** (1994) y el trabajo que adelantamos en el grupo de simúlidos del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

Para el análisis de los cromosomas politénicos de *Gigantodax osornorum sp. nov.* se trabajaron larvas de último instar reconocidas por poseer el histoblasto de las branquias respiratorias de color gris o negro. El material fue colectado en el páramo de Chisacá (Tabla No. 1) y procesado según la técnica de **French et al.** (1962). Para sexar las larvas se empleó orceina-lacto-propiónica. La ubicación de los marcadores primarios y secundarios y el patrón de bandeamiento de los cromosomas se hicieron directamente sobre las fotografías.

**Resultados y discusión**

*Morfología. Caracteres diagnósticos de pupas y larvas.*

Grupo *brophyi*:

*Gigantodax multituberculatus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo bien desarrollado. Branquias con tallo ancho de 18 filamentos con 5 o 6 ramas primarias.

**Tabla No. 1. Sexo, ubicación y fecha de colección de las larvas de *Gigantodax osornorum* Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno *sp. nov.* analizadas citológicamente**

Sexo		Localidad	Fecha colección	No. ICN
M	H			
1		Río Chisacá, 3150m	Mar 02 1991	1648
	1	Río Chisacá, 3150m	Abr 01 1991	1645
2		Río Chisacá, 3150m	Sep 02 1991	1560, 1564
1		Río Chisacá, 3150m	Abr 01 1991	Sin No.
1		Río Chisacá, 3590m	Mar 02 1991	1646
1		Río Chisacá, 3590m	Mar 02 1991	1647
1		Río Chisacá, 3590m	Sep 02 1991	1562
1		Río Chisacá, 3590m	Sep 28 1991	1561
Total		1	5	3

M=Macho, H=Hembra, i=indeterminado

Frontoclípeo y cefalotórax con numerosos tubérculos irregularmente distribuídos. Tricomas faciales en forma de espina.

**Larva.** Antena más larga que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.9: 1.36 (1: 0.68-0.73: 1.24 **Wygodzinsky y Coscarón**, 1989). Abanico cefálico con 28-34 rayos. Mandíbula con 8-9 dientes internos y 9 serraciones marginales (3 grandes, 6 pequeñas, siendo las últimas 3 distales). Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 4-5 setas hipostomiales en hilera, 2 menores en el cuerpo del hipostomio y 7-11 serraciones laterales. Palpo maxilar 2.8 veces más largo que ancho. Tronco basal del histoblasto de las branquias respiratorias 2.5 veces más largo que ancho. Numerosas escamas perianales formando un anillo, siendo más conspicuas las cercanas a los brazos cortos. Círculo anal con cerca de 100 hileras de ganchos.

**Comentarios.** El holótipo proviene de "Buenos Aires" cerca a La Siberia, este de La Calera. En el departamento del Tolima se encuentra en compañía de *G. basinflatus*, *G. cervicornis*, *G. misitu*, *G. multifilis*, *G. wygodzinskyi* y *G. zumbahuae* en corrientes con temperatura ambiente entre 9.5°C y 12°C, temperatura del agua de 8°C, pH de 5.63 y 8.25 y resistencia de -0.66 mV y 0.70 mV.

**Citas nuevas: COLOMBIA.** **Boyacá:** Sogamoso. El Crucero. 3130 m. Col : J. Campos. Mar 22 1989. Larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1440. **Tolima:** Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada Potosí en la carretera a La Mina a 34 km de Anaime, 3285 m. Col: S. Coscarón. Ago 7 1994. Larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1436. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Mina, 3500 m. Col : C. Moreno. Ago 7 1994. Pupa en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1429. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1512.

*Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973

**Pupa.** Capullo con tejido irregular, aberturas grandes. Branquias respiratorias formando un haz apretado de 18 filamentos largos y delgados. Frontoclípeo con tubérculos distribuidos irregularmente; tricomas faciales simples, cortos, espiniformes. Cefalotórax con tubérculos en grupos formando rosetas; con 3 tricomas dorsocentrales (2 setas largas espiniformes, 1 seta delgada) y 2 tricomas dorsolaterales en forma de pelo.

**Larva.** Antena igual o un poco menor que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.54-0.69: 1.21-1.41. Abanico cefálico con 26-30 rayos. Mandíbula con 8-9 dientes internos y 5-8 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 5 setas hipostomiales y 6 serraciones laterales. Numerosas escamas perianales formando un anillo. Círculo anal con 100-115 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Los estados inmaduros generalmente se encuentran adheridos a vegetación en corrientes de agua con temperatura entre 9°C y 12°C, pH entre 5.96 y 6.75, y 6.5 - 7.3 ml de O. D. Es una especie abundante lo que demuestra su gran tolerancia a corrientes de agua eutróficas; debido a su tolerancia ecológica, es mayor la posibilidad de ampliar el área geográfica. Se puede considerar como especie dominante en la región de Chisacá, Cundinamarca, ya que es una especie que ocupa un volumen muy grande dentro de las especies del género (Muñoz de Hoyos *et al.*, 1994).

**Citas nuevas.** COLOMBIA. Boyacá: Aquitania. Vereda Cajón. Quebrada Los Pozos (CAR). 2970 m. Col: V. Acero. Mar 22 1989. Pupas en alcohol y en lámina, ICN-MHNDIPSi 1214, 1438. Tota. Vereda Tobal. Quebrada Guachata. 3300 m. Col: I. Barrera. Mar 20 1987. Pupas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1431. Cundinamarca: Vía Bogotá-Chipaque (km 8-9). 2900 m. Col: L. Artega. Sep 17 1994. Larvas y pupas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1616.

*Gigantodax osornorum* Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno sp. nov. (Figs. 1-6)

**Hembra.** (Figs. 1-2). Longitud ala 3.18-3.53 mm. Color general del cuerpo y cabeza pardo oscuro. Frente cubierta de tricomas. Tórax pardo rojizo con fina pruinosidad plateada. *Scutellum* amarillo. *Postnotum* pardo rojizo. Patas bicolores. Tergitos pardo gris oscuro con línea media dorsal más clara. Tergitos V-VII con placas circulares de manchas más claras. Esternitos III-IV oliva pálido; V - VIII más oscuros. Triángulo frontocular más alto que ancho (Fig. 1a). Frente angosta (Fig. 1b). Longitud antena 0.59 mm (Fig. 1c). Maxila con 13-15/24-26 dientes. Proporción artejos III-V del palpo maxilar 1 : 0.89-0.94 : 1.37-1.38 (Fig. 1d). Vesícula sensorial pequeña, relación largo/ancho 1.125 (Fig. 1e). Cibario liso. Vena C del ala con tricomas en el 1/3 basal y tricomas entremezclados con espinas en los 2/3 distales; Sc con 23-27 tricomas y 1/6 distal desnuda; sección basal de R con 29-33 pelos; R1 con tricomas hasta la mitad, distalmente con tricomas y espinas; Rs con tricomas a

todo lo largo (Fig. 1f). Proporción de las patas como en la figura 1g-i; relación largo/ ancho de la calcípala 0.7-0.87; calcípala cubre más de la mitad del II tarsómero (Fig. 1j). Relación largo/ancho basitarso de la pata posterior 6.66. Uña larga con protuberancia conspicua (Fig. 1j). Octavo esternito con espinas largas y gonapófisis subcuadrada con bordes internos subparalelos y ligeramente esclerosados (Fig. 2a). Horquilla genital como en el género (Fig. 2a); rama media larga (0.144 mm). Espermateca relativamente grande, ovalada, con finos tricomas en su superficie; relación largo/ancho 1.45; cuello cubierto por la base de la espermateca (Fig. 2c). Cerco subcuadrado, relación largo/ancho 1.42; paraprocto pequeño; relación largo/ ancho 1.8 (Fig. 2b).

**Macho farate.** (Fig. 3). Longitud ala 2.96 mm. *Scutum* cubierto de pelos. Antena como en la figura 3a. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar : 1: 0.8: 1.05 (Fig. 3b). Relación largo/ancho del III artejo del palpo 4.2. Vesícula sensorial pequeña, relación largo/ancho 1.75, ocupa la 1/6 parte del III artejo del palpo (Fig. 3c). Proporción de las patas como en la figura 3d-f. Relación largo/ancho basitarso posterior 7.3. Relación largo/ancho calcípala 1.44. Vena Sc del ala con cerca de 24 pelos, distalmente desnuda. Sector basal de R con aproximadamente 35 pelos. R1 con pelos y espinas entremezcladas y Rs con pelos en 2 o 3 hileras.

**Pupa.** (Fig. 4). Longitud branquias 2.9-4.0 mm, longitud cuerpo pupa 3.9-4.32 mm. Relación longitud branquias/ longitud cuerpo pupa 0.76-0.94 (Fig. 4a). Capullo color miel de forma subcónica, con pequeña proyección antero-dorsal y cubierto con material orgánico fino; de tejido laxo, con hilos fácilmente distinguibles, dejando ventanas grandes. Frontoclípeo con numerosos tubérculos, más concentrados en la región anterior y cerca a los tricomas faciales; 1+1 tricomas faciales largos y simples (Fig. 4b-c). Cefalotórax con abundantes tubérculos pequeños con borde algo sinuoso, más concentrados cerca a la base de las branquias (Fig. 4d-e), con 5+5 tricomas torácicos largos y finos y 2 pelos simples distales. Onchotaxia como en la figura 4f. Branquias compuestas por 14 filamentos con un tronco basal grueso que se separa en 3 ramas principales, con distribución 4-5-5 (Fig. 4d). En la primera el filamento interno es notablemente más corto que los otros tres y el lateral más corto que los otros dos. En la segunda rama los 5 filamentos son largos y en la tercera rama existe un filamento medial corto. La terminación apical de los filamentos cortos es redondeada, mientras que la de los largos es acusada. Los filamentos exhiben tres hileras de puntos en zig-zag y el borde es algo sinuoso, semejando una escalera (Fig. 4g).

**Larva.** (Figs. 5-6). Color general del cuerpo pardo pálido, con mayor pigmentación en los segmentos abdominales. Cabeza pardo amarillento muy pigmentada, principalmente sobre y alrededor de las manchas oculares y en la región baso-lateral dando la apariencia de cabeza "pecosa". Longitud total 6.5-7.5 mm. Ancho máximo cápsula cefálica 0.6 mm. Cápsula cefálica como en la figura 6a. Apotoma cefálico con manchas antero-mediana, posteromediana y anterolaterales y base os-

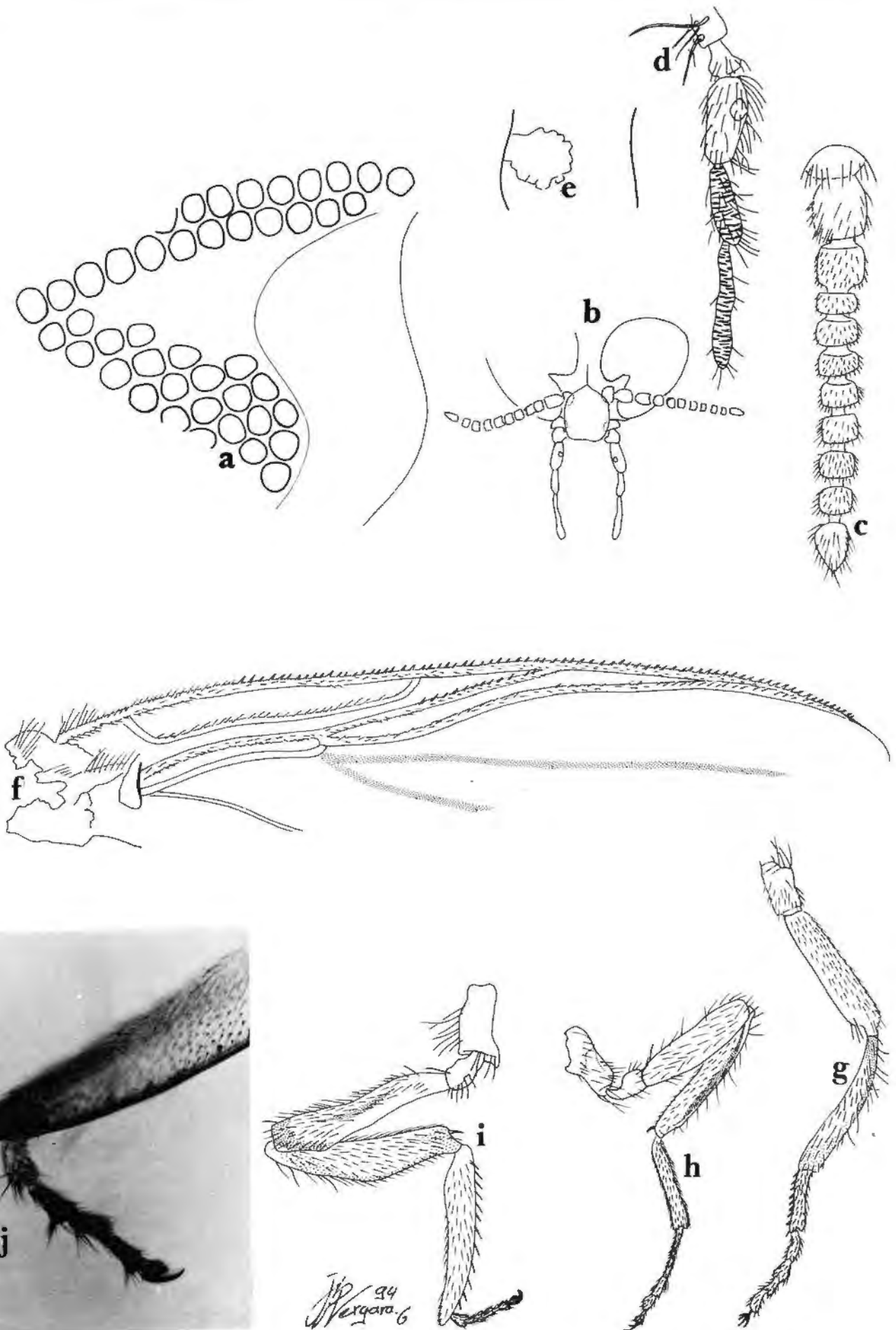


Figura 1. Hembra de *Gigantodax osornorum*. 1a Triángulo frontocular; 1b Cabeza; 1c Antena; 1d Palpo maxilar; 1e Vesícula sensorial; 1f Ala; 1g Pata anterior; 1h Pata media; 1i Pata posterior; 1j Fotografía de calcipala y uña.

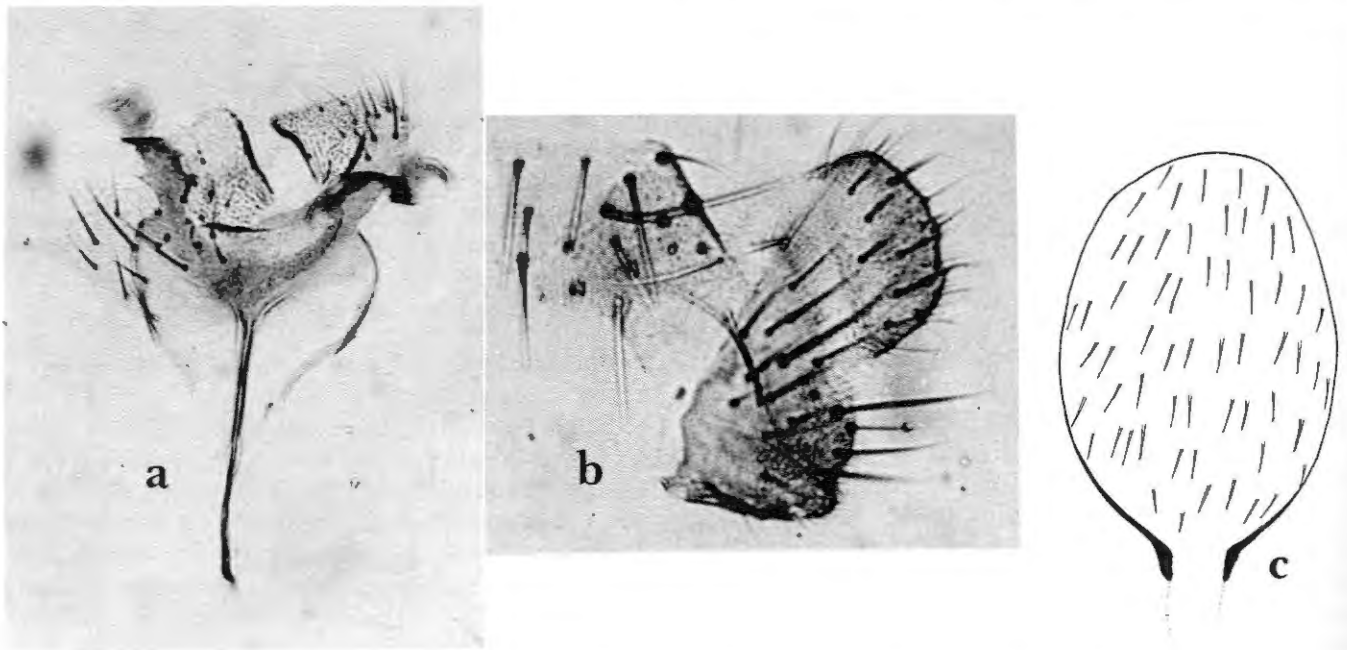


Figura 2. Hembra de *Gigantodax osornorum*. 2a Gonapófisis y Horquilla genital; 2b Cerco y Paraprocto; 2c Espermateca.

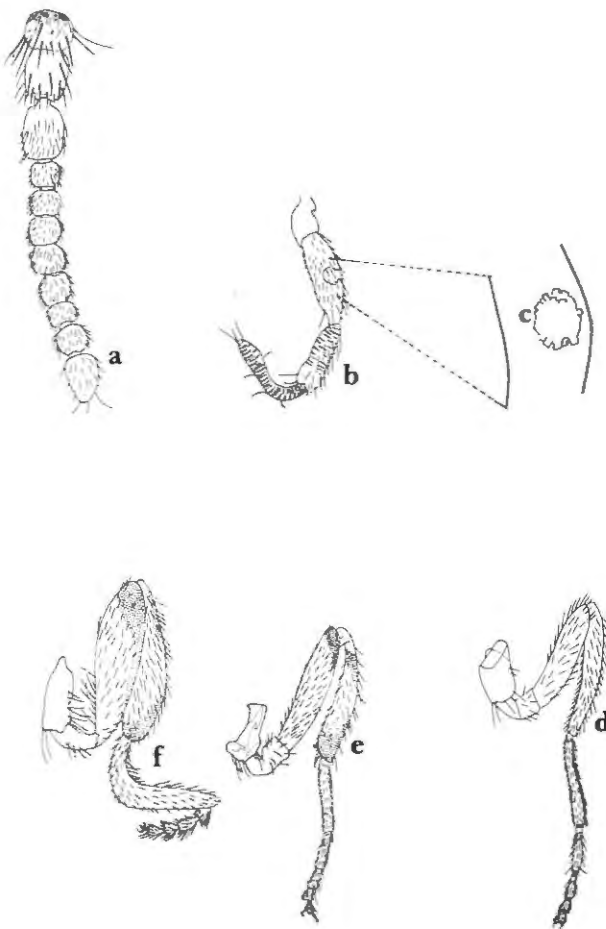


Figura 3. Macho farate de *Gigantodax osornorum*. 3a Antena; 3b Palpo maxilar; 3c Vesícula sensorial; 3d Pata anterior; 3e Pata media; 3f Pata posterior.

cura, típico patrón positivo (Fig. 5a). Esclerito cervical como en la figura 6a. Hipostomio con tres grupos de dientes, el diente medio por debajo del nivel del diente esquinero, con 6-7 serraciones laterales asimétricas y con 5+5 setas hipostomiales en hilera (en ocasiones 4+5)

(Fig. 5b). Abanico cefálico con 34 rayos. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.88-1.1: 1.53-2.2; sensilium terminal largo (Fig. 5c). Antena más larga que la base del abanico cefálico. Palpo maxilar oscuro, distalmente con tres espinitas mayores y tres menores; relación largo/ancho 2.42-2.83; parte hialina 1/8 de la longitud total del palpo (Fig. 5d). Mandíbula con 10 dientes internos y 3 endentaduras marginales definidas (las dos primeras más grandes), varias menores sin definir y 1 posterior muy pequeña (Fig. 6b). Histoblasto de las branquias respiratorias amplio mostrando 4 filamentos gruesos individualizados (Figs. 6c-d). Esclerito anal con un círculo de escamas en la porción terminal que se inicia con escamas conspicuas en posición lateral a los brazos cortos y luego disminuyen de tamaño al formar el círculo (Fig. 6e). Anillo anal con 94-114 hileras de ganchos, 16-18 ganchos por hilera. Branquias anales con tres lóbulos, típicas del género.

**Material examinado:** Cundinamarca: **Holótipo:** Macho farate, Páramo de Chisacá, Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m, ene 23 1989, col: P. Muñoz, montado en lámina, (ICN-MHNDIPSi 649). **Alótipo:** Hembra criada, con los mismos datos del holótipo, col: X. Martínez (ICN-MHNDIPSi 650). **Parátipos:** Hembra criada, conservada en alcohol, Páramo de Chisacá, Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m, sep 26 1988, col: A. Mejía, (ICN-MHNDIPSi 508). Hembra criada, conservada en alcohol, Páramo de Chisacá, Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m, ene 23 1989, col: A. Mejía, (ICN-MHNDIPSi 669). Hembra criada, montada en lámina, Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m, jun 24 1989, col: X. Martínez (ICN-MHNDIPSi 658). Hembra farate, montada en lámina, Páramo de Chisacá, río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150 m, feb 06 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 651). idem, macho farate, sep 01 1990, col: P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 652).

**Larvas:** Páramo de Chisacá, Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m, mar 06 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 653, 654); idem, jul 09 1990, col: X.

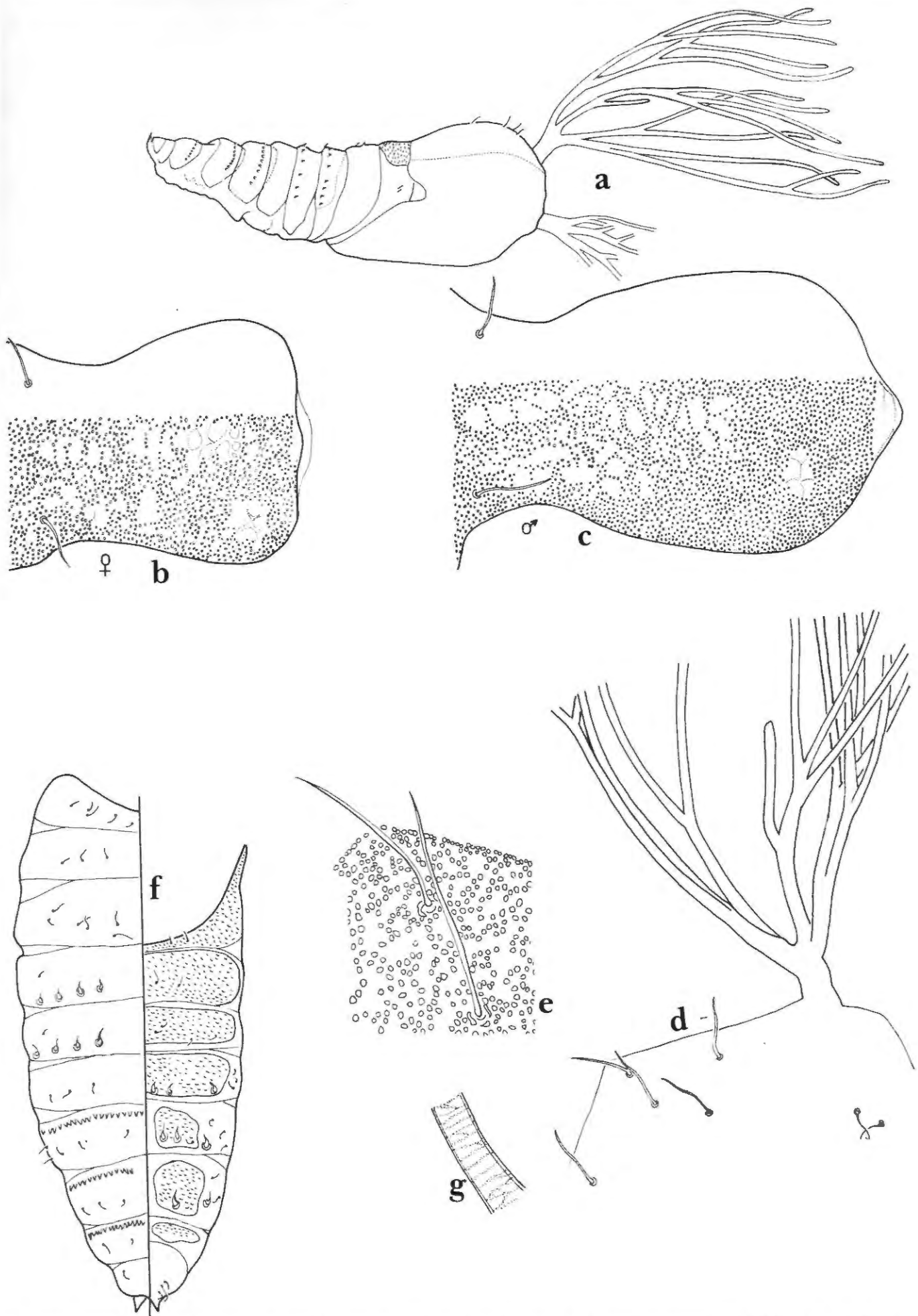


Figura 4. Pupa de *Gigantodax osornorum*. 4a Vista general; 4b Frontoclípeo femenino; 4c Frontoclípeo masculino; 4d Cefalotórax; 4e Detalle de los tubérculos del cefalotórax; 4f Onchotaxia; 4g Detalle del filamento respiratorio.

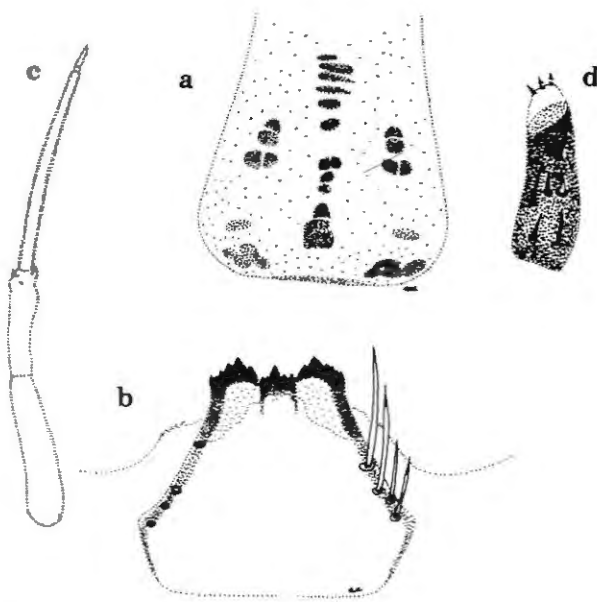


Figura 5. Larva de *Gigantodax osornorum*. 5a Apotoma cefálico; 5b Hipostomio; 5c Antena; 5d Palpo maxilar.

Martínez (ICN-MHNDIPSi 660). Larvas: Páramo de Chisacá, Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m, feb 16 1991, col: V. Acero (ICN-MHNDIPSi 655); idem, ago 18 1990, col: X. Martínez & A. Mejía (ICN-MHNDIPSi 656, 657). idem, may 30 1989, 1 larva, col: A. Mejía (ICN-MHNDIPSi 659). Larvas: Páramo de Chisacá, Río Chisacá, Ruinas, 3590 m, may 02 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 520).

**Especímenes adicionales :** Conservados en alcohol: Páramo de Chisacá, Río Chisacá, Hacienda el Hato, 3150 m, 20 larvas, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHNDIPSi 547, 565). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m, 8 larvas, col: X. Martínez, A. Mejía y P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 504, 506, 507, 510). Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, 43 larvas, col: A. Mejía, X. Martínez y P. Muñoz (ICN-MHNDIPSi 505, 509, 524, 525, 526, 560, 561, 562, 563, 564).

**Localidad tipo.** COLOMBIA: Cundinamarca: Usme, región de Chisacá, Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m y Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m ( 74° 11' 02" / 74° 12' 11" W 4° 21' 9" / 4° 21' 9" N)

**Etimología.** El nombre es dado en honor a los doctores Ernesto, Hernando y Fenita de Osorno quienes trabajaron incansablemente en Colombia en Entomología Médica durante su vida. El Doctor Ernesto Osorno-Mesa fue quien me introdujo, hace varios años, en el estudio de los simúlidos de Colombia.

**Biología.** La especie en la región de Chisacá, donde fue encontrada, se halla en compañía de *G. basinflatus*, *G. brevis*, *G. ortizi*, *G. nasutus*, *G. siberianus*, *Simulium bicornutum*, *S. furcillatum*, *S. muisorum*, *S. ignescens*, *S. tunja* y *S. schmidtmummi*. Habita en corrientes de agua con temperatura entre 10.13°C y 12.24°C y pH entre 6.55 y 6.75. Durante el desarrollo del proyecto de investigación de los simúlidos de la región de Chisacá Martínez y

Mejía elaboraron para su trabajo de grado la parte morfo-taxonomía de las especies. En él presentan una diagnosis de *Gigantodax osornorum* (ampliada en el presente trabajo) y proporcionan algunos datos de la flora asociada a los estados inmaduros de los simúlidos de la región que vale la pena señalar para la especie acá descrita. En la quebrada Hoya Honda las hojas de *Cortaderia* sp de la familia Poaceae sirven como sustrato a las larvas y a las pupas de *G. osornorum* y en la quebrada del Oso los sustratos vegetales son más variados, pueden ser *Cortaderia*, *Mimulus glabratus* (Callitrichaceae), *Rumex acetocella* (Poligonaceae), *Cardamine bonariensis* (Brassicaceae) y el musgo *Zigodon* sp. (Martínez y Mejía, 1991). La abundancia de la especie en la región de estudio se comenta en Muñoz de Hoyos *et al.* (1994). Las larvas de la especie son frecuentes, no así las pupas; esto hace pensar que algún factor interfiere para que las larvas pasen al estado de pupa.

**Discusión.** *Gigantodax osornorum* no muestra parecido con ninguna de las especies descritas por Wygodzinsky y Coscarón en la monografía del género (1989). La larva de *G. osornorum* se distingue de las del resto de la región de Chisacá por poseer una cabeza pigmentada, con ceja notoria y un histoblasto amplio, de filamentos relativamente gruesos. En el estado de pupa es muy parecida a *G. ortizi*, pero se diferencia por la disposición y el número de los filamentos respiratorios. La especie presenta variación intraespecífica en el número de filamentos cortos de las branquias (1 o 2). Así mismo, en el número de filamentos, aún en el mismo ejemplar, ya que pueden existir 14 filamentos en un lado y 15 en el otro. Por las características de la pupa, la especie se ubica dentro del grupo *brophyi* de Wygodzinsky y Coscarón (1989).

*Gigantodax paramorum* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo en forma de bolsa de forma irregular con ventanas grandes. Branquias con 18 ramas filamentosas, delgadas de apariencia rígida, las ventrales más largas que las dorsales. Cuatro ramas primarias fuertes: la dorsal con 4 ramas secundarias; la dorsolateral con 2 ramas secundarias que se bifurcan para dar finalmente 4 ramas; la ventrolateral se divide cerca a la base, el brazo dorsal es bifido y el ventral con 4 ramas terminales; la rama ventral primaria con una secundaria cerca a la base y otra con 3 ramas terminales. Frontoclípeo con número regular de tubérculos; tricomas faciales como setas delgadas espiniformes. Cefalotórax con tubérculos numerosos y suaves mostrando cierta tendencia a agruparse en rosetas; con 3 tricomas dorsocentrales espiniformes y 2 tricomas dorsolaterales en forma de pelo.

**Larva.** Antena tan larga como la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.5-0.6: 1.2-1.4. Abanico cefálico con 22-28 rayos. Mandíbula con 8-10 dientes internos y 6-10 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 5-7 setas hipostomiales y 5-8 serraciones laterales. Numerosas escamas perianales formando un anillo. Círculo anal con cerca de 100 hileras de ganchos.

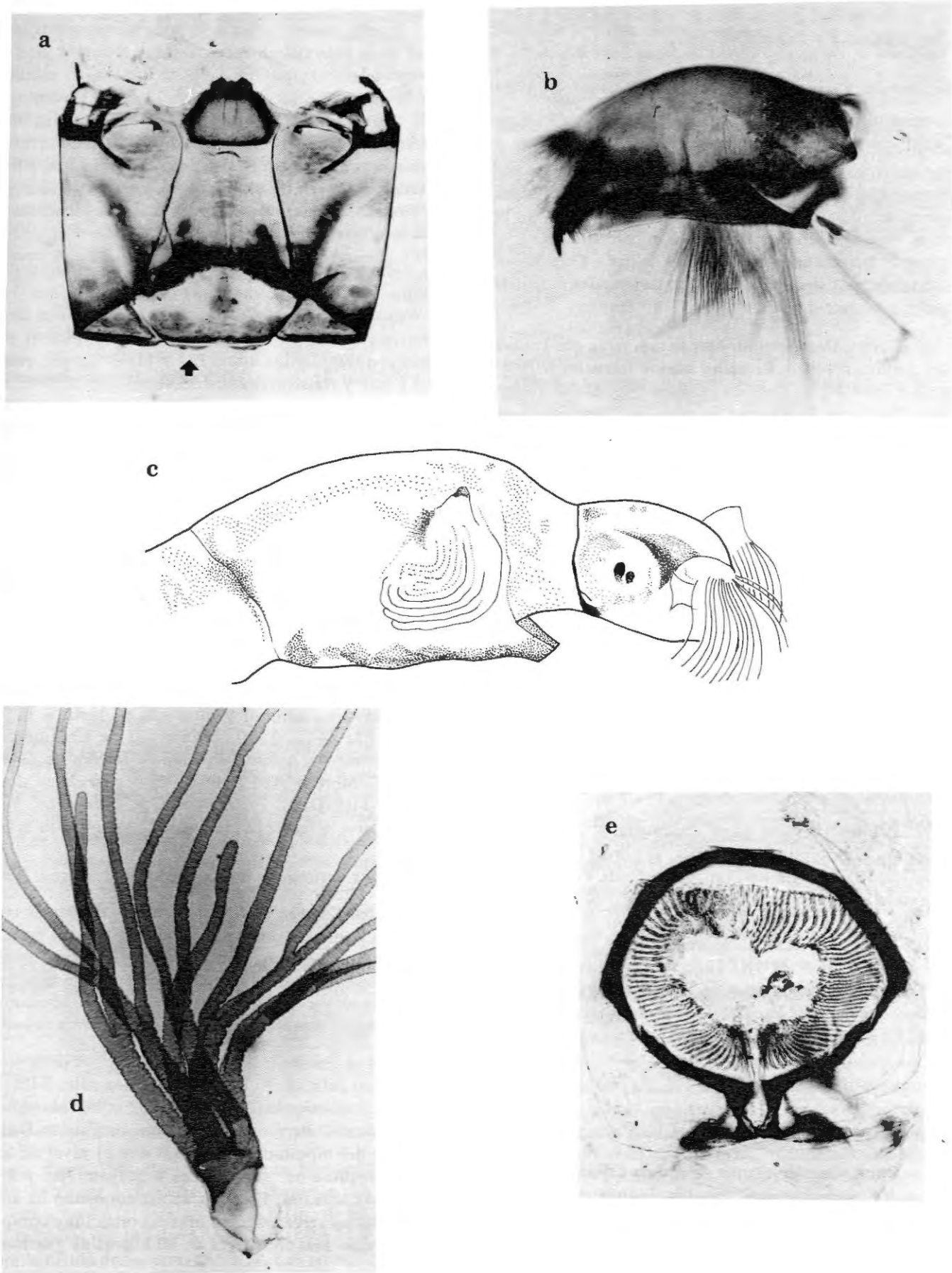


Figura 6. Larva de *Gigantodax osornorum* 6a. Fotografía de cápsula cefálica, la flecha señala el esclerito cervical; 6b. Fotografía de mandíbula. 6c. Detalle de cabeza e histoblasto; 6d. Fotografía del histoblasto disecado; 6e Fotografía del esclerito anal.

**Comentarios.** El holótipo de la especie provenía de "Buenos Aires" cerca a La Siberia al oeste de La Calera, Cundinamarca. Es una especie poco frecuente; está en corrientes de agua con temperatura entre 9°C y 17°C (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

*Gigantodax zumbahuae* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo en forma de bolsa con numerosas aberturas. Branquias respiratorias con 18 filamentos y un tronco basal bastante largo (5 veces más largo que ancho). Las ramas primarias en número de 4 - 5. Ramas secundarias partiendo a una distancia moderada de la base. Frontoclípeo con numerosos tubérculos suaves y tricomas faciales en forma de espina delgada. Cefalotórax con tubérculos suaves; tricomas dorsolaterales muy delgados a manera de pelos.

**Larva. Descripción.** Antena más larga que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.52-0.56: 1.1-1.2. Abanico cefálico con 28-30 rayos. Mandíbula con 9 dientes internos y 7 endentaduras marginales. Diente medio del hipostomio más bajo que el nivel del diente esquinero o ligeramente igual. Hipostomio con 5-6 setas hipostomiales y 7 serraciones laterales asimétricas. Palpo maxilar 3 veces más largo que ancho. Tronco basal del histoblasto de las branquias respiratorias 4.18 veces más largo que ancho. Esclerito anal con escamas conspicuas en la porción terminal. Círculo anal con cerca de 120 hileras de ganchos.

**Comentarios.** La especie se describió con base en una pupa del Ecuador. La larva de la especie era desconocida. En el Tolima se encontró en compañía de *G. basinflatus*, *G. multifilis*, *G. multituberculatus*, *G. cervicornis*, *G. wygodzinskyi* y *Simulium bicornutum* a una temperatura ambiente entre 8.5°C y 12°C, temperatura del agua de 8°C y 9°C, pH de 6.89 y 8.25 y resistencia de 0.05 mV y - 0.66 mV.

**Primer registro para Colombia.** COLOMBIA. Tolima: Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada Potosí en la carretera a La Mina a 34 km de Anaime, 3285 m. Col: R. Miranda. Ago 7 1994. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1449. Col: C. Moreno. Ago 7 1994. Larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1441. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Brecha a 20 km de Anaime, 3410 m. Col: C. Moreno. Ago 7 1994. Larvas en carnoy.

Grupo *cilicinus*:

*Gigantodax basinflatus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989.

**Pupa.** Capullo grande sin forma definida; de tejido suelto con numerosas ventanas. Branquias respiratorias con 17 ramas secundarias que se originan de 4 ramas primarias basalmente hinchadas: la dorsal con 4 ramas secundarias cortas; la dorsolateral con 4 ramas más cortas que las anteriores; la ventrolateral con 5 ramas una de ellas larga; la ventral más gruesa con 4 ramas secundarias. Frontoclípeo y cefalotórax con numerosos tubérculos verrucosos arreglados en grupos peculiares.

Tricomas faciales en forma de setas. Tres tricomas dorsocentrales como setas fuertes, una de ellas más delgada; 2 tricomas dorsolaterales como pelos finos.

**Larva.** Antena igual o un poco menor que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.8-1.0: 1.46-1.75. Abanico cefálico con 30-36 rayos. Mandíbula con 8-11 dientes internos y 6-11 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio al mismo nivel de los dientes esquineros o ligeramente más bajo; con 5-6 setas hipostomiales y 6-7 serraciones laterales. Palpo maxilar 2.9 veces más largo que ancho. Escamas anales formando un anillo. Círculo anal con cerca de 110 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material del Páramo de Chisacá, Cundinamarca, colectado por P. y B. Wygodzinsky en 1969. Habita en regiones con temperatura ambiente entre 8.5°C y 9.5°C, en corrientes de aguas con temperatura entre 7°C y 11.04°C, pH entre 5.63 y 6.89 y resistencia entre 0.046 mV y 0.70 mV. Las larvas prefieren como sustrato la vegetación y las pupas las piedras. En el material del Ecuador las branquias respiratorias de la pupa son menos hinchadas en la porción basal que en el material de Colombia (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

**Citas nuevas:** COLOMBIA. Tolima: Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Brecha a 20 km de Anaime, 3410 m. Col: R. Miranda. Ago 7 1994. Larva en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1435. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Mina. 3500 m. Col: R. Miranda. Ago 7 1994. Exuvia de pupa, ICN-MHNDIPSi 1428. Col: L. Arteaga. Ago 7 1994. Larva en alcohol y montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1442, 1510. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, 3440 m. Col: C. Moreno. Ago 7 1994. Pupas y larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1430, 1434. Col: C. Moreno. Ago 7 1994. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1448.

*Gigantodax destitutus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo en forma de bolsa. Branquias con 18 ramas terminales que se originan en 4 ramas primarias: la dorsal, ventral y dorsolateral con 4 ramas terminales cada una, la dorsoventral con 6 ramas terminales. Frontoclípeo y cefalotórax con numerosos tubérculos verrucosos. Tricomas faciales delgados en forma de pelo.

**Larva.** Antena más larga que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.4-0.5: 1.2. Abanico cefálico con 30-32 rayos. Mandíbula con 8 dientes internos y 7 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más bajo que el nivel de los dientes esquineros; con 3 setas hipostomiales y 2-3 serraciones laterales. Escamas anales formando un anillo, siendo las cercanas a los brazos cortos muy conspicuas. Círculo anal con cerca de 90 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material de Albán, Cundinamarca. En Colombia se halla junto con *G. wygodzinskyi*, *G. cervicornis*, *G. septenarius*, *Simulium paynei* y *S. metallicum* en zonas con temperatura

ambiente entre 15.4°C y 18.8°C. Habita en aguas con temperatura de 13.8°C, pH de 5.63 y 6.1 y velocidad de la corriente de 0.57 m/s. En Venezuela aparece en aguas con temperatura de 15°C en compañía de *G. impossibilis*, *G. cervicornis*, *Simulium bicoloratum*, *S. cormonsi* y *S. jaimeramirezi* (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

**Citas nuevas:** COLOMBIA. **Cundinamarca:** Vía Albán-Sasaima (km 90). 2095 m. Col: C. Moreno. Abr 16 1994. Exuvias y larvas en alcohol y en lámina, ICN-MHNDIPSi 1238, 1248. Col: R. Miranda. Abr 16 1994. Pupa en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1445. Zoológico Santa Cruz. 1880 m. Col: C. Moreno. Abr 6 1991. Pupa en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1432. Gachetá, piqueteadero Campo Alegre. 1745 m. Col: L. Arteaga. Nov 19 1994. Pupas y larvas, ICN-MHNDIPSi 1516.

#### Grupo *cormonsi* :

#### *Gigantodax brevis* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo en forma de babucha. Branquias con 18 ramas, muy semejantes a las de *G. wygodzinskyi* pero la rama 11 es redondeada apicalmente y las ramas 12 y 16 no son tan largas. Procesos cuticulares de las branquias filiformes extendiéndose hacia los ápices de las ramas incluyendo la 12 y 16. Frontoclípeo con tubérculos verrucosos distribuidos irregularmente, tricomas faciales cortos en forma de espina. Cefalotórax con tubérculos verrucosos distribuidos irregularmente, con 3 tricomas dorsocentrales espinosos y 2 tricomas dorsolaterales en forma de seta delicada.

**Larva.** Antena igual o un poco mayor que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.38-0.58: 1.04-1.35. Abanico cefálico con 23-25 rayos. Mandíbula con 10-11 dientes internos y 7-8 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 3-4 setas hipostomiales y 7-9 serraciones laterales. Escamas anales formando parches a cada lado de los brazos dorsales del esclerito. Círculo anal con 86-100 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material del Páramo de Chisacá, Cundinamarca. Los estados inmaduros prefieren sustratos de vegetación y aguas con temperatura entre 10.13°C y 12.24°C y pH entre 6.55 y 6.75. Es frecuente encontrarla con *G. basinflatus*, *G. osornorum*, *G. nasutus*, *G. ortizi*, *G. siberianus*, *Simulium bicornutum*, *S. furcillatum*, *S. muiscorum*, *S. ignescens*, *S. tunja* y *S. schmidtummii*.

#### *Gigantodax leonorum* Wygodzinsky & Coscarón, 1989.

**Pupa.** Capullo relativamente grande. Branquias con 18 ramas fusionadas en tres paquetes con forma de concha. La dorsal formada por la fusión de las ramas 1 a 8; la lateral por la fusión de las ramas 9 a 14 y la ventral por la fusión de las ramas 15 a 18. Las ramas 12 y 16 son largas. Los ápices de todas las ramas, salvo la 12 y 16, exhiben filamentos respiratorios. Frontoclípeo con tubérculos verrucosos; tricomas faciales en forma de espina. Cefalotórax con tubérculos verrucosos en grupos; 2

o 3 tricomas dorsocentrales y 1 ó 2 tricomas dorsomediales en forma de pelo.

**Larva.** Antena más larga que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I - III: 1: 0.4-0.5: 1.2-1.4. Abanico cefálico con 30-34 rayos. Mandíbula con 9-10 dientes internos y 5 o 6 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 2-4 setas hipostomiales y 6-7 serraciones laterales. Pocas escamas perianales. Círculo anal con 90-95 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Los estados inmaduros prefieren el sustrato de vegetación y aguas con temperatura cercana a los 10°C.

**Cita nueva.** COLOMBIA. **Valle:** El Queremal. 1450 m. Col: M. Rojas. May 1984. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1591.

#### *Gigantodax misitu* Wygodzinsky & Coscarón, 1989.

**Pupa.** Capullo en forma de bolsa grande con tejido liso, de trana tupida y translúcido. Branquias respiratorias con 18 ramas en forma de abanico. Ramas 1 y 2 muy cortas; 12 y 16 más largas, siendo la número 12 más gruesa que la 16. Todas las ramas con procesos cuticulares numerosos, pigmentados y espinosos cubriendo toda la superficie, excepto las ramas 12 y 16 que muestran espinas solo en la región basal las cuales disminuyen de tamaño hacia el ápice. Frontoclípeo con pocos tubérculos, tricomas faciales delgados en forma de espina. Cefalotórax con tubérculos dispersos y algunos agrupados. Tricomas dorsocentrales espinosos, dorsolaterales largos en forma de pelo.

**Larva.** Antena mayor que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.5-0.55 : 1.23-1.31. Abanico cefálico con 32-34 rayos. Mandíbula con 10-12 dientes internos y 9-11 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 4-5 setas hipostomiales y 9-11 serraciones laterales. Palpo maxilar 3.3 veces más largo que ancho. Numerosas escamas perianales fuertes y muy pigmentadas cerca a los brazos superiores de la X. Círculo anal con 90-100 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material del Ecuador donde habita aguas con temperatura entre 9°C y 10°C. En Colombia prefiere aguas con temperatura entre 7°C y 11.04°C, pH entre 5.63 y 6.75, resistencia de 0.7 y 0.046 mV. Los estados inmaduros se localizan tanto en vegetación como en piedra. Se cree que comparte un ancestro común con *G. wygodzinskyi* y *G. brevis* porque las 7 u 8 primeras ramas de las branquias respiratorias de la pupa están fusionadas y las número 12 y 16 son las más largas (Wygodzinsky y Coscarón, 1989). Este planteamiento puede ser reforzado con el estudio de los cromosomas politénicos de la larva.

**Citas nuevas:** COLOMBIA. **Tolima:** Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, chorro del camino que conduce a la finca del Sr. Ortiz, 3530 m. Col: S. Coscarón. Ago 7 1994. Exuvias

en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1353. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Mina, 3500 m. Col: R. Miranda. Ago 7 1994. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi: 1511

*Gigantodax siberianus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo de forma irregular. Branquias con 18 ramas, fusionadas en 3 paquetes gruesos a manera de concha. Todas las ramas con filamentos respiratorios insertados subapicalmente. Frontoclípeo con tubérculos verrucosos; tricomas faciales cortos, delgados y en forma de espinas. Cefalotórax con tubérculos numerosos distribuidos irregularmente; con tricomas dorsocentrales delgados, en forma de espina; dorsomedianos alargados en forma de pelo.

**Larva.** Antena más larga que la base del abanico cefálico. Relación de los artejos antenales I - III 1: 0.53: 1.29. Abanico cefálico con 20-24 rayos. Mandíbula con 8-11 dientes internos y 7-9 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Palpo maxilar 3.2 veces más largo que ancho. Hipostomio con 4 setas hipostomiales y 8-12 serraciones laterales. Pocas escamas perianales. Círculo anal con 84-88 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material de "Buenos Aires" cerca a La Siberia, oeste de La Calera. Las pupas y larvas prefieren la vegetación como sustrato y aguas con temperatura entre 10.13° y 12.24°C y pH entre 6.61 y 6.75; en ocasiones se encuentra en conjunto con *G. basinflatus*, *G. brevis*, *G. osornorum*, *G. nasutus*, *G. ortizi*, *Simulium schmidtummii*, *S. bicornutum*, *S. furcillatum*, *S. muiscorum*, *S. ignescens* y *S. tunja*.

*Gigantodax wygodzinskyi* Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno, 1981

**Pupa.** Capullo en forma de babucha. Branquias respiratorias con 18 ramas. La 1 libre y corta. 2 a 8 fusionadas, de longitud semejante, redondeadas apicalmente. 9 y 10 salen de un tronco común y tienen el ápice redondeado. 11 simple y corta. 12 y 13 salen de un tronco común, la 12 es 3 veces tan larga como la 13; 14, 17 y 18 libres siendo la 17 larga. Los ápices de todas las ramas con filamentos respiratorios largos. Superficie de las branquias cubiertas con procesos cuticulares espinosos que se extienden hasta el ápice en las ramas cortas y menos del ápice en las ramas 12 a 18. Frontoclípeo con tubérculos verrucosos, tricomas faciales en forma de setas espinosas delgadas. Cefalotórax con tubérculos algo verrucosos, 3 tricomas dorsocentrales en forma de seta espinosa delgada y 2 tricomas dorso laterales como pelos delicados.

**Larva.** Antena igual que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.36-0.55 : 1.17-1.35. Abanico cefálico con 22-24 rayos. Mandíbula con 9-11 dientes internos y 7-9 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 3-4 setas hipostomiales y 7-10 serraciones laterales. Palpo maxilar 3.4 veces más largo que ancho. Círculo anal con 90-100 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Es una especie descrita con material de la Calera, Cundinamarca. Habita en aguas con pH de 6.4 y 8.25 y con temperatura entre 8°C y 11°C. Por lo general se encuentra con *G. cervicornis*.

Wygodzinsky & Coscarón (1989) detectaron dos pupas en el páramo de Chisacá, a los 3300 m, con algunas características intermedias entre *G. wygodzinskyi* y *G. brevis*. La rama 11 de la branquia es puntuda, las ramas 12 y 16 largas (característica de *G. wygodzinskyi*) y los procesos cuticulares de las ramas se extienden hasta el punto de inserción con los filamentos respiratorios (rasgo de *G. brevis*). Los procesos cuticulares son intermedios entre la forma espinosa y corta de *G. wygodzinskyi* y la forma larga y a manera de pelo de *G. brevis*. Los autores lanzan la hipótesis de que pueden ser híbridos de esas dos especies. El estudio de cromosomas podría dar luces sobre este punto.

**Citas nuevas.** COLOMBIA. Boyacá: Sogamoso. El Crucero. 3130 m. Col; J. Campos. Mar 22 1989. Larva en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1439. Tolima: Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada Potosí en la carretera a la Mina a 34 km de Anaime, 3285 m. Col: S. Coscarón. Ago 7 1994. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1446.

Grupo *multifilis*:

*Gigantodax multifilis* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo en forma de bolsa. Branquias respiratorias con 4 troncos basales dividida cerca de su base en ramas secundarias que se dividen nuevamente hasta formar más de 100 filamentos respiratorios muy delgados. Frontoclípeo con tubérculos verrucosos; tricomas faciales cortos en forma de espina. Cefalotórax con tubérculos; tricomas dorsocentrales en forma de espina fuerte.

**Larva.** Antena más larga que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.68-0.74: 1.24-1.30 (material del Ecuador); 1: 0.90: 1.3 (material de Colombia). Abanico cefálico con 29-37 rayos (material del Ecuador); 34-36 rayos (material de Colombia). Mandíbula con 10-11 dientes internos y 3-6 serraciones marginales (material del Ecuador); 12 dientes internos y 6-7 serraciones marginales (material de Colombia). Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros; con 5-6 setas hipostomiales en hilera y 8-11 serraciones laterales. Palpo maxilar 3.2 veces más largo que ancho. Círculo anal con 105-110 hileras de ganchos. Branquias anales con 22-18-20 divertículos secundarios en cada lóbulo.

**Comentarios.** La especie se había registrado solo para Ecuador, donde prefiere la piedra como sustrato. En el departamento del Tolima habita con *G. multituberculatus*, *G. cervicornis*, *G. wygodzinskyi* y *G. zumbahuae* en corrientes de agua con temperatura de 8°C, pH 8.25 y resistencia -0.66 mV. Las branquias anales son únicas en el género ya que poseen los 3 lóbulos con divertículos en cada uno como ocurre en el género *Simulium*.

**Primer registro para Colombia.** COLOMBIA. Tolima: Municipio de Cajamarca, corregimiento de

Anaime, Páramo de los Valles, quebrada Potosí en la carretera a La Mina a 34 km de Anaime, 3285 m. Col: S. Coscarón. Ago 7 1994. Larvas en alcohol y montada en lámina, ICN-MHNDIPSi: 1437, 1500.

Grupo *wrighti* :

*Gigantodax cervicornis* Wygodzinsky, 1973

**Pupa.** Capullo relativamente grande. Branquias respiratorias rígidas con 5 ramas tubulares: 2 dorsales, la interior cilíndrica, corta, redondeada apicalmente y curvada sobre el dorso del tórax; la exterior cilíndrica, corta y simple; 1 sublateral con porción central hinchada con 5 protuberancias, cada una con un filamento respiratorio; 1 anterior larga, hinchada subbasalmente con protuberancias y una proyección corta, algunas llevando un filamento respiratorio; 1 ventral simple, cilíndrica en forma de U. Superficie de las branquias reticulada y rugosa. Frontoclípeo con numerosos tubérculos verrucosos; tricomas faciales filiformes. Cefalotórax con tubérculos verrucosos y numerosos; tricomas dorsocentrales y dorsolaterales en forma de pelo.

**Larva.** Antena tan larga o ligeramente más larga que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I - III: 1: 0.57-0.74: 1.14-1.57. Abanico cefálico con 28-34 rayos. Mandíbula con 7-11 dientes internos y 7-10 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio un poco más largo que los dientes esquineros. Hipostomio con 4-6 setas hipostomiales y 6-9 serraciones laterales. Escamas perianales grandes, conspicuas, fuertemente pigmentadas, formando anillo completo. Círculo anal con 100-120 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Las pupas y larvas usan tanto la vegetación como las piedras de sustrato, las cuales están sumergidas en aguas con temperatura entre los 8°C y 11°C, pH entre 5.63 y 6.4 y resistencia entre 0.28 mV y 0.70 mV.

**Citas nuevas:** COLOMBIA. **Tolima:** Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada La Mina, 3500 m. Col: S. Coscarón. Ago 7 1994. Pupas conservadas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1427. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1509. Col: R. Miranda. Ago 7 1994. Larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1443. Col: L. Artega. Larva en lámina, ICN-MHNDIPSi 1447. Municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, quebrada Potosí en la carretera a la Mina a 34 km de Anaime, 3285 m. Col: L. Artega. Larvas en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1433. Col: S. Coscarón. Larva montada en lámina, ICN-MHNDIPSi 1521.

*Gigantodax cypellus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo cubierto de granos de arena. Branquias respiratorias en forma de copa con un tallo muy corto. Frontoclípeo con numerosos tubérculos verrucosos; tricomas faciales delgados en forma de pelo. Cefalotórax con numerosos tubérculos; tricomas poco notorios, cortos y en forma de pelo.

**Larva.** Cabeza fuertemente pigmentada. Antena tan larga o un poco más larga que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.7-0.8: 1.25-1.54. Abanico cefálico con 28-30 rayos. Mandíbula con 9-11 dientes internos y 7-12 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más largo que los dientes esquineros. Hipostomio con 4-5 setas hipostomiales y 7-11 serraciones laterales. Palpo maxilar 2.7 veces más largo que ancho. Escamas perianales fuertes y oscuras cerca a los brazos superiores de la X. Círculo anal con 80-95 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material del Ecuador donde prefiere aguas con temperatura de 11°C. Las pupas emplean las piedras como sustrato de adhesión.

**Primer registro para Colombia.** COLOMBIA. **Cauca:** Vía Puracé - La Plata, Quebrada Cocuy. 3300 m. Col: C. Moreno. Ene 24 1994. Pupa en alcohol, ICN-MHNDIPSi 1113. Larvas en lámina y alcohol, ICN-MHNDIPSi 1110, 1154-1156. Vía Puracé-La Plata, Quebrada San Francisco. 3000 m. Col: C. Moreno. Ene 24 1994. Larvas fijadas en carnoy.

*Gigantodax nasutus* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo con tejido apretado pero con hilos individuales visibles. Branquias respiratorias con 5 ramas tubulares cortas y gruesas con filamentos respiratorios en el ápice. Frontoclípeo con numerosos tubérculos verrucosos; tricomas faciales largos en forma de pelo. Cefalotórax con tubérculos verrucosos; tricomas dorsocentrales y dorsolaterales en forma de pelo.

**Larva.** Antena igual que la longitud de la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.57: 1.4. Abanicos cefálicos con 26-34 rayos. Diente medio del hipostomio por debajo del nivel del diente esquinero. Hipostomio con 4-5 setas hipostomiales en hilera y 5-7 aserraciones laterales. Mandíbula con 10 dientes internos, 2 serraciones marginales bien definidas y 7 de menor tamaño. Palpo maxilar cerca de 3 veces más largo que ancho. Esclerito anal con escamas perianales sin formar anillo. Círculo anal con 76-80 hileras de ganchos.

**Comentarios.** Especie descrita con material del Alto de San Miguel en la vía entre Sibaté y Fusagasugá. Larva descrita con material del Páramo de Chisacá (Muñoz de Hoyos et al., 1994). Las pupas prefieren las piedras como sustrato.

*Gigantodax septenarius* Wygodzinsky & Coscarón, 1989

**Pupa.** Capullo muy pequeño. Branquias semirígidas, con 7 ramas gruesas, tubulares, no redondeadas apicalmente y cada una con filamento respiratorio caduco.

**Larva joven.** Antena ligeramente más corta que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I - III: 1: 0.6-0.8: 1.22. Abanico cefálico con 26 rayos. Mandíbula con 8 dientes internos y 9-10 serraciones marginales. Diente medio del hipostomio más corto que los dientes esquineros. Hipostomio con 3-4 setas

hipostomiales y 4-5 serraciones laterales. Palpo maxilar 2.7 veces más largo que ancho. Escamas perianales formando un anillo completo. Círculo anal con 90 hileras de ganchos.

**Comentarios.** El holótipo proviene de Albán, Cundinamarca, fue colectado por P. y B. Wygodzinsky en 1967. Las pupas y larvas prefieren las piedras como sustrato y aguas con temperatura entre 15°C y 17°C. En dos años de muestreo que el grupo de Simúlidos ha hecho en la región de Albán solo se encontraron larvas en una oportunidad en una quebrada con temperatura de 11.4°C, pH 5.87, velocidad de 0.32 m/s y resistencia de 0.72mV. Su baja frecuencia quizá se deba a que la zona está muy intervenida y a que las quebradas poseen muy poca agua pues los pobladores de la región extraen el agua para sus casas y cultivos empleando mangueras de diámetro considerable.

**Cita nueva:** COLOMBIA. Cundinamarca: Municipio de Albán, quebrada Garbanzal. 2265 m. Col: P. Muñoz. Mar 13 1993. Larvas en lámina y alcohol, ICN-MHNDIPSi 1444.

**Clave gráfica para la identificación rápida de las especies del género *Gigantodax* (registradas hasta el momento en Colombia) con base en las branquias respiratorias de la pupa (Figs. 7-10)**

### 1. BRANQUIAS RESPIRATORIAS FILAMENTOSAS

#### 1.1. Filamentos delgados e individualizados

##### 1.1.1. Con 18 filamentos

En forma de haz apretado y con ramificaciones secundarias lejos de la base (Fig. 7.1.a.) ..... *G. ortizi*

En forma más o menos rígida, con los filamentos respiratorios dorsales cortos y ventrales de mayor tamaño (fig. 7.1.b.) ..... *G. paramorum*

Tronco común grueso y ramificaciones secundarias cercanas a la base (fig. 7.1.c.) ..... *G. multituberculatus*

Tronco común bastante largo, aproximadamente 5 veces más largo que ancho (Fig. 7.1.d.) ..... *G. zumbahuae*

##### 1.1.2 Con 14 filamentos, abiertos en la base y uno de ellos corto (Fig. 7.1.e.) ..... *G. osornorum*

#### 1.2. Filamentos con la porción basal hinchada (Fig. 7.2)

Con 18 ramas (Fig. 7.2.a.) ..... *G. destitutus*

Con 17 ramas (Fig. 7.2.b.) ..... *G. basinflatus*

### 2. BRANQUIAS RESPIRATORIAS TUBULARES (Fig. 8)

#### 2.1. Con 5 ramas

De diferente tamaño (Fig. 8.a.) ..... *G. cervicornis*

Relativamente cortas y gruesas (Fig. 8.b.) ....  
..... *G. nasutus*

2.2. Con 7 ramas (Fig. 8.c.) ..... *G. septenarius*

### 3. BRANQUIAS RESPIRATORIAS CON FILAMENTOS NO INDIVIDUALIZADOS

#### 3.1. En forma de concha o abanico (Fig. 9.1)

Branquias respiratorias con 18 ramas, algunas de ellas fusionadas

Ramas 12 y 16 largas (Fig. 9.1.a.) .....  
..... *G. misitu*

Rama 1 corta; 11 redondeada apicalmente; 12 y 16 largas (Fig. 9.1.b.) ..... *G. brevis*

Rama 1 corta; 11 menos redondeada apicalmente; 12 y 16 más largas (Fig. 9.1.c.) .....  
..... *G. wygodzinskyi*

#### 3.2. En forma de paquete (Fig. 9.2)

Branquias respiratorias con 18 ramas, algunas de ellas fusionadas formando paquetes

Ramas 1 a 8 fusionadas; ramas 9 a 14 fusionadas; ramas 15 a 18 fusionadas (Fig. 9.2.a.) ...  
..... *G. siberianus*

Ramas 1 a 8 fusionadas; ramas 9 a 14 fusionadas; ramas 15 a 18 fusionadas; 12 y 16 largas (Fig. 9.2.b.) ..... *G. leonorum*

#### 3.3. En forma de copa (Fig. 9.3) ..... *G. cypellus*

### 4. BRANQUIAS RESPIRATORIAS MULTIFILAMENTOSAS (Fig. 10) ..... *G. multifilis*

**Nota:** La mayoría de las figuras de la clave son tomadas de Wygodzinsky y Coscarón (1989) debido a que son difíciles de mejorar por su extraordinaria calidad.

### Distribución

Las 17 especies del género *Gigantodax* registradas hasta el momento en Colombia, conseguidas por muestreos puntuales hechos por Wygodzinsky en 1965, 1967 y 1969 y por colectas sistemáticas y permanentes realizadas por el grupo de simúlidos desde 1976, con algunas interrupciones, se encuentran distribuidas, en su mayoría, en regiones pertenecientes a bosque alto andino y páramo de los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Boyacá, Quindío y Tolima y en un número muy reducido en regiones subandinas, bosques secos y selva nublada de los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander y Valle, respectivamente (Figs. 11 y 12). El departamento de Cundinamarca es el que mejor se conoce debido a que el número de zonas muestreadas es mayor (Fig. 12).

*G. cypellus*, *G. multifilis* y *G. zumbahuae* solo se han registrado en la cordillera central, *G. brevis*, *G. nasutus*, *G. ortizi*, *G. destitutus*, *G. septenarius*, *G. paramorum*, *G. siberianus* y *G. osornorum* en la cordi-



Fig. 7.1.a. *G. ortizi*

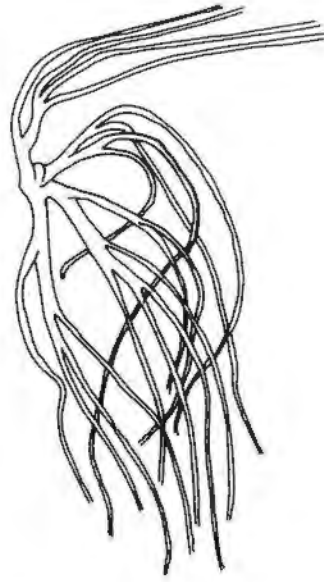


Fig. 7.1.b. *G. paramorum*



Fig. 7.1.c. *G. multituberculatus*



Figura 7.1



Fig. 7.1.d. *G. zumbahuae*

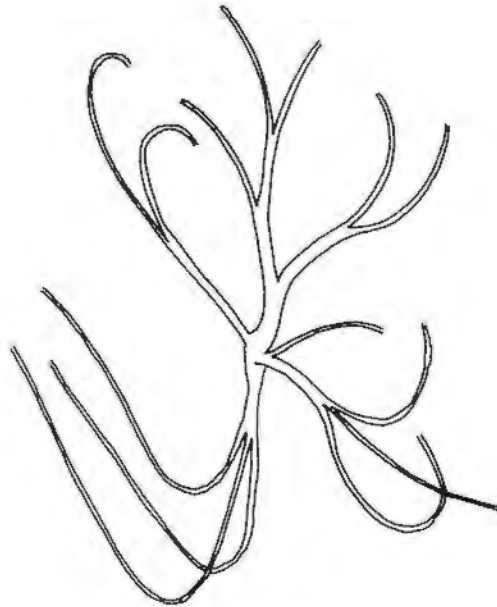


Fig. 7.1.e. *G. osornorum*

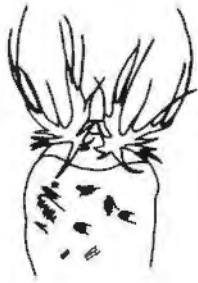


Figura 7.2.

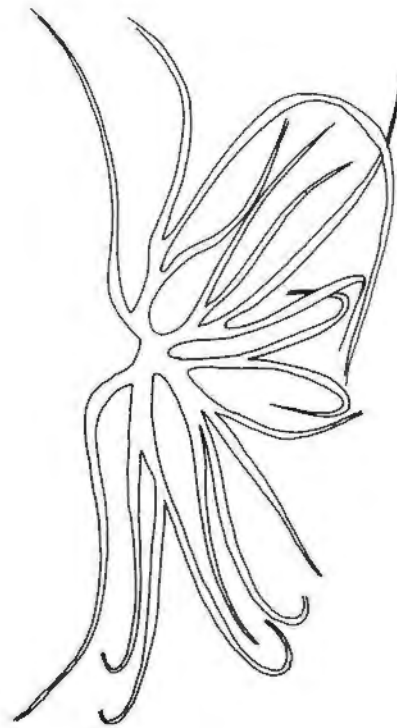


Fig. 7.2.a. *G. destitutus*

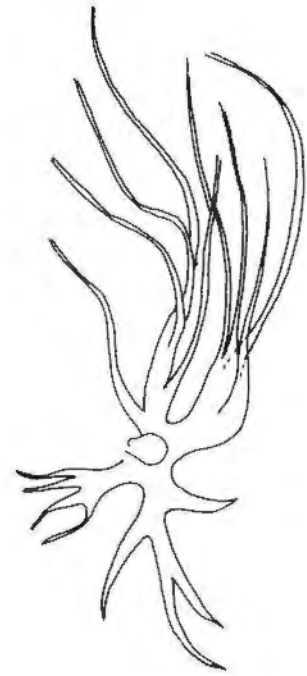


Fig. 7.2.b. *G. basinflatus*

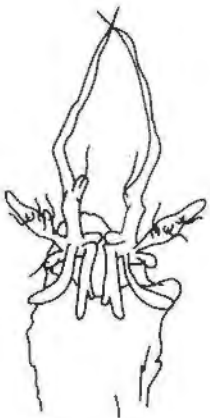


Figura 8

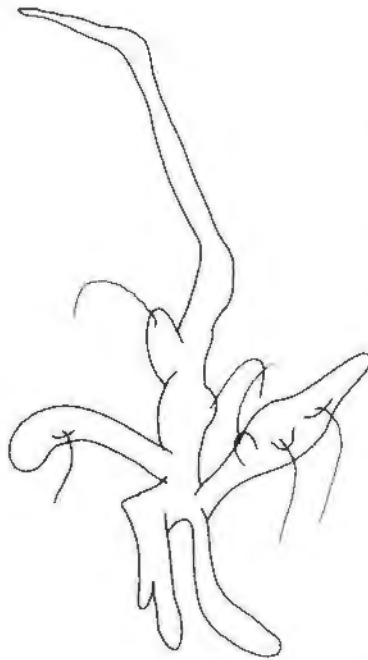


Fig. 8.a. *G. cervicornis*

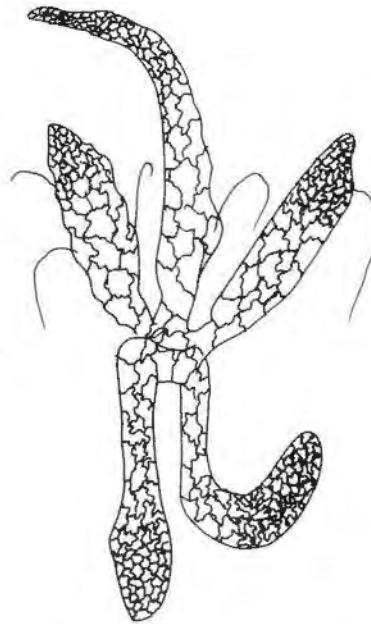


Fig. 8.b. *G. nasutus*



Fig. 8.c. *G. septenarius*

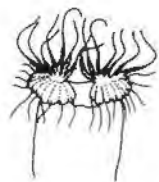


Figura 9.1



Fig. 9.1.a. *G. misitu*

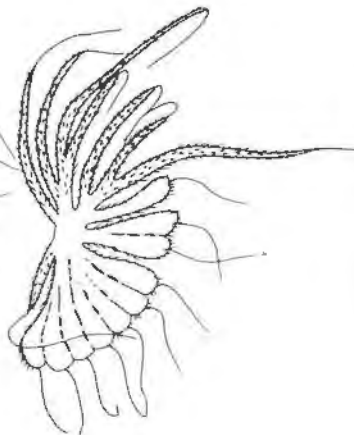


Fig. 9.1.b. *G. brevis*

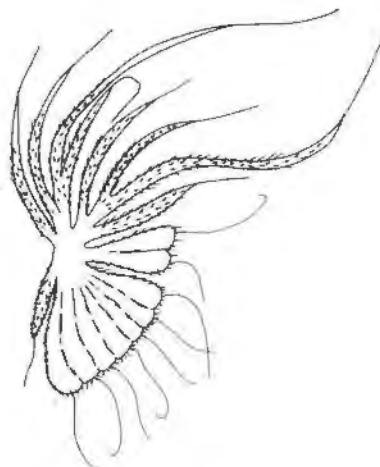


Fig. 9.1.c. *G. wygodzinskiyi*

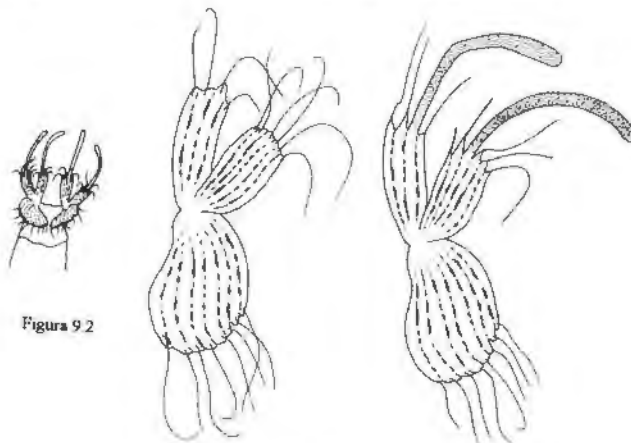


Figura 9.2

Fig. 9.2.a. *G. siberianus*

Fig. 9.2.b. *G. leonorum*



Figura 9.3 *G. cypellus*

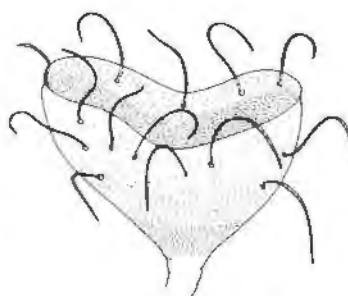
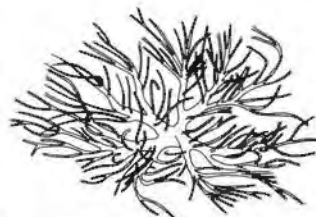


Figura 10 *G. multifilis*



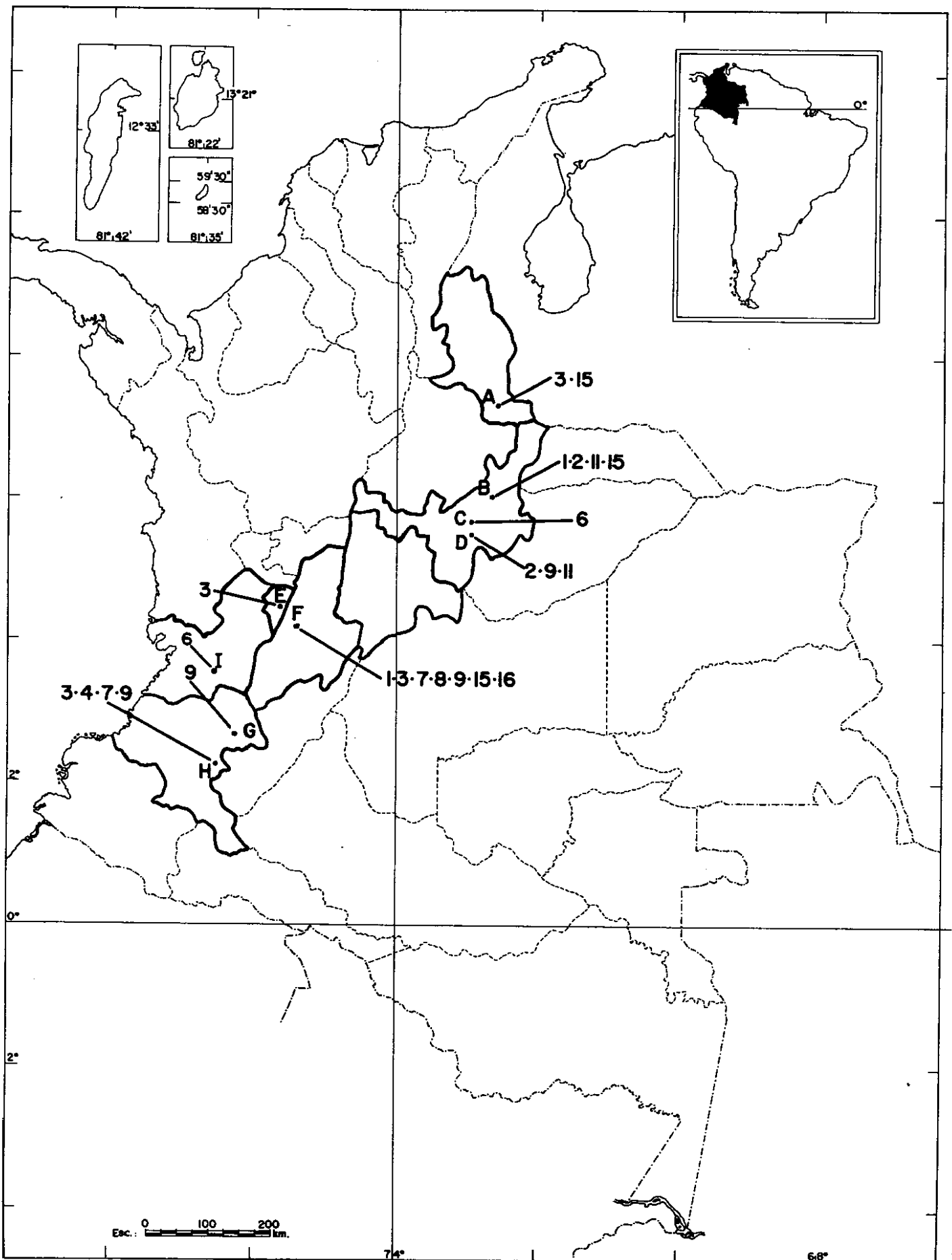


Figura 11. Mapa de Colombia con la distribución de las especies del género *Gigantodax*: 1. *G. basinflatus*. 2. *G. brevis*. 3. *G. cervicornis*. 4. *G. cypellus*. 5. *G. destitutus*. 6. *G. leonorum*. 7. *G. misitu*. 8. *G. multifilis*. 9. *G. multituberculatus*. 10. *G. nasutus*. 11. *G. ortizi*. 12. *G. paramorum*. 13. *G. septenarius*. 14. *G. siberianus*. 15. *G. wygodzinskyi*. 16. *G. zumbahuae*. 17. *G. osornorum* en los departamentos de Norte de Santander (A), Boyacá (BCD), Quindío (E), Tolima (F), Cauca (G,H) y Valle (I) (Muñoz de Hoyos, 1994).

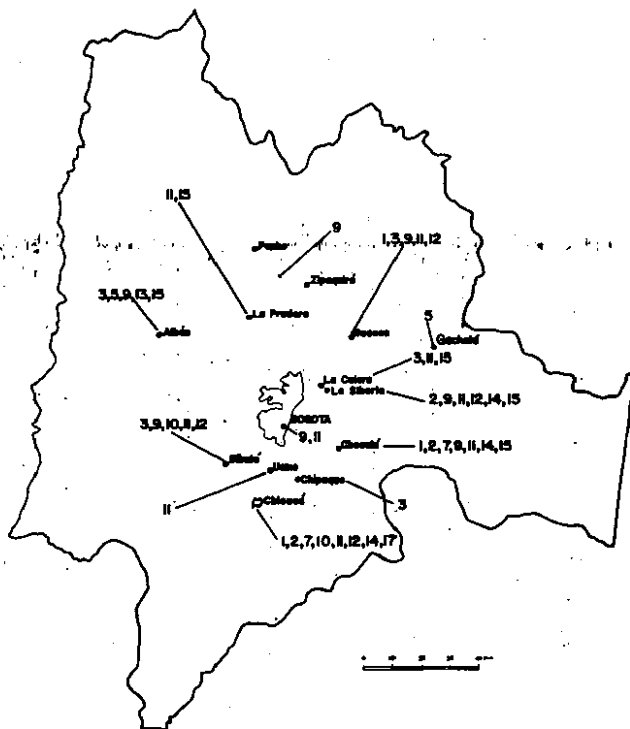


Figura 12. Mapa del departamento de Cundinamarca con la distribución de las especies del género *Gigantodax*: 1. *G. basinflatus*. 2. *G. brevis*. 3. *G. cervicornis*. 5. *G. destitutus*. 7. *G. misitu*. 9. *G. multituberculatus*. 10. *G. nasutus*. 11. *G. ortizi*. 12. *G. paramorum*. 13. *G. septenarius*. 14. *G. siberianus*. 15. *G. wygodzinskyi*. 17. *G. osornorum*.

llera oriental, *G. cervicornis*, *G. multituberculatus*, *G. misitu*, *G. wygodzinskyi* y *G. basinflatus* tanto en la cordillera central como en la oriental y *G. leonorum* en la cordillera oriental y occidental.

Es de esperarse que el número de especies aumente si se amplía la búsqueda del género a otras regiones de Colombia pues existen 29 especies, considerando en conjunto los Andes del Ecuador, Venezuela y Colombia (Tabla 2) y la biota de los Andes Colombianos tiene gran afinidad con la de los Andes Venezolanos y Ecuatorianos. Se presume además que aparezcan nuevas especies.

El factor altitudinal junto con otros factores tales como niebla, brillo solar, humedad y temperatura juegan un papel importante en la distribución de las especies.

Para inferir cuales especies son de páramo, subpáramo y bosque alto andino se tiene la dificultad de definir cuál es el límite superior del bosque. El límite original fluctúa localmente según varios factores tales como temperatura del suelo, grado de exposición al viento, presencia de rocas que acumulan calor en el día y nubosidad. Además, se encuentra modificado por efectos antropogénicos que favorecen la exposición de especies de páramo y heliófilas que bajan a ocupar niveles altitudinales más bajos (Paramerización). Lo que se denomina subpáramo corresponde a vegetación arbustiva y más pequeña entremezclada con especies de páramo y éste probablemente representa, en numerosos casos, etapas subxeriales de bosque alto andino intervenido.

De las 17 especies, *G. ortizi*, *G. wygodzinskyi*, *G. cervicornis*, *G. multituberculatus* y *G. leonorum* tienen un rango altitudinal amplio. *G. septenarius* y *G. destitutus* se encuentran en pisos térmicos templados (Fig. 13).

Las especies del género han alcanzado altitudes frías a lo largo de los Andes viniendo de zonas bajas cálidas (Tierra del Fuego) y cruzando el Ecuador. La cordillera central, por ejemplo, es el ramal andino que presenta mayor afinidad con la flora y la fauna austral, alcanzan a penetrar a él un número considerable de especies con distribución andino-patagónica que actualmente están limitadas a los páramos Colombianos. Lo que ocurre con el género *Gigantodax* se ha visto en un género de avispas solitarias (*Hypodynerus*) de origen austral y de típica distribución andina con un número de especies que llegan al nivel del mar en Chile y otro tanto que llegan a encontrarse en zonas altas en el Ecuador (Cabrera & Willink, 1980).

### Cromosomas politénicos

*Gigantodax osornorum*, al igual que la mayoría de las especies de la familia Simuliidae, posee tres pares de cromosomas: el cromosoma I, metacéntrico y los cromosomas II y III submetacéntricos. Los cromosomas se identifican tanto por el tamaño como por la presencia de algunos marcadores. El cromosoma I, de mayor tamaño, lleva la región organizadora nucleolar en IL. El cromosoma II, de tamaño intermedio, porta el anillo de Balbiani en IIS y el parabalbani en IIL. El cromosoma III, de menor tamaño, posee la ampolla o "blister" en IIIS.

La región centromérica del cromosoma I es expandida, el centrómero se localiza en la región 21. En IS están el trapezoidal (TP), el marcador M1 y la cápsula (cp). En este brazo se presentó una inversión flotante heterocigótica IS-1, en 1 individuo de los 9 estudiados, que involucra las regiones 15-19. En IL están el marcador (M2), el NOR, la cápsula (cp), "heavy" (H), cápsula (cp) con su banda definida proximal al centrómero (Fig. 14).

La región centromérica del cromosoma II es expandida. El segmento diferencial del sexo está ubicado cerca y en la región centromérica, mostrando las hembras un centrómero evidente con la región sinapsada y los machos el segmento asinapsado (uno tipo X y otro tipo Y). En IIS se aprecian: el marcador M3, la burbuja (b), el anillo de Balbiani (AB) y el marcador M4. En IIL se ven los marcadores: 5', parabalbani (pB) con la banda definida proximal al centrómero, 4', puff, 5', 7-8'. En este brazo se presentó la inversión flotante heterocigótica (IIL-1) en tres individuos de los 9 estudiados, que involucra las regiones 66-61 (Fig. 14).

La región centromérica del cromosoma III es poco evidente, el centrómero se localiza por cercanía a tres bandas definidas. En IIIS se ubican 3", H y B1 (ampolla o "blister"). En IIIL: 5", el marcador basal (Mb) y el "3 heavy group" (3HG) (Fig. 14).

Los llamados marcadores M1, M2, M3 y M4 no aparecen en la literatura, Moreno (1990) los empleó en el estudio de *G. ortizi* y la autora los continúa usando ya que son útiles para el análisis de la secuencia de bandas.

Tabla 2. Especies registradas en Colombia, Ecuador y Venezuela

Especie	ALTITUD		
	Colombia Departamento	Ecuador	Venezuela
Grupo <i>brophyi</i>			
<i>G. multituberculatus</i>	Boyacá 2970-3130 m Cauca 2900-3300 m Cundinam. 2270-3050 m Tolima 3285-3500 m	2630-3600 m	-
<i>G. ortizi</i>	Boyacá 2970-3500 m Cundinam. 2663-3590 m	-	3400-3500 m
<i>G. osornorum</i>	Cundinam. 3150-3590 m	-	-
<i>G. paramorum</i>	Cundinam. 2800-3410 m	-	-
<i>G. zumbahuae</i>	Tolima 3285-3410 m	3500 m	-
<i>G. flabellus</i>	-	3300 m	2600 m
<i>G. laevigatus</i>	-	3300-3700 m	-
<i>G. vianamartinsi</i>	-	-	x
Grupo <i>multifilis</i>			
<i>G. multifilis</i>	Tolima 3285 m	3500 m	-
Grupo <i>cilicinus</i>			
<i>G. basinflatus</i>	Boyacá 3500 m Cundinam. 3250-3700 m Tolima 3410-3500 m	3700-3900 m	-
<i>G. destitutus</i>	Cundinam. 1745-2400 m	-	3400 m
<i>G. clandestinus</i>	-	3500-3750 m	-
<i>G. incomitatus</i>	-	-	3400 m
<i>G. lazoii</i>	-	3200 m	-
Grupo <i>cormonsi</i>			
<i>G. brevis</i>	Boyacá 2955-3500 m Cundinam. 3050-3590 m	-	-
<i>G. leonorum</i>	Boyacá 3130 m Valle 1450 m	2650-3500 m	-
<i>G. misitu</i>	Cauca 3300 m Cundinam. 3100-3590 m Tolima 3500-3530 m	3300-3700 m	-
<i>G. siberianus</i>	Cundinam. 3050-3590 m	-	-
<i>G. wygodzinskyi</i>	Boyacá 3130-3500 m Cundinam. 2400-3410 m Sant. del Norte 2287 m Tolima 3285 m	-	-
<i>G. gracilis</i>	-	2650-3300 m	-
<i>G. vulcanius</i>	-	3300-3500 m	-
Grupo <i>wrighti</i>			
<i>G. cervicornis</i>	Cauca 3300 m Cundinam. 2270-3150 m Quindío 3000 m Tolima 3285-3500 m Sant. del Norte 2287 m	2200-3300 m	2350-3850 m
<i>G. cypellus</i>	Cauca 3000-3300 m	3500-3600 m	-
<i>G. nasutus</i>	Cundinam. 2800-3700 m	-	-
<i>G. septenarius</i>	Cundinam. 2265-2400 m	-	-
<i>G. bettyae</i>	-	-	2350 m
<i>G. conviti</i>	-	-	2350 m
<i>G. corniculatus</i>	-	-	2350-4000 m
<i>G. impossibilis</i>	-	-	3400-3550 m

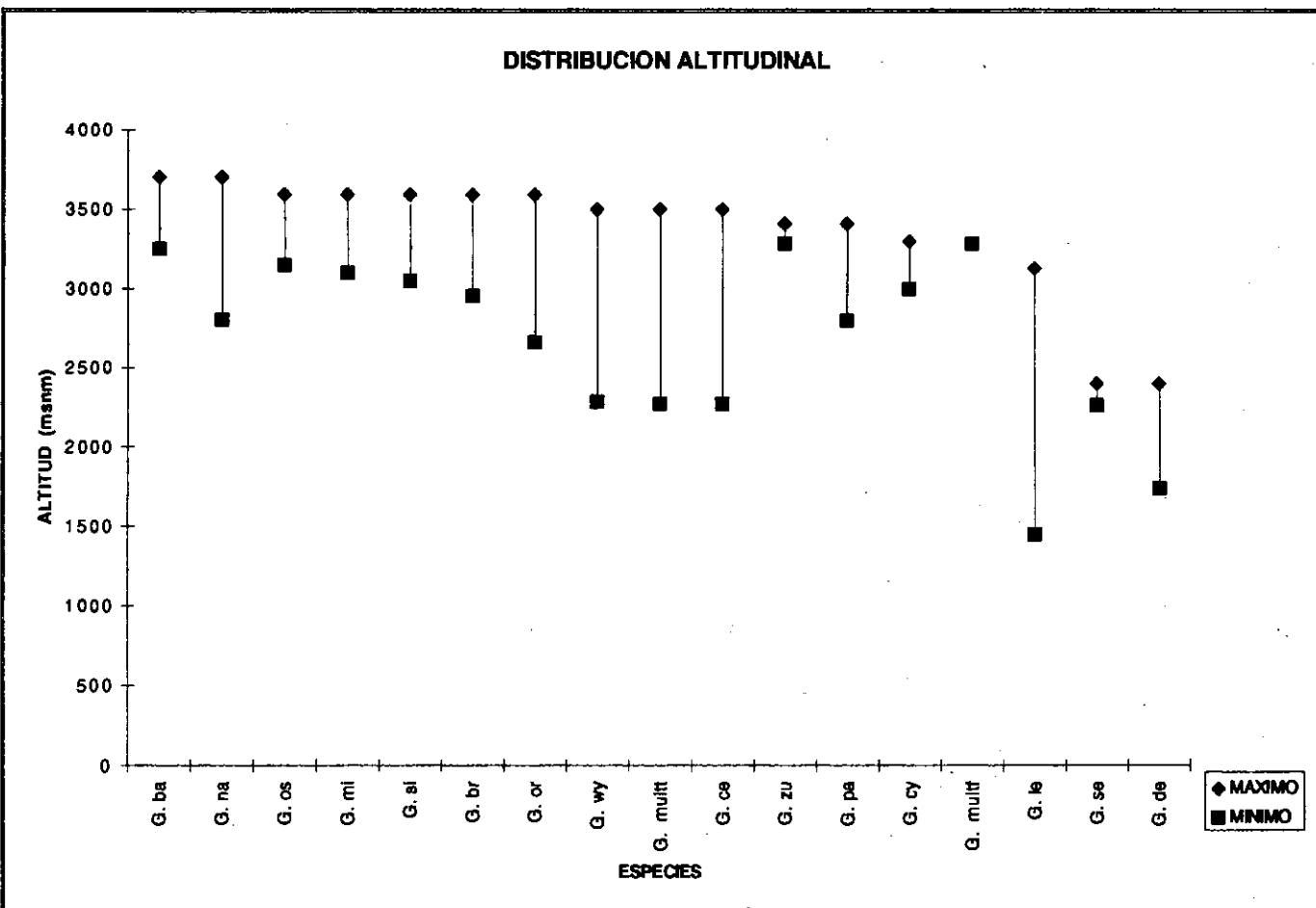


Figura 13. Rango altitudinal de las especies del género *Gigantodax* en Colombia.

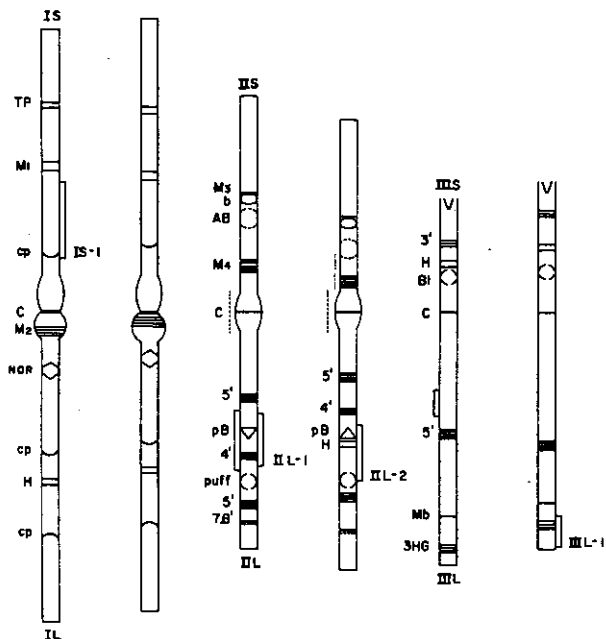


Figura 14. Idiograma del complemento cromosómico de *Gigantodax osornorum* Muñoz de Hoyos, Martínez, Mejía & Bueno sp. nov. IS: brazo corto, IL brazo largo del cromosoma I. IIS : brazo corto, IIL brazo largo del cromosoma II. IIIS : brazo corto, IIIL brazo largo del cromosoma III. AB: anillo de Balbiani. b: burbuja. Bl: «blister» o ampolla. C: centrómero. cp: cápsula. H: «heavy». M : marcador. Mb: Marcador basal. NOR: Región organizadora nucleolar. pb: parabalbiani. TP: trapezoidal. 3HG: 3 bandas pesadas. Los corchetes a la derecha indican inversiones flotantes, los corchetes a la izquierda indican inversiones fijas y las líneas punteadas indican la región donde se localizan los segmentos sexuales.  
*G. Osornorum* (Cromosoma de la izquierda)  
*G. Ortizi* (Cromosoma de la derecha)

Al comparar los cromosomas de *G. osornorum* con los de *G. ortizi* se aprecia que las dos especies coinciden en el tipo de las regiones centroméricas de los tres cromosomas, en la región donde se ubica el segmento diferencial del sexo en el cromosoma II y en la secuencia de bandas de la región del Anillo de Balbiani. El cromosoma I es completamente homólogo. Se diferencian en los cromosomas II y III por regiones pequeñas que tienen la secuencia de bandas invertida lo cual ocasiona cambio de lugar de algunos marcadores. En *G. osornorum* las regiones 61-66 y 88-90 están invertidas y pueden considerarse como inversiones fijas al comparar las dos especies. En la figura 14 se puede ver la homogeneidad y disparidad de las regiones de los cromosomas I, II y III de las dos especies (Fig. 14).

El Doctor Coscarón gentilmente me proporcionó un cladograma del género *Gigantodax*, basado en caracteres morfológicos, donde el grupo *brophyi* está dividido en dos subgrupos, el del sur denominado *brophyi* y el del norte llamado *ortizi*. Coscarón-Arias presentó el trabajo en un Congreso en Córdoba, Argentina, y al mostrar los cromosomas de *G. marginalis*, *G. chilensis* y *G. fulvescens* se vió que ninguna presentaba el tipo de segmento diferencial del sexo como el que se observa en *G. ortizi* y *G. osornorum*. Es prematuro decirlo pues se requiere el estudio de más especies de estos dos subgrupos, pero en el subgrupo del norte u *ortizi* (al menos las dos especies estudiadas acá) los machos tienen el cromosoma

I asinapsado en la región centrómerica y es fácil determinar el sexo de una larva al observar este cromosoma en tanto que en el subgrupo *brophyi* o del sur no ocurre lo mismo. Se sabe que los cambios en la posición de los segmentos determinantes del sexo se correlacionan con especiación y podría ser este fenómeno el que ocurre entre los subgrupos del grupo *brophyi* (del norte y del sur).

Las tres especies estudiadas por Coscarón-Arias exhiben homología en el cromosoma I. Igual ocurre entre *G. ortizi* y *G. osornorum*. Valdría la pena comparar el cromosoma I entre las especies del norte y del sur, pero en el momento no es posible ya que el trabajo de Coscarón-Arias no está publicado.

La región organizadora nucleolar está en IS en las tres especies del sur y en IL en las 2 especies del norte; esto es coincidente con las especies estudiadas de la tribu Prosimuliini donde la región organizadora nucleolar se encuentra tanto en el brazo corto como en el brazo largo del cromosoma I.

### Conclusiones

Este trabajo constituye la primera revisión del género *Gigantodax* que se hace para Colombia. En la próxima versión el número de especies tiene que ser mayor ya que la región neotropical posee la fauna más rica del mundo (Crosskey, 1981, 1991).

Debido a que el grupo del Instituto de Ciencias Naturales le da mucha importancia a la colección de los estadios inmaduros: larvas para estudios de cromosomas y pupas para la obtención de los adultos, se han identificado las larvas de *G. zumbahuae* y de *G. nasutus*.

La descripción morfológica de *G. osornorum*, a manera de diagnóstico, se incluyó en el trabajo de grado de X. Martínez y A. Mejía el cual fue dirigido por Muñoz de Hoyos y codirigido por Bueno en 1991. Al preparar esta revisión se consideró conveniente incluir la descripción de la especie y es por ello que aparecen 4 autores en ella.

Se registran por primera vez para Colombia las especies: *G. multifilis*, *G. zumbahuae*, *G. cypellus* y *G. leonorum*.

El análisis de los cromosomas de *G. osornorum* demuestra que la especie pertenece al grupo *brophyi*, que es una verdadera especie y que es muy cercana a *G. ortizi*.

Con los resultados que se tienen del análisis de los cromosomas de dos especies del género *Gigantodax* se piensa continuar el estudio con especies integrantes de cada grupo, definido morfológicamente, con el fin de caracterizar citológicamente cada uno. **Miranda & Muñoz de Hoyos (1993)** demostraron que los cromosomas politénicos de las especies *Simulium ignescens*, *S. tunja*, *S. bicornutum* y *S. furcillatum* del subgénero *Simulium (Ectemnaspis)* son muy semejantes entre sí.

Los datos permitirán, en un futuro, cuando se cuenten con un número considerable de especies analizadas cromosómicamente, determinar las relaciones de paren-

tesco entre las especies del mismo grupo (**Rothfels, 1979, 1987**), entre las especies de grupos diferentes y entre los géneros de la tribu Prosimuliini para conducir a una clasificación citológica supraespecífica.

Igualmente se trata de dar luces para resolver el punto de controversia que existe en cuanto a la ubicación del género a nivel de tribu. Para este último punto se requiere además conocer citogenéticamente cada género de ambas tribus y en Colombia solo están dos de ellos, *Simulium* y *Gigantodax*.

Por otra parte, como se anotó anteriormente, existen especies muy parecidas en cuanto al número y distribución de filamentos en las branquias respiratorias, donde se sospecha la existencia de especies crípticas e híbridos y la única forma de validar estas hipótesis es con el estudio de los cromosomas politénicos para reconocer, definir e identificar las especies y detectar los híbridos.

Sería conveniente considerar los cromosomas de *Gigantodax ortizi* como estándares para el género *Gigantodax*. Estos se darán a conocer en una próxima publicación.

### Agradecimientos

Deseo agradecer a Colciencias y a la Universidad Nacional de Colombia por la ayuda financiera que me han brindado para la realización de tres proyectos del Programa de investigación "Biología de los Simúlidos de Colombia". Al Doctor Sixto Coscarón quien me dió algunos materiales para el trabajo. Al Dr. Jorge Hernández-Camacho por la revisión del manuscrito. A los integrantes del grupo de simúlidos conformado por los biólogos Rafael Miranda y Claudia Moreno y los estudiantes de la carrera de Biología Sandra Chiguasuque, Lourdes Arteaga, Ramón Mena quienes con entusiasmo y dedicación han colaborado en las investigaciones y en los trabajos de campo y laboratorio. Al auxiliar del laboratorio de Entomología Fredy Castellanos por su excelentes montajes del material para los estudios morfológicos. Y para terminar, quiero hacer un reconocimiento especial a Daniel Cheyne, Jefe del Departamento de Televisión Educativa de Cafam y a su equipo de trabajo por la edición del video de este trabajo que presenté en la ceremonia de posesión.

### Bibliografía

- Cabrera, A. L. & A. Willink. 1980. Biogeografía de América Latina. Secretaría General de la OEA. Serie de Biología No. 13. Segunda edición corregida. Washington, D.C.
- Coscarón-Arias, C. 1991. Estudios citotaxonomicos de cinco especies de Simuliidae (Diptera : Insecta) de la región Andino Patagónica. No. 20. Libro de Resúmenes. II Congreso Argentino de Entomología. I Seminario Latinoamericano de vectores urbanos y animales sinantrópicos. I Reunión Latinoamericana sobre simúlidos.
- Crosskey, R. W. 1981. Geographical distribution of Simuliidae.: 57-68. In: Laird, M. (ed). Blackflies. The future for biological methods in integrated control. Academic Press. London. New York.
- . 1987. Part VIII Black Fly species of the World. 32. An annotated checklist of the world black flies (Diptera:Simuliidae). Pp 425-520, in Kim, K. C. & R. W. Merritt (Eds), Black flies: Ecology, Population management, and annotated world list. xv

- + 528 pp. The Pennsylvania State University. University Park and London.
- \_\_\_\_\_. 1990. The natural history of blackflies. John Wiley & Sons. Chichester. New York.
- French, W. L. Baker, R. H & J. B. Kitzmiller. 1962. Preparation of mosquito chromosomes. *Mosquito News* 22 (4) : 377-383.
- Hirai, H. 1987. IV-5. Gross features in salivary gland chromosomes of five species of the genus *Gigantodax* collected in the Andes area of Ecuador.: 64 - 68. In *A comparative study on onchocerciasis between South and Central Americas*. Ed. by Tada, I. Shimoda Printing & Co., Ltda. Matsubase, Shimomashiki-gun, Kumamoto.
- Martínez, X. & A. Mejía. 1991. Taxonomía y anotaciones sobre aspectos biológicos de los simúlidos de la región de Chisacá (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 157 pp.
- Miranda, D. R. & P. Muñoz de Hoyos. 1993. Relaciones filogenéticas del subgénero *Ectemnaspis* subgrupo *bicoloratum* (Simuliidae: *Simulium*). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 18 (71) : 571-577.
- Moreno, C. 1990. Estudio citogenético de *Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973 (Diptera : Simuliidae) de la región de Chisacá. Trabajo de Grado. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 61 pp.
- Muñoz de Hoyos, P. 1994. Simúlidos (Diptera) de Colombia: Especies registradas y su distribución. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73): 413-437.
- \_\_\_\_\_, Martínez, X., Mejía, A. & M. L. Bueno. 1994. Simúlidos (Diptera:Simuliidae) de la región de Chisacá, Cundinamarca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73) : 393-412.
- Py-Daniel, V. 1990. Revisão da Tribo Prosimuliini seg. Crosskey < Diptera, Culicomorpha, Simuliidae > nas regioes zoogeograficas Neartica e Neotropical. < Larvas e pupas >. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, para obtenção do Título de Doutor en Ciencias Biológicas.
- Rothfels, K. H. 1979. Cytotaxonomy of black flies (Simuliidae). *Annual Review of Entomology* 24: 507-539.
- \_\_\_\_\_. 1987. Cytological approaches to black fly taxonomy. Pp. 39-52, in Kim, K. C. & Merritt. (Eds), *Black flies: Ecology, Population management, and annotated world list.* xv + 528 pp. The Pennsylvania State University. University Park and London.
- Takaoka, H., Hirai, H. & I. Tada. 1988. Description of a new species of *Gigantodax* (Diptera:Simuliidae) from the andean area of Ecuador. *Journal of medical Entomology* 25 (6) : 541-544.
- Vargas, M. & J. Ramírez-Pérez. 1988. *Gigantodax bierigi* & *G. willei* (Diptera:Simuliidae), two new black fly species from Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36 (2B) : 457-469.
- Wygodzinsky, P. 1973. Diagnoses of new species of *Gigantodax* Enderlein (Simuliidae, Diptera) from the northern Andes. *Journal of the New York Entomological Society* LXXXI (4) : 243-246.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1973. A review of the Mesoamerican and South American black flies of the tribe Prosimuliini (Simuliinae, Simuliidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History.* 151 (2) 199pp.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1989. Revision of the black fly genus *Gigantodax* (Diptera : Simuliidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History.* (189). New York. 269 pp.