

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XVIII

NOVIEMBRE DE 1991

NUMERO 69

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

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

S U M A R I O

	Págs.		Págs.
Nota Editorial	121	Sebastián López Ruiz y el hallazgo de Azogue en Panamá por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i>	191
Botánica		Matemáticas	
Especie nueva de <i>Diplostephium</i> de Colombia y sinónimos de <i>D. ericoides</i> del Ecuador por <i>José Cuatrecasas</i>	123	Conjuntos, Estructuras y Sistemas por <i>Carlos E. Vasco U.</i>	211
Nueva especie de <i>Baccharis</i> (Asteraceae) de Colombia por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i> y <i>José Cuatrecasas</i>	127	El Ahorro, la Inflación y el Rentista por <i>Gabriel Poveda Ramos</i>	225
Familias del Orden Uredinales con ciclo de vida completa- mente reducido por <i>Pablo Buriticá</i>	131	Química	
Nueva especie de <i>Trixis</i> (Asteraceae) de Colombia por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i> y <i>Cristina Vélez-Nauer</i>	149	Evaluación de Cobre y Plomo en sedimentos superficiales de dos bahías de la Costa Pacífica colombiana por <i>Luis Enrique Lesmes</i> y <i>Lorenzo Panizzo</i>	239
Ciencias de la Tierra		Reacciones del 1,3, 6, 8-Tetrazatriciclo (4.4.1.1 ^{3,8}) Dode- cano (TATD): Síntesis y análisis estructural de Nitro- N-Nitrosoaminas por <i>Augusto Rivera</i> , <i>G. Gallo</i> , <i>M. Gayón</i> y <i>G. Santafé</i>	247
Contribución al estudio geoquímico de las arcillas bauxíticas del Departamento del Cauca por <i>Mario Méndez</i> , <i>Orlando Vargas</i> e <i>Inés Bernal de Ramírez</i>	153	Zoología	
Provenance of the Lower Cretaceous sedimentary sequences, Central part, Eastern Cordillera, Colombia by <i>Juan Manuel Moreno</i>	159	Parasitismo en larvas de Simúlidos del río Teusacá: Microspori- dios, mermítidos y hongos por <i>Orlando Torres</i> , <i>Paulina Muñoz de Hoyos</i> y <i>Gloria R. de Pérez</i>	253
Variación temporal de la Presión Atmosférica en Bogotá por <i>Jesús A. Eslava R.</i>	175	Una nueva especie de <i>Cissia</i> (Lepidoptera: Nymphalidae: Sa- tyrinae), para Colombia por <i>M. Gonzalo Andrade, C.</i>	265
Historia de la Ciencia		Informe de Secretaría	269
Hermann A. Schumacher y la Historia de la Ciencia en Colombia por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i>	183		



ESPECIE NUEVA DE *DIPLOSTEPHIUM* DE COLOMBIA Y SINONIMOS DE *D. ERICOIDES* DEL ECUADOR

por

José Cuatrecasas*

Resumen

Cuatrecasas, J.: Especie nueva de *Diplostephium* de Colombia y sinónimos de *D. ericoides* del Ecuador. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 123-125, 1991. ISSN 0370-3908.

Descripción de una especie nueva colombiana, *Diplostephium frontinense* procedente de la región de Urrao (Antioquia) y relación de los sinónimos de *D. ericoides* del Ecuador.

Palabras clave: *Astereae*, *Diplostephium*, Colombia, Ecuador.

Abstract

A new species of *Diplostephium* is described from Colombia. New synonyms are listed for *D. ericoides*.

Diplostephium frontinense Cuatr. n. sp.

Frutex 1.5 m alt. Rami ramusculique glabri brunneo-virides glanduloso-viscosi, plerumque glandulis minutis sparsis.

Folia alterna, sessilia, coriacea rigidula, linearia acuta 2–5 cm longa, 1–3 mm lata, marginibus satis revolutis, basi subamplectentia; adaxialiter glaberrima viridia, levia sed depresso glanduloso-punctata; abaxialiter dense albo-sericea pilis rigidis retrorsis, tantum costa elevata glabra viridis notata.

Capitula radiata solitaria terminalia longe pedunculata, folia suprema valde excedentia, Pedunculi 2–4.5 cm longi graciles erecti rigidi glabri viscosi, minutis glandulis pediculatis vel subsessilibus praediti. Involucrum subconicum circa 12 mm

altum, phyllariis circa 6–7—seriatis imbricatis. Phyllaria exteriora brevia 3.5–4 mm longa triangulata basi 1.5 mm lata apice acutissima, sequentia gradatim longiora (5, 6, 7 . . . mm), interiora 10–10.5 x 1.5–1.2 mm, omnia lanceolato-linearia acutaque, straminosa copiose minute glandulifera, dorsaliter brunnescentia, marginibus late membranaceis pallidibus. Receptaculum 2 mm diam. alveolatum alveolis dentato-marginatis.

Flores radii feminei ligulati 14–15 in capitulo. Corolla alba, 12 mm longa; tubo 4 mm longo angosto rigido, sparse minute pubescenti pilis crassiusculis pluricellularibus obtusis flexuosis; lamina lineari-elliptica utrinque attenuata, 8 mm longa 1.5–1.8 mm lata, apice minute 3-dentata, 4-venosa, ad basim stylo amplectens. Stylus 7–7.5 mm, apice 2 ramis stigmatiferis 1–1.3 mm longis minute papilloso marginatis. Ovarium 3–2.7 x 1–1.5 mm, oblongum, dilute sericeum copiosis

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

pilis geminis antrorsis rigidis acutis; haud glandulis vel raris. Pappus 7 mm longus setis 2-3 seriatis 5-7 mm longis liberis strigosis sursum angustatis acutis, paucis exterioribus brevibus.

Flores discii 14-18 in capitulo. Corolla sordide lutescens 5 mm longa; tubo pilis crassiusculis obtusis pluricellularibus flexuosis copiosis; lobis triangularibus 1.5 mm, glabris.

Antherae 1.5 mm longae, saccis basi acutis appendice apicali oblongo membranaceo; cellulae endotheciales nodulis ad parietes laterales seriatis. Collum antherae longum cylindricum, non vel leviter incrassatum, cellulis quadratis. Stylus apice breviter bifidus, ramulis tenuibus linearibus ad 0.8 mm, longi pappillosis. Ovarium angusto pilis geminis semipatulis acutis sparsis et sine glandulis vel rarissimis. Pappus setis 6-7 mm apice non ampliatis, plerumque parcissimis exterioribus brevioribus (1-2 mm).

Typus. COLOMBIA, Antioquia: Mpio Urrao: Páramo de Frontino, Llano Grande and hill to North; small areas of dense mossy forest intermixed with open *Espeletia* paramo, 3320-3450 m. Shrub 1.5 m Rays white disk dull grey. Foliage sticky-glandular. 2 March 1989, J.M. McDougal, F.J. Roldán & J. Betancur 4424. US, Holotype; MO, Isotypes.

D. frontinense corresponde a la serie *Lavandulifolia* Blake. Es afín principalmente a *D. micradenium* Bl. del cual se diferencia por tener ramas y ramúsculos completamente glabros y viscosos, por el involucreo glabro pero provisto de glándulas minúsculas pediceladas, por los ovarios hispídulos no glandulíferos, por el menor número de flores en el capítulo (15-14 ♀ x 14-18 ♂) y por los capítulos largamente pedunculados excediendo mucho el nivel de las hojas terminales; difiere también por las hojas más largas (2-5 cm). En cambio *D. micradenium* presenta las ramitas terminales densísimamente subsericeo-tormentosas con pelos rígidos, retrorsos, y los ovarios glandulíferos además de hirsútulos; el pedúculo del capítulo en *D. micradenium* es de sólo 0.5 a 1 cm largo y los capítulos encierran alrededor de 23 flores femeninas además de 40 flores masculinas. Las hojas son más cortas (1.5-3.2 cm).

Desde la revisión del género para Colombia (Cuatrecasas 1969), se han descrito por el autor, cinco especies adicionales que son: *D. ritterbushii* (Ser. Rupestris), del Nevado del Huila; *D. camarogonum* (Ser. Denticulata), procedente de Arcahuco (Boyacá); *D. jaramilloi* (Ser. Huertasina), procedente del cerro Berlín (Boyacá); *D. rangelii* (Ser. Lavandulifolia); y *D. santamartae* (Ser. Denticulata), ambas de Sierra Nevada de Santa Marta.

A ellas se agrega esta nueva especie del Páramo de Frontino, cuyas recientes exploraciones van señalando su destacada insularidad. En todo caso

"Mi lindo país colombiano" (Samper Ortega) cuenta por ahora ya, con 59 especies de *Diplostephium* que diversifican y embellecen, sus paisajes paramunos y subparamunos.

D. frontinense aumenta también el número de especies y endemismos conocidos de la Cordillera Occidental colombiana. Esta Cordillera cuenta ahora con 7 especies conocidas de las cuales (véase Cuatrecasas 1986), 4 son endémicas. Llamen la atención las notables diferencias entre la nueva especie y *D. micradenium* del Páramo de Tatamá, a pesar de no ser excesiva la distancia que separa el cerro Tatamá de los Llanos de Frontino de la misma, eso si muy quebrada, cordillera. Una comparación con *Espeletia* es interesante, pues recientemente se ha encontrado *Espeletia* en el Cerro Tatamá (Cleef, Torres, Díaz). La *Espeletia* de ese páramo no se distingue de la *Espeletia* del Páramo de Frontino, las dos son *E. frontinoensis*. Este hecho refuerza el punto de vista expresado anteriormente (1986) de que la población de *Diplostephium* es mucho más antigua en las Cordilleras Central y Occidental de Colombia, que la población de *Espeletia* la cual se extendió por estas dos cordilleras sólo durante la última gran glaciación. *Diplostephium* se difundió muy anteriormente gracias a su mecanismo de propagación, dando tiempo para una marcada diferenciación de las poblaciones aisladas (Cuatrecasas 1986, p. 299-301).

Por interesarse algunos ecólogos y fitogeógrafos, en los nombres válidos de *Diplostephium*, comunicó la siguiente sinonimia de una importante especie del Ecuador.

Diplostephium ericoides (Lamarck) Cabrera, Bol. Soc. Arg. Bot. 7: 238. 1959.

Conyza ericoides Lam. Encycl. Meth. 2:94. 1786. Basionym. Typus: Jussieu, "Herb. Lamarck" P, holotypus; "Herb. Jussieu" P, isotypus.

Baccharis ericoides (Lam.) Pers. Syn. Pl. 2: 425. 1807.

Diplostephium lavandulifolium HBK, Nov. Gen. Sp. Pl. 4: 97, pl. 335 (1820) (Typus: Humboldt & Bonpland 3064 Herb. H. & B. (P.) holotypus; herb. Bonpland, isotypus. Weddell, Chlor. And. 1: 199 pl. 36A (1857). Blake, Contr. US Nat. Herb. 24: 74 (1922); Am. Journ. Bot. 15: 55 (1928).

Diplopappus lavandulifolius Cass. Dict. Sci. Nat. 25: 96. 1822.

Aster lavandulaceus Willd. Nees, Gen. Sp. Aster 189. 1832, como sinónimo.

Linochilus lavandulifolius Sch. Bip. in Wedd. Chl. And. 1: 200 (1857), como sinónimo.

Diplostephium artisanense Hieron. Engl. Bot. Jahrb. 21: 338 (1895). Typus: Stuebel 235a, Antisana Ecuador B, Photo FM, no. 1494 (holotypus). Fragment in US: lectotypus.

Diplostephium pycnophyllum Blake, Contr. US. Nat. Herb. 24: 75 (1922). Typus: Rose & Rose 22750, Cañar, Ecuador.

Diplostephium antisanense fma. *rhodopappus*
Cuatr., Anal. Univ. Madrid 4: 216 (1935). Typus:
Isern 52.

Colecciones estudiadas. ECUADOR, INBABURA: Volcán Mojanda, entre peñascos, flores blancas o cerúleas, *Sodirol 3/903* (US). Cerca de la laguna de San Marcos al norte del volcán Cayambe, 3350 m., en arenales, arbusto 2–3 m., lígulas blancas, disco amarillo, hojas blanco-tomentosas envés, 31–VII–44, *Drew E-421* (US). PICHINCHA: Cotopaxi, *Remy s.n.* (P). Faldas del Cotopaxi, 3400 m. VII–43, *Paredes s.n.* (F). Cotopaxi and Pichincha, 4300 m., *Jameson 300* (BM, K). Santo Domingo de los Colorados, 30–10–61, *Cazalet & Pennington 5320*. Pichincha, 4000–4500 m., 1855, *Couthouy s.n.* (F, NY). Páramo de Pifo, Guamani 3500 m., 15–II–53, *Prescott 515* (NY). Rucu Pichincha, arbusto 1.5 m., ligules blanches, 15–IV–30, *Benoist 2406* (P). Páramo de Montero–Urcu, 3500 m., arbusto achaparrado, flores blancas, 28–X–45, *Acosta Solis 11219* (F). Páramos del Cerro Antisana, Cimarronas 4000 m., X–1871, *Stuebel 235a* (US, lectotypus of *D. antisanense* Hieron.). Antisana, I–1865, *Isern 52* (MA, LP). Quito, 1847, *Jameson 4021* (G). “In pascuis andinis, frutex ramosis 2–3 m.”, *Sodirol s.n.* (US). PICHINCHALEON: “Locis arenosis exaustis in radicibus montibus ignivomis Ilinisae et Cotopaxi juxta Mulalo, alt. 1600 hex. Julio”, *Humboldt et Bonpland* (P, holotypus of *D. lavandulifolium*; *Bonpland 3064* (P, isotypus); *Humboldt* ex Herb. Wildenow no. 15839 (B, isotypus); photo F.M.–37616 from París. AZUAY: Molleturo-Toreador, 2590–3900 m., arbusto 1 m., lígulas blancas, disco amarillo, hojas blancas envés, 14–VI–43, *Steyermark 53028* (F). Beyond Sayausi on trail to Cajas, 3300 m. 20–VII–39, *Penland & Summers 1078* (F). Páramo de Cajas, west Andes of Cuenca, 3400–3800 m. shrub 2 m., almost pyramidal habit, leaves dark

green above, silvery gray beneath, flowers white, *Lehmann 4608* (US). AZUAY – CAÑAR: Between Cuenca and Huigra, 2700–3000 m., shrub 1–3 feet, rays white, páramo, IX–23, *Hitchcock 21661* (GH, US).

CAÑAR: Vicinity Cañar páramo, 26–IX–18, *Rose & Rose 22750* (US, holotypus of *D. psychophyllum*). Between Biblian and Cañar, páramo 3700–4000 m., colonial shrubs. 0.4–1 m., leaves deep green above, scurf below gray, outer bracts green, rays white, usually becoming pinkish in age, their stigmas red, disc flowers yellow stigmas, 18–IX–44, *Camp E-442* (F). Id. loc. 3340 m. on roadside, edge of small stream in ditch, near ciénaga which forms opening in vegetation dominantly shrubby, shrub 1 m., leaves wooly below, heads abundant, ligules white, *Barclay & Juajibioy 8711* (US). CHIMBORAZO: entre Pungo del Castillo y Pungo de Timaranyacu, 3650 m., arbusto, hojas blanquecinas envés, flores centrales amarillas, marginales blancas, 8–III–44, *Acosta Solis 7631* (F). Entre Alao y Cushnipaccha, 3250–3400 m., hojas blanquecinas envés, lígulas blancas, centro amarillo, 8–II–44, *Acosta Solís 7192* (F).

Sin mención de localidad: *Jussieu*, “Perou”, Herb. Lamark, holotypus de *Conyza ericoides* Lam. (P): Herb. *Jussieu* no. 8639, “Perú”, *Joseph de Jussieu*, “sans nom”; isotypus, P, muy buen ejemplar! Photo F.M. 37754. Las etiquetas mencionan sólo Perú, pero se sabe que la región recorrida por *Jussieu* corresponde al actual Ecuador.

Bibliografía

- Cuatrecasas, J. 1969. Prima Flora Colombiana, 3. Astereae, *Webbia*, 24: 1–335.
- . 1986. Speciation and Radiation of the Espeletinae in the Andes, in *High Altitude Tropical Biogeography*, pp. 267–303. Oxford University Press.

NUEVA ESPECIE DE *BACCHARIS* (ASTERACEAE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* y José Cuatrecasas**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & J. Cuatrecasas: Nueva especie de *Baccharis* (Asteraceae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 127-129, 1991. ISSN 0370-3908.

Se describe una nueva especie de *Baccharis* (Asteraceae, Astereae) perteneciente a la Sección Pinnatae.

Palabras clave: Asteraceae, *Baccharis*, Colombia.

Abstract

A new species of *Baccharis*, Sect. Pinnatae is described from Colombia.

Baccharis es un género de asteráceas propio de América pero con mayor representación en las regiones tropicales y subtropicales; sus especies son un elemento importante en las comunidades vegetales, especialmente en el nivel superior de la cordillera andina, hecho que lo convierte en uno de los géneros de compuestas más importantes en la flora y en la vegetación de Colombia. En 1967, Cuatrecasas publicó la revisión de las especies colombianas con lo cual la sistemática del grupo se aclaró notablemente. Esclarecida la nomenclatura, fijadas las características interespecíficas y definidas las especies, su número para el área estudiada quedó redu-

cido a 37 entidades que fueron ordenadas en 16 secciones naturales.

Hasta el presente, la Sección Pinnatae Cuatr., caracterizada por agrupar arbustos o árboles con hojas grandes penninervias y con abundantes nervios pábulos, sinflorescencias terminales rectas arregladas en panículas corimbiformes y con capítulos con receptáculo carente de páleas, incluía como única especie colombiana a *Baccharis buddleioides* H.B.K. La nueva especie, fácilmente distinguible de su más inmediatamente afín por el denso indumento blanquecino que cubre completamente el envés foliar, los tallos juveniles y los pedúnculos y pedicelos de las inflorescencias, encuadra perfectamente en esta Sección formando un grupo natural con *B. buddleioides*, especie con la que comparte, además de las características anotadas para la Sección, otras como, la posesión de hojas con margen aserrada y con pecíolo bien definido, inflorescencias robustas, capítulos globosos con abundantes flores y ovarios glabros.

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

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

Baccharis raulii Díaz & Cuatrecasas, sp. nov. Fig. 1.

Frutex vel arbuscula usque ad 7 m. alta ramis brunneis striolatis tuberculato cicatricosis lanosis vel glabris. Folia alterna coriacea penninervia. Petiolus 1.0 – 2.5 cm longus basi incrassatus supra canaliculatus subtus teres, lanosus vel glabrus. Lámina anguste – elliptica basi cuneata supra peciolum decurrens apice longe attenuata acuta, margine argute minuteque serrata dentibus acutis, 6.0 – 13.5 cm longa 2.0 – 4.0 cm lata; supra viridis opaca levissime rugosa glabra vel sparsissimis pilis dispersis munita, costa impressa nervis secundariis reticuloque fere inconspicuis; subtus dense lanoso vestita, costa crassa elevata nervis secundariis 10 – 20 utroque latere prominentibus arcuato ascendentibus anastomosantibus.

Inflorescentia terminalis corymboso paniculata erecta folia suprema vix attingens vel valde bre-

vior 4 – 8 cm lata, axi dense lanosis bracteis anguste ovatis subacutis 2.5 – 6.0 mm longis dorso dense villosis, pedicellis dense lanosis 2.0 – 9.0 mm longis. Capitula mascula globosa 5 – 8 m diametentia, involucreo lutescenti multibracteato, phyllariis circa 30 quinquieseriatas subpaleaceis glabris vel tomentosus sed margine eroso-ciliatis, exterioribus ovatis acutis 1.5 – 2.5 mm longis 1.0 – 1.5 mm latis, interioribus angosto-ovatis acutis 3.5 – 4.0 mm longis 1.0 – 1.3 mm latis, receptaculum planum nudum 2 mm latum, alveolatum. Flores masculi circa 50 in capitulo; corolla alba vel dilute aurantiaca 2.5 mm longa, tubo 0.8 mm longo pilosulo, lobis 1.3 mm longis papillosis; antherae 1.2 mm longae; pappus 3 mm longus setis uniseriatis sursum dilatatis. Capitula feminea globosa 7 – 9 mm diametentia involucreo lutescenti multibracteato phyllariis circa 40 subpaleaceis quinquieseriatas glabris sed margine eroso-ciliatis, exterioribus ovatis 1.3 – 3.0 mm longis 0.8 – 1.2 mm latis, interio-

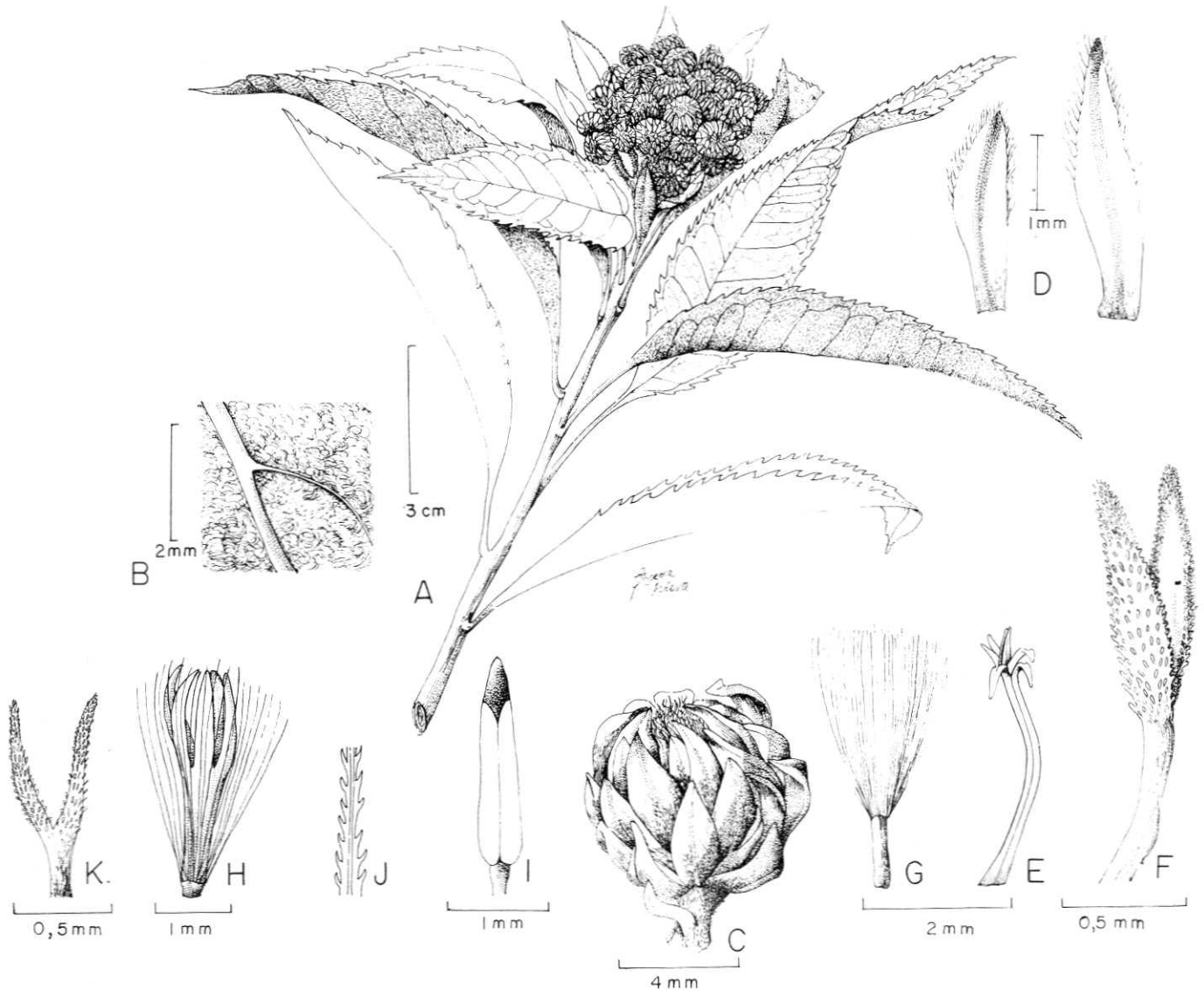


Figura 1. *Baccharis raulii* Díaz & Cuatrecasas. A. – Hábitos; B. – detalle del envés foliar; C. – capítulo; D. – filarias; E. – flor femenina; F. – detalle del estilo de la flor femenina; G. – aquenio; H. – flor del disco; I. – estambre; J. – detalle del pappus; K. – estilo de la flor del disco. A.–G: tomado de Echeverry, R. 4242 (Typus), H.–K: tomado de Arbeláez, G. et al. 1750. Dibujo original de Eugenia de Brieva.

ribus angosto — ovatis 4.0 — 4.5 mm longis 1.0 — 1.5 mm latis. Flores feminei circa 90 in capítulo; corolla capillaris 2.5 mm longa alba quinquedentulata basaliter dilatata lobis 0.3 mm longis; stylus 3 mm longus; ovarium glabrum 0.5 mm longum; pappus 3.0 mm longus setis uniseriatis; receptaculum nudum planum 2 mm latum alveolatum.

TYPUS: COLOMBIA, Departamento del Quindío, Municipio de Salento, Alto Quindío, Herencia Verde, 2500 m, 15—junio—1990, *Raúl Echeverry E. 4242* (Holotypus COL, isotypi COL, TOLI).

Material adicional examinado: COLOMBIA, Departamento del Quindío, Salento, Cocora — Nevado del Quindío, Hda. Guatemala, 2950 m, 1 — Septiembre—1986, *Germán Arbeláez, C. Vélez, N. Carvajal y J. Uribe 1750* (COL, HUQ) “Arbusto, hojas verdes por la haz, blanquecinas por el envés, flores tubulosas blanco naranja. Tallo rojizo pubes-

cente blancusco. Planta masculina, abundancia regular”; Salento, Vereda Cocora, Estación La Montaña, 2600 — 2900 m, 7—Mayo—1990, *Favio González 2039* (COL), “Arbolito de 7 m alt. Envés foliar y tallos girsáceos, inflorescencias verde claro”; misma localidad y fecha, *Favio González 2047* (COL), “Arbusto de 4 m alt. Indumento grisáceo cubriendo el tallo y el envés foliar. Botones de las inflorescencias verdes”.

Etimología: el epíteto específico alude al Dr. *Raúl Echeverry Echeverry*, Fundador y Director del Herbario y del Jardín Botánico de la Universidad del Tolima en Ibagué, quien herborizó el ejemplar femenino que sirvió para tipificar esta especie.

Bibliografía citada

- Cuatrecasas, J. 1967. Revisión de las especies colombianas del género *Baccharis*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 13 (47): 5-102.

FAMILIAS DEL ORDEN UREDINALES CON CICLO DE VIDA COMPLETAMENTE REDUCIDO

por

Pablo Buriticá C.*

Resumen

Buriticá, P.: Familias del Orden Uredinales con ciclo de vida completamente reducido. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 131-148, 1991. ISSN 0370-3908.

Se presenta una revisión de los Uredinales que poseen teliosoro idéntico o derivado del anamorfo asociado con espermogonio. Las especies se agrupan en dos familias: Endophyllaceae para aquellas en las cuales el teliosoro es idéntico al anamorfo asociado con espermogonio y el espora es un teliospora, y Puccinosiraceae para aquellas en las cuales el teliosoro y el teliospora han sufrido modificaciones morfológicas dentro de la línea originada en el anamorfo asociado con espermogonio. Se aclara la nomenclatura, se proponen un nuevo género: *Ceratocoma*, una nueva especie: *Baedromus albertensis* y cuatro nuevas combinaciones: *Monosporidium pavettae*, *Puccinosira tuberculata*, *Ceratocoma guineensis* y *Ceratocoma jacksoniae*.

Abstract

This is a complete citation of all of the Uredinales species which produce telia-like anamorphs associated with spermogonia or derivated from it. The species have been grouped in two families: Endophyllaceae including the species which its telia is identical to the anamorph associated with spermogonia; and Puccinosiraceae comprising the species derivated from Endophyllaceae, which present morphological variations in the telia and teliospores. The genus *Ceratocoma* is proposed as new; *Baedromus albertensis* Connors as a new species; and *Monosporidium pavettae*, *Puccinosira tuberculata*, *Ceratocoma jacksoniae* and *Ceratocoma guineensis* are presented as new combinations.

Introducción

En el orden Uredinales el uso y aplicación de agrupaciones supragenéricas ha sido muy limitado. Esto debido a que en el sistema de clasificación

predominante, se agrupan de tal manera los distintos géneros, que es difícil hacer inferencias o deducir características genéricas, por la sola aplicación del nombre de familia y de lo que éste implica. Hasta hace pocos años se usaba únicamente la presencia de pedicelos en los teliosporos, como carácter de definición de familias (Melanmpsora-ceae-sésiles vs. Pucciniaceae-pedicelados). Además, estudios de distribución geográfica, ciclos de vida,

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Apartado 21, Codazzi, Cesar, Colombia.

rango de hospedantes y otros en diversos campos de la ciencia, no se han aplicado para determinar las afinidades filogenéticas y el rango biológico de cada agrupación.

En los últimos años, Gaumann (1949), Leppik (1972), Savile (1976, 1989), Cummins & Hiratsuka (1983) y Buriticá & Hennen (1991), han venido proponiendo y fomentando el estudio de divisiones a nivel de familias, agrupando los géneros, teniendo en cuenta un mayor número de características y el valor ponderado que éstas poseen como herramienta para agrupaciones supragenéricas, de tal forma que se reflejen con mayor consistencia las relaciones filogenéticas y se determinen grupos más pequeños y coherentes. Esto ha sido posible porque se ha descubierto el valor supragenérico de características tales como: Espermogonios (Hiratsuka & Cummins, 1963; Hiratsuka & Hiratsuka, 1980), rango de hospedantes (Leppik, 1972; Savile, 1976), anamorfos (Kenney, 1970; Sathe, 1977; Buriticá & Hennen, 1991), ontogenia de los esporos (Hughes, 1970). Otras características menos consistentes también contribuyen a dar un mejor sentido a la agrupación supragenérica, i.e. ornamentación y poros germiantivos en los esporos. Pero, así como se han aplicado estas características para realizar agrupaciones con denominación de familia, se mantienen vigentes otras características específicas que llevadas a niveles superiores, crean confusión. Entre estas últimas se destacan el concepto de ciclos de vida, la interpretación y las agrupaciones que se han hecho de ellos.

Cummins & Hiratsuka (1983) un reciente publicación proponen un sistema de clasificación a nivel de familia, que tiene en cuenta un mayor número de características morfológicas, que reflejan claramente las afinidades entre grupos más pequeños y coherentes, y que en general se reconoce en este trabajo. No obstante, incluyen en la misma familia a los géneros teliomórficos que tienen morfología de anamorfo y esporos con función de teliosporos y a los géneros que se presume son sus ancestros. Rompiendo la unidad de familia que gira alrededor de la morfología y desconociendo que las variantes del ciclo de vida han dado origen a especies nuevas Jackson (1931) y Buriticá & Hennen (1980) han mostrado que varios géneros tienen su origen en la reducción del ciclo de vida en especies completamente expandidas (autóicas o heteróicas) Hennen & Buriticá, 1980), y que una vez la función de teliomorfo pasa a el enamorfo, éste inicia su evolución como una especie nueva diferente).

La consideración de las especies con ciclo de vida reducido vía endophylloide (Buriticá & Hennen, 1980), ha sido llevada hasta el extremo, de colocarlas con los géneros que se presume son los parentales (*Puccinia-Uromyces*), aún sin conocer si esta relación existe verdaderamente en la naturaleza (Laundon, 1967; discute ampliamente este tema) o si ocurre en otros géneros (i.e. de la familia Phakopsoraceae). Tal decisión deja sin fundamento

el concepto morfológico de género y familia y sin "status" a las especies a las cuales no se les conoce su posible parental, muy especialmente si éstos están en géneros distintos de los ya mencionados.

Por tal razón, en este trabajo se propone considerar los géneros con ciclo de vida reducido en las familias Endophyllaceae Dietel y Puccinosiraceae Cummins & Hiratsuka ex Buriticá & Hennen. Manteniendo la morfología como principal criterio para agrupaciones a nivel de género y familia y reconociendo que la evolución y cambio en los ciclos de vida han dado origen a especies que conforman grupos independientes y con líneas propias de evolución. Las especies que presentan ciclo de vida parcialmente reducido y que producen teliosporos como anamorfos acompañados de teliosporos como en su ancestro, todos provenientes del mismo micelio, son consideradas en el género y familia ancestral (i.e. *Puccinia pampeana-Endophyllum pampeanum*-Pucciniaceae; *Pucciniostele manschurica Klastopsora komarovii*-Phakopsoraceae).

CLAVE DE LAS FAMILIAS DEL ORDEN UREDINALES

1. Teliosporos compactados en el teliosoro o libres en el tejido del hospedante 2.
1. Teliosporos separados dentro del teliosoro. (no Endoraecium) 9.
2. Teliosoro sin himenio o este incipiente y laxo Pucciniastraceae (Arthur) Gaumann.
2. Teliosoro con himenio desarrollado y compacto 3.
3. Teliosoro principalmente con una capa de teliosporos 4.
3. Teliosoro con más de dos capas de teliosporos 5.
4. Teliosporos (probasidio) con pared gruesa y pigmentada Melampsoraceae Schroeter.
4. Teliosporo (probasidio) efímero, pared delgada, hialino Micronegeriaceae Cummins & Hiratsuka.
5. Teliosporos formados por el metabasidio Coleosporiaceae. Dietel.
5. Teliosporos (probasidio) en cadenas. (no Endoraecium) 6.
6. Teliosporos sesiles en las cadenas 7.

6. Teliosporos con células intercalares o pedicelos en las cadenas 8.
7. Teliosporos embebidos en una matriz gelatinosa Cronartiaceae Dietel
7. Teliosporos sin matriz gelatinosa, tropicales Phakopsoraceae Cummins & Hiratsuka ex Buriticá & Hennen.
8. Teliosoro pulverulento, esporos verrucosos Endophyllaceae Dietel
8. Teliosoro más o menos compacto, esporos irregularmente ornamentados o lisos Puccinosiraceae Cummins & Hiratsuka ex Buriticá & Hennen.
9. Teliosporos sesiles en ramificaciones de la célula esporógena Chaconiaceae Cummins & Hiratsuka.
9. Teliosporos pedicelados 10.
10. Teliosporos unicelulares o con varias células divididas por septos horizontales 11.
10. Teliosporos con varias células divididas por septos no horizontales 14.
11. Teliosporos unicelulares, en pedicelos o en hifas esporógenas botryosas Pileolariaceae (Arthur) Cummins & Hiratsuka.
11. Teliosporos diferentes 12.
12. Espermogonios del grupo V, teliosporos con un sólo poro germinativo por célula Pucciniaceae Chevalier
12. Espermogonios de los grupos IV o VI, teliosporos con uno o varios poros germinativos por célula 13.
13. Espermogonios del grupo VI ... Uropyxidaceae (Arthur) Cummins & Hiratsuka
13. Espermogonios del grupo IV ... Phragmidiaceae Corda
14. Teliosporos compuestos (probasidios más estructuras estériles) Raveneliaceae (Arthur) Leppik
14. Teliosporos con varias células en distintos planos Sphaerophragmiaceae Cummins & Hiratsuka.

TRATAMIENTO SISTEMÁTICO

ENDOPHYLLACEAE Dietel, Engler & Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1 (1): 35. 1900.
 Género tipo: *Endophyllum* Leveille, Mem. Soc. Linn. Paris 4: 208. 1825.

Espermogonio en los grupos II, IV, V, VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorfos no formados. Teliosoro pulverulento; con peridio celular o hifoide, teliosporos en cadenas, verrucosos; o, sin estructuras estériles, teliosporos pedicelados y equi-

Tabla 1.

Distribución de los distintos géneros que conforman la familia Endophyllaceae de acuerdo con sus hospedantes. El número indica las familias de hospedantes que están parasitadas.

HOSPEDANTES	GENEROS					
	Subclases	<i>Endophyllum</i>	<i>Monosporidium</i>	<i>Endocronartium</i>	<i>Kunkelia</i>	<i>Endoraecium</i>
Pinophyta						
Pinicae				1.		
Magnoliophyta						
Magnoliopsida						
1. Magnoliidae	2.					
2. Hammameiidae						
3. Caryophyllidae	1.					
4. Dillenidae						
5. Rosidae	6.	1.		1.	1.	
6. Asteridae	5.	1.				
Liliopsida						

nulados. Teliosporos unicelulares, metabasidio externo, con 2-4 basidiosporos. Especies autoicas, ciclo de vida completamente reducido.

Distribución: de hospedantes, tabla 1. Geografía: Universal.

Observación: en el tratamiento dado, se reconoce como autor de la especie en el género teliomórfico correspondiente, al investigador que experimentó y describió la condición de teliosporos en los esporos, con el mismo criterio se propone la tipificación de las especies. Los nombres anamórficos aplicados a las especies sin que se haya probado la germinación de los esporos, son considerados como nombres ambiguos (si se llegase a probar la condición teliomórfica de los esporos, en los tipos descritos como anamorfos, la autoría de la especie debe cambiarse). Al tomar esta decisión se pretende fomentar las pruebas de germinación de los esporos en los anamorfos asociados con espermogonio. Y, dar un claro punto de partida a la nomenclatura de estas especies.

CLAVE PARA LOS GENEROS DE LA FAMILIA ENDOPHYLLACEAE

1. Teliosporos pedicelados equinulados, sobre Leguminosae, *Acacia spp* *Endoraecium* Hodges & Gardner.
1. Teliosporos en cadena, verrucosos 2.
2. Teliosoro ciatiforme, con peridio celular bien desarrollado 3.
2. Teliosoro abierto con peridio celular incipiente o sin estructuras estériles 4.
3. Teliosoro asociado con espermogonio del grupo VI *Monosporidium* Barclay.
3. Teliosoro asociado con espermogonio del grupo V *Endophyllum* Leveille.
4. Teliosoro intracortical, con peridio incipiente, sobre Pinaceae *Endocronartium* Y. Hiratsuka.
4. Teliosoro subepidermal, sin peridio, sobre Rosaceae *Kunkelia* Arthur.

1. *Endoraecium* Hodges & Gardner, Mycologia 76: 339. 1984.

Especie tipo: *Endoraecium acaciae* Hodges & Gardner, l.c.

Tipo: sobre *Acacia koa* var. *koa* Gray (Leguminosae), U.S.A. Hawaii, Kauai, Makaha ridge, 16 Jun. 1983, C.S. Hodges.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, erumpente, pulverulento, sin estructuras estériles; teliosporos libres, producidos como sympoconidio, pedicelados, equinulados; varios poros germinativos; metabasidio externo.

Distribución: hasta el presente sólo conocido en el archipiélago de Hawaii, sobre miembros de la subclase Rosidae, familia Leguminosae.

- 1.1. *Endoraecium acaciae* Hodges & Gardner, Mycologia 76: 339. 1984

Tipo: sobre *Acacia koa* var. *koa* Gray (Leguminosae), U.S.A. Hawaii, Kauai, Makaha ridge, 16 Jun. 1983, C.S. Hodges.

Distribución: Archipiélago de Hawaii.

- 1.2. *Endoraecium hawaiiense* Hodges & Gardner Mycologia 76: 343. 1984.

Tipo sobre *Acacia koa* var. *koa* Gray (Leguminosae), U.S.A. Hawaii, Oahu, Paldo valley, 24 Mar. 1983, C.S. Hodges.

Distribución: Archipiélago de Hawaii.

2. *Monosporidium* Barclay, J. Asiat. Soc. Bengal 56: 367. 1887.

Especie tipo: *Monosporidium euphorbiae* Barclay, l. c.

Tipo: sobre *Euphorbia cognata* Boiss (Euphorbiaceae), INDIA. Simla, Jul.-Ago. (sin año), A. Barclay.

Kulkarniella Gokhale & Patel, Indian Phytopathology 4: 172. 1952. Especie tipo: *Kulkarniella pavettae* Gokhale & Patel, l.c.

Espermogonio en grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro ciatiforme, pulverulento, peridio celular bien desarrollado; teliosporos unicelulares, en cadenas, con células intercalares, verrucosas; metabasidio externo con 2-4 basidiosporos.

Distribución: hasta el presente sólo conocido en el Asia trópic, sobre miembros de las subclases Rosidae y Asteridae. Teóricamente puede presentarse en todo el trópico como derivación de las especies, con ciclo de vida completamente expandido (heteróicas o autóicas) de los géneros que se han agrupado en las familias de Uredinales con espermogonio del grupo VI (Phakopsoraceae, Chaconiaceae, Uropyxidaceae, Pileolariaceae, Raveneliaceae y Sphaeropharagmiaceae).

- 2.1. *Monosporidium euphorbiae* Barclay, J. Asiat. Soc. Bengal 56: 364. 1887.
- Tipo: sobre *Euphorbia cognata* Boiss (Euphorbiaceae), INDIA. Simla, Jul.-Ago. (sin año), A. Barclay.
- Distribución: India.
- 2.2. *Monosporidium andrachnes* Barclay (publicado como "andrachnis"), J. Asiat. Soc. Bengal 56: 371. 1887.
- Tipo: sobre *Andrachne cordifolia* Mull-Arg. (Euphorbiaceae), INDIA. Simla, Ago. (sin año), A. Barclay.
- Distribución: India, China.
- 2.3. *Monosporidium pavettae* (Gokhale & Patel) Buriticá, *comb. nov. Kulkarniella pavettae Kulkarniella pavettae* Gokhale & Patel, Indian Phytopathology 4: 172. 1951.
- Tipo: sobre *Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm. (Rubiaceae), INDIA. Bombay Mahableshtar, Jul. 1951, Gokhale.
- Distribución: India. Probablemente en otros sitios, pero no se ha confirmado el tipo de germinación en los especímenes.
3. *Endophyllum* Leveille, Mem. Soc. Linn. Paris 4: 208. 1825.
- Especie tipo: *Endophyllum personii* Leveille. l.c.
- Tipo: sobre *Sempervivum globiferum* L. (Crasulaceae), PRUSIA.
- Espermogonio en el grupo V (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro pulverulento, ciatiforme, peridio celular bien desarrollado; teliosporos unicelulares, en cadenas con células intercalares, verrucosos; varios poros germinativos; metabasidio externo con 2-4 basidiosporos.
- Distribución: global, sobre especies de las subclases Magnoliidae, Caryophyllidae, Rosidae y Asteridae. Es posible que aparezca en otras subclases pero no se han realizado las pruebas de germinación requeridas para establecer su presencia. Género especialmente asociado con la familia Pucciniaceae.
- 3.1. *Endophyllum heliotropii* Thirumalachar & Narasimhan, New Phytologist 49: 110. 1950.
- Tipo: sobre *Heliotropium indicum* L. (Boraginaceae), INDIA. Mysore, Screerangapatna, 28 Dic. 1948, B.A. Razi & H.C. Govindu.
- Distribución: India.
- Observación: estado anamorfo parental desconocido.
- 3.2. *Endophyllum kaernbachii* Stevens & Mendiola, The Philippine Agriculturist 20: 7-8. 1931.
- Tipo: sobre *Merremia umbellata* (?), (Convolvulaceae), FILIPINAS: Los Baños, College of Agriculture, 8 Sep. 1930, F.L. Stevens 480.
- Aecidium kaernbachii* P. Hennings, Engler Bot. Jahr. 15: 5. 1892. *nom. ambiguum*.
- Distribución: Filipinas.
- 3.3. *Endophyllum blumeae* Stevens & Mendiola, The Philippine Agriculturist 20: 5. 1931.
- Tipo: sobre *Blumea balsamifera* (L.) DC. (Compositae), FILIPINAS. Los Baños, College of Agriculture, 5 Sep. 1930, F.L. Stevens 475.
- Aecidium blumeae* P. Hennings, Hedwigia 47: 252. 1908. *nom. ambiguum*.
- Distribución: Filipinas.
- 3.4. *Endophyllum decoloratum* Whetzel & Olive, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 49. 1917.
- Tipo: sobre *Clibadium erosum* (Sw.) DC. (Compositae), PUERTO RICO. Pendientes del Yunque, 15 Abr. 1916, Whetzel & Olive 71.
- Aecidium pumilio* Kuntze, en Weigelt, Exsicc. s.n. 1827. *nom. ambiguum*.
- Aecidium decoloratum* Schweinitz, en Berkeley & Curtis, J. Phila. Acad. Sci. II. 2: 283. 1853. *nom. ambiguum*.
- Aecidium clibadii* Sydow, Ann. Mycol. 1: 333. 1903. *nom. ambiguum*.
- Endophyllum wedeliae* Whetzel & Olive, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 49. 1917.
- Endophyllum pumilio* H. & P. Sydow, Ann. Myc. 28: 179. 1920.
- Distribución: Antillas, Centro y Sur América.
- 3.5. *Endophyllum emilae-sonchifoliae* Nagaraj, Govindu & Thirumalachar, Sydowia 25: 159. 1971.
- Tipo: sobre *Emilia sonchifolia* DC. (Compositae), INDIA. Mysore, Balehonnur, Coffee Research Station, 10 Dic. 1960, T.R. Nagaraj.
- Aecidium gynurae* Petch, Ann. Roy. Bot. Gard. Peradeniya 5: 244. 1912. *non. ambiguum*.

- Aecidium formosanum* P. & H. Sydow, Ann. Mycol. 11: 56. 1913. *nom. ambiguum*.
- Tipo: sobre *Euphorbia characias* L. (Euphorbiaceae), FRANCIA.
- Distribución: Europa.
- Aecidium emiliae* Petch, Ann. Roy. Bot. Gard Peradeniya 6: 212. 1917. *nom. ambiguum*.
- Endophyllum formosanum* Hiratsuka & Kaneko, Rept. Tottori Mycol. Inst. Japon 18: 161. 1980.
- Distribución: India, Taiwan.
- 3.6. *Endophyllum spilanthes* Thirumalacher & Govindu, Bot. Gaz. 115: 390. 1954.
- Tipo: sobre *Spilanthes acmella* Murr. (Compositae), INDIA. Bangalore, Hebbal, 10 Nov. 1952, H.C. Govindu.
- Distribución: India.
- 3.7. *Endophyllum persoonii* Leveille, Mem. Soc. Linn. Paris 4: 208. 1825.
- Tipo: sobre *Sempervivum globiferum* L. (Crasulaceae), PRUSIA.
- Uredo sempervivi* Albertini & Schweinitz, Consp. Fung. p. 126. 1805. *nom. ambiguum*.
- Uredo sedi* DC., Flora. Franc. 2: 227. 1815. *nom. ambiguum*.
- Caeoma sempervivi* Link, Spec. Plant. 2: 27. 1825. *nom. ambiguum*.
- Erysibe insculpta* var. *sempervivorum* Wallroth, Fl. Crypt. Germ. 2: 202. 1833. *nom. ambiguum*.
- Endophyllum sempervivi* DeBary, Ann. Sc. Nat. 20: 86. 1863.
- Endophyllum sedi* Winter, Pilze 1: 252. 1884.
- Puccinia sempervivi* Joerstad, Skr. N. Vidensk. Akad. Oslo 1 (9): 151. 1933.
- Distribución: Europa.
- 3.8. *Endophyllum alaeagni-latifoliae* Gokhale, Thirumalacher & Patel, Curr. Sci. 24: 125. 1955.
- Tipo: no designado.
- Aecidium elaeagni-latifoliae* Petch, Ann. Roy. Bot. Gard. Peradeniya 4: 302. 1909. *nom. ambiguum*.
- Distribución: India, Sri Lanka.
- 3.9. *Endophyllum euphorbiae-characiatis* Liou, Bull. Soc. Myc. Francia 45: 106. 1929.
- 3.10. *Endophyllum euphorbiae-nicaeensis* Liou, Bull. Soc. Myc. Francia 45: 112. 1929.
- Tipo: sobre *Euphorbia nicaeensis* All. (Euphorbiaceae), FRANCIA.
- Aecidium endophylloides* Liou, Bull. Soc. Myc. Francia 45: 115. 1929. *nom. ambiguum*.
- Distribución: Francia.
- 3.11. *Endophyllum euphorbiae-sylvaticae* Winter, Pilze Deutschl. p. 251. 1881.
- Tipo: sobre *Euphorbia sylvatica* L. (Euphorbiaceae), ALEMANIA.
- Aecidium euphorbiae-sylvaticae* D.C., Fl. Francesa 2: 241. 1805. *nom. ambiguum*.
- Endophyllum euphorbiae* Plowright, Monogr. Ured. Brit. p. 228. 1889.
- Endophyllum uninucleatum* M.F. Moreau, Bull. Soc. Myc. Francia 27: 489. 1913.
- Uromyces euphorbiae-sylvaticae* (DC.) Joerstad, Nytt. Mag. Bot. 1: 73. 1952.
- Distribución: Europa y Oriente Medio.
- Observación: esta especie y las dos anteriores probablemente conforman un complejo relacionado con *Uromyces pisi* (DC.) Otth., en Europa.
- 3.12. *Endophyllum dichroae* Raciborski, Bull. Acad. Sci. Cracovie p. 274. 1909.
- Tipo: sobre *Dichroa cyanitis* Miq. (Saxifragaceae), JAVA. Gedeh y Pangerango.
- Distribución: Java.
- 3.13. *Endophyllum machili* Stevens, Nat. and App. Sci. Bull. Univ. of Philippines 2: 442. 1932.
- Tipo: sobre *Machilus philippinensis* Merrill (Lauraceae), FILIPINAS. Benguet, Monte Santo Tomás, 31 Dic. 1930, F.L. Stevens 1309.
- Aecidium machili* P. Hennings, Hedwigia 41: 21. 1902. *nom. ambiguum*.
- Aecidium nakanishiki* P. Hennings, Engler Bot. Jahrb. 37: 159. 1905. *nom. ambiguum*.
- Distribución: Japón, Taiwan, China y Filipinas.

3.14. *Endophyllum cassiae* Stevens & Mendiola, The Philippine Agriculturist 20: 16. 1931.

Tipo: sobre *Cassia tora* L. (Leguminosae), FILIPINAS. Los Baños College of Agriculture, 8 Dic. 1930, *F.L. Stevens 1100*.

Aecidium cassiae Bresadola, Rev. Myc. 13: 66. 1891. *nom. nudum*. (no *Aecidium cassiae* Ellis & Kellerman, 1887).

Aecidium torae P. Hennings, Engler Bot. Jahrb 34: 42. 1904. *nom. ambiguum*.

Endophyllum cassiae Nagaraj, Govindu & Thirumalachar, Sydowia 25: 158. 1971. *nom. nudum*. Posterior homónimo.

Distribución: Filipinas, India, Africa tropical.

3.15. *Endophyllum alaskanum* Savile, Can. J. Bot. 40: 1393. 1962.

Tipo: sobre *Epilobium anagallidifolium* Larmark (Onagraceae), U.S.A. Alaska, Kenai Pen, Head of Palmer Creek Valley, *Calder 6282A*.

Distribución: Alaska.

Observación: probablemente relacionado con *Puccinia veratri* Duby, que alterna entre *Epilobium* sp. y *Veratrum* sp., en Norte América. Europa, Siberia y Japón (Savile, *l.c.*).

3.16. *Endophyllum lacus-regis* Savile & Parmele, Mycologia 48: 577. 1956.

Tipo: sobre *Claytonia caroliniana* Michx. (Portulacaceae), CANADA. Quebec, Gatineau Co.

Distribución: Canadá.

3.17. *Endophyllum macowani* Pole-Evans, Rept. S. Afri. Ass. for Adv. Sc. p. 252. 1909.

Tipo: sobre *Rhamnus prinoides* L'Herit. (Rhamnaceae), SUR AFRICA. Boschberg *McOwan 1279*.

Aecidium elegans. Dietel, Hedwigia 28: 180. 1889. *nom. ambiguum*.

Distribución: Sur Africa, Sudán, Etiopía, Rhodesia y Zaire.

3.18. *Endophyllum striatosporum* Wakefield, en Wakefield y Hansford, Proc. Linnean Soc. Londres 161: 188. 1949.

Tipo: sobre *Rhamnus prinoides* L'Herit. (Rhamnaceae), UGANDA, Elgon, Sabei, Dic. 1933, *Hansford 1680*.

Distribución: Uganda.

Observación: El status de esta especie es dudoso ya que sus esporos no han podido ser germinados.

3.19. *Endophyllum ixorae* Gaumann, Bull. Jard. Bot. Buitenzorg 5: 7. 1922.

Tipo: sobre *Ixora javanica* DC. (Rubiaceae), JAVA.

Distribución: Java.

3.20. *Endophyllum paederiae* Stevens & Mendiola, The Philippine Agriculturist 20: 11. 1931.

Tipo: sobre *Paederia tomentosa* Bl. (Rubiaceae), FILIPINAS. Los Baños, College of Agriculture, 11 Sep. 1930, *F.L. Stevens 516*.

Aecidium paederiae Dietel, Hedwigia 36: 297. 1897. *nom. ambiguum*.

Distribución: China, Filipinas y Japón.

Observación: probablemente relacionado con *Puccinia zoisiae* Dietel.

3.21. *Endophyllum griffithiae* Raciborski, Paras. Algen u. Pilze, Java 1: 20. 1900.

Tipo: sobre *Griffithia fragrans* Wight. & Arn., *Griffithia latifolia* Teijsm. & Binn, y *Randia scandens* (Bl.) DC. (Rubiaceae), JAVA.

Aecidium griffithiae P. Hennings, Monsunia 1: 4. 1899. *nom. ambiguum*.

Distribución: Java.

Observación: Hasta el presente el espermogonio de esta especie no se conoce. Si llegara a ser del tipo VI la posición correcta de esta especie sería en el género *Monosporidium*.

3.22. *Endophyllum maheshawarii* Singh & Jalan, Indian Phytopathology 18: 32. 1964.

Tipo: sobre *Schisandra grandiflora* Hooker & Thom. (Schisandraceae), INDIA. Gharwal, Rambara, Sep. 1958, *M.A. Rau*.

Distribución: India.

Observación: Esta especie tiene una posición dudosa en el género *Endophyllum* ya que sus esporos no han sido germinadas.

3.23. *Endophyllum centranthi-rubri* Poirault, Bull. Soc. Myc. Francia 18: 42. 1902.

Tipo: no designado. Sobre *Centranthus* sp. (Valerianaceae). Sur de EUROPA.

Aecidium centranthi Thuemen, Verzeichnis des Schles. Bot. Tauschuereins, 1874. *nom. ambiguum*.

Endophyllum centranthi Ciferri, Atti. Inst. Bot. Univ. Pavia ser. 5. 5: 296. 1946.

Distribución: Sur de Europa.

Observación: probablemente relacionado con *Puccinia gladioli* (Requien) Castagne.

3.24. *Endophyllum valerianae-tuberosae* R. Maire, Bull. Soc. Myc. Francia 16: 67. 1900.

Tipo: sobre *Valeriana tuberosa* L. (Valerianaceae), FRANCIA. Burgundy, Gevrey Chambertin, 4 Abr. 1898, *M.R. Maire*.

Distribución: Sur de Francia.

Observación: especie probablemente relacionada con *Uromyces valerianae* (DC.) Laveille.

3.25. *Endophyllum superficiale* Stevens & Mendiola, The Philippine Agriculturist 20: 13. 1931.

Tipo: sobre *Clerodendrum intermedium* Cham. (Verbenaceae), FILIPINAS. Los Baños, College of Agriculture, 3 Sep. 1930, *F.L. Stevens 448*.

Aecidium superficiale Karsten & Roumer, Rev. Myc. 12: 78. 1890. *nom. ambiguum*.

Aecidium clerodendri P. Hennings, Engler Bot. Jahrb. 15: 6. 1892. *nom. ambiguum*.

Distribución: Filipinas, Java.

3.26. *Endophyllum stachytarphaetae* Whetzel & Olive, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 50. 1917.

Tipo: sobre *Stachytarphaeta cayennensis* L.C. Rich. (Verbenaceae), PUERTO RICO. Río Piedras, Experiment Station farm, 11-22 Abr. 1916, *Whetzel & Olive 72*.

Aecidium stachytarphaetae P. Hennings, Hedwigia 38: 71. 1899. *nom. ambiguum*.

Distribución: Antillas, Centro y Sur América.

Observación: esta por probar su relación con *Puccinia urbaniana* P. Hennings, ya que con frecuencia se les haya asociados.

3.27. *Endophyllum circumscriptum* Whetzel & Olive var. *circumscriptum*, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 49. 1917.

Tipo: sobre *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae), PUERTO RICO. Mayaguez, 29 Mar. 1916.

Whetzel & Olive 82.

Aecidium guttatum Kuntze, Weigelt Exsicc., s.n., 1827. *nom. ambiguum*.

Aecidium circumscriptum Schweinitz ex Berkeley & Curtis, J. Phila. Acad. Nat. Sci. 2: 283. 1853. *nom. ambiguum*.

Aecidium cissi Winter, Hedwigia 23: 168. 1884. *nom. ambiguum*.

Distribución: desde Florida (U.S.A.), hasta la Argentina incluyendo Las Antillas.

3.28. *Endophyllum circumscriptum* var. *catamarcensis* Lindquist, Rev. Fac. Agron. La Plata 43: 68. 1967.

Tipo: sobre *Cissus sicyoides* L. (Vitaceae), ARGENTINA. Catamarca, Andagla, 25 Dic. 1951, *Sleumer*.

Distribución: Argentina.

ESPECIES EXCLUIDAS

3.29. *Endophyllum rivinae* Arthur, N. Amer. Fl. 7: 126. 1907.

Observación: nombre teliomórfico dado a el estado de anamorfo de *Puccinia rankaerii* Ferdinansen & Winge, en la familia Pucciniaceae. Sinónimo de *Aecidium rivinae* Berkeley & Curtis.

3.30. *Endophyllum vernoniae* Arthur, N. Amer. Fl. 7: 126. 1907.

Observación: nombre teliomórfico dado a el estado de anamorfo de *Puccinia erraticà* Jackson & Holway (no tiene nombre en un género anamórfico), en la familia Pucciniaceae.

3.31. *Endophyllum singulate* Dietel & Holway, Bot. Gaz. 31: 336. 1901.

Observación: nombre teliomórfico aplicado al estado anamórfico de *Crossopora* spp. (probablemente *Crossopora byrsonimatis* P. Hennings). *Aecidium singulare* (Dietel & Holway) Arthur, Amer. J. Bot. 5: 540. 1918; es la combinación propuesta para este anamorfo.

3.32. *Endophyllum pampeanum* (Spegazzini) Lindquist, Bol. Soc. Argentina Bot. 10: 114. 1963.

Observación: como se dijo anteriormente las especies que producen el estado de *Endophyllum* asociado con el teliomorfo ancestral (*Puccinia pam-*

peana Spegazzini, Anal. Soc. Cient. Argentina 9: 220. 1880), provenientes del mismo micelio, son consideradas como una sola especie (dimórfica en el teliomorfo) y en la familia del teliomorfo ancestral. Pucciniaceae en este caso en particular.

4. *Endocronartium* Y. Hiratsuka, Can. J. Bot. 47: 1493. 1969.

Especie tipo: *Endocronartium harknesii* Y. Hiratsuka, *l.c.*

Tipo: no determinado

Espermogonio en el grupo II (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro intracortical en origen, erumpente, abierto, crecimiento indeterminado; peridio celular incipiente, evanescente; teliosporos catenulados, verrucosos; varios poros germinativos; metabasidio externo.

Distribución: conocido en el Hemisferio Norte sobre especies de Pinaceae.

4.1. *Endocronartium harknesii* Y. Hiratsuka, Can. J. Bot. 47: 1493. 1969. *nom. nudum*.

Tipo: no determinado.

Peridermium harknesii J.P. Moore, Montly Micr. J. 16:164. 1876. *nom. ambiguum*.

Peridermium cerebroides Meinecke, Phytopathology 19: 331. 1929. *nom. nudum*.

Distribución: al Oeste de los Estados Unidos y Canadá.

Observación: el tipo de esta especie debe ser uno de los especímenes estudiados por Hiratsuka (*l.c.*), ya que fue allí donde se puso de manifiesto el tipo de germinación de los esporos, que caracteriza el teliomorfo. Esto es especialmente necesario ya que en la misma región ocurre el estado anamórfico del uredinal completamente expandido (*Cronartium* spp.).

Al publicar esta especie en el género *Endocronartium*, Hiratsuka (*l.c.*) lo hizo como una combinación nueva basada en *Peridermium harknesii* J.P. Moore. Esto significa que el estado teliomórfico no tiene descripción de acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

4.2. *Endocronartium pini* Y. Hiratsuka, Can. J. Bot. 47: 1494. 1969. *nom. nudum*.

Tipo: no determinado.

Aecidium pini (Willdenow) Persoon, Syn. Meth. Fung. p. 213. 1801. *nom. ambiguum*.

Peridermium pini (Persoon) Leveille, Mem. Soc. Linn. Paris 4: 212. 1826. emend, Klebahn, Hedwigia 29: 1890. *nom. ambiguum*.

Distribución: Europa.

Observación: siendo que Hiratsuka (*l.c.*) propone un nombre nuevo para el estado teliomórfico (estado perfecto en el Orden Uredinales) y en esta especie nunca había sido descrito, su correcta publicación requiere entonces, que se haga como especie nueva. Como tal debe seguir el Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

4.3. *Endocronartium sahoanum* Imazu & Kakishima, Tran. Mycol. Soc. Japon 30: 308. 1989.

Tipo: sobre *Pinus pumila* Regel. (Pinaceae), Japón: Iwate, Mt. Hacimantai, 16 Jun. 1987, M. Imazu et al., TSH-R526.

Distribución: Japón.

5. *Kunkelia* Arthur, Bot. Gaz. 63: 504. 1917.

Especie tipo: *Kunkelia nitens* Arthur, *l.c.*

Tipo: sobre *Rubus enslenii* Tratt. (Rosaceae), U.S.A. North Carolina, Salem, *s.d.*, Schweinitz.

Espermogonio grupo IV (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, erumpente, abierto, sin estructuras estériles, pulverulento; teliosporos en cadenas, verrucosos; poros germinativos varios; metabasidio externo.

Distribución: en los Estados Unidos, sobre especies de Rosidae, familia Rosaceae.

Observación: seguimos el criterio de Arthur (*l.c.*) al considerar este género como la forma reducida de *Puccinia peckiana* Howe. Contrario a lo opinado por Laundon (1975) quien indica que el nombre que debe aplicarse es el de *Gymnoconia* Lagerheim. La confusión se origina al Laundon (*l.c.*) proponer la tipificación de *Gymnoconia* con el mismo espécimen escogido por Arthur para *Kunkelia*. Consideramos esto incorrecto ya que Lagerheim propuso el nombre de *Gymnoconia* haciendo clara referencia a los trabajos de Tranzschel en Europa, con las especies de *Puccinia* y *Phragmidium* en Rosaceae. En Europa no se conoce la forma reducida de este Uredinal.

5.1. *Kunkelia nitens* Arthur, Bot. Gaz. 63: 504. 1917.

Tipo: sobre *Rubus enslenii* Tratt. (Rosaceae), U.S.A. North Carolina, Salem, *s.d.*, Schweinitz.

Aecidium nitens. Schweinitz Schrift. Nat. Gesell. Leipzig 1: 69. 1822. *nom. ambiguum*.

4. Teliosporos bicelulares *Didymopsora* Dietel.
4. Teliosporos unicelulares 5.
5. Teliosoro cupular, compacto . . . *Baeodromus* Arthur.
5. Teliosoro columnar o filamentoso 6.
6. Teliosporos en capas formando discos . . . 4
 *Alveolaria* Lagerheim.
6. Teliosporos no formando capas 7.
7. Teliosporos con células intercalares evidentes en todo el filamento, pigmentados
 *Ceratocoma* Buriticá & Hennen.
7. Teliosporos sin células intercalares, hialinos
 *Cionothrix* Arthur.
8. Metabasidio proveniente de probasidios efímeros (basidio interno)
 *Trichopsora* Lagerheim.
8. Metabasidio originado en probasidios persistentes (basidio externo)
 *Chardoniella* Kern.
1. *Dietelia* P. Hennings, Hedwigia 36: 215. 1897.

Especie tipo: *Dietelia verruciformis* (P. Hennings) P. Hennings, l.c.

Tipo: sobre *Sida flavescens* Cav. (Malvaceae), ARGENTINA: Córdoba, Sierra Chica, 11 Nov. 1881, *Hieronymus*.

Endophylloides Whetzel & Olive, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 50. 1917. Especie tipo: *Endophylloides portoricensis* Whetzel & Olive, l.c.

Jacksonia Lindquist, Rev. Fac. Agron. La Plata 46: 202. 1970. (no *Jacksonia* R. Brown, Act. Hort. Bot. Kew 2: 12. 1811). Especie tipo: *Jacksonia holwayi* (H.S. Jackson) Lindquist, l.c.

Jacksoniella Lindquist, Rev. Fac. Agron. La Plata 47: 304. 1971. (no Kamat & Sathe, Indian Phytopathology 25: 78. 1972). Especie tipo: *Jacksoniella holwayi* (H.S. Jackson) Lindquist.

Espermogonio en el grupo V y VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro cyatiforme, compac-

to, en columnas cortas; peridio persistente adherido a los teliosporos; teliosporos unicelulares, producidos en cadena, células intercalares evidentes en al base, levemente verrucosos; poros germinativos varios. Metabasidio externo.

Distribución: principalmente tropical y subtropical, sobre especies de las subclases Magnoliidae, Dilleniade, Rosidae y Asteridae.

Observación: Cummins & Hiratsuka (1983) mencionan a *Thirumalachariella* Sathe como sinónimo de *Dietelia*; obviamente esto es un error ya que este género esta basado en una colección sobre Bignoniaceae en Brasil, siendo sinónimo de *Phragmidella* P. Hennings (Buriticá & Hennen, 1991).

- 1.1. *Dietelia portoricensis* (Whetzel & Olive) Buriticá & Hennen, Fl. Neotrópica 24: 15. 1980.

Aecidium expansum Arthur, Mycologia 7: 317. 1915. (no Dietel, 1899). *nom nudum*.

Endophylloides portoricensis Whetzel & Olive, en Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 51. 1917.

Tipo: sobre *Mikania cordifolia* (L.F.) Willd. (Compositae), PUERTO RICO. Mayaguez, La Jaque, 29 Jul. 1916, Whetzel & Olive 83.

Cronartium portoricensis (Whetzel & Olive) Saccardo & Trotter, Sylloge Fungorum 23: 851. 1925.

Distribución: Antillas, Centro América y Norte América.

- 1.2. *Dietelia aequatoriensis* (Sydow) Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 16. 1980.

Endophylloides aequatoriensis Sydow, Ann. Myc. 37: 317. 1939.

Tipo: sobre *Clibadium terebinthinaceum* (Sw.) DC. (Compositae), ECUADOR. Pichincha, Mindo, 12 Jun. 1937, Sydow 366.

Distribución: Ecuador

- 1.3. *Dietelia verruciformis* (P. Hennings) P. Hennings, Hedwigia 36: 215. 1897.

Cronartium verruciformis P. Hennings, Hedwigia 35: 245. 1896.

Tipo: sobre *Sida flavescens* Cav. (Malvaceae), ARGENTINA. Córdoba. Sierra Chica, 11 Nov. 1881, *Hieronymus*.

Distribución: Argentina.

- 1.4. *Dietelia holwayi* (H.S. Jackson) Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 17. 1980.

Endophyllum holwayi H.S. Jackson, Mycologia 24: 79. 1932.

Tipo: sobre *Salpichroa* sp. (Solanaceae), BOLIVIA. Sorata, 29 Abr. 1920, *Holway* 582.

Jacksonia holwayi (H.S. Jackson) Lindquist, Rev. Fac. Agron. La Plata 46: 202. 1970. *nom. nudum* (homónimo).

Jacksoniella holwayi (H.S. Jackson) Lindquist, Rev. Fac. Agron. La Plata 47: 304. 1971.

Distribución: Bolivia.

1.5. *Dietelia duguetiae* (Thurston) Buritacá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 17. 1980.

Endophylloides deguetiae Thurston, Mycologia 32: 293. 1940.

Tipo: sobre *Duguetia furfuracea* (St. Hill) Benth. & Hook. (Annonaceae), BRASIL. Minas Gerais, Uberlandia, 18 May. 1936, *Muller*.

Alveolaria duguetiae Viegas, Bragantia 5: 9. 1945.

Distribución: Brasil.

1.6. *Dietelia emasculata* (Arthur & Cummins) Buriticá & Hennen, Fl. Neotrópica 24: 18. 1980.

Endophyllum emasculatum Arthur & Cummins, Philippine J. Sc. 61. 475. 1936.

Tipo: sobre *Breynia rhamnoides* (Reyz) Muell-Arg. (Euphorbiaceae), FILIPINAS. Mindanao, Zamboanga, 20 May. 1924, *Clemens* 4916.

Distribución: Filipinas, Nueva Guinea.

1.7. *Dietelia belizense* (Mains) Urban, Rept. Tottori Mycol. Inst. Japón 28: 49. 1990.

Aecidium belizense Mains, Contrib. Univ. Michigan Herb. 1: 14. 1939.

Tipo: sobre *Ipomea* sp. (Convolvulaceae), BELIZE. El Cayo District. Macaw Bank, 22 Jul. 1936, *E.B. Mains* 3905.

Distribución: Belize, Cuba.

ESPECIES EXCLUIDAS

1.8. *Dietelia vernoniae* Arthur, Bot. Gaz. 40: 198. 1905.

Observación: nombre aplicado al estado anamórfico de *Puccinia erratica* Jackson & Holway.

2. *Puccinosira* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 344. 1891.

Especie tipo: *Puccinosira triumfettae* Lagerheim, *l.c.*

Tipo: sobre *Triumfetta* sp. (Tiliaceae), PARAGUAY. Guarapi, Jul. 1883, *B. Balansa*.

Schizospora Dietel, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 13: 334. 1895. Especie tipo: *Schizospora mitragynes* Dietel, *l.c.*

Aecidiella Ellis & Kelsey, Bull. Torrey Bot. Club 24: 208. 1897. Especie tipo: *Aecidiella triumfettae* Ellis & Kelsey, *l.c.*

Gambleola Masee, Bull. Miscel. Inform. Kew 138: 115. 1898. Especie tipo: *Gambleola cornuta* Masee, *l.c.*

Didymosira Clements, The Genera of Fungi, p. 99. 1909.

Espermogonio en el grupo V o VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal; profundamente inmerso, pulverulento, con teliosporos no compactados que se separan en sus células (Schizosporoide); o erumpente, formando columnas cortas de teliosporos adheridos ligeramente y que raramente se separan en sus células (Puccinosiroide); o erumpente, formando columnas largas, como filamentos, teliosporos fuertemente unidos y no separados en sus células (Gambleoloide). Peridio celular unido a la masa de teliosporos o periférico, libre. Teliosporos bicelulares, producidos en cadena, con células intercalares evidentes en la base o en todo el soro. Poro germinativo único. Metabasidio externo.

Distribución: especialmente en los trópicos, sobre miembros de las subclases Magnoliidae, Dilleniidae, Rosidae y Asteridae.

2.1. *Puccinosira pallidula* (Spegazzini) Lagerheim, Tromso Mus. Aarsh. 16: 122. 1894. *Coleosporium pallidulum* Spegazzini, Fungi Guarantici, An. Soc. Cient. Argentina 17: 95. 1884.

Tipo: sobre *Triumfetta* sp. (Tiliaceae), PARAGUAY. Guarapi, Jul. 1883, *B. Balansa*.

Puccinosira triumfettae Lagerheim, Ber. Deutsh. Bot. Ges. 9: 344. 1891.

Puccinosira pallidula (Spegazzini) P. Hennings, Hedwigia 35: 247. 1895.

Aecidium triumfettae P. Hennings, Hedwigia 35: 259. 1896.

Aecidiella triumfettae Ellis & Kelsey, Bull. Torrey Bot. Club. 24: 208. 1897.

- Distribución: Desde México hasta la Argentina, incluidas Las Antillas.
- 2.2. *Puccinosira dorata* Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 30. 1980.
- Tipo: sobre *Heliocarpus polyandrus* S. Wats. (Tiliaceae), MEXICO. Sonora, Alamos 13 Dic. 1971, Cummins 71-663.
- Distribución: México.
- 2.3. *Puccinosira clemensiae* Arthur & Cummins, Philippine J. Sci. 61: 465. 1936.
- Tipo: sobre *Berberis barandana* Vid. (Berberidaceae), FILIPINAS. Luzon, Benguet, Mt. Pulog, Feb. 1925, Clements 4974.
- Distribución: Filipinas.
- 2.4. *Puccinosira cornuta* (Massee) Buriticá & Hennen, en Ono, *et al*, en Watanabe M. & S.B. Malla, Cryptogams of the Himalayas 1: 117. 1988.
- Gambleola cornuta* Massee, Bull. Misc. Inform. Kew 138: 155. 1898.
- Tipo: sobre *Berberis nepalensis* Spreng. (Berberidaceae), INDIA. Chakrata, May. 1893, Gamble 24387.
- Distribución: India, Nepal.
- 2.5. *Puccinosira anthocleistae* P. Hennings, Engler Bot. Jahrb. 38: 104. 1907.
- Schizospora anthocleistae* P. Hennings, Engler Bot. Jahrb. 34: 41. 1904.
- Tipo: sobre *Anthocleista orientalis* Gilg. (Loganiaceae), AFRICA. Amani.
- Distribución: Africa.
- 2.6. *Puccinosira mitragynes* Dietel, Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam. 1 (1): 549. 1900.
- Schizospora mitragynes* Dietel, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 13: 334. 1895.
- Tipo: sobre *Myrtagyna macrophylla* Hiern. (Rubiaceae), AFRICA. Sierra Leona.
- Distribución: Sierra Leona.
- 2.7. *Puccinosira tuberculata* (Ellis & Kellerman) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*
- Aecidium tuberculatum* Ellis & Kellerman, J. Myc. 4: 26. 1888.
- Tipo: sobre *Callirhoe involucrata* (Torrey & Gray) Gray (Malvaceae), U.S.A. Kansas, Rooks Co., 15 Sep. 1887, E. Bartholomew 25.
- Endophyllum tuberculatum* (Ellis & Kellerman) Arthur & Fromme, Bull. Torrey Bot. Club 42: 58. 1915.
- Puccinia neotuberculata* Laundon, Trans. Br. Mycol. Soc. 50: 194. 1967.
- Distribución: U.S.A. y Kashmir.
- Observación: el teliosoro de esta especie presenta una configuración muy similar al de las especies colocadas originalmente como *Schizospora*, con pocos teliosporos que son claramente bicelulares, en el resto no fue posible determinar si eran bicelulares o se han separado en sus células o son unicelulares y permanecen como tal. La presencia de teliosporos bicelulares (así sea en poca cantidad) nos da la suficiente confianza para colocar esta especie en *Puccinosira*. Su estado de desarrollo es transicional entre *Endophyllum* y *Puccinosira*, lo que confirma una vez más el origen endophylloide de este género y familia.
- 2.8. *Puccinosira deightonii* Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 72: 218. 1945.
- Tipo: sobre *Jasminum pauciflorum* Benth. (Oleaceae), SIERRA LEONA, Hill Station, 25 May. 1935, Deighton 717.
- Distribución: Sierra Leona.
- 2.9. *Puccinosira dissotidis* (Cooke) Wakefield, Kew Bull. 1917: 313. 1917.
- Tipo: sobre *Dissotis incana* Triana (Melastomataceae), UGANDA. R. Dummer 2157.
- Aecidium dissotidis* Cooke, Grev. 10: 124, 1882.
- Uredo dissotidis* Cooke, Grev. 10: 124. 1882.
- Uredo dissotidis-longicaudae* P. Hennings, en H. Baum Bot. Ergebnisse der Kunene-Sambesi Exped. p. 159. 1902.
- Puccinia dissotidis* P. Hennings, en Flore de Baset-Moy, Congo, en Ann. Mus. Congo 2: 222. 1908.
- Distribución: Sur Africa, Uganda.
- Observación: atribuimos a Cooke (*l.c.*) la autoría de esta especie; pues como lo indica Wakefield (*l.c.*) al estudiar el material tipo de Cooke, en él se encuentra el estado teliomórfico.

Este es uno de los pocos Uredinales registrados en la familia Melastomaceae.

- 2.10. *Puccinosira solani* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 345. 1891.

Tipo: sobre *Solanum* sp. (Solanaceae), ECUADOR. Chimborazo, Pallatanga, Sep. 1891, Lagerheim.

Distribución: Ecuador.

- 2.11. *Puccinosira holwayi* H.S. Jackson, Mycologia 26: 84. 1932.

Tipo: sobre *Solanum laxiflorum* Sendt. (Solanaceae), BRASIL. Río de Janeiro, Petropolis, 29 Dic. 1921, Holway 1434.

Puccinosira hyphoperidiata Viegas, Bragantia 5: 51. 1945.

Distribución: Brasil.

- 2.12. *Puccinosira arthuri* Buritacá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 31. 1980.

Tipo: sobre *Eupatorium glechonophyllum* Less. (Compositae), ECUADOR, Quito. 21 Ago. 1920, Holway 935

Puccinosira eupatorii Lagerheim, en Arthur, Amer. J. Bot. 5: 435. 1918. *nom. nudum*.

Distribución: Ecuador.

- 2.13. *Puccinosira brickelliae* Dietel & Holway, en Holway, Bot. Gaz. 24: 34. 1897.

Tipo: sobre *Brickellia* sp. (Compositae), MEXICO. Distrito Federal, Río Hondo, 4 Oct. 1896, Holway.

Aecidium montanoae Dietel & Holway, Bot. Gaz. 24: 36. 1897.

Aecidium guadalajarae Sydow, Oest. Bot. Zets. 52: 183. 1902.

Distribución: México, Guatemala, El Salvador.

- 2.14. *Puccinosira cumminsiana* Buritacá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 33. 1980.

Tipo: sobre *Eupatorium* sp. (Compositae), GUATEMALA. Santa Rosa, Lagos de los Pinos, 20 Dic. 1938, Standley 60457.

Distribución: desde México hasta Honduras.

3. *Didymopsora* Dietel, Hedwigia 38: 254. 1899.

Especie tipo: *Didymopsora solani-argentei* (P. Hennings) Dietel, l.c.

Tipo: sobre *Solanum argenteum* Dun. (Solanaceae), BRASIL. Santa Catarina, E. Ule 659.

Espermogonio en el grupo V o VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, profundamente inmerso, sin peridio celular, con tejido hifoide alrededor, formando cúpulas o columnas cortas. Teliosporos bicelulares, producidos en cadena, células intercalares en la base del soro; poros germinativos uno o varios, imperceptibles. Metabasidio externo.

Distribución: especialmente tropical, sobre especies de las subclases Dillenidae, Rosidae y Asteridae.

- 3.1. *Didymopsora paraguayensis* (Spegazzini) Cunninham, Mycologia 60: 774. 1968.

Cronartium paraguayensis Spegazzini, Ann. Soc. Cient. Argentina 26: 13. 1888.

Tipo: sobre *Barnadesia* sp. (Compositae), PARAGUAY. Guarapi, Agos. 1883, B. Balanza 3938.

Distribución: Paraguay.

- 3.2. *Didymopsora chuquiraguae* Dietel, Hedwigia 38: 255. 1899.

Tipo: sobre *Chuquiraga tomentosa* Baker (Compositae), BRASIL. Santa Catarina, Abr. 1882, E. Ule 1319.

Distribución: Brasil.

- 3.3. *Didymopsora solani-argentei* (P. Hennings) Dietel, Hedwigia 38: 254. 1899.

Aecidium solani-argentei P. Hennings, Hedwigia 35: 260. 1896.

Tipo: sobre *Solanum argenteum* Dun. (Solanaceae), BRASIL. Santa Catarina. s.d., E. Ule 659.

Distribución: Brasil.

- 3.4. *Didymopsora triumfettae* H.S. Jackson & Holway, en Jackson, Mycologia 23: 476. 1931.

Tipo: sobre *Triumfetta longicornis* St. Hill. (Tiliaceae), BRASIL. Minas Gerais, Juiz de Fora, 17 Dic. 1921, Holway 1405.

Distribución: Brasil.

- 3.5. *Didymopsora solani* Dietel, Hedwigia 38: 255. 1899.

Tipo: sobre *Solanum* sp. (Solanaceae), BRASIL, Río de Janeiro, Nova Friburgo, En. 1898, E. Ule 2540.

Distribución: Brasil.

3.6. *Didymopsora africana* Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 87: 33. 1960.

Tipo: sobre *Dissotis* sp. (Melastomaceae), RODESIA DEL NORTE. Kakoma, Mwinilunga, 30 Sep. 1954, A. Angus M76.

Distribución: Rodesia.

Observación: hasta el presente es la única especie de este género por fuera del trópico americano.

4. *Baedromus* Arthur, Ann. Mycol. 3: 19. 1905.

Especie tipo: *Baedromus holwayi* Arthur, l.c.

Tipo: sobre *Senecio cinerarioides* H.B.K. (Compositae), MEXICO. México, Nevado de Toluca, 15 Oct. 1903, *Holway 5160*.

Espermogonio en el grupo V (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, posteriormente erumpente, sin peridio. Teliosporos catenulados en origen, permaneciendo como tal o irregularmente arreglados, unidos lateralmente para formar una masa compacta, unicelulares. Poro germinativo imperceptible. Metabasidio externo.

Distribución: excepto por una especie, típicamente Americano; en el Hemisferio Norte y en las alturas de las Cordilleras tropicales. Sobre miembros de la subclases Hammamelidae y Asteridae. Todas las especies americanas se encuentran sobre la familia Compositae y la especie por fuera de este rango se encuentra sobre Urticaceae.

4.1. *Baedromus tranzschelii* Azbukina, Bot. Inst. Noy. Sist. Niz. Rast. 7: 230. 1970.

Tipo: sobre *Urtica laetevirens* Max. (Urticaceae), RUSIA. Primorskensis, Ternejskij, 10 Jul. 1957, Z.M. Azbukina.

Baedromus urticae Tranzschel, *ad interim*, Tranzschel, Consp. Ured. U.R.S., Moscú p. 162-163. 1939. *nom. nodum*.

Distribución: Rusia

Observación: esta es la única especie de este género por fuera del Continente Americano y por fuera de la familia Compositae. Su relación es obscura con las otras especies de este género; se sospecha una mejor afinidad con la familia Phakopsoraceae, género *Cerotelium*.

4.2. *Baedromus albertensis* Conners, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Senecio eremophilus* Rich. (Compositae), CANADA. Alta, Delia, 8 Jul. 1940, A.H. Brinkman 5017; PUR 49724; DAOM 6778.

Baedromus sp. Cummins, Rust Fungi on Legumes & Composites in North America. pp. 389. 1978.

Spermogonia non visa. Soris teleutosporiferis hypophyllis vel caulinis, in greges rotundatos vel oblongos, 3-9 mm, dense dispositis, melleis usque ad brunneum colorem evolventibus, minutis, cupulatis, 200-250 x 100-400 μ m; teleutosporis catenatis, 6-14 superimpositis, ellipsoideis vel ovatis 24-30 x 18-22 μ m; pariete 1-15 μ m crassa, 2-5 μ m apice incrassata, flavidis.

Distribución: Canada.

Observación: separada de las otras especies de *Baedromus* sobre *Senecio*, por los teliosporos de menor tamaño y la pared engrosada apicalmente. Descripción complementaria en Inglés y dibujo en Cummins (l.c.).

4.3. *Baedromus californicus* Arthur, Ann. Mycol. 3: 19, 1905.

Tipo: sobre *Senecio douglassi* DC. (Compositae), U.S.A. California, San Bernardino, Little Creek, 25 Abr. 1885, S.B. Parish 2562.

Distribución: U.S.A.

4.4. *Baedromus holwayi* Arthur, Ann. Mycol. 3: 19. 1905.

Tipo: sobre *Senecio cinerarioides* H.B.K. (Compositae), MEXICO, México, Nevado de Toluca, 15 Oct. 1903, *Holway 5160*.

Distribución: México, Guatemala.

4.5. *Baedromus senecionis* Sydow, Monographia Uredinearum 3: 549. 1915.

Tipo: sobre *Senecio* sp. (Compositae), ECUADOR. Chimborazo, Yerbabuena, Sep. 1891, Lagerheim.

Distribución: Ecuador

5. *Alveolaria* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 346. 1891.

Especie tipo: *Alveolaria cordiae* Lagerheim, l.c.

Tipo: sobre *Cordia* sp. (Boraginaceae), ECUADOR. Guayas, Playas, Oct. 1890, Lagerheim.

Espermogonio en el grupo V o VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, posteriormente erumpente en columnas de teliosporos adheridos lateralmente, formando capas como discos; teliosporos unicelulares, producidos en cadenas sincrónicamente, para formar discos de

un teliosporo en profundidad; poro germinativo único; metabasidio externo.

Distribución: en América tropical, especialmente en clima medio, sobre miembros de la subclase Asteridae, familia Boraginaceae.

5.1. *Alveolaria andina* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 347. 1891.

Tipo: sobre *Cordia* sp. (Boraginaceae), ECUADOR. Pichincha, Corazón, Oct. 1891, Lagerheim.

Distribución: Ecuador.

5.2. *Alveolaria cordiae* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 346. 1891.

Tipo: sobre *Cordia* sp. (Boraginaceae), Ecuador. Guayas, Playas, Oct. 1890, Lagerheim.

Distribución: Antillas, Centro América y los Andes en Sur América.

6. *Ceratocoma* Buriticá & Hennen, *gen. nov.*

Especie tipo: *Ceratocoma jacksoniae* (P. Hennings ex McAlpine) Buriticá & Hennen, *hic. liber.*

Tipo: sobre *Gompholobium latifolium* Sm. (Leguminosae), AUSTRALIA. New South Wales, Bateau Bay, Jun. 1962, N.H. White.

Spermogonio subepidermal, profundo inmerso, conico vel globoso vel plano (caterva V et VI, Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorphis nullis. Soris teleutosporiferis erumpentibus, subepidermalibus, columellae filiformi similibus, peridio nullo. Teleutosporis catenatis, arcte coijunctis, unicellularibus, cellulis interstitialibus praeditis, semper patentibus; metabasidio típico 4-cellulis, externis.

Espermogonio en el grupo V o VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, posteriormente erumpente, formando columnas filiformes, sin peridio; teliosporos unicelulares, catenulados, fuertemente unidos, con células intercalares evidentes en toda la columna; metabasidio externo.

Distribución: en Australia y Africa. Sobre miembros de las subclases Magnoliidae y Rosidae; familias Annonaceae y Leguminosae, respectivamente.

Observación: ilustrado en Cummins & Hiratsuka, 1983.

6.1. *Ceratocoma jacksoniae* (P. Hennings ex McAlpine) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

Tipo: acá designado sobre *Gompholobium latifolium* Sm. (Leguminosae), AUSTRALIA. New South Wales, Bateau Bay, Jun. 1962, N.H. White.

Cronartium jacksoniae P. Hennings ex McAlpine, The Rusts of Australia. Dep. Agric. Victoria p. 190. 1906.

Cronatium leguminum McAlpine, *in sched.*

Cionothrix jacksoniae (P. Hennings ex McAlpine) Sydow, Ann. Myc. 16: 243. 1918.

Distribución: Australia.

6.2. *Ceratocoma guineensis* Viennot-Bourgin, Ann. Inst. Nat. Agron. 45: 25. 1959.

Tipo: sobre *Xylopia aethiopica* A. Rich. (Annonaceae), GUINEA. Bokaria. En. 1957, Viennot-Bourgin 305.

Distribución: Africa, Guinea.

7. *Cionothrix* Arthur, N. Amer. Fl. 6: 124. 1907.

Especie tipo: *Cionothrix praelong* (Winter) Arthur, *l.c.*

Tipo: sobre *Eupatorium* sp. (Compositae), BRASIL. Santa Catarina, Sao Francisco, E. Ule.

Espermogonio en el grupo V (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal, inmerso profundamente, rodeado por tejido hifoide, que ocasionalmente termina en parafisos en el poro, erumpente en columnas filiformes; teliosporos unicelulares, hialinos, producidos en cadenas, sin una organización definida en las columnas, adheridos, sin células intercalares evidentes; metabasidio externo.

Distribución: Neotropical parasitando especies de subclase Asteridae.

7.1. *Cionothrix egenula* (Sydow) Sydow, Ann. Myc. 16: 243. 1918.

Cronartium egenulum Sydow, Ann. Myc. 10: 405. 1912.

Tipo: sobre *Mikania theezantis* (?) (Compositae), BRASIL. Sao Paulo, Cantareira, A. Puttemans.

Distribución: Brasil.

Observación: especie cuyos status permanece dudoso, ya que en la porción del tipo que fue estudiada no se encontró ningún Uredinal.

- 7.2. *Cionothrix praelonga* (Winter) Arthur, N. Amer. Fl. 7: 124. 1907.

Cronartium praelongum Winter, Hedwigia 26: 24. 1887.

Tipo: sobre *Eupatorium* sp. (Compositae), BRASIL. Santa Catarina, Sao Francisco, s.d., *E. Ule*.

Cronartium eupatorium Spegazzini, Anals. Mus. Nac. Buenos Aires 19: 314. 1909.

Distribución: desde México hasta la Argentina, incluidas Las Antillas.

- 7.3 *Cionothrix usneoides* (P. Hennings) Sydow, Ann. Mycol. 16: 243. 1918.

Cronartium usneoides P. Hennings, Hedwigia 34: 95. 1895.

Tipo: sobre *Conyza* sp. (Compositae), BRASIL. Goias, Meiaponte, Ago. 1892, *E. Ule* 192.

Distribución: Brasil.

- 7.4. *Cionothrix basicrassa* Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 22. 1980.

Tipo: sobre *Eupatorium morifolium* Mill. (Compositae), GUATEMALA. Ciudad de Guatemala, 9 En. 1917, *Holway* 688.

Distribución: México y Guatemala.

8. *Trichopsora* Lagerheim, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 9: 347. 1891.

Especie tipo: *Trichopsora tournefortiae* Lagerheim, l.c.

Tipo: sobre *Tournefortia* sp. (Boraginaceae), ECUADOR. Quito. En. 1890, *Lagerheim*.

Espermogonio en el grupo V (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, inmerso profundamente, erumpente en columnas gelatinosas, filiformes; teliosporos catenulados, provenientes de probasidios efímeros, con células intercalares modificadas en pedicelos; metabasidio interno.

Distribución: clima medio de Los Andes, parasitando la subclase Asteridae, familia Boraginaceae.

- 8.1. *Trichopsora tournefortiae* Lagerheim, Ber. Deutsh. Bot. Ges. 9: 347. 1891.

Tipo: sobre *Tournefortia* sp. (Boraginaceae), ECUADOR. Quito, En. 1890. *Lagerheim*.

Distribución: en Los Andes a alturas superiores a 1.000 m.s.n.m.

9. *Chardoniella* Kern, Mycologia 31: 375. 1939.

Especie tipo: *Chardoniella gynoxidis* Kern, l.c.

Tipo: sobre *Gynoxis* sp. (Compositae), COLOMBIA. Bogotá, Cerro Monserrate, Mar. 1937, *Chardon* 829.

Espermogonio en el grupo V (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Teliosoro subepidermal en origen, inmerso profundamente, erumpente en columnas gelatinosas, filiformes; teliosporos unicelulares, producidos en cadenas, con pedicelos libres provenientes de células intercalares; metabasidio externo.

Distribución: género Neotropical, en alturas superiores a los 1.000 m.s.n.m. en especies de la subclase Asteridae, familia Compositae.

- 9.1. *Chardoniella acuta* Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 39. 1980.

Tipo: sobre Compositae, BOLIVIA. Sur Yungas, San Felipe, 19 May. 1920, *Holway* 620.

Distribución: Bolivia.

- 9.2. *Chardoniella gynoxidis* Kern, Mycologia 31: 375. 1939.

Tipo: sobre *Gynoxys* sp. (Compositae), COLOMBIA. Bogotá, Cerro Monserrate, Mar. 1937, *Chardon* 829.

Distribución: Colombia.

- 9.3. *Chardoniella capitata* Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 41. 1980.

Tipo: sobre *Eupatorium exerto-venosum* Klatt. (Compositae), PERU. Amazonas, Chachapoyas, Cerros Calla Calla, 16 Jun. 1964, *Hutchinson & Wright* 5685.

Distribución: Perú.

- 9.4. *Chardoniella andina* (Lagerheim) Buriticá & Hennen, Fl. Neotropica 24: 41. 1980.

Cronartium andinum Lagerheim, en H. & P. Sydow, Monographia Uredinearum 3: 581. 1915.

Tipo: sobre *Eupatorium glutinosum* Lamark (Compositae), ECUADOR. Pichincha, Jun. 1890, *Lagerheim*.

Cionothrix andina (Lagerheim) H. & P. Sydow, Ann. Mycol. 16: 243, 1918.

Cionothrix andina (Lagerheim) Jackson & Holway, Mycologia 14: 122. 1932.

Distribución: Ecuador.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el Arthur Herbarium de Purdue University, durante la comisión que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) diera al autor, quien agradece en especial a sus directivas por el apoyo prestado. Así mismo, se da especial agradecimiento a el Dr. Joe F. Hennen curador del Arthur Herbarium por las facilidades e ideas proporcionadas durante el estudio, y a todos los curadores de los herbarios que prestaron el material para realizarlo.

Bibliografía

- Buriticá, P. & J.F. Hennen. 1980. Puccinosiireae (Uredinales-Pucciniaceae). *Flora Neotrópica* 24: 1-50.
- . 1991. Phakopsoraceae (Uredinales). *Flora Neotrópica* (en prensa).
- Cummins, G.B. & Y. Hiratsuka. 1983. Illustrated genera of rust fungi. *The American Phytopathological Soc.* 152 pp.
- Gaumann, E. 1949. *Die Pilze. Grundzuge ihrer Entwicklungsgeschichte und Morphologie.* Verlag Birkenhauser, Basel.
- Hennen, J.F. & P. Buriticá. 1980. A brief summary of modern rust taxonomic and evolutionary theory. *Rept. Tottori Mycol. Inst. Japon* 18: 243-256.
- Hiratsuka, Y. & G.B. Cummins. 1963. Morphology of spermogonia of the rust fungi. *Mycologia* 55: 487-507.
- Hiratsuka, Y. & N. Hiratsuka. 1980. Morphology of spermogonia and taxonomy of rust fungi. *Rept. Tottori Mycol. Inst. Japon* 18: 257-268.
- Hughes, S.J. 1970. Ontogeny of spore forms in Uredinales. *Can. J. Bot.* 48: 2147-2157.
- Jackson, H.S. 1931. Present evolutionary tendencies and the origin of life cycles in the Uredinales. *Mem. Torrey Bot. Club* 18: 5-108.
- Kenney, M.J. 1970. Comparative morphology of the Uredia of rust fungi. *Purdue University, Ph. D. Thesis*, 76 pp.
- Laundon, G.F. 1967. Terminology in the rust fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 50: 189-194.
- . 1975. Taxonomy and nomenclature notes on Uredinales. *Mycotaxon* 3: 133-161.
- Leppik, E. 1972. Evolutionary specialization of rust fungi (Uredinales) on the Leguminosae. *Ann. Bot. Fennici* 9: 135-148.
- Sathe, A.V. 1977. Morphology and classification of Uredinia. *Kavaka* 5: 59-63.
- Savile, D.B.O. 1976. Evolution of the rust fungi (Uredinales) as reflected by their ecological problems. *Evol. Biol.* 9: 137-207.
- . 1989. Raveneliaceae revisited. *Can. J. Bot.* 67: 2983-2994.

NUEVA ESPECIE DE *TRIXIS* (ASTERACEAE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* y Cristina Vélez-Nauer**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & C. Vélez-Nauer: Nueva especie de *Trixis* (Asteraceae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 149-151, 1991. ISSN 0370-3908.

Se describe *Trixis matisiana*, nueva asterácea de la Tribu Mutisieae. Se proporciona una clave para las especies colombianas de este género.

Palabras clave: Asteraceae, *Trixis*, Colombia.

Abstract

Trixis matisiana n. sp. (Asteraceae—Mutisieae) from Colombia is described. This new species is related to *T. sagastegui* Cabr. from Peru. A key for colombian species of *Trixis* is presented.

En desarrollo de la revisión de la Tribu Mutisieae para la Flora de Colombia, se ha encontrado una nueva especie de *Trixis*, afín a *T. sagastegui* Cabrera. El nuevo taxón aparece ilustrado en una lámina policroma de la colección iconográfica de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783—1816) y que se conserva en los archivos del Real Jardín Botánico de Madrid. Además, de la misma existe un dibujo anatómico diagnóstico y un análisis hecho por F. J. Matis. La descripción se acompaña de una clave para discriminar las especies de este género existentes en Colombia.

Clave para las especies colombianas de *Trixis*

- 1- Hojas angosto-ovadas, 4—6 veces más largas que anchas.
 - 2- Hojas con pecíolo bien definido, sin aurículas, con margen revoluta, envés con retículo prominente y escasísima pilosidad *T. proustioides*
 - 2'- Hojas con pecíolo muy corto o nulo, aurículas en la base, envés con retículo apenas prominulo y laxa o densamente tomentoso. *T. antimenorrhoea*
- 1'- Hojas ovadas, 2—3 veces más largas que anchas.

- 2- Envés glabro o laxamente piloso, pedúnculos cortos y paucicéfalos, capítulos de ca. 2 cm alt, flores amarillas *T. inula*

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

** Herbario Universidad del Quindío, Apartado 460, Armenia, Colombia.

- 2' envés densamente tomentoso, pedúnculos largos, pluricéfalos, capítulos de ca. 1 cm alt, flores blancas
 T. matisiana

Trixis matisiana Díaz & Vélez, sp. nov. Fig. 1.

Speciei habitus cum *Trixis sagasteguii* Cabr. optime congruente sed ab illa differente capitulis cum floribus albis copiosioribus (9-13 vs. 5-6), bracteis involucralibus item copiosioribus (22-25 vs. 15).

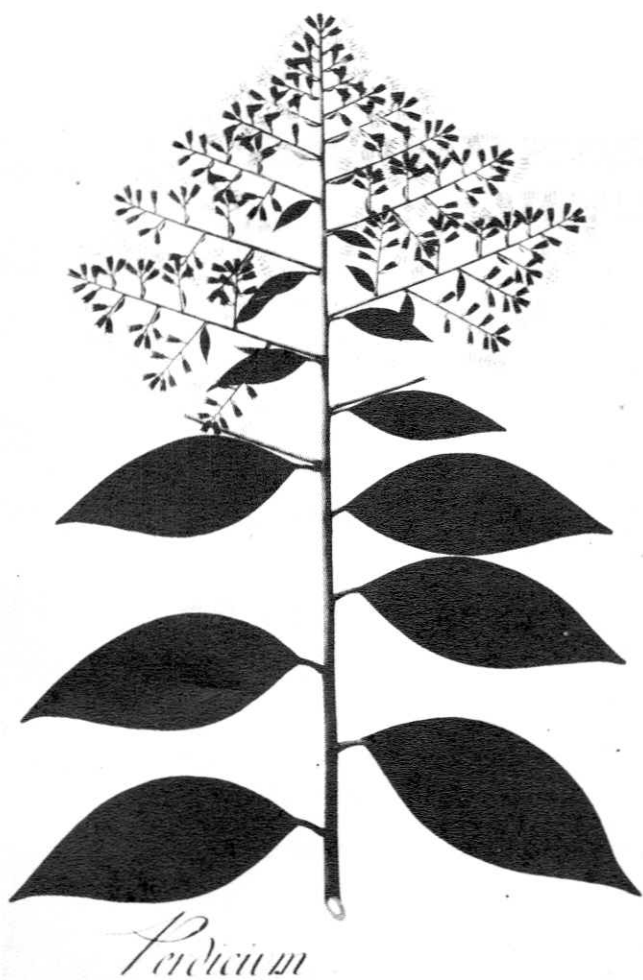


Figura 1. *Trixis matisiana* Díaz de Vélez Lámina No. 1160 de la Colección Iconográfica de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada.

TYPUS: COLOMBIA, NARIÑO: Imues, carretera Pasto - Túquerres, El Bicundal, 2000 m, 21 Jun. 1962, *L. Mora 2115* (holotypus COL, isotypus US).

Arbustos erectos con ramas escandentes, cilíndricas, corteza castaño clara, seríceo, indumento más denso en las ramas juveniles; hojas pecioladas, peciolo 3-7 mm long, lámina ovada u obovada, 6.3-13.8 cm long x 2.8 - 5.4 cm lat, ápice apiculado, base atenuada, margen remotamente dentada, revoluta, dientes callosos de 0.3 - 0.7 mm long, espaciados entre sí ca. 3 mm, haz foliar escabro y con el retículo prominente, envés seríceo y con abundantes glándulas, retículo prominente.

Sinflorescencias en panículas terminales triangulares hasta de 30 cm alt, bracteadas, brácteas similares a las hojas pero menores y decrecientes; capítulos pedicelados, pedicelos de 3 - 8 mm long, densamente seríceos, bractéolas basales de 2.0 - 5.0 mm long x 0.4 - 0.9 mm lat, involucro turbinado, 7 - 8 mm alt x 7 - 9 mm diam, bractéolas accesorias de 2.0 - 2.5 mm long x 0.5 - 0.8 mm lat, angosto - ovadas, dorsalmente seríceas, ventralmente glabras, filarias 23 (22 - 25) dispuestas en espiral en 3 - 4 series, las exteriores de 2.0 - 3.5 mm long x 0.5 - 1.0 mm lat, angosto - ovadas, ápice agudo, base engrosada, margen entera, ciliada, dorso seríceo, las intermedias similares a las exteriores pero más grandes, 3.5 - 6.0 mm long x 1.0 - 1.5 mm lat, las interiores obovadas, 5.3 - 7.0 mm long x 1.3 - 1.8 mm lat, internamente glabras, externamente seríceas, enteras, receptáculo plano, pilósulo; flores 9 - 13 por capítulo, bilabiadas, blancas, isomorfas, hermafroditas, corola de 6.5 mm long, porción tubular 2 mm long, labio externo liguliforme, tridentado, 2.5 mm long x 1.3 mm lat, fuertemente incurvado, labio interno bilobulado, lóbulos enroscados de 2.3 mm long x 0.4 mm lat, anteras de 4 mm long, apéndice apical puntiagudo, causadas de 1 mm long, estilo ensanchado en la base, 5.5 mm long, ramas estigmáticas de 1.3 mm long, apicalmente truncadas y rematadas por una corona de pelos colectores; aquenios 2 mm long x 0.5 mm diam, cilíndricos, algo fusiformes, pilosos y glandulosos, papus uniseriado, cerdas estrigosas de 5 mm long, pajizas y unidas en la base.

Material adicional examinado. COLOMBIA, CUNDINAMARCA: Bogotá, La Mesa, 1300 m Sep 1853, *J. Triana 2960/3 = 1509* (COL); NARIÑO: Funes, El Pedregal, Pilcuán, 2000 m, *L.E. Mora 2496* (US).

Sin localidad precisa: *Colección Mutis 1206* (COL, MA-MUT); id. 4829 (MA-MUT); id. 5954 (MA-MUT).

La nueva especie está dedicada a Francisco Javier Matís (Guaduas 1763 - Bogotá 1851), botánico empírico, principal pintor de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, especialista en disectar flores, pintarlas con gran fidelidad y representar por separado las distintas piezas florales. A él se debe el dibujo diagnóstico que la ilustra junto con otras 155 que forman un album o cuadernillo de dibujos anatómicos relativos en su gran mayoría (122) a la familia de las compuestas; es este seguramente el primer trabajo de índole anatómica realizado en América; corresponde a una labor seriada y meticulosa hecha bajo la supervisión de Sinforoso Mutis y del cual la primera anatomía lleva fecha del 4 de mayo de 1809.

Esta especie, hasta ahora conocida por colecciones provenientes de La Mesa, Cundinamarca e Imues y Funes (Nariño), fue colectada por primera vez a finales del siglo XVIII y en desarrollo de la

Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783 — 1816). De la misma existe una ilustración policroma, elaborada por Cortés y distinguida con el número 27, actualmente icón 1160, una diagnosis marcada con el número 48 y un dibujo anatómico correspondiente a la disección distinguida con el número 84.

La diagnosis No. 48 se hizo con base en el pliego de herbario actualmente numerado 4829 de la Colección Mutis (MA-MUT). A la letra dice:

“Cáliz apiñado de 26 escamas
Flósculos hermafroditas 9
Corolilla de 3 labios
Vilano de 47 hebras
Receptáculo desnudo”

El dibujo de la disección o anatomía se basa en el pliego 5954 de la Colección Mutis (MA-MUT) y anota: 18 filarias, 11 flósculos y 47 hebras para el vilano.

J. Triana la herborizó en 1853 en La Mesa, Cundinamarca a 1300 m, con el número 2969/3 = 1509 De la misma colectó 3 pliegos de los cuales uno se conserva en el Herbario Nacional Colombiano (COL). Con base en dicha colección pensó proponer un nuevo género que se denominaría *Trixi-diopsis*, idea que posteriormente descartó al estudiar el material con mayor detenimiento.

A primera vista y por las sinflorescencias ordenadas en grandes panículas triangulares, *Trixis matisiana* recuerda a *T. sagastegui* Cabrera, planta propia del norte del Perú y sur del Ecuador; de esta puede separarse fácilmente por el número de flósculos por capítulo, que en la especie de Cabrera es de cinco o excepcionalmente de seis, en tanto que en *T. matisiana* dicho número llega a trece.

Agradecemos al Padre Carlos Eduardo Acosta la revisión de la diagnosis latina y al Real Jardín Botánico de Madrid la autorización para reproducir la lámina de *Trixis matisiana*.

Bibliografía

- Cabrera, A.L. 1962. Compuestas Andinas nuevas. Bol. Soc. Argentina de Bot. 10 (1): 21-45.
- Díaz-Piedrahita, S. 1986. Aspectos metodológicos de la actividad taxonómica adelantada por los integrantes de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1816). Anales Real Jard. Bot. Madrid 42 (2): 441-450.
- Harling, G. 1991. Compositae — Mutisieae en Harling, G. & L. Anderson (Eds.) Flora of Ecuador 42: 76-80.
- Matis, F.J. & S. Mutis (ined.). Anatomías de las Singenésias o florones. Real Jardín Botánico de Madrid, Archivo iconográfico, M174-201, M310-343.

CONTRIBUCION AL ESTUDIO GEOQUIMICO DE LAS ARCILLAS BAUXITICAS DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

por

Mario Méndez*, Orlando Vargas Zárate**,
Inés Bernal de Ramírez***

Resumen

Méndez, M., O. Vargas & I. Bernal de Ramírez: Contribución al estudio geoquímico de las arcillas bauxíticas del Departamento del Cauca. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 153-158, 1991. ISSN 0370-3908.

Se caracterizan química y mineralógicamente arcillas bauxíticas procedentes de dos regiones cercanas situadas en los departamentos de Cauca y Valle. Su composición varía entre los siguientes intervalos: Al_2O_3 33% - 47%, SiO_2 14% - 45%, Fe_2O_3 7% - 17%

El mineral predominante es la gibsita (gama $\text{Al}(\text{OH})_3$); también presentan cristobalita, predominante en baja cantidad y goethita como mineral de hierro cristalino y metahaloisita como mineral arcilloso asociado. Como mineral amorfo se detectaron principalmente óxido de hierro y alofano. Las muestras se pueden clasificar según la International Bauxite Association, IBA, como lateríticas tipo guyana o kindia según su contenido de hierro.

Abstract.

The chemical and mineralogical characterization of some samples of bauxitic clays from two close regions, Cauca and Valle are presented. The chemical composition falls within the following range: Al_2O_3 33% - 47%, SiO_2 14% - 45%, Fe_2O_3 7% - 17% The predominant mineral is Gibbsite (Gamma $\text{Al}(\text{OH})_3$); Cristobalite is also present in low quantities, as well as Goethite, as a crystalline iron mineral and metahalloysite as an associated clay mineral. Iron oxide and allophane were detected as amorphous minerals. The samples was classified according to the International Bauxite Association, IBA, as lateritic Guyana type or Kindia according to the iron content.

Introducción

El propósito de contribuir al estudio de las arcillas bauxíticas del Departamento del Cauca, para su explotación industrial, tiene su punto de partida en el interés presentado por INGEOMINAS, Regional Popayán, donde se realizó un trabajo geológico que incluye la cartografía del horizonte bauxítico y el cálculo de reservas cuyo valor se estima en ochenta millones de toneladas (Rosas 1976). La falta de

* Químico Universidad Nacional de Colombia.

** Químico, Jefe División de Geoquímica y Minerales, Subdirección Investigaciones Químicas, Instituto Nacional de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química Ingeominas, Apartado 4865, Santafé de Bogotá, D.C.

*** Químico, Académico de Número. Profesora Departamento de Química Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.

utilización de estos recursos se debe en parte a falta de información sobre la constitución mineralógica de los depósitos y al desconocimiento de la forma de aprovecharlos.

Materiales utilizados

Para la realización del trabajo se elaboró un programa de perforaciones en el área de las planchas 342 – II, IV – B, D – (1, 2, 3, 4) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que corresponden a los municipios de Morales y Cajibío de donde se extrajeron 25 muestras de diferentes sitios, de las cuales fueron posteriormente elegidas 12 para el análisis. Ver Fig. 1 y Tabla 1.

Se seleccionaron estas 12 por ser muestras frescas, es decir, se tomaron después de remover la incipiente capa arable y se descartaron las otras por corresponder a sitios donde se habían realizado cortes (presentaban una textura más gruesa) implicando esto que se hubiesen presentado modificaciones físicas, químicas o mineralógicas por contacto con el exterior, principalmente agua-lluvia o diversas impurezas.

Las muestras elegidas cubren un área de alrededor de 300 km², los cuales aún no han sido ex-

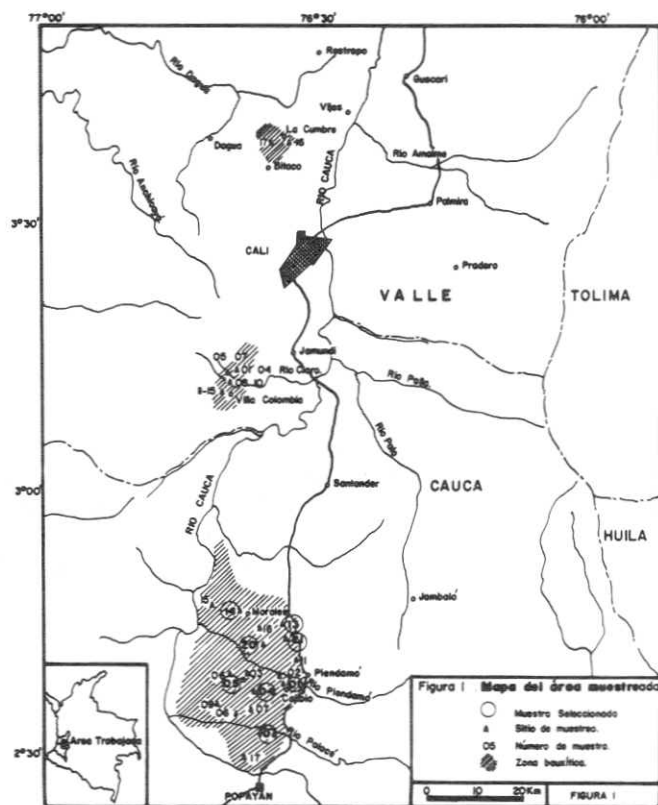


Figura 1. Mapa del área estudiada

Tabla 1

Localización de las Muestras

Muestra	Plancha	Coordenadas		Vía	Localidad
		X	Y		
OIC.	342-11-D-4	782.080	1.056.460	Carreteable Cajibío- la Granja	100 mts antes del puente so- bre quebrada la Pedragosa.
04B	342-11-D-3	781.190	1.052.450	Carreteable Cajibío- El Carmelo.	100 mts adelante de la es- cuela Cienagueta.
04C					
05B	342-11-D-3	780.970	1.047.740	Carreteable Cajibío- El Carmelo	Escuela la Primavera.
05C					
10B	342-IV-B-4	771.270	1.052.680	Carreteable la Capi- lla El Placer	Escuela la Rejoja
10C					
13C	342-11-B-3	794.450	1.051.190	Carreteable Pienda- mó – Morales.	Cruce con camino a que- brada Giga.
14B	342-11-B-1	797.280	1.049.320	Carreteable Morales- Sta. Rosa	Cruce con camino a que- brada Cañaverál.
14C					
20C	342-11-B-3	794.100	1.049.800	Carreteable San Isi- dro - Playa Rica.	200 mts antes de finca Matucha.
21C	342-11-B-4	792.530	1.053.670	Carreteable Pienda- mó - Morales.	Crucero Playa Rica.

plotados, pero la calidad de la arcilla es similar a otra localizada en el flanco oriental de la Cordillera Occidental en el Departamento del Valle del Cauca (San Antonio y La Cumbre), la cual ha sido empleada para la obtención de Sulfato de Aluminio para el tratamiento de aguas para acueductos y también ladrillos de uso local.

Caracterización de las muestras

Textura:

Se determinó según el método de Bouyoucos, descrito por Silva (1979). Los resultados se muestran en la Fig. 2.

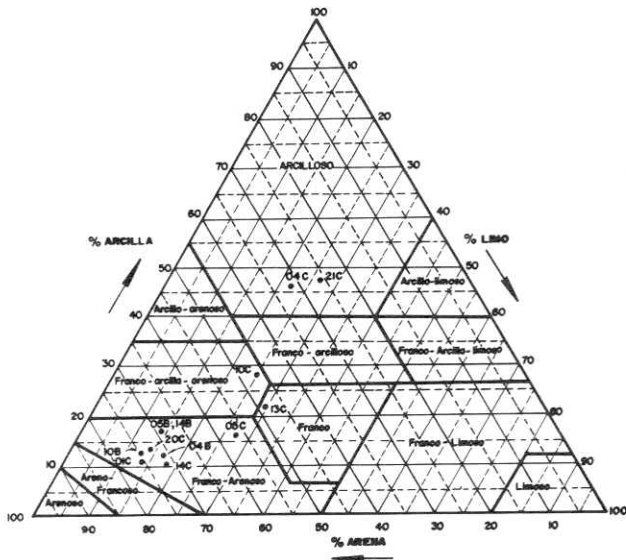


Figura 2. Diagrama de textura.

Análisis químico

Las muestras se analizaron para determinar su composición química y propiedades físico-químicas según los métodos empleados en la Subdirección de Investigaciones Químicas de INGEOMINAS, así: pH por el método de pasta saturada. Capacidad de intercambio catiónico por el método de Peech señalado por Silva y Olarte (1979); la cuantificación de los elementos aluminio, silicio, hierro, sodio, potasio, magnesio y calcio se efectuó por el método de absorción atómica sobre muestra disuelta con ácido fluorhídrico según lo describe Thomas (1976). Los elementos titanio y fósforo se determinaron por métodos colorimétricos clásicos, sobre muestras solubilizadas por fusión con tetraborato y metaborato de litio. Los resultados se consignan en las Tablas II y III.

Análisis Mineralógico

La "bauxita" es el nombre genérico de varios productos de meteorización química, principalmente óxidos hidratados de aluminio, con impurezas como sílice y óxidos de hierro.

Según diversos autores los óxidos de aluminio se presentan generalmente como gibsita (trihidrato), bohemita y diásporo (monohidratos) solos o en mezclas. Los minerales arcillosos como caolinitas y haloisitas así como la sílice en forma de cuarzo, son impurezas comunes en estos materiales. El hierro puede estar asociado como goethita, hematita y magnetita generalmente.

Tabla II
Análisis químico – Base seca.

MUESTRA	%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃	%CaO	%MgO	%K ₂ O	%Na ₂ O	%P ₂ O ₅	%TiO ₂	%H ₂ O(-)
O1C	42.50	20.57	11.01	0.13	0.42	0.48	0.10	0.10	0.11	23.03
O4B	39.43	14.22	16.74	0.13	0.17	0.07	0.05	0.21	0.80	27.52
O4C	33.15	41.45	9.89	0.03	0.13	0.20	0.09	0.04	0.12	14.25
O5B	42.79	14.24	11.31	0.02	0.25	0.06	0.06	0.19	1.24	28.47
O5C	45.64	20.43	10.69	0.05	0.25	0.20	0.10	0.17	1.32	24.26
10B	39.64	25.66	9.23	0.13	0.30	0.17	0.10	0.16	0.94	24.10
10C	37.68	31.07	11.14	0.06	0.17	0.14	0.09	0.20	1.45	18.14
13C	47.02	14.92	10.84	0.02	0.14	0.13	0.06	0.11	1.36	26.11
14B	38.62	19.47	13.63	0.23	0.50	0.09	0.09	0.23	1.26	24.63
14C	44.92	16.15	8.67	0.06	0.22	0.17	0.10	0.15	1.15	26.75
20C	47.20	15.62	7.91	0.03	0.16	0.14	0.09	0.13	1.34	27.81
21C	34.39	44.97	6.92	0.02	0.09	0.21	0.08	0.08	1.05	13.96
PNBS	56.81	5.82	5.59	0.27	0.02	0.07	0.05	0.15	2.33	28.90
AFLORAM	59.60	5.09	3.26	0.08	0.18	0.07	0.06	0.09	0.61	33.12

Tabla III
Propiedades fisicoquímicas.

MUESTRA	pH	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO, CEC
01C	5.5	36.24
04B	5.4	33.39
04C	5.4	23.20
05B	5.0	36.35
05C	5.2	36.19
10B	5.7	42.70
10C	5.6	32.33
13C	5.7	28.50
14B	5.5	38.32
14C	5.5	38.09
20C	5.3	33.68
21C	5.1	30.66
$\overline{\text{pH}} = 5.41$		

Con el fin de determinar cuales minerales están presentes en las muestras se practicaron análisis térmicos, y exámenes por difracción de rayos x y espectroscopía IR. Los resultados obtenidos fueron semejantes en todas las muestras. Como ejemplo de los resultados se presentan en la Fig. 3 los espectros obtenidos con pastilla de KBr de las muestras 05B, 05C, 14C, 13C y 14B, en las Figs. 4 y 5 difractogramas de RX de las muestras 04C, 10C, 14B, 21C, 20C y 05B, y en las Figs. 6, 7 y 8 los termogramas de las muestras 21C, 01C y 10C.

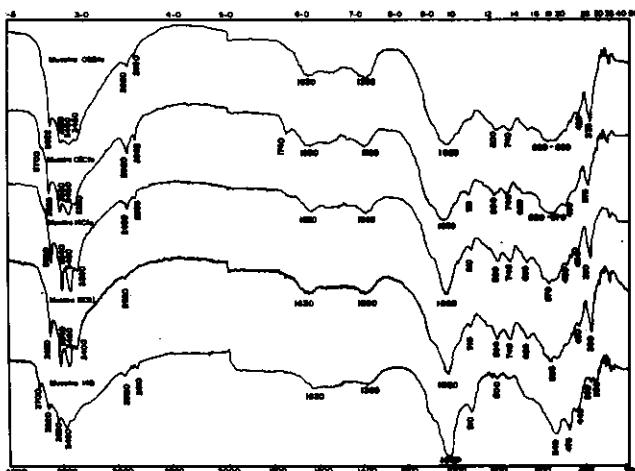


Figura 3. Espectros IR. Muestras 05B, 05C, 14C, 13C y 14B.

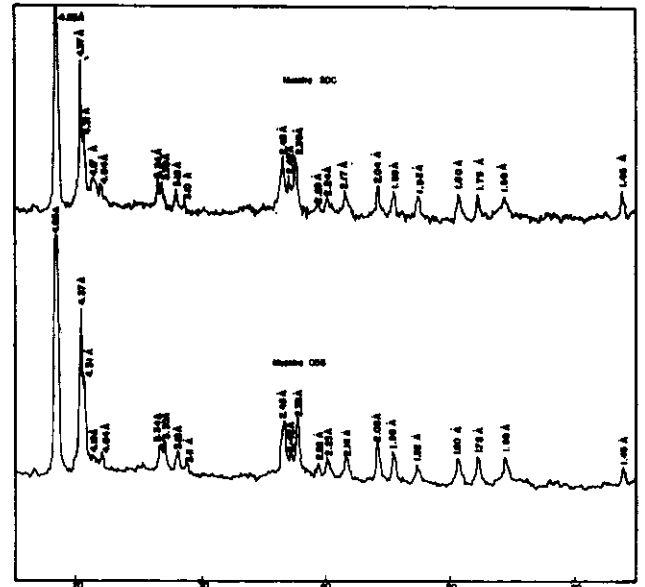


Figura 4. Difractogramas RX. Muestras 20C y 05B

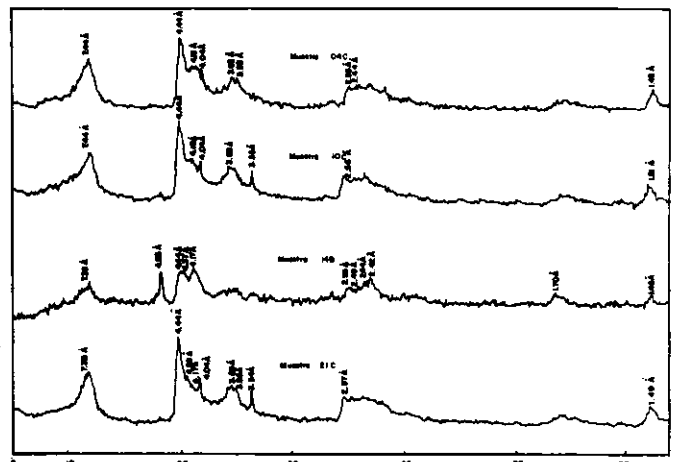


Figura 5. Difractogramas RX. Muestras 04C, 10C, 14B y 21C.

Cuantificación de la Meteorización

Según Kromberg y Nesbeii (1981), la meteorización química de las rocas es incongruente y un residuo meteorizado o suelo, reemplaza la cubierta de la roca. Debido a que la roca y sus minerales constituyentes son sistemas complejos, es difícil describir cuantitativamente su escisión química sin embargo, proponen que la meteorización química continental puede discutirse en relación con un diagrama que relaciona la medida del grado de descomposición de los feldspatos que está acompañada por la formación de minerales secundarios (ilitas, esmectitas, etc.) y que se define químicamente como la relación en porcentajes de:

$$\frac{(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$$

y la medida del enriquecimiento durante la meteorización de las fases de los óxidos de aluminio y si-

licio tales como la caolinita, el cuarzo y la gibsita que se define químicamente como la relación también en porcentaje de:

$$\frac{(\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O})}{(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}$$

La Fig. 9 muestra la curva de cuantificación de la meteorización de las arcillas bauxíticas estudiadas en relación con las presentadas por los autores mencionados para algunos minerales típicos.

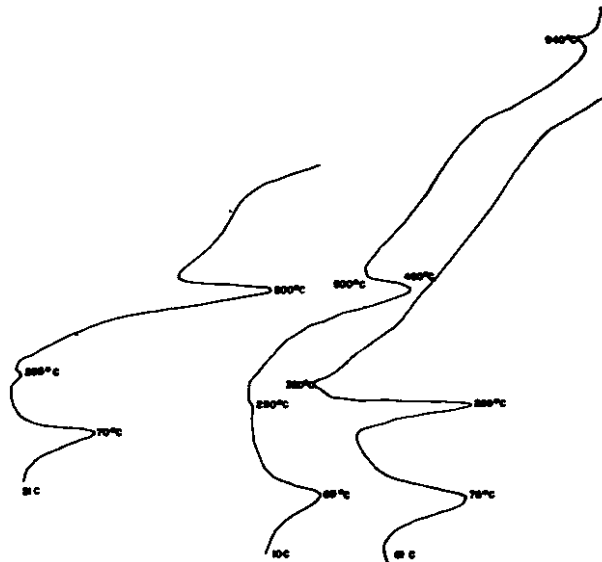


Figura 6. Termogramas ATD. Muestras 21C, 01C, 10C.

Discusión y Resultados

La mayoría de las muestras se clasifican como franco arenosas, pues tienen más del 50% de partículas de tamaño de arenas como se ve en la Fig. 2.

Las muestras presentan valores bajos para CaO, MgO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ y TiO₂, encontrando que el sistema está básicamente definido en función de los 4 componentes mayores SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ y H₂O. Los valores de Al₂O₃ oscilan entre 33, 15% y 34.39% de las muestras con mayor fracción arcillosa hasta un 47.20% para la muestra 20C. El contenido de SiO₂ tiene valores altos para las muestras 04C y 21C. La presencia de titanio es mayor del 1%, valor que se asocia con una alta meteorización. Las principales impurezas son de hierro y sílice.

El valor promedio de pH es 5.4 lo que da características ácidas al yacimiento. Al observar los valores de pH y capacidad catiónica de cambio no podemos afirmar que exista relación definida entre ellos. En casi todas las muestras se presentan valores relativamente altos de C.I.C. lo cual puede atribuirse a que las bases cambiables son principalmente H⁺ y Al³⁺, intercambiadores agrupados como ácidos cambiable; esto está de acuerdo con el con-

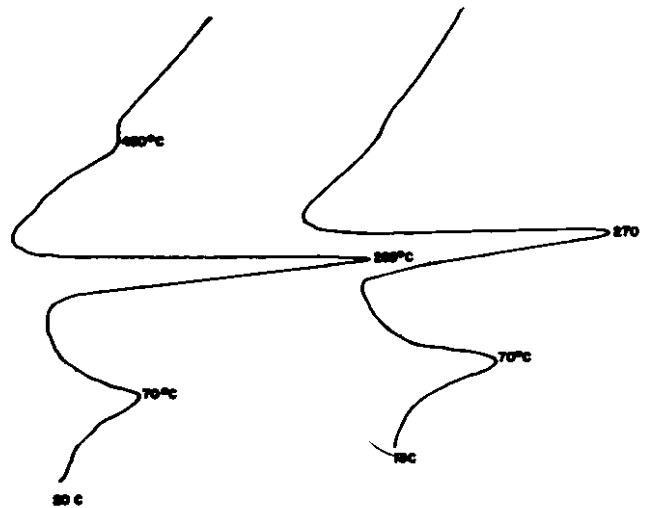


Figura 7. Termogramas ATD. Muestras 20C y 13C.

tenido de Al₂O₃ pues la muestra con menor contenido de aluminio presenta también menor C.I.C. (Tabla III). Por espectroscopía IR se determinaron las bandas a 3630, 3530 – 3540, 3460 y 3380 – 3400 cm⁻¹ características de Gibsita en las muestras 20C, 01C, 04B, 10B, 05B, 14C y 13C. A 1630 cm⁻¹ aparece la banda de deformación del agua y la banda a 2920 cm⁻¹ se debe probablemente a la vibración de OH de la goethita. La banda a 1020 cm⁻¹, bien definida para casi todas las muestras, se debe a la extensión Si-O y Al-O para material alofánico que bien puede ser aluminico pero también puede atribuirse a gibsita. La metahaloisita presenta bandas a 1095 y 1030 cm⁻¹ las cuales a veces no se resuelven bien y forman una sola banda achatada en esta región.

A 915 cm⁻¹ aparece la banda de deformación del Al-O-H en las muestras 04C, 10C, 21C y 05C que confirma la presencia de metahaloisita y a 910 cm⁻¹ la presencia de gibsita. A 800 cm⁻¹ aparece la banda de alfa-cristobalita y cuarzo. En la región de 520 a 580 cm⁻¹ aparece una banda amplia cuyo máximo con buena resolución se presenta a 550 cm⁻¹ en algunas muestras debida a la vibración Si-O-Al.

Por difracción de rayos x se pudieron identificar:

La gibsita por los picos en 4.85 – 4.37 – 4.33 – 3.31 – 3.19 – 2.46 – 2.42 – 2.38 – 2.05 – 1.99 – 1.92 – 1.80 y 1.75 Angstrom Å.

La metahaloisita por las reflexiones a 7.44 – 4.44 – 3.63 – 3.58 y 2.56 Å.

El mineral gohetita se puede identificar por las reflexiones a 4.16Å y a 2.67Å.

En los difractogramas se detectó la presencia de otros minerales de hierro como la hematita y la gohetita.

licio tales como la caolinita, el cuarzo y la gibsita que se define químicamente como la relación también en porcentaje de:

$$\frac{(\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O})}{(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}$$

La Fig. 9 muestra la curva de cuantificación de la meteorización de las arcillas bauxíticas estudiadas en relación con las presentadas por los autores mencionados para algunos minerales típicos.

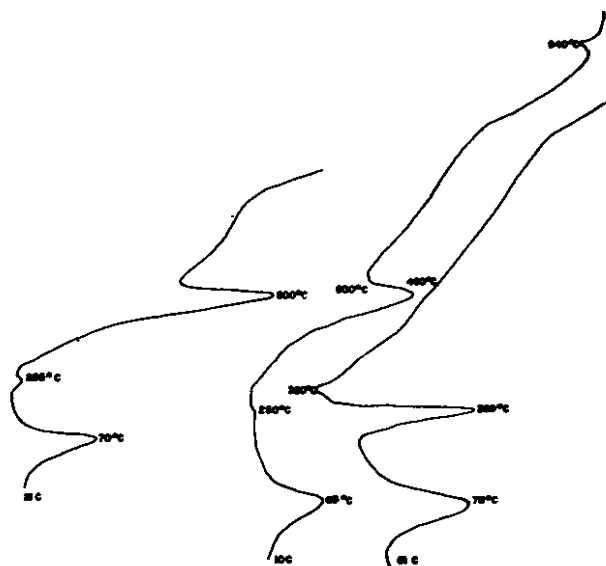


Figura 6. Termogramas ATD. Muestras 21C, 01C, 10C.

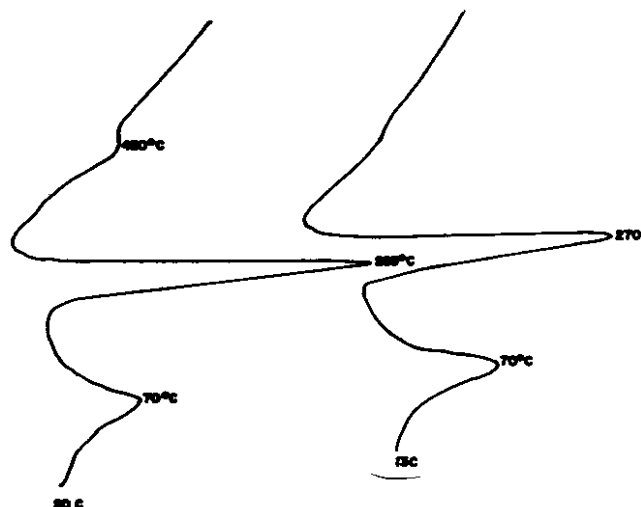


Figura 7. Termogramas ATD. Muestras 20C y 13C.

tenido de Al_2O_3 pues la muestra con menor contenido de aluminio presenta también menor C.I.C. (Tabla III). Por espectroscopía IR se determinaron las bandas a 3630, 3530 – 3540, 3460 y 3380 – 3400 cm^{-1} características de Gibsita en las muestras 20C, 01C, 04B, 10B, 05B, 14C y 13C. A 1630 cm^{-1} aparece la banda de deformación del agua y la banda a 2920 cm^{-1} se debe probablemente a la vibración de OH de la goethita. La banda a 1020 cm^{-1} , bien definida para casi todas las muestras, se debe a la extensión Si—O y Al—O para material alofánico que bien puede ser aluminico pero también puede atribuirse a gibsita. La metahaloisita presenta bandas a 1095 y 1030 cm^{-1} las cuales a veces no se resuelven bien y forman una sola banda achatada en esta región.

A 915 cm^{-1} aparece la banda de deformación del Al—O—H en las muestras 04C, 10C, 21C y 05C que confirma la presencia de metahaloisita y a 910 cm^{-1} la presencia de gibsita. A 800 cm^{-1} aparece la banda de alfa-cristobalita y cuarzo. En la región de 520 a 580 cm^{-1} aparece una banda amplia cuyo máximo con buena resolución se presenta a 550 cm^{-1} en algunas muestras debida a la vibración Si—O—Al.

Por difracción de rayos x se pudieron identificar:

La gibsita por los picos en 4.85 – 4.37 – 4.33 – 3.31 – 3.19 – 2.46 – 2.42 – 2.38 – 2.05 – 1.99 – 1.92 – 1.80 y 1.75 Angstrom Å.

La metahaloisita por las reflexiones a 7.44 – 4.44 – 3.63 – 3.58 y 2.56 Å.

El mineral gohetita se puede identificar por las reflexiones a 4.16Å y a 2.67Å.

En los difractogramas se detectó la presencia de otros minerales de hierro como la hematita y la gohetita.

Discusión y Resultados

La mayoría de las muestras se clasifican como franco arenosas, pues tienen más del 50% de partículas de tamaño de arenas como se ve en la Fig. 2.

Las muestras presentan valores bajos para CaO, MgO, Na_2O , K_2O , P_2O_5 y TiO_2 , encontrando que el sistema está básicamente definido en función de los 4 componentes mayores SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y H_2O . Los valores de Al_2O_3 oscilan entre 33, 15% y 34.39% de las muestras con mayor fracción arcillosa hasta un 47.20% para la muestra 20C. El contenido de SiO_2 tiene valores altos para las muestras 04C y 21C. La presencia de titanio es mayor del 1%, valor que se asocia con una alta meteorización. Las principales impurezas son de hierro y sílice.

El valor promedio de pH es 5.4 lo que da características ácidas al yacimiento. Al observar los valores de pH y capacidad catiónica de cambio no podemos afirmar que exista relación definida entre ellos. En casi todas las muestras se presentan valores relativamente altos de C.I.C. lo cual puede atribuirse a que las bases cambiables son principalmente H^+ y Al_3^+ , intercambiadores agrupados como ácidos cambiable; esto está de acuerdo con el con-

Todas las muestras presentan cristobalita, manifiesta por la reflexión a 4.04 Å y cuarzo a 4.26 y 3.34 Å en diferentes proporciones.

El análisis térmico diferencial presenta picos endotérmicos por debajo de 100°C. atribuidos a humedad física.

En la región de 270°C el endotérmico puede atribuirse a la formación de bohemita (gama AlO(OH) según Val Olphen y Fripiat (1979). El comportamiento exotérmico alrededor de 320°C se atribuye a la presencia de trazas de materia orgánica. El pico endotérmico a 500°C se debe a la deshidroxilación asimétrica de la caolinita. Se presenta además un exotérmico a 940°C que se puede atribuir a un cambio de fase de la caolinita.

Por el método de análisis termogravimétrico se pudo determinar el contenido de gibsita en las muestras por pérdida de agua hidroxílica entre 200° y 300°C.

Para las muestras 01C, 13C y 20C cuyo porcentaje de pérdida de agua en esta región es de 11%, 15.5% y 17%, se calcula un porcentaje de gibsita de 31.8%, 44.9% y 50.5%, cuyo valor ascendente es proporcional al porcentaje de alumina calculado para la muestra total por análisis químico y aceptando que la deshidratación de la gibsita se efectúa según la reacción.



Este método de cálculo no es aplicable a muestras que presenten metahaloisita como arcilla asociada.

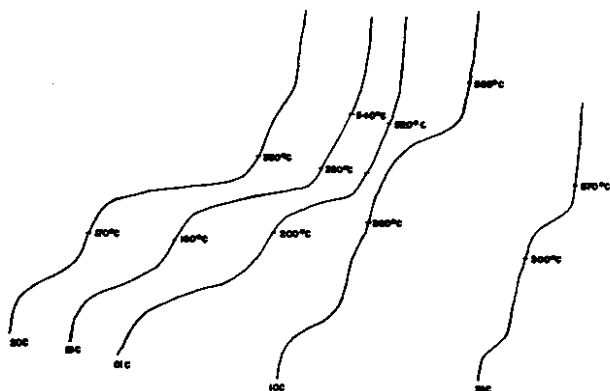


Figura 8. Termogramas TG. Muestras 21C, 01C, 10C, 20C, 13C.

Cuantificación de la meteorización

En la Fig. 9 se ubican las muestras estudiadas (puntos negros) en la curva de meteorización propuesta por Kronberg y Nesbitt (1981), para diferentes minerales (círculos).

Según esto se puede concluir que las muestras estudiadas presentan un alto grado de meteorización por lavado de bases acorde con las condiciones climatológicas y con tendencia a enriquecimiento en Al₂O₃. Las muestras 04C y 21C se encuentran en una etapa de menor meteorización, presentan mayor contenido de SiO₂ y textura más arcillosa lo que se corroboró por presencia en ellas de metahaloisita.

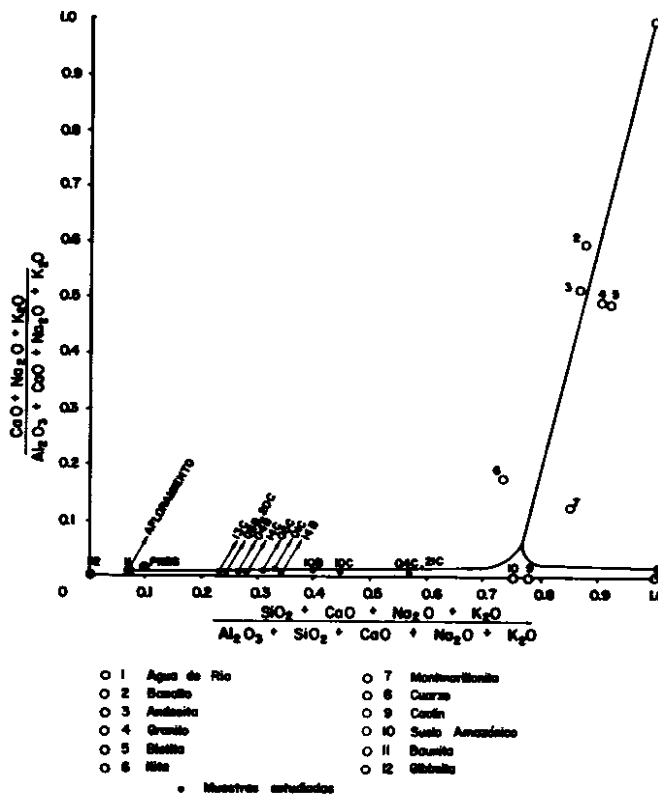


Figura 9. Curva de cuantificación de la meteorización de arcillas bauxíticas.

Bibliografía

Rosas, H. 1976. Estudio sobre los depósitos de bauxita en Cauca y Valle, especialmente en el área de Morales y Cajibío. Bol. Geol. Esp. INGEOMINAS, Bogotá 22 (1) 57-84.

Silva, F. & R. Olarte. 1979. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 4a. Ed. IGAC. Subdirección Agrícola. Bogotá, 357 pp.

Thomas, W. 1976. Laboratorio Minero Central de Análisis Geoquímico. Laboratorio Químico Nacional. INGEOMINAS. Bogotá, 27-50.

Kronberg, B.I. & N.W. Nesbitt 1981. Quantification of Weathering, soil geochemistry and soil fertility. Journal of soil Science. 32: 453-459.

Maciejewski, M. & W. Richarz 1985. Thermal analysis of bauxite. Chimia 39 (2-3): 68-72.

Tschovol'skaya, D.I. & B.M. Merenkova, 1976. Quantitative determination of the mineralogical composition of bauxites by an I.R. spectroscopic method. Zh. Prikl. Spektrosk. 25: 365.

Van Der Marel H.W. & H. Beutelspacher, 1976. Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.

Van Olphen H., & J. Fripiat, 1979. Data Handbook for clay materials and other non metallic minerals. OECD, p. 55.

PROVENANCE OF THE LOWER CRETACEOUS SEDIMENTARY SEQUENCES, CENTRAL PART, EASTERN CORDILLERA, COLOMBIA

by

Juan Manuel Moreno Murillo*

Resumen

Moreno, J.M.: Provenance of the lower Cretaceous Sedimentary sequences, Central Part, Eastern Cordillera, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 18 (69): 159-173, 1991. ISSN 0370-3908.

Se presentan los probables terrenos de aporte y ambiente de depósito para las unidades clásticas del Cretaceo Inferior basado en análisis petrográficos y estratigráficos. La cuenca durante el Valanginiano Tardío fue dividida en un depocentro (Formación Murca) y una plataforma hacia el sur (Areniscas de Utica), depositadas en profundidad por corrientes de turbidez y en aguas someras respectivamente y, en una plataforma hacia el norte (Formaciones Cumbre y Rosablanca), depositadas en ambiente marino somero.

Abstract

This work presents a probable Provenance Terrains and Depositional Setting for the Lower Cretaceous clastic units based on petrographic and stratigraphic analysis. The Late Valanginian basin was divided into a central depocenter (Murca Formation), a southwestern shelf (Utica sandstone) which were deposited in deeper water by turbiditic currents and shallow water respectively; and a northern platform (Cumbre and Rosablanca Formations), deposited in shallow marine environments.

Introduction

The study area is located 100 km northwest of Bogotá, on the west side of the Cordillera Oriental, the easternmost range of the Northern Andes mountain chain. It occupies the region between 5° 10' - 5° 50' N latitude and 73° 50' - 74° 15' W longitude, on topographic sheets 169, 170, 189, 190, and 208, published by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). It is bounded on the west by the Magdalena Valley (Figure 1).

The area is characterized by mountain ranges of deformed Cretaceous rocks with elevations that reach up to 2,800 m above sea level in the central part of the area and descend to 200 m above sea level in the Middle Magdalena Valley in the northwestern portion of the area. The climate follows the vertical zonation common to mountainous regions near the Equator: cold in the highlands and hot in the lowlands. There are several roads in the area, but access is principally by unpaved or partially paved roads such as the Bogotá - Pacho, Pacho - La Palma, Chiquinquirá - Otanche, La Belleza - Florian and Puerto Boyacá - Otanche roads. Access to many parts is by trails or old paths.

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

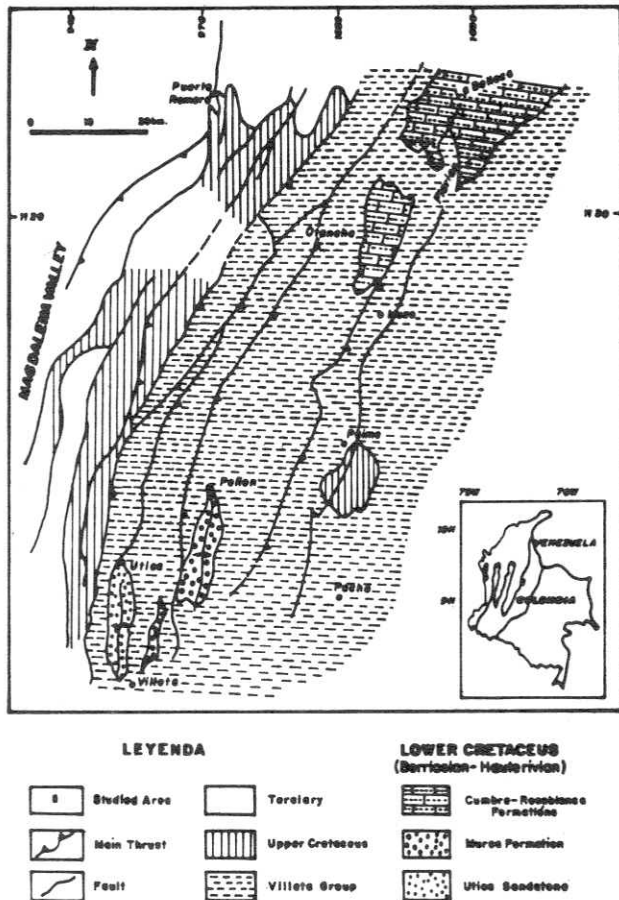


Figura 1. Location and geologic map of study area.

In the northern portion of the area, the Lower Cretaceous succession is formed by the Cumbre and Rosablanca Formations which extend from the Late Berriasian to Valanginian (Alfonso, 1985; Etayo-Serna and Rodríguez, 1985). In the southwestern part of the area, in the Villeta anticline, the Utica sandstone is dated as Late Berriasian to Upper Valanginian (Etayo-Serna, 1987, writing communication). In the central portion, in the Murca Anticline, is the Murca Formation, which has a Late Valanginian age based on fossils collected where the type section was measured. This is overlain by the Villeta Group. These latter units, the Utica Sandstones and Murca Formation, have been recognized in previous works as the Caqueza Sandstones, the upper part of the Caqueza Group which extends from the Tithonian to Hauterivian (Bürgl, 1961; Champertier, et al., 1961; Campbell and Bürgl, 1965; Thompson, 1966; Julivert, 1968; Ingeominas, 1975; Gallo, 1977; Espinel and Pinilla, 1989, Rondon and Vega, 1989). This study shows a petrographic and provenance analysis of the lower Cretaceous clastic basal units on the western margin of the Cordillera Oriental as part of the requirements for the Degree of Master of Sciences in the Department of Geological Sciences-University of South Carolina. The objectives to carry out this project were the preparation of geological map of the study area; preparation of representative stratigraphic columns for the sedimentary sections; collection of a representative suite of samples for paleontologic and petrographic analysis.

This report summarizes the results of the geological field work conducted in the Magdalena Study area (Area 2) during 1987 in the Technique Cooperation Agreement between the Universidad Nacional de Colombia and the University of South Carolina — Earth Science and Resource Institute.

Stratigraphy

The Utica Sandstone (Berriasian-Hauterivian), Murca Formation (Valanginian), Cumbre Formation (Berriasian), Rosablanca Formation (Valanginian-Hauterivian), and Villeta Group (Valanginian-Coniacian), comprise the Lower Cretaceous sedimentary sequence in the study area.

Utica Sandstone

In previous works, the informally named Utica Sandstone was referred to as the Caqueza Sandstone, of the upper part of the Caqueza Group (Champertier, 1961; Thompson, 1966; Ingeominas, 1975; Gallo 1977; Acosta and Obando, 1984; Espinel and Pinilla, 1989; Rondon and Vega, 1989). The Utica Sandstone was named the Trapiche Group by García (1983), who proposed subdivision into the Los Monos and Cune Formations with a total thickness of 600 m. Later Sarmiento et al., (1985) and Sarmiento (1985) presented a stratigraphic synthesis of the informally named Utica Sandstone.

The Utica Sandstone is exposed in the southwestern portion of the study area, and was recognized on the railroad between Utica and Tobia in the core of the Utica anticline, (Figure 1). This basal sandstone is approximately 500 m in thickness and consists mainly of yellow gray coarse to fine grained, graded sandstone with black shales interbedded, with some limestone at the top of the unit. The lowermost part of the unit consists of black shales (mudstone, Dott, 1964) interlayered with massive, parallel bedded, yellow-gray sandstones (arkosic wackes, Dott, 1964, Figure 2a).

Petrographic analysis of the mudstones shows 90% clay minerals, 3% quartz grains and 7% heavy minerals such as pyrite and mica sheets. The petrographic analysis of the sandstones shows a large amount of siliceous material in the sense of Dott (1964), who included the chert fraction in the quartzose fraction. The sandstone contains igneous and sedimentary lithic fragments. These petrographic characteristics and the high amount of matrix permit classification of these rocks as arkosic wackes (Table 1).

The coarse grained sandstones start with a sequence of coquina lenses and conglomeratic, fine grained sandstone with cobble sized clasts and intraclasts of black mudstone. The conglomeratic sandstones are present as lenses with quartz pebbles within parallel laminated beds 20 — 80 cm thick. Up-sections the sandstones are more abundant, and

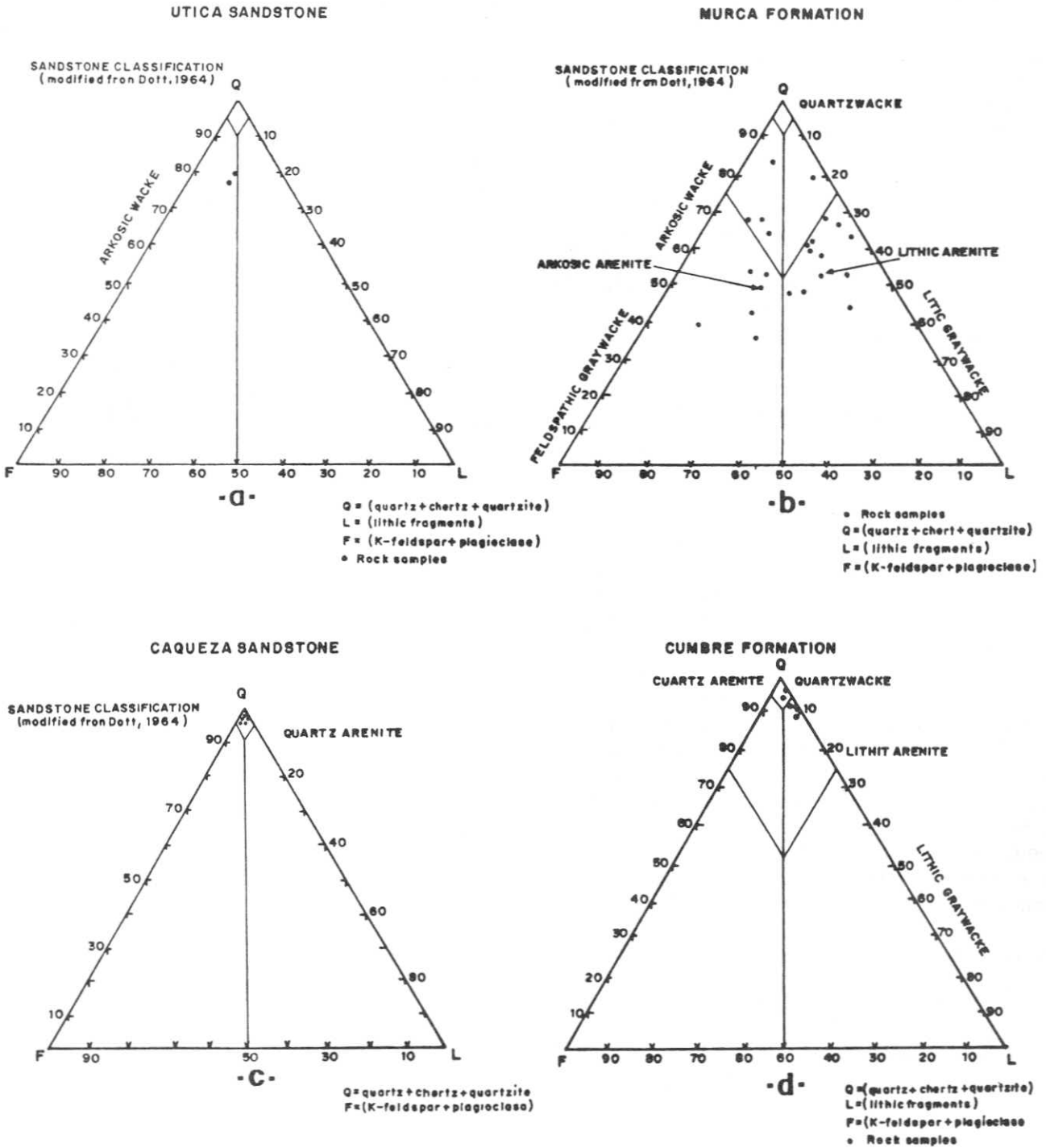


Figure 2. Triangular QKL plots showing mean sandstone classification of the: a—Utica Sandstone, b—Murca Formation, c—Caqueza Sandstone, d—Cumbre Formation (After, Moreno 1990).

grade to siltstone and mudstone. The upper part of this unit consists of conglomeratic sandstones and coarse to fine grained sandstones with abundant coquina lenses, and conglomeratic sandstone beds 12 – 20 cm thick. The sandstone beds contain cross-bedding in sets 5 – 10 cm thick. The coquina lenses consist of small fragments of bivalve shells, which are interlayered each 2 meters. Sedimentary structures such as cross-bedded sandstones beds interlayered with very finely parallel laminated mudstone with assymmetric ripples on the bedding planes were recognized.

The stratigraphy described here were determined on the eastern flank of the Utica anticline on the railroad between Tobia and Utica. On the road between Villeta and Utica, near La Magdalena, the Utica Sandstone also crops out. Here the unit consists of interlayered beds of mudstone, with lenses of gastropods and oysters, and calcareous sandstones with plant fragments, coral fragments, and low angle cross-stratification with symmetrical ripple marks. The sandstone beds exposed in that location contain coarse to fines grained, massive beds 1 – 2 m thick with some conglomeratic lenses.

The upper part of the Utica sandstones was observed near Utica where it consists of black limestone beds with intercalations of black shales. They present sigmoidal cleavage perpendicular to the stratification, indicating tectonic activity near the main fault systems such as the Alto del Trigo and Canoas-La Peña thrusts (Moreno, 1989). According to both the textural and structural characteristics of the intervals analyzed, and the petrographic analysis, the Utica Sandstones was deposited in a shallow marine environment Moreno, (1990). The presence of plant remains and coral fragments, reported by García (1983) and Allen et al., (1988), support a shallow marine environment.

An ammonite (*Sarasinella cf. hondana* Hass) was collected from the lowermost part of the Utica Sandstone. This ammonite was dated by Etayo-Serna (writing communication) as Late Berriasian. Fossils collected by Bürgl according to Thompson (1986) and Gallo (1977) to assign a Hauterivian age to the Utica Sandstone. The basal part of this unit was assigned by García (1983) to the Middle Jurassic, based on a specimen of *Nerinea decorata*. Piette from an outcrop on the Río Negro river (X = 1,058,600; Y = 956,900) along the railroad between Utica and Tobia very close to where the Late Berriasian ammonite was collected. This latter fossil is thus in disagreement with the age reported by García (1983) and nevertheless, this author based on a specimen of *Neocomites capistratus* Bürgl. collected near Utica assigned a Berriasian age for the upper part of this unit. There are inconsistencies about the assigned age for the Utica Sandstone, however the latest age assigned for this unit ranges from Late Berriasian to Hauterivian.

Murca formation

The Murca Formation has been referred to as the Caqueza Sandstones, the upper part of the Caqueza Group (Champertier et al., 1961; Campbell and Bürgl, 1965; Ingeominas, 1975; Ulloa, 1988; Espinel and Pinilla, 1989; Rondon and Vega, 1989), Sarmiento et al., (1985) have called this unit Interval A (of sandstone and shale), and used the name of Nimaima-Guayabal anticlinorium for the Murca anticline proposed by Champertier et al., (1961) and Campbell and Bürgl (1965).

They were informally called the Murca-Pinzaima Sandstone in the Middle Magdalena Basin project by Allen et al. (1988). The name Murca Formation is used in this study for the Lower Cretaceous sandstones that crop out in the core of the Murca anticline, as was defined by Moreno (1990). The anticline has an aerial exposure of approximately 20 km² on sheet 208, at scale of 1:100,000 published by the Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC; Figure 1).

The type locality is proposed at the intersection of the Río Murca and Río Negro along the road between Pacho and La Palma near to Talauta,

in the Departamento de Cundinamarca (X = 1,072, 625, Y = 971,350). At this location the Murca anticline is cut by the Negro River. The measured stratigraphic section is 920 m in thickness, (Figure 3).

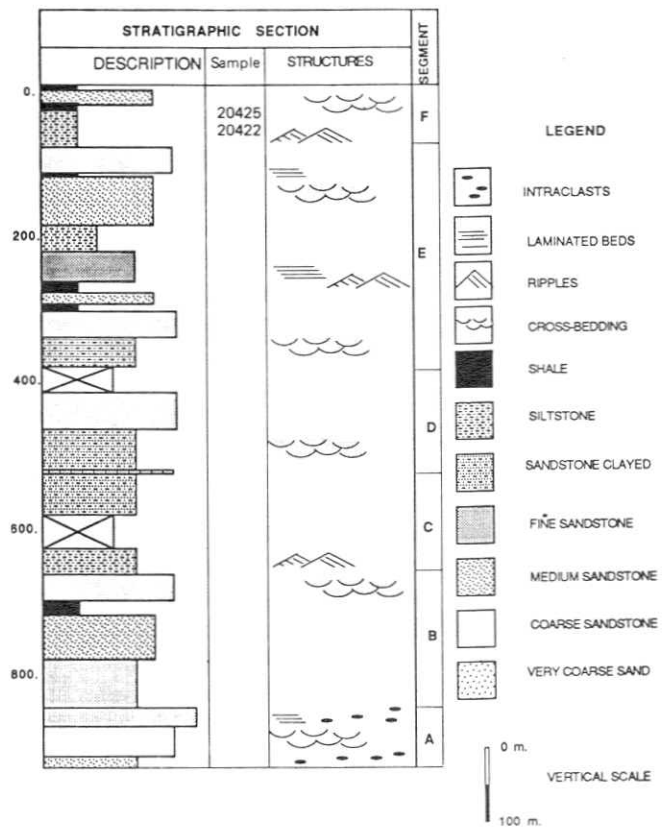


Figura 3. General Stratigraphic column of the Murca Formation. (Moreno, 1989).

The formation also crops out toward the south in the Caquero area, along the road between Villeta and Nimaima, where the Murca Formation is intensely folded. The contact with the underlying unit could not be observed. The contact with the overlying Villeta Group is transitional.

At the type locality, the rocks are composed of coarse grained, locally cross-bedded sandstones and intercalations of siltstone and shale. There are intraclasts at the base of the sandstone beds. The sandstone grades to fine towards the top, and contains intercalation of siltstone and shale measuring up to 20 cm in thickness. There are large pyrite crystals in the basal part of the sandstone beds. The sandstone beds are described as black and grey feldspathic and lithic graywackes (Dott, 1964 Figure 2b), in fining-upward cycles (Figure 3). There are shale intraclasts at the base, some siltstone interbeds higher in the section, and black shale towards the top. Petrographically, the sandstones are immature and have a framework fraction that ranges from feldspathic to lithic graywackes, some times with a calcareous matrix-cement (Table 1).

In general the beds are graded, with reworked lithic fragments and assymetric ripple-marks. Some contain small scale cross-bedding and shale interla-

minations. These characteristics are considered the most diagnostic criteria for recognizing sandstone bodies deposited from turbiditic currents (Stanley, 1963; Potter, 1967).

The Murca Formation presents characteristics of a turbiditic sequence, deposited below wave base. According to the sedimentary and textural characteristics analyzed here, the Murca Formation is considered to be deposited by turbidity currents in the lower cycle of the Cretaceous basin of the Eastern Cordillera. At the type locality the Murca Formation has been subdivided into six segments Moreno, (1990). The lowermost part of the Murca Formations, segment A, crops out in the core of the Murca anticline, at the mouth of the Murca river. This 90 m thick segment consists of very coarse fine toward the top in continuous cycles or microsequences of 1 to 20 cm thickness. Siltstone intraclasts ranging from 1 to 5 cm are present at the base of each microsequence. Large authigenic pyrite crystals are common at the base of the sandstone beds. The presence of siltstone intraclasts in a coarse grained sandy matrix suggests a debris flow facies for the basal segment of the Murca Formation. Subaqueous debris flows and slumps require greater slopes than classical turbidity currents (Walker, 1986). This segment may correspond to coarse interchannel layers or to channel turbidity currents of the upper fan.

Segment B consists of sequences of coarse grained graded, medium dark-gray sandstone and light gray medium grained sandstone interbedded with sets of siltstones and black shales. These sequences are comparable with Bouma's classic sequences, which are separated by erosive surfaces. The majority of the sandstone beds contain large pyrite crystals at their bases.

The segment C consists of 10 — 20 cm thick beds of interlayered gray fine grained sandstone, black shale and black siltstone. The shale beds of this segment contain some fossils which were used for dating. Petrographic analysis of samples of this segment shows mainly lithic graywackes (Table 1). The segment is approximately 80 m thick.

Segment C of the Murca Formation corresponds to the lobe fringe facies, or facies D of the classic distal turbidite proposed by Mutti and Ricci Lucchi (1972), in Walker and Mutti, 1973). It begins with Bouma's sequence C, and is described as a distal turbidite which can be defined as turbidity current deposits on the opposite (seaward) side or downslope from the sediment source Bouma and Hollister, 1973).

Segment D corresponds to the middle part of the Murca Formation, with approximately 110 m total thickness. It consists of 5 — 10 cm black shale and gray, fine grained, graded sandstones, interlayered with fine and very fine dark gray sandstones. Sometimes it consists of shale and 10 — 20 cm

thick, coarse grained, graded massive sandstone. The shales beds present sandy lenses. Petrographic analysis of samples from this segment shows principally lithic graywackes which are coarse grained and graded toward the top of the segment. Segment D is in accordance with the hypothetical upward coarsening stratigraphic sequence developed during a fan progradation.

Segment E is approximately 300 m thick and consists of gray massive sandstones with intercalations of black shales with sandy lenses. At the bottom of this segment the sandstone beds contain cross-bedding and ripple marks. The middle part of the segment consists of coarse grained graded sandstones to very fine grained sandstones, siltstones and shales in cyclic beds. The upper part contains parallel laminated beds. Coarse grained graded sequences in this thick segment correspond to the classic Bouma sequences. In these Bouma sequence, rip-up clasts are concentrated in the bottom of the sandstone bed. Segment E corresponds to a thinning upward sequence of a new lobe in the middle fan. It represents a regradational deposit. Where it is possible to distinguish Bouma sequences.

Segment F corresponds to the upper part of the Murca Formation, which has a transitional contact with the overlying Villeta Group. This segment consists of black shales with interbedded 20 — 30 cm thick, fine grained gray sandstones. The sandstone beds contain cross-stratification and ripple marks in the shale beds. The upper part of the Murca Formation (segment F), corresponds to noncyclic basin plain deposits in an area fringing the fan (Shanmugan and Moiola, 1988). This segment may also correspond to the Bouma E subdivision, consisting of a turbiditic and hemipelagic mud with some sandstone interbeds, and facies G of Mutti and Lucchi in Moreno, (1990), with pelagic and hemipelagic shales deposited from very dilute suspension. The process of deposition includes the normal pelagic rain of sediments onto the sea floor (Mutti and Lucchi, 1972, in Walker and Mutti, 1973).

Ammonites and plant remains found within the black shale interbeds (station 20425 — 20422) include *Berriasella colombiana* Haas; *Pseudoostereella ubalaensis* Haas; *Berriasella* sp.; *Santafecites santafecinus* (d'Orbigny); *Karakaschiceras?* cf. *bakeri* (Imlay); *Neohoploceras?* *magnifica* (Imlay); *Neocomites* sp. ?, and *Cupressinocladus* sp. (land Plant) on the Pacho-La Palma road. These yield an Late Valanginian age for the Murca Formation. Ammonites and plant debris, including *Sainoceras* n. sp., aff. *hirsutum* Fallot & Termier; *Pseudoosterella ubalaensis* Haas; fish scales; and *Weichselia reticulata* (Stokes & Webb), collected from the El Caquero area on the Villeta-Nimaima road also give a Late Valanginian age.

Cumbre formation

The rocks of the Cumbre Formation crop out on the road from La Belleza to Otro Mundo in the

valley of the Río Minero, an area located in the southernmost part of the Departamento de Santander (Figure 1). The Cumbre Formation outcrops are in the core of the Portones Anticline. The contact with the underlying Arcabuco Formation was not observed, but a transitional contact with the overlying Rosablanca Formation was observed.

In the section studied, the Cumbre Formation is composed of a few layers of quartzarenites (Figure 2c), and clayey sandstones with intercalations of red-purple and black argillaceous siltstones which have parallel laminated layers with wavy beds toward the top of the section with 15 – 20 cm thick segments. The total thickness estimated for this formation in the area is approximately 50 m. Due to the poor exposure of the unit, it was not possible to measure a detailed stratigraphic section. The studied section corresponds to the upper part of the Cumbre Formation described in the type locality by Mendoza (1985; segments G and H), and segments 56 to 83 described by Renzoni (1985) in the Cordillera de los Cobardes. For this work, the section in the la Belleza area was subdivided into two segments B and A from bottom to top.

The segment B is formed principally of quartzarenites that vary from medium to very fine grained, with intercalations of clay siltstones. In general the sandstone bodies of the lower part of segment B consist of parallel laminated beds of 15 – 20 cm thickness. Wavy beds and faint cross-lamination occur toward the top of the segment. The upper part of segment B consists of clayed sandstone and very fine grained sandstone. These sandstones are micaceous quartzarenites in composition.

The segment A consists of red-purple claystones and argillaceous siltstones with some very fine to fine grained micaceous clayed sandstone. This segment has parallel laminated beds of 10 – 15 cm thickness. The upper part of segment A consists of clayey siltstone which change in color from yellow to black. The presence of kaolinite in segment A suggests a possible deposition in low salinity waters near to a river mouth, in a shallow water marine environment. Both the textural and structural characteristics suggest depositional environments ranging from foreshore for segment B to shoreface and transitional offshore in the upper segment A. The facial analysis suggests that the Cumbre Formation represents a transgressive sequence produced by the first advance of the Cretaceous Sea (Moreno, 1990).

Pyrite occurs as euhedral crystals and disseminated grains in the sandstones and clayey sandstones. This is the product of diagenetic processes in the rocks, as is the presence of authigenic clay minerals such as chlorite within the matrix. An ammonite dated by Etayo-Serna (*Sarsinella cf. honda* Haas; Ballesteros, 1989) gave a Late Berri-

sian age for the upper part of the Cumbre Formation.

Rosablanca formation

The Rosablanca Formation was originally named by Wheeler (1929 in Moreno 1990) from Cerro Rosablanca at the northeast corner of the De Mares Concession. The best exposure of the Rosablanca was found and measured on the road between the towns of Florian and La Venta (limit between Boyacá and Santander Departments) in the northeast section of the study area. (Figure 1). The Rosablanca Formation crops out over an area of approximately 80 km, and consists of black to greenish-gray limestone with intercalations of laminated calcareous shale and thick mudstones and wackestones (Table 2). The exposed section is 175 m thick. The outcrops on the road between La Belleza and Pueblo Nuevo range up to 5 – 19 m thick. The Rosablanca Formation lies concordantly over the Cumbre Formation. The contact with the overlying Villeta Group is also concordant, but the upper part of the formation was not measured.

It was not possible to collect fossils samples for dating from the study area, but fossils collected to the north in the underlying Cumbre Formation (*Sarsinella cf. hondana* Hass) gave a Late Barriasian age (Ballesteros, 1989). The Rosablanca Formation in the area is constrained as no younger than Late Valanginian by fossils of this age in the upper shales of this formation (Allen et al., 1988). Similar ages for this formation have been reported from the Middle Magdalena Basin Alfonso, 1985; Etayo-Serna and Rodríguez, 1985).

Caqueza sandstone

The Caqueza Sandstone upper part of the Caqueza group which extends from the Thithonian to Hauterivian times crop out on the Eastern margin of the Eastern Cordillera, and was previously correlated with the Murca Formation on the Western margin of the Eastern Cordillera. This sandstones are red, white or gray, immature, poorly sorted, very angular to angular quartzarenite, (Figure 2c) coarse grained siltstone and very fine grained quartzarenite, with lamination and beds averaging 0.8 – 3.0 m in thickness (Aalto, 1972).

The average sandstone composition for the Caqueza sandstones was given by Aalto as 53% quartz grains and 47% matrix—cement, which were recalculated by Moreno (1990). The matrix cement is essentially of iron oxide, sericite and chlorite. Only one sample presents calcite matrix, without feldspar grains or lithic fragments. The probable source for the Caqueza Sandstones was Precambrian polycyclic sandstones such as Roraima Formation and possibly gneissose and granitic Precambrian rocks (Aalto, 1972). The continuous supply of the quartzose sand from the Devonian to Tertiary in the area studied by Aalto suggests

a stable source area and probably cyclic re-sedimentation.

Petrographic classification

Rock samples from the Lower Cretaceous detrital units were classified using ternary plots of sand-size framework grains of quartz, feldspar and lithic fragments. Clean sand or arenites contain less than 15% matrix and dirty sand or wackes contain more than 15% matrix. The analysis was done using the Dott (1964), ternary diagrams and using matrix content in the sense of Pettijohn (1972). This classification is based on mineral composition and generally has minimal dependence on the environment of deposition. The character of the source rocks very largely determines mineral composition. Thus, classification is largely related to source area composition and ultimately to tectonics (Pettijohn, 1972).

The components of the ternary diagrams correspond to total quartz, including monocrystalline and polycrystalline quartz and chert; total lithic fragments including sedimentary, igneous and metamorphic fragments.

Key to petrographic data (Table 1)

Sample:	Number stations's samples
Gs:	Grain size m.m.
Sd:	Sorting (ϕ)
Qm:	Monocrystalline quartz
Qp:	Polycrystalline quartz
F:	Monocrystalline Feldspar (K - fel. + Plagioclase)
Lch:	Chert lithic fragment
Ls:	Sedimentary lithic fragment
Li:	Igneous lithic fragment
Lm:	Metamorphic lithic fragment
Acc:	Accessory minerals (Pyrite, Zircon, Heavy)
P:	Porosity
C:	Cement
Mc:	Clay matrix
Ma:	Authigenic matrix

Framework: (Dott, 1964, Dickinson and Suczek, 1979, Dickinson et al., 1983).

Q:	Qm + Qp + Chert
Qp:	Polycrystalline quartz + chert
F:	K - feldspar + Plagioclase
L:	Lithic fragments
Lt:	Total lithic + Qp
Lith. Wacke:	Lithic wacke sandstone
Arko. Wacke:	Arkosic feldspathic sandstone
Felds. Wacke:	Feldspathic wacke sandstone
Arko. Arenite:	Arkosic arenite
Pro. Key:	Provenance from Dickinson, et al., (1983).

Provenance

Relative proportions of different types of terrigenous sand grains are guides to the nature of the source rocks in the provenance terrain from which the sandy detritus was derived (Dickinson et al., 1983). Provenance terrains and related basins of deposition can be classified according to their plate-tectonic settings. Consequently, detrital framework modes of sandstone suites provide information about the tectonic settings of depositional basins and associated provenances.

Framework

The most significant compositional variations in terrigenous sandstone can be displayed as ternary plots on triangular diagrams. The three poles represent recalculated proportions of key categories of grain types determined by modal point counts (Dickinson and Suczek, 1979; Dickinson et al., 1983). Two alternative sets of poles (QFL and QmFLt) are used to display the petrographic results.

A. For QFL diagrams, the poles are: 1) total quartzose grains (Q), including polycrystalline lithic fragments such as chert and quartzite; 2) monocrystalline feldspar grains (F); and 3) unstable polycrystalline lithic fragments (L) of either igneous, sedimentary or metamorphic parentage.

B. For QmFLt diagrams, the poles are 1) quartz grains (Qm) that are exclusively monocrystalline; 2) feldspar grains (F) and 3) total polycrystalline lithic fragments (Lt), including quartzose varieties.

Dickinson and Suczek (1979) distinguished nine provenance types based on tectonic setting, and four ternary diagrams were then used to demonstrate the compositional distribution of the detritus derived from the nine provenance types. The mean compositions of sandstone suites derived from different kinds of provenance terrains controlled by plate tectonics lie within discrete and separate fields on QFL and QmFLt diagrams. The three main categories of provenance terrains thus distinguished were those within continental blocks, magmatic arcs, and recycled orogens (Dickinson and Suczek, 1979; Dickinson et al., 1983).

Jurassic plutonism

The Jurassic intrusive episode represents the most extensive period of plutonic activity in the Colombian Andes. Intrusive rocks of this age form a series of major batholiths which can be divided into eastern and western belts. The western belt is located along the eastern margin of the Central Cordillera in zone II of Figure 4 (Campbell and Bürgl, 1965, Bürgl, 1967, Aspden et al., 1987). The eastern belt of Jurassic intrusives consists principally of plutons in the Santander-Floresta paleo-massifs (zone I, Figure 4). According to Mojica

Table 1

Textural and compositional petrographic data of the Murca Formation, Utica sandstone and Cumbre Formation.

UNIT	Sample No.	GS (mm)	S.D. (phi)	Qm	Op	F	Leh	Le	Li	Lm	ACC-CLAY pyrite Other MATR	Ma	CEM	PORO.	Q	Qm	Op	F	L	Li	NAME (Detl, 1964)	PRO. KEY		
MURCA	20427C	0.5	0.5	23.5	6	2.6	9.9	16.7	0.8	0	1	2	17.5	7.7	1.7	0.5	39.6	26.6	4.3	29.5	56.1	LITH. WACKE	8	
MURCA	20427B	0.25	0.5	14.5	2.5	9.5	15.5	1.9	5	3	2.5	3	14.55	6	0	11	23	28.0	15	3.3	61.8	LITH. WAKE	8	
MURCA	20427B1	0.06	0.5	17.5	2	4.5	13	1.5	0	1	1	4	47.5	1	7	0	82.8	44.3	11.4	6.3	44.3	ARKO. WACKE	8	
MURCA	20427A2	0.25	1	26	2.9	7.5	5	10.8	2.5	2.1	0	2.1	24.3	10.5	4.2	0	47	13.5	12.8	26.2	39.7	LITH. WAKE	8	
MURCA	20427A1	0.5	0.5	17.5	0	12	13	1.9	4.5	1.5	1	2	21	7	0.5	0	27.6	18.6	25	28.5	48.1	LITH. WAKE	4	
MURCA	2472A	0.25	0.5	9	1.5	6	1	15.5	3	1.5	1	2.5	2	5	7.5	0	44.1	19.3	24.7	43	61.7	LITH. WAKE	2	
MURCA	20426C2	0.06	2	7.5	0	4.5	8	12	0	4	4.5	2	27.5	4	2	0	52.9	32.7	8.7	38.5	58.8	LITH. WAKE	8	
MURCA	20426C1	0.12	0.5	24.5	7.8	4.7	12	16.7	0	2.9	1	2	69.5	1	2.5	0.5	55	37.5	0	45	58.5	LITH. WAKE	8	
MURCA	20426B3	0.5	1	34.9	8.2	0	4.8	16.5	0.5	0.5	4	2	39.5	9.5	2	3	78.3	56.3	23	3.5	17.22	LITH. WAKE	8	
MURCA	20426B1	0.25	1	21.7	5.9	8.6	8.1	12.7	1.8	1	3.8	2	10.9	13.1	5	5.4	59.8	36.3	23.4	14.4	25.8	LITH. WAKE	8	
MURCA	20426A2	0.5	2	21.5	3.5	2	15.5	16.5	2	3.5	9	9	11.5	6.5	1	4.5	82.78	33.3	29.5	3.1	34.1	LITH. WAKE	8	
MURCA	20426A1	0.002	0	7.5	0	0	0	6.5	0	2	0	0.5	78.5	1	0	3	50	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
MURCA	20425B4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4	90	2	0	1	0	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
MURCA	20425B3	0.12	0.5	15.3	10.1	1.5	28.1	10.3	1	0.6	0.5	1	20.1	10.1	1	1	35.3	25.8	9.4	83.8	73.2	LITH. WAKE	9	
MURCA	20425B2	0.25	0.5	22.2	2.8	5.6	1	11	0	1.9	2	6.3	22	11	5.6	8.3	58.3	50	6.3	12.5	29.2	LITH. WAKE	8	
MURCA	20425B1	0.25	1	20	3	7.8	7.5	9.5	3	0.5	5.5	1	21	12	1	9	60.2	39.6	20.8	14	25.8	LITH. WAKE	8	
MURCA	20425A4	0.12	0.5	16.9	8.8	12.8	14	6.4	4.4	4.4	2	2.8	9.2	9.1	10	0.8	61.1	26	35.2	19.7	19.1	LITH. WAKE	5	
MURCA	20425A3	0.25	0.5	14.1	7.6	17.8	12.4	10.2	2.1	0.9	1.7	3	14.9	7.9	5.1	0.4	52.3	21.6	30.7	27.4	20.2	FELDS. WAKE	5	
MURCA	20425A2	0.5	1	19.3	5.3	21.9	11.4	8.8	5.2	0.8	2.6	7	7.9	5.2	0	2.1	49.4	28.5	22.9	30.1	20.5	ARKO. ARENITE	4	
MURCA	20425A1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9.7	0	1	0	0	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
MURCA	20424B3	1	0.5	22.6	4.6	15	8	10	11.3	0.8	2	0	10	7.1	5	3	48.5	31.2	17.3	20.8	30.6	LITH. WAKE	4	
MURCA	20424B2	0.12	1	17.9	12.2	16.5	15	4.5	1.6	0	2.9	0	9.8	7	9.7	2.4	68.4	20.3	33	24.8	8.9	ARKO. WACKE	4	
MURCA	20424B1	0.12	1	20	10.6	13.5	12.2	5.3	1.1	0.8	2.5	2	6.4	11	9.1	3	67.5	31.3	36.1	21	17.43	ARKO. WACKE	4	
MURCA	20424A	1	1	23	4.5	20.5	8	5	4.5	1	1.5	0	15.5	9.5	2.5	4.5	53.27	34.8	18.8	30.6	15.8	ARKO. WACKE	4	
MURCA	24787 D	0	0	19.1	1.8	0	26.8	0	26	0	0	2.3	28.4	4.7	5.4	0.9	45.8	31.8	14	0	54.2	LITH. WAKE	8	
MURCA	20423D	0.1	2	27.5	3	15	12.5	2	3	5	4.5	2.5	22.5	0	0	1.5	63.2	40.4	22.8	22.1	14.7	ARKO. WACKE	4	
MURCA	20423C	0.5	1	22.6	2.5	34.2	2.5	4.5	2.9	1.2	0	2.5	16	7	3.3	0.8	39.2	32.18	7	48.5	12.3	ARKO. WACKE	4	
MURCA	20423B	0	0	21.5	0	0	0	0	0	1.5	1	0.5	7.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
MURCA	20423A	0.71	1	13	0.5	10.5	5.5	37.5	9.5	3.5	0.5	0.5	17	1	1	0	23.74	16.25	7.49	13.12	69.11	ARKO. WACKE	9	
MURCA	20423A1	1.1	0.5	18.5	11.5	29	8.3	10.5	1	2.9	4	0	10	2	2	0	38.13	10.12	21.71	35.3	26.64	ARKO. WACKE	5	
UTICA	21071	0.25	1	18.5	3.5	22	11.5	3	12	2.5	0.5	0	12	1	7	6.5	46	25	21	30	24	ARKO. WACKE	5	
UTICA	21072	0.12	2	20.5	3.5	7.5	21	4	1	1.5	1.5	2.5	0	18.5	0	0	77	35	42	13	10	52	ARKO. WACKE	8
UTICA	21073	0.12	0.5	21.5	5.5	6.5	16.5	1	1	4	5	3.5	30.5	1.5	1.5	2	79	39	40	11	10	50	ARKO. WACKE	8
UTICA	21075	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
UTICA	21076	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0	0	MUDSTONE	0	
CUMBRE	21023A	0.25	0.5	45.1	10.9	1.9	8.06	0	0	0	2	4.04	24.2	3.6	2.4	0	93.4	75.5	17.87	1.9	4.6	22.5	QUARTZ. WACKE	7
CUMBRE	21023B	0.26	0.5	35.8	7.6	1.12	7.6	0	1.7	2.1	0	7.6	16	7.5	13	8	91.9	64.7	27.6	1.1	6.8	3.4	LITH. WAKE	7
CUMBRE	21023D	0.25	0.5	47.8	6.3	1.27	0.8	0	4.2	0.8	2	5.5	7.5	7.5	5	2.5	89.7	78.8	11.63	1	6	19.8	LITH. WAKE	7
CUMBRE	21025	0.25	0.5	55.9	7	1.71	0.7	1.6	0.4	0.6	6	2.3	9.4	7	2.8	18.5	89.5	81.8	13.9	1.1	2.8	16.8	QUARTZARENITE	7
CUMBRE	21024	0	0	47	1.5	0	0	0	0	0	2	4	14.5	7	1.5	1.5	92.7	89.8	2.72	0	7.2	10	LITH. WAKE	1
CUMBRE	21031	0.025	0.5	24	0.5	0	0	0	0	0	2	7.5	6.4	0	1	10	99	97.5	2.4	0	0	2.04	QUARTZ. WACKE	1

(1984), Jurassic extensional tectonics were accompanied by important intrusive activity that partially affected the Early Jurassic units.

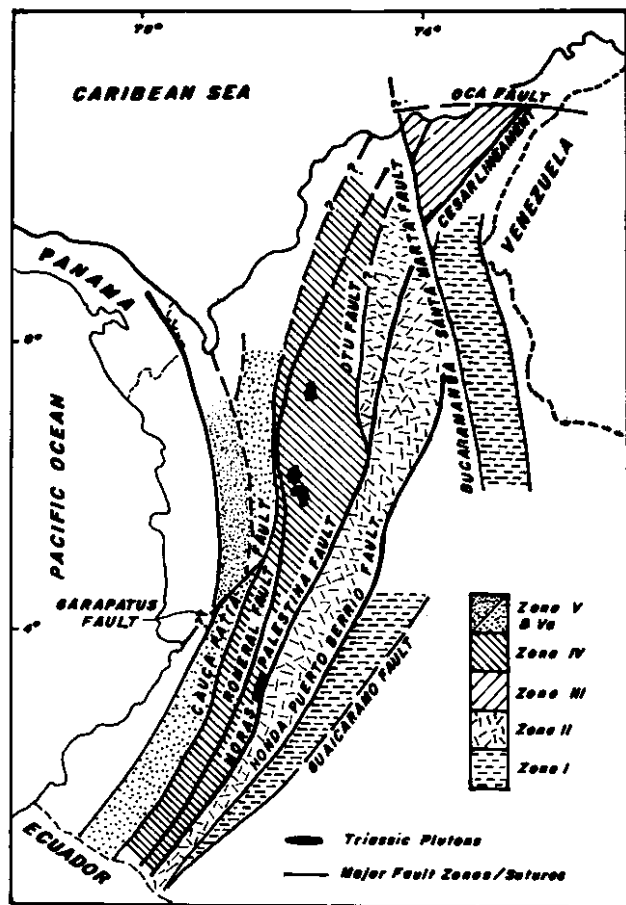


Figure 4. Principal structural and plutonic zones of the Colombian Andes (Aspden, et al., 1987).

Paleo-Central Cordillera

The Central Cordillera is made up of a pre-Mesozoic polymetamorphic basement which consists largely of a disrupted Paleozoic paired (medium/low pressure) metamorphic belt of both continental and oceanic character. It also includes isolated Precambrian remnants and is intruded by numerous Mesozoic batholiths and stocks. The eastern portion of the Central Cordillera (zone II, Figure 4), represents the most aerially extensive exposure of plutonic activity during Jurassic time (c. 200 – 140 Ma), which in turn represents the most widespread period of plutonic activity of the five episodes recognized by Aspden et al., (1987).

Santander-Floresta Paleomassif

The eastern belt of Jurassic plutonic intrusives, together with a Paleozoic schist belt (zone I, Figure 4), form the Santander-Floresta paleomassif. The early magmatism (200 ± 7 to 192 ± 7 Ma) seems to be confined to the Santander Massif. It is possible that the eastern belt plutons represent a separate early province which was subjected to later overprinting during the principal Jurassic magmatic event (183 ± 5 to 142 ± 6 Ma), the main axis of

which was located immediately to the west along the eastern edge of the Central Cordillera (Aspden et al., 1987). The Floresta massif consists mainly fo a Cambrian-Ordovician metamorphic unit with Ordovician-late Paleozoic granitic intrusives and clastic units ranging up to the Upper Jurassic (Mojica and Villarroel, 1984).

Jurassic plutonism, which extended throughout Colombia and Ecuador, is interpreted as part of a calc-alkaline volcano-plutonic subduction-related arc (McCourt et al., 1984; Aspden et al., 1987). They envisage that at this time the oceanic plate approached the continental block from the NW, and this resulted in a straight-on high angle subduction regime and widespread magmatism along much of the Northern and Central Andes (Aspden, et al. 1987).

Key to provenance types (QFL and QmFLt diagrams, modified from Dickinson and Suczek, 1979 and Dickinson et al., 1983).

A – CONTINENTAL BLOCK

- 1. Craton Interior
- 2. Transitional Continental
- 3. Basement Uplift

B – MAGMATIC ARC

- 4. Dissected Arc
- 5. Transitional Arc
- 6. Undissected Arc

C – RECYCLED OROGENIC

- 7. Quartzose Recycled
- 8. Transitional Recycled
- 9. Lithic Recycled

X – MIXED ZONE

Utica sandstone provenance

Only three sandstone samples were used for the QFL and QmFLt framework of the Utica sandstone. Although this number is not statistically representative, the unit can be tentatively assigned to provenance terrains proposed by Dickinson and Suezek (1979) and Dickinson et al., (1983).

According to the QFL ternary diagram (Figure 5a.) the Utica sandstone correspond to a recycled orogenic provenance. The QmFLt diagram (Figure 5b) shows the unit with a transitional recycled orogen provenance (sample 21072 and 21073) and a transitional arc provenance (lowermost sandstone, sample 21071, table 1).

The basal part of the Utica sandstone (sample 21071), classified as coming from a transitional arc, corresponds to sediments sourced mainly in the volcanic carapace capping the igneous belt and in granitic plutons of the are roots (Dickinson, 1983). The basal sandstone contains higher amounts of igneous fragments and feldspar that the upper units

(Tabla 1), suggesting a dissected arc provenance. Many of the feldspars are plagioclase and occur as separate clasts and as components of the volcanic clasts (Dickinson and Suczek, 1979).

PROVENANCE OF UTICA SANDSTONE

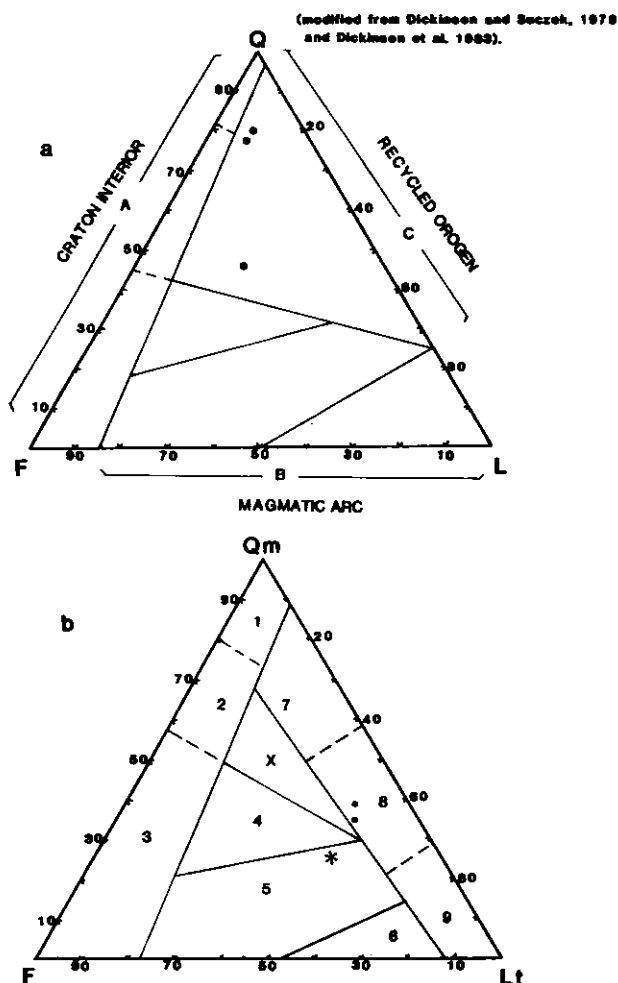


Figure 5. Ternary plots of the detrital sandstone of Utica Sandstone. a) QFL diagram shows the three main provenance types. b) QmFLt diagram shows results suggest recycled orogen (8) and magmatic arc (5) provenances.

supply for this unit from recycled orogenic and magmatic arc provenances. The magmatic arc sediments may have come from the paleo-Central Cordillera formed by calc-alkaline Jurassic volcano-plutonism (Aspden, et al., 1987). The samples from the Murca Formation coming from an arc orogen provenance are characterized by abundant feldspar (F) and volcanic lithics (Lv). The QFL and QmFLt plots (Figures 6a. and 6b) show the more lithic nature of the Murca Formation in comparison with the orthoquartzitic Caqueza sandstones (Figure 2c.). Sediments of the Caqueza sandstone have been considered as supplied from a stable source such as the Guyana shield (Aalto, 1972). The QmFLt diagram shows the effect of including polycrystalline quartz (Qp) in the total lithic (Lt) fraction, and again emphasizes the lithic nature of the Murca Formation as a recycled orogen, dissected and transitional arc provenances.

PROVENANCE OF MURCA FORMATION

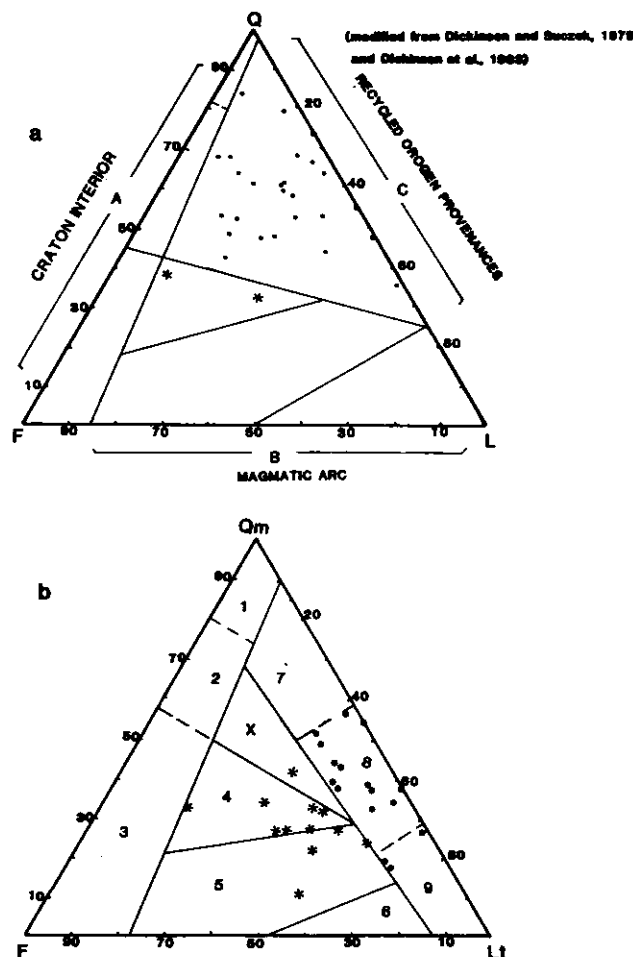


Figure 6. Ternary plot of detrital sandstone of the Murca Formation. a) QFL diagram shows the three main provenances types. b) QmFLt diagram results suggests recycled orogen (8) and magmatic arc (4 and 5) provenances.

The upper samples of the Utica sandstone correspond to the transitional recycled orogen provenance where the sediment sources are sedimentary strata and subordinate volcanic rocks, in part metamorphosed, exposed to erosion by orogenic uplift of fold belts and thrust sheets (Dickinson et al., 1983). Due to the similarity in the quartz and chert percent, it is difficult to distinguish between the variants proposed by Dickinson et al., (1983). Sample 21072 has a high percentage of chert which may correspond to sources in uplifted oceanic terranes of eugeosynclinal belts. Sample 21073 corresponds to recycled material derived from deformation and uplift of miogeoclinal successions (Dickinson et al., 1983).

Murca formation provenance

The petrographic analyses of thirty two samples from the Murca Formation suggest a sediment

Cumbre formation provenance

Provenance analyses of six samples from the Cumbre Formation suggest recycled orogenic and cratonic interior provenances (Figures 7a. and 7b). The percentage of polycrystalline quartz appears to

increase upward in the section and percentages of feldspar and lithic fragments decrease. This is probably indicating a change in provenance to a more recycled orogen, samples from the basal segment of this formation suggest a provenance from a stable cratonic interior with low relief (Dickinson et al., 1983). Sediments from positive cratonic or shelf areas accumulate upon the platforms and along rifted continental margins in shield slope and rise environments (Dickinson and Suczek, 1979).

The upper segment of the Cumbre Formation corresponds to a recycled quartzose orogen (Figure 7) comprising uplifted terrains of folded and faulted strata (Dickinson and Suczek, 1979). The sediments deposited as the Berriasian Cumbre Formation in the westernmost depocenter, located between the Santander-Floresta paleomassifs and the paleo-central Cordillera, came from both of these paleohighs (Figure 9). The basin was affected by a strong extension phase in Upper Jurassic (?) or Berriasian time (Fabre, 1987).

classified according to the three main limestone families proposed by Folk (1962), based on determination of the relative proportions of allochemical components, microcrystalline ooze and sparry calcite cement (Table 2).

Allochemical components represent the framework of the rock, and include fossils, ooids, intraclasts or pellets. Microcrystalline ooze (micrite) represents a clay-size matrix, while sparry calcite cement fills up pore spaces in the rock. When the relative percentages of these three components are plotted on a ternary diagram, it is possible to distinguish three limestone families:

- Type I limestone (Sparry allochemical limestone)
- Type II limestone (microcrystalline allochemical rocks)
- Type III limestone (microcrystalline rocks)

The Rosablanca Formation samples fall within the type III family of microcrystalline rocks (Figure 8). Most of the rocks consists of microcrystalline ooze with little or no allochemical material. These samples imply a rapid rate of precipitation of ooze together with a lack of persistent strong currents. Texturally they correspond to claystones, and must have formed in very shallow sheltered lagoonal areas or on broad submerged shelf of little relief and moderate depth where wave action was limited by the width of the shelf.

PROVENANCE OF THE CUMBRE FORMATION

(modified from Dickinson and Suczek, 1979 and Dickinson et al. 1983).

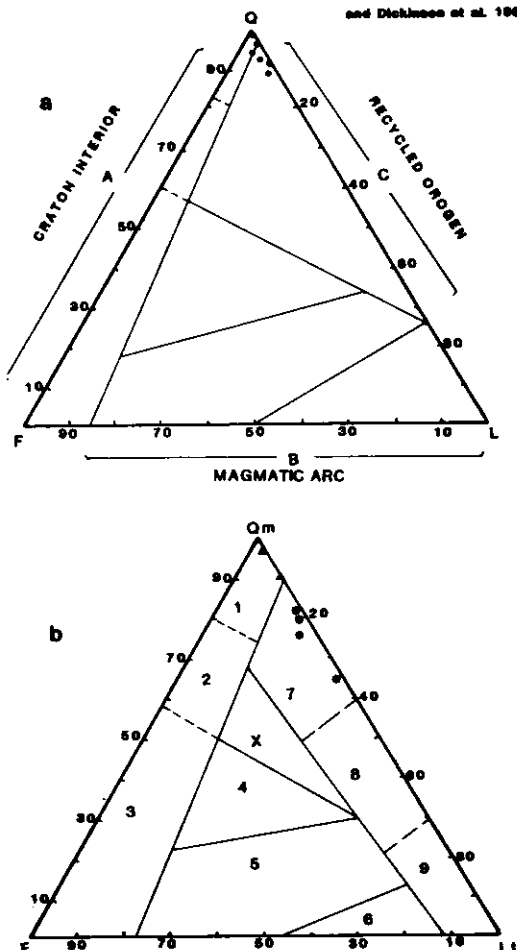


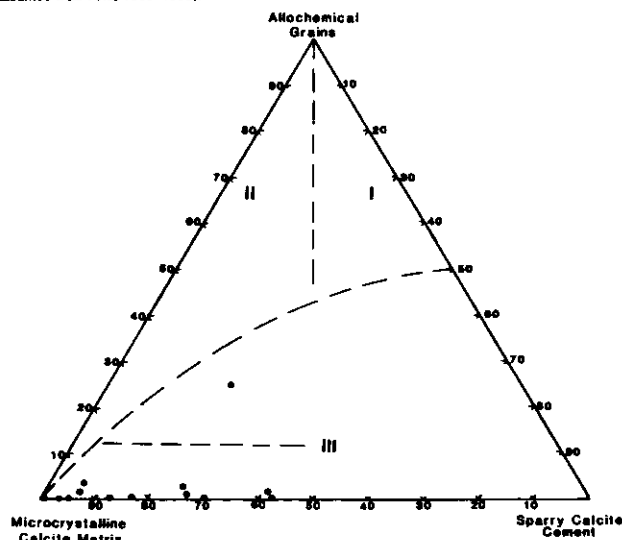
Figure 7. Ternary plots of detrital sandstone of the Cumbre Formation. a) QFL diagram show the three main provenance types. b) QmFLt diagram results suggest recycled orogen (7) and craton interior (1) provenances.

Rosablanca formation

The limestones of the Rosablanca Formation from the northern part of the study area were cla-

ROSABLANCA FORMATION

LIMESTONE CLASSIFICATION (modified from Folk, 1959-1962).



LIMESTONE FAMILIES
 I- Sparry Allochemical Limestone
 II- Microcrystalline Allochemical Limestone
 III- Microcrystalline Limestone
 • Rock samples

Figure 8. Ternary plot of Rosablanca Formations. The triangular Grains, Matrix and Cement plot shows the mean Limestone classification (modified from Folk, 1959, 1962).

Table 2

Petrographic data from the Rosablanca Formation (Classification according to Dunham, 1962; Folk, 1959, 1962).

SAMPLE	ORTHO-CHEMICAL				ALLO-CHEMICAL				TERRIG.		FRAMEWORK			NAME DUNHAM,-62	NAME FOLK,-62
	MICR.	SPAR	DOLO	Oth.	INTR.	PELLS	OOL	FOSS	SAND SIZE	CLAY	ALLO.	M.M.	S.M.		
21027	75	11.5	-	-	-	-	-	-	1	12.5	0.0	87	13	MUDSTONE	MICRITE
21018	96	-	-	-	-	-	-	-	1	3.	0.0	100	0	MUDSTONE	MICRITE
21043	60	2	-	6.5	-	-	-	-	6.5	25	0.0	95	5	MUDSTONE	MICRITE
21044	57	25	3.5	4.5	-	-	-	-	10	-	0.0	70	30	DOLOMITIC MUDSTONE	MICRITE
21044A	48	9.5	1	4.0	-	-	-	-	11.5	26	0.0	83	17	DOLOMITIC MUDSTONE	MICRITE
21045	59.5	2.5	-	2	-	-	-	-	2	34	0.0	96	4	BOUDSTONE	BIOLITHITE
21045C	45.5	34	-	4.5	-	-	-	-	8.5	7.5	0.0	57	43	MUDSTONE	MICRITE
21045B	51	22.5	-	2	-	10	-	14.5	-	-	25	52	23	WACKSTONE	MICRITE
21045A	11.5	8.5	6	2	-	-	-	-	23.5	48	0.0	58	42	TERRIGENOUS MUDSTONE	SANDY MICRITE
21046	56.5	19	3.5	4.5	-	-	-	1	15.5	-	1.0	73	26	MUDSTONE	MICRITE
21047	90.5	7	-	-	-	-	1	-	1.5	-	1.0	92	7	MUDSTONE	MICRITE
21048	69	23	-	1	2	-	-	-	1	4	2.	73	25	MUDSTONE	MICRITE
21050	86	4	-	7	2	-	-	1	-	-	3.	90	7	MUDSTONE	MICRITE

Limestone petrographic classification

Ortochemical:

Micr:	Microcrystalline calcite matrix
Sparry:	Sparry Calcite
Dol:	Dolomite
Oth:	Other ortochemical grains (Pyrite)

Allochemical grains

Fossi:	Fossil fragments
Intra:	Intraclasts
Pells:	Pellets
Ool:	Oolites

Terrigenous grains

Sand Size:	Terrigenous quartz grains of sand-size
Clay:	Clay-size Matrix

Framework

Allo:	Total percent of allochemical components
M.M.:	Total percent of microcrystalline matrix
S.S.:	Total Sparry cement

The ternary plot of the Rosablanca formation samples shows the main limestone families according to total percent of the end members.

Discussion

The Lower Cretaceous units of the study area, the Cumbre, Rosablanca and Murca Formations and the Utica sandstone, were deposited in depocenters in the Tablazo-Magdalena and Cundinamarca-Bogotá basins (Figure 9). These units are partial time equivalents. Analysis of their petrographic composition and sedimentary environments shows that the units were deposited in distinct paleogeographic settings in the Early Cretaceous, (Figure 10).

The Late Berriasian sandstones of the Cumbre Formation were deposited in a shallow marine environment associated with wave-dominated microtidal barrier island to offshore facies. The sandstones of this formation were classified petrographically as quartzarenites and quartzwackes. The composition suggests craton interior and quartzose orogen provenance. The main source was probably part of the paleocentral Cordillera and Santander-Floresta paleomassif. The overlying Valanginian-Hauterivian limestones of the Rosablanca Formation were deposited in a shallow marine carbonate platform, associated with supratidal marsh, intertidal mud flat and subtidal environments, (Figure 10). Rock samples from this formation are classified mainly as mudstones.

The Berriasian-Valanginian Utica sandstone was deposited in shallow marine environments, associated with prograding wave-dominated shoreline and storm dominated coquina facies. Rock samples from this formation are classified mainly as arkosic wackes with lithic fragments from volca-

nic, sedimentary and metamorphic rocks. The Utica Sandstone correspond to a recycled orogenic provenance.

The Upper Valanginian sandstones of the Murca Formation were deposited by turbidity currents as a retrogradational sequence in a distal fan depositional setting (Figure 10). The name Murca Formation was proposed for the Upper Valanginian turbiditic sandstones, (previously correlated with the Caqueza Sandstone of the upper Caqueza Group on the Eastern margin of the Cordillera Oriental), exposed in the core of the Murca anticline, were the type section is designated. Rock samples from this formation are mainly lithograywackes and arkosic wackes. The homogeneous Murca Formation, present lithologic and petrographic characteristics distinct from the Caqueza sandstone.

The petrographic and provenance analysis of the Murca Formation samples suggests that the main sediment supply came from the paleo-Central Cordillera, which in Early Cretaceous time consisted of an uplifted Jurassic plutonic-volcanic arc (Figure 4), McCourt et al., 1984; Aspden et al., 1987).

According with the model for the Lower Cretaceous of the central part of the Cordillera Oriental-Magdalena Valley proposed by Moreno (1990), the northeast Cumbre and Rosablanca Formations were deposited in shallow marine and carbonate platform environments in the Tablazo-Magdalena basin, with main source area for these units from the Paleocentral Cordillera and the Santander-Floresta paleomassifs, while to the south in the Cundinamarca-Bogotá basin the Utica sandstone was deposited shallow marine environment probably developed on a shelf and with a sediment

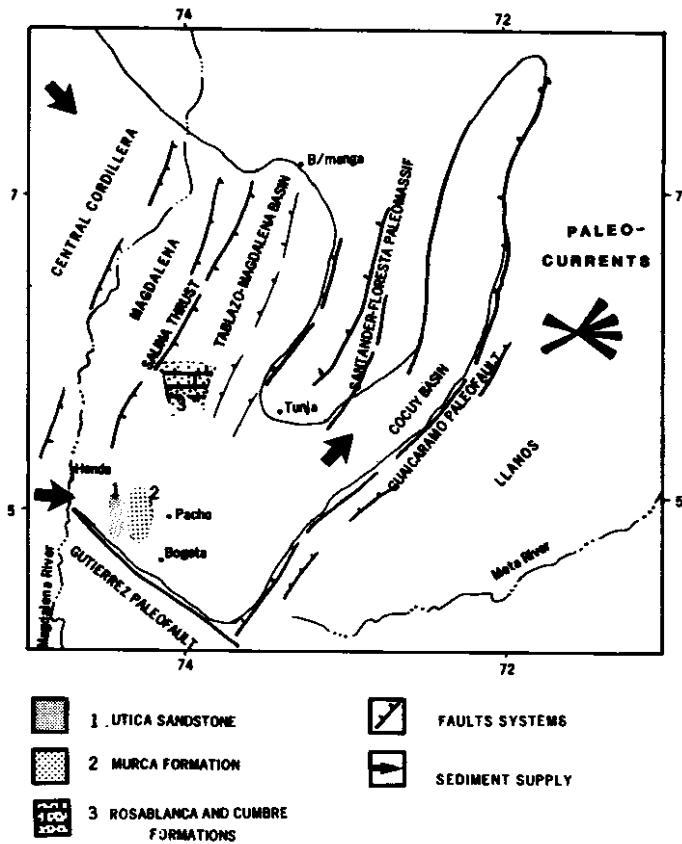


Figure 9. Geological setting of the Lower Cretaceous units: 1- Utica Sandstones, 2- Murca Formation and 3- Rosablanca and Cumbre Formation, into the sedimentary basins to the east of the Central Cordillera (modified from Fabre, 1987).

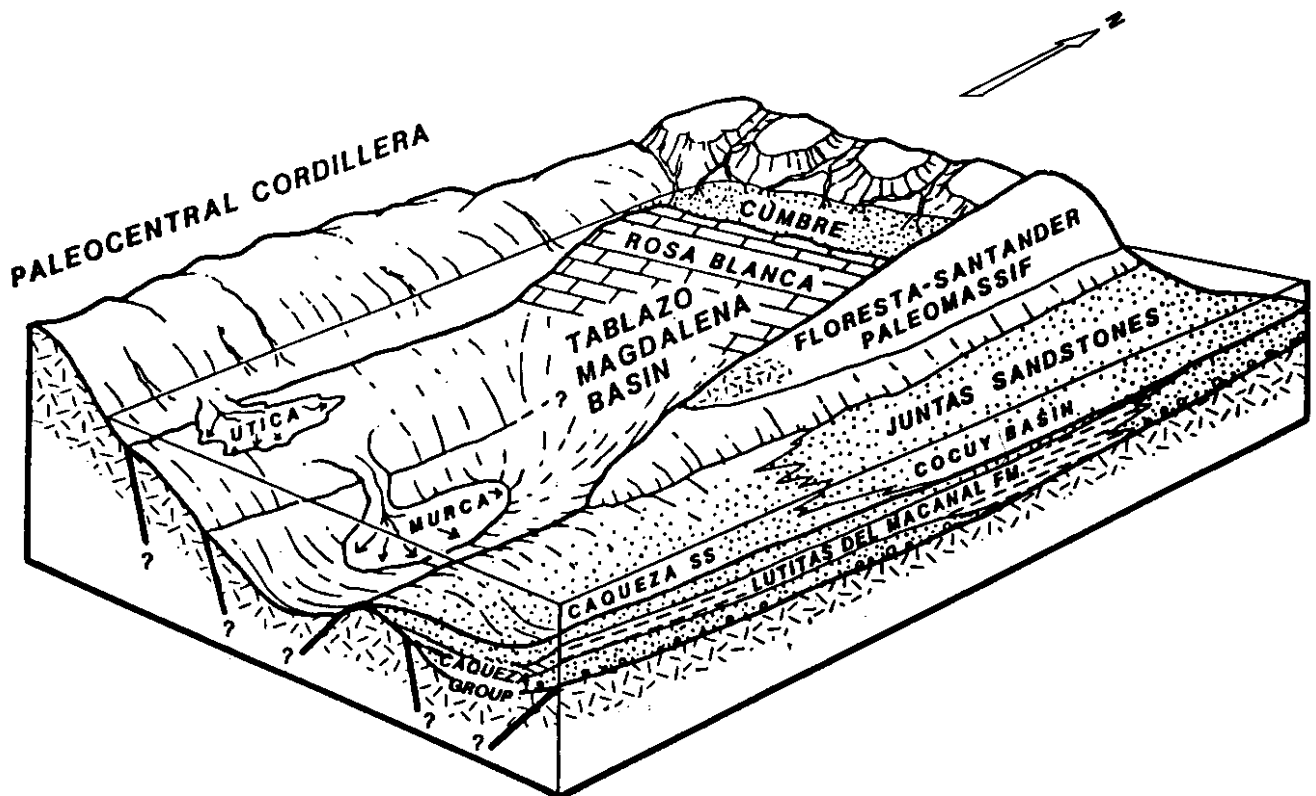


Figure 10. Diagrammatic model of the Lower Cretaceous basin of the Cordillera Oriental-Magdalena Valley. (After, Moreno 1990).

supply from a Jurassic plutonic-volcanic arc in the Paleocentral Cordillera, and the Murca Formation was deposited in deeper water to the east of the Utica as a turbiditic deposit developed by the activation of an extensional phase in the basin, limited by normal faults, and subsequent thermal subsidence may have produced the paleoslope on which the turbiditic currents deposited the Murca Formation. Thus, the Late Valanginian basin was divided into a central depocenter (Murca Formation), a western or southwestern shelf (Utica sandstone) and a northern or northeastern platform (Rosablanca Formation).

References

- Aalto, K.R. 1972. Diagenesis of orthoquartzites near Bogotá, Colombia: *Journal of Sedimentary Petrology* 42, (2): 330-340.
- Acosta, F.E., and E. Obando, 1984. Desarrollo estructural del extremo sur del Valle medio del Magdalena: XXIII reconocimiento Geológico, Colombian Society of Petroleum geologists and Geophysicists, Bogotá, 14 p.
- Alfonso, A., 1985. Los episodios evaporíticos de la Formación Rosablanca, in Etayo-Serna F., and Laverde, F. (eds.), Proyecto Cretácico, Contribuciones: Ingeominas, Bogotá, Contribución Especial, No. 16, p. XVI-1 – XVI – 19.
- Allen, R.B., R. Ressetar, & C. Macellari, 1988. Magdalena study area: Final Report, Earth Sciences and Resources Institute, University of South Carolina, 70 p.
- Aspden, J.A., W.J. McCourt & M. Brook, 1987. Geometrical control of subduction-related magmatism: the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of western Colombia, *Journal of Geological Society, London*, v. 144, p. 893-905.
- Ballesteros, C.I., 1989. Petrographic study of the Lower Cretaceous, Arcabuco, Cumbre and Rosablanca Formations, Sabanagrande – El Peñón – Hoya de Panamá área, Departamento de Santander, Colombia. (MS Thesis), University of South Carolina 60 p.
- Bouma, A.H., & C.D. Hollister, 1973. Deep ocean basin sedimentation: in Middleton, G.V., and Bouma, A.H., (eds), 1973, Turbidites and deep water sedimentation: SEPM Pacific section, short course, California 155 p.
- Bürgl, H., 1961. Sedimentación cíclica en el geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia: *Boletín Geológico, Ingeominas, Bogotá*, 8 (1-3): 85-118.
- . 1967. The orogenesis in the Andean system of Colombia: *Tectonophysics*, 4 (4-6): 429-443.
- Campbell, C.J., & H. Bürgl, 1965. Section through the Eastern Cordillera of Colombia, South America: *Geological Society of America Bulletin*, 76 (5): 567-590.
- Champertier, G., et al., 1961. Mapa geológico de la plancha K-10, escala 1: 100.000, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- Dickinson, W.R., & C.A. Suczek, 1979. Plate tectonics and sandstone compositions: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa 63 (12): 2164-2182.
- Dickinson, W.R., S.L. Berad, G.R. Brakenridge, J.L. Erjavec, R.C. Ferguson, K.F. Inman, R.A. Kneoo, F.A. Linddberg, & P.T. Ryberg, 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: *Geological Society of America Bulletin*, 94: 222-235.
- Dott, R.H. Jr., 1964. Wacke graywacke and matrix-what approach to immature sandstone classification: *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, (3): 625-632.
- Espinell, G. & F.R. Pinilla, 1989. Estudio estratigráfico y petrográfico de las "areniscas de Utica" y las "Areniscas del río Murca", del Grupo Cauqueza al Oeste de Cundinamarca, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de grado.
- Etayo-Serna, F., & G. Rodríguez, 1985. Edad de la Formación los Santos, p. XXVI-1 XXVI-6 in: Etayo-Serna, F., & F. Laverde, (ed) Proyecto Cretáceo, Ingeominas, Publicación especial No. 16, Bogotá.
- Fabre, A., 1987. Tectonique et génération D Hydrocarbures: un modèle de l' évolution de la Cordillere orientale de Colombie et du bassin des Llanos pendant Crétacé et le Tertiaire: *Archives des Sciences Société de physique et D' histoire naturelle de Geneve, Suisse*. 40 (2): 145-190.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types, in W.E. Ham (ed), *Classification of Carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists*, memor 1: 62-84.
- Gallo, J., 1977. The environmental facies analysis of selected Tertiary and Cretaceous outcrops along the Villeta-Honda road, 1979 in *Geological Field Trips, Colombia, 1958-1978: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists*, Bogotá, p. 473-487.
- García, M.D., 1983. Estratigrafía de la unidad basal de la serie Cretáceo, inferior en la región de Villeta, Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá, 40 p.
- Ingeominas-Naciones Unidas, 1975. Proyecto esmeraldas, informe técnico final No. 1683, Bogotá.
- Julivert, M., 1968. *Lexique Stratigraphique International: Vol. 5, Amerique Latine: v. 4a., Colombia: Cent. Nat. Recherche Scienc. (France)*.
- McCourt, W.J., J.A. Aspen, & M. Brook, 1984. New geological and geochronological data from the Colombian Andes: Growth by multiple accretion, *Journal Geological Society of London*, 141: 831-845.
- Mendoza, H., 1985. La formación Cumbre – modelo de transgresión marina rítmica, de comienzos del Cretácico, in Etayo-Serna, F., & Laverde, F. (eds.), Proyecto Cretácico, Contribuciones: Ingeominas, Bogotá, Contribuciones Especiales, No. 16, p. IX-1-IX-17.
- Mójica, J., 1984. An Outline on the Jurassic in Colombia: *Geológica Colombiana* 13: 129-136.
- Mojica, J., & C.A. Villarroel, 1984. Contribución al conocimiento de las Unidades Paleozoicas del área de Floresta (Cordillera Oriental Colombiana, departamento de Boyacá) y en especial al de la Formación Cuiche: *Geología Colombiana* 13: 55-80.
- Moreno, M.J.M., 1989. Petrography and stratigraphy of the lower cretaceous Rosablanca and Cumbre Formations, Utica Sandstone and Murca Sandstone (Murca Formation), Cordillera Oriental, Colombia: Master of Science Thesis, University of South Carolina, U.S.A. 111 p.
- . 1990. Stratigraphy of the Lower Cretaceous Rosablanca and Cumbre Formations, Utica Sandstone and Murca formation, west flank Eastern Cordillera, Colombia: *Geologia Colombiana* 17.
- Pettijohn, F.J., P.E. Potter, & R. Siever, 1972: *Sand and Sandstone*, Springer Verlag, N.Y. 618 p.
- Potter, P.D., 1967: Sand bodies and sedimentary environments: *American Association of Petroleum Geologists*, 51: (3): 330-351.

- Renzoni, G., 1985.** Paleoambientes en las formaciones Arcabuco y Cumbre de la Cordillera de los Cobardes, in Etayo-Serna, F., & T. Laverde, (eds), Proyecto Cretácico, Contribuciones: Ingeominas, Bogotá, Contribuciones Especiales, No. 16, p. X-1-X-14.
- Rondon, G.A. & V.H. Vega, 1989.** Prospección geoquímica para la búsqueda de Cu, Pb, y Zn en el cuadrángulo K-10 (Villeta), plancha 208: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Trabajo de grado.
- Sarmiento, L., 1985.** Condiciones geológicas favorables de las sedimentitas Cretácicas de la Cordillera Oriental de Colombia para la existencia de depósitos exalativos submarinos de plomo y zinc, informe 1953, Ingeominas, Bogotá.
- Sarmiento, L., E. Cardoso, H. Forero & C. Ramírez, 1985.** Importancia de la estratigrafía en la evaluación de las anomalías geoquímicas: caso del área del río Zumbé, Utica (Cundinamarca), in Etayo-Serna, F., & Laverde, F. (eds), Proyecto Cretácico, Contribuciones: Ingeominas, Bogotá, Contribuciones Especiales. No. 16, p. XXVIII-5-XXVIII-10.
- Shanmugam, G. & R.J. Moiola, 1988.** Submarine Fans: Characteristic, Models, classification and reservoir potential, *Earth-Science Reviews*, 24: 383-438.
- Stanley, D.J., 1963.** Vertical petrographic variability in Annot Sandstone Turbidite: some preliminary observations and generalizations: *Journal of Sedimentary Petrology*, 33, (3): 783-888.
- Thompson, A.V., 1966.** A geological section from Bogotá to the Central Cordillera, 1979, *Geological Field Trips, Colombia, 1959-1978: Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists, Bogotá*, p. 197-219.
- Ulloa, M.C., 1988.** Guía de excursión Bogotá-Honda: *Geología Colombiana* 16: anexo.
- Walker, R.G., 1986.** Turbidites and associated coarse clastic deposits in facies models: in, Walker R.G. 1986, *Facies Models, Second edition*, 317 p. Geoscience, Canadá.
- Walker, R.G., & E. Mutti, 1973.** Turbidite facies and facies associations: in, Middleton, G.V. and Bouma A.H., (eds) *Turbidites and deep-water sedimentation, Pacific section SEPM, short Course, Los Angeles California*, 157. p.

VARIACION TEMPORAL DE LA PRESION ATMOSFERICA EN BOGOTA

por

Jesús A. Eslava R.*

Resumen

Eslava, J.A.: Variación temporal de la Presión Atmosférica en Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 175-181, 1991. ISSN 0370-3908.

Utilizando los registros horarios obtenidos en la estación Observatorio Meteorológico Nacional, se efectúa un análisis de la variación temporal de la presión atmosférica media en superficie para Bogotá, presentando la distribución y características principales del régimen normal, a través del tiempo. Se comprueba la existencia y características de la llamada variación semidiurna y se proponen algunas ideas sobre las relaciones entre el régimen lluvioso, el paso de la Zona de Confluencia Intertropical, los regímenes de la presión atmosférica y otros elementos meteorológicos.

Abstract

Using hourly records collected in the weather station of the National Meteorological observatory in Bogotá, this paper analyzes the temporal variation in mean atmospheric pressure at the surface level in Bogotá. The distribution and characteristics of the normal pressure regime are presented through time. The existence of the so-called semidiurnal variation is confirmed, and its characteristics described. Some hypotheses are proposed regarding possible relations between rainfall patterns, the passage of the Intertropical Convergence Zone, the atmospheric regimes, and other meteorological elements.

1. Introducción

Este trabajo tiene como finalidad continuar con la serie de estudios realizados anteriormente sobre las características de la presión atmosférica en Colombia. Previa algunas consideraciones sobre

la información utilizada, se presenta un análisis de la variación media de la presión atmosférica a través del tiempo, a nivel diario y anual.

El análisis de las características de la variación temporal de la presión se determina a partir de datos y gráficas que muestran la variación de los valores medios mensuales a través del año, los valores medios horarios durante el día y los máximos y mínimos diarios para cada mes y el año; la base de

* Profesor Titular – Universidad Nacional de Colombia.

datos se definió con base en las observaciones horarias realizadas durante el período 1941 - 1960 en la estación Observatorio Meteorológico Nacional ubicada en la Ciudad Universitaria de Bogotá, aproximadamente en el centro de Colombia y suficientemente representativa para estos efectos.

2. Información utilizada

Para determinar la variación temporal (anual y diurna) de la presión atmosférica, se utilizaron los datos horarios medidos durante el período 1941 - 1960, en la estación meteorológica ubicada en el extremo NE de la Ciudad Universitaria de Bogotá (Universidad Nacional de Colombia).

Esos valores horarios fueron verificados y homogeneizados, en su oportunidad, y se publicaron en las siguientes referencias: Servicio Meteorológico Nacional (1950), Ministerio de Agricultura - División de Investigación (1952 - 1958) e Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (1959 - 1961). Esta serie de datos cubre el período 1941 - 1960, y verificada, procesada y homogeneizada según los métodos meteorológicos y estadísticos usuales, permitió definir los valores medios para cada hora, de cada mes y año (Tabla 1), y los valores medios, máximos y mínimos para cada mes y año (Tabla 2) (véase Eslava 1990b).

Tabla 1.

Presión Atmosférica media horaria, en superficie, en Bogotá, (hPa)

HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	AÑO
01	751.9	752.1	752.2	752.5	752.7	753.0	753.3	753.3	753.0	752.2	751.5	751.3	752.4
02	751.5	751.7	751.8	751.9	752.3	752.6	752.9	752.9	752.6	751.8	751.3	750.9	752.0
03	751.3	751.4	751.5	751.7	752.1	752.5	752.7	752.6	752.3	751.7	751.1	750.7	751.0
04	751.4	751.4	751.7	751.8	752.1	752.5	752.6	752.6	752.3	751.7	751.1	750.7	751.0
05	751.7	751.8	751.8	752.1	752.3	752.6	752.7	752.7	752.6	752.1	751.5	751.1	752.1
06	752.1	752.2	752.2	752.5	752.6	752.9	753.0	753.0	753.0	752.5	751.9	751.5	752.4
07	752.7	752.6	752.7	753.0	753.1	753.4	753.5	753.5	753.4	753.0	752.5	752.2	753.0
08	753.0	753.0	753.1	753.4	753.5	753.7	753.8	753.9	753.8	753.4	752.9	752.5	753.3
09	753.1	753.3	753.4	753.7	753.7	753.8	753.9	754.1	754.1	753.5	752.9	752.6	753.5
10	753.0	753.1	753.3	753.5	753.5	753.5	753.8	753.9	753.9	753.4	752.7	752.3	753.3
11	752.5	752.6	752.7	753.1	753.3	753.4	753.7	753.7	753.4	752.9	752.2	751.9	753.0
12	751.9	752.1	752.2	752.6	752.7	753.0	753.3	753.3	752.9	752.2	751.4	751.3	752.4
13	751.1	751.4	751.4	751.8	751.9	752.7	752.7	752.3	752.1	751.3	750.7	750.6	751.7
14	750.6	750.9	750.9	751.1	751.4	751.9	752.2	752.1	751.5	750.7	750.1	750.1	751.1
15	750.3	750.5	750.3	750.6	750.9	751.4	751.8	751.5	751.0	750.2	749.9	749.8	750.7
16	750.3	750.2	750.2	750.5	750.7	751.3	751.5	751.4	750.7	750.2	749.9	749.8	750.6
17	750.6	750.3	750.3	750.7	751.0	751.4	751.8	751.5	751.1	750.5	750.1	750.1	750.9
18	751.0	750.9	750.9	751.3	751.5	751.9	752.1	751.9	751.5	751.0	750.5	750.3	751.2
19	751.4	751.4	751.7	751.9	752.2	752.6	752.6	752.5	752.2	751.7	751.3	751.0	751.9
20	752.1	752.1	752.1	752.5	752.7	753.0	753.1	753.1	752.7	752.2	751.8	751.5	752.4
21	752.7	752.6	752.6	753.1	753.1	753.4	753.7	753.7	753.3	752.7	752.3	751.9	752.9
22	752.9	752.9	753.0	753.3	753.4	753.7	754.1	754.1	753.7	753.0	752.5	752.2	753.2
23	752.7	752.9	753.0	753.3	753.4	753.7	754.1	753.9	753.5	752.9	752.3	752.1	753.1
24	752.5	752.6	752.7	753.0	753.1	753.4	753.8	753.8	753.3	752.5	751.9	751.8	752.9
MEB	751.0	751.9	752.0	752.3	752.5	752.8	753.0	753.0	752.7	752.1	751.5	751.3	752.2

Nota: 1.0 hPa(hectopascal) = 1.0 mb(milibar) = 0.750062 mmHg(milimetro de mercurio)

Nota: 1.0 hPa (hectopascal) = 1.0 mb (milibar) = 0.750062 mmHg (milimetro de mercurio).

Tabla 2

Datos medios, máximos y mínimos determinados a partir de los valores horarios de presión atmosférica media en superficie en Bogotá, en hpa.

Mes	Presión máxima absoluta	Presión máxima media	Presión media	Presión mínima media	Presión mínima absoluta
ENERO	756.7	754.7	751.8	748.5	746.7
FEBRERO	757.3	754.7	751.9	748.7	745.8
MARZO	757.8	754.7	752.0	748.9	745.8
ABRIL	756.5	754.9	752.5	749.0	746.6
MAYO	757.5	755.0	752.5	749.3	747.4
JUNIO	757.3	755.0	752.8	749.9	748.1
JULIO	757.4	755.3	753.0	750.2	747.9
AGOSTO	757.3	755.3	753.0	749.8	747.9
SEPTIEMBRE	757.4	755.4	752.7	749.4	747.1
OCTUBRE	757.0	755.0	752.1	748.7	746.7
NOVIEMBRE	756.3	754.3	751.5	748.2	746.6
DICIEMBRE	755.8	753.9	751.3	748.2	746.1
AÑO	757.5	754.9	752.2	748.1	745.8

Se tomó el período comprendido entre 1941 y 1960, como base de datos, puesto que durante ese intervalo el Observatorio tuvo la ubicación más representativa y estable de toda su historia. Del año 1961 a 1968 el IGAC, entidad responsable del Observatorio, en esa época, continuó con la toma de la información horaria, pero ella no se ha publicado y la información original no se ha verificado, procesado ni homogeneizado y, por lo tanto, su utilización directa podría introducir serios errores en los análisis; del año 1969 en adelante el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMH, (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT), se encargó de la operación de dicha estación y suspendió la observación horaria de la información; además, el crecimiento y desarrollo del IGAC, en cuyos alrededores aún funciona la estación, ocasionó que el llamado Observatorio Meteorológico Nacional se encuentre, actualmente, rodeado de un parqueadero asfaltado lo que, obviamente, le ha quitado toda representatividad, a la nueva información que el suministra, desde el punto de vista de los análisis meteorológicos que tienden a determinar el régimen normal y natural.

3. Variación anual de la presión atmosférica en Bogotá

Para determinar las características de la variación de la presión atmosférica, a través del año, se utilizaron los datos de las Tablas 1 y 2 y se elaboraron gráficas que muestran la distribución de los valores medios y extremos mensuales a través del año; algunas de esas figuras se incluyen a modo ilustrativo en el presente trabajo.

Del análisis de esas figuras, se concluyeron las características principales del régimen normal de la presión atmosférica. En primera instancia los resultados muestran características particulares; las de mayor importancia son las que se indican a continuación.

La presión atmosférica media mensual en superficie se caracteriza por poseer un sólo máximo y

un sólo mínimo (Fig. 1). El máximo se presenta en los meses de julio y agosto (753.0 hPa) y el mínimo (751.3 hPa) ocurre en diciembre.

Este comportamiento sólo responde parcialmente a la marcha anual de la temperatura media: en julio-septiembre ocurren los valores mínimos de temperatura media, el aire está frío y, consecuentemente, es más denso y la presión aumenta; sin embargo, los valores más altos de temperatura media no se dan en diciembre, cuando ocurre la más baja presión, sino entre marzo y mayo. Lo anterior puede apreciarse en la Fig. 2 que se basa en los datos medios mensuales determinados a partir de 24 observaciones horarias, los de presión que aparecen en las Tablas 1 y 2, y los de temperatura tomados de Eslava (1990c).

La amplitud mensual media, diferencia entre el valor medio del mes con más alta presión y el mes con más baja presión, es relativamente pequeña (1.7 hPa).

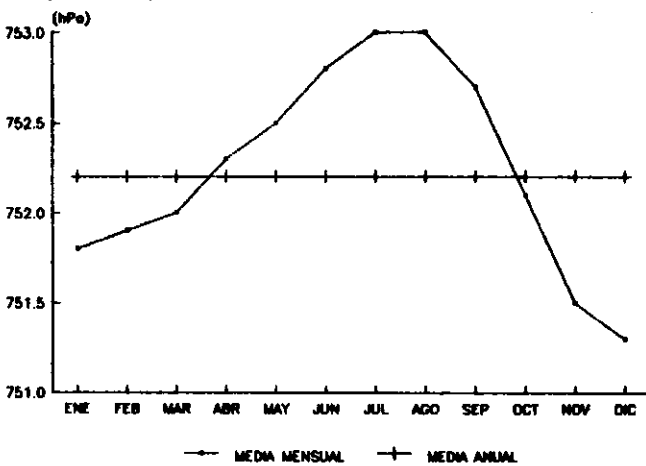


Figura 1. Variación interanual de la presión atmosférica media en Bogotá.

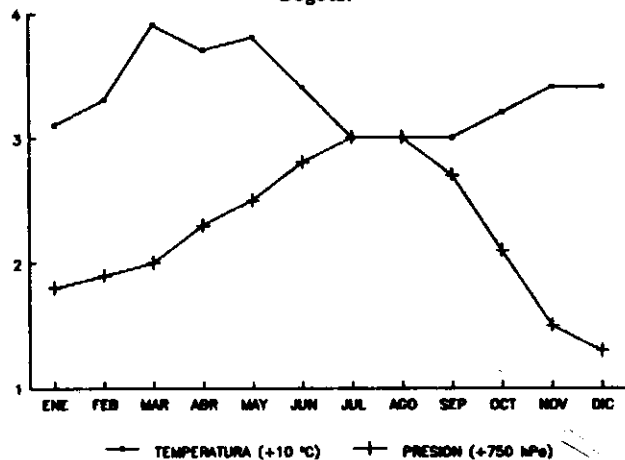


Figura 2. Variación interanual de la presión atmosférica y temperatura media en Bogotá.

La presencia de un sólo máximo y un sólo mínimo, aparentemente muestra que no existe concordancia entre la variación, a través del año, de la presión atmosférica media mensual en superficie, el doble pasaje de la Zona de Confluencia Intertropical (ITC) y la existencia de dos períodos secos y dos períodos húmedos. Sin embargo, esta concordancia no debe descartarse completamente ya que la más baja presión media mensual que se da en di-

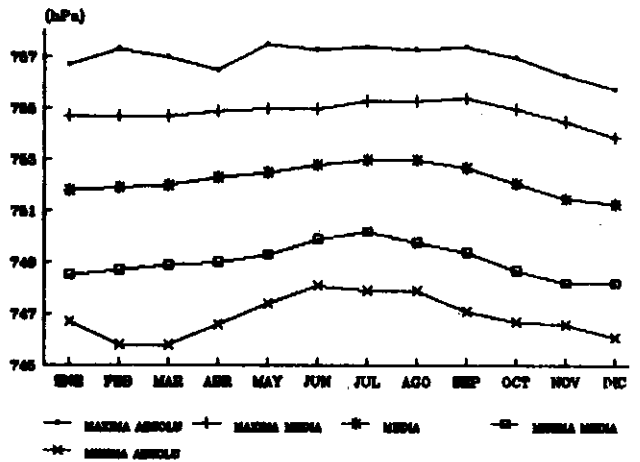


Figura 3. Variación interanual de los valores extremos y medios de la presión atmosférica media en Bogotá.

ciembre, coincide con el comienzo del período más seco de la región (diciembre-marzo) y con la finalización del período más húmedo (septiembre-diciembre).

Esto, posiblemente, está mostrando una relación no uniparametral, sino una concordancia más compleja. Esa concordancia tiene en cuenta períodos secos o húmedos con valores relativos de las presiones medias mensuales, las características ascendentes o descendentes de sus gradientes y, los valores y gradientes de otros elementos meteorológicos.

Los valores de las presiones extremas, absolutas o medias, también presentan una marcha anual típica con variaciones similares a la de los valores medios. Las características de los valores de las presiones y sus variaciones a través del año se pueden apreciar claramente en la Fig. 3.

4. Variación diaria de la presión atmosférica en Bogotá

Se ha mencionado en varias oportunidades que en Colombia, los análisis de las variaciones diurnas de los diferentes elementos meteorológicos son, como casi todos los estudios referentes a la Meteorología, muy escasos, no publicados o inexistentes. Para Bogotá, por ejemplo, sólo se conocen los análisis de la variación horaria de la precipitación efectuados por Ochoa (1965?) que lo llevaron a producir el diagrama de isopletas de precipitación horaria (véase en Montealegre, 1979, p. 12); el manuscrito elaborado por Bernal (1972) "Resumen estadístico de la lluvia en el Observatorio Meteorológico Nacional-Bogotá, durante el período 1941 - 1970", el cual también fue reproducido por Montealegre (1979) y, los análisis que sobre la presión, temperatura y humedad, fueron efectuados por Eslava (1990, 1991); de Eslava (1990b) se extractó la mayor parte del siguiente material.

4.1. Generalidades

Tal como lo han señalado varios autores, entre ellos Riehl (1954, 1979), De Martonne (1963,

Petterssen (1968); Retallack (1973) y Mertins (1976), en un lugar determinado la presión atmosférica varía continuamente de manera regular e irregular.

Las variaciones irregulares se deben principalmente a la presencia de sistemas meteorológicos de presión (aquellos que conllevan un cambio en la presión atmosférica), cuyo desarrollo, debilitamiento o ubicación también pueden originar esos cambios de presión.

Las variaciones regulares tienen distintos períodos, siendo la más importante la que tiene un período natural propio de aproximadamente 12 horas que, por esa razón, recibe el nombre de variación semidiurna de la presión. Estas oscilaciones de presión, son el resultado de la sucesión de los efectos de expansión y contracción de la atmósfera, provocados por el alternativo calentamiento y enfriamiento del aire por causa de la sucesión de los días y de las noches.

La oscilación propia de la atmósfera es, entonces, estimulada por las variaciones de temperatura y su amplitud aumenta por resonancia, lo que produce como resultado una doble marea atmosférica que se propaga alrededor de la tierra siguiendo la posición del sol.

En general, tanto en bajas como en altas latitudes, la presión máxima se produce dos veces al día, aproximadamente a las 10 y 22 horas local (HL) y, la mínima alrededor de las 04 y 16 HL.

La variación semidiurna de la presión, se considera un fenómeno bastante complejo. Las oscilaciones no son simétricas y varían considerablemente de un sitio a otro. Es mucho más clara en las regiones tropicales que en las regiones situadas en latitudes más altas, donde resulta a menudo más difícil detectarla, pues allí se oculta por el frecuente paso de sistemas meteorológicos de presión.

En latitudes altas la amplitud, de esa variación, suele ser de un (1) hectoPascal (hPa), o menos, y en las regiones tropicales puede ser de tres (3) a cuatro (4) hPa.

Aunque esas variaciones tienen, relativamente, poca influencia sobre los otros elementos meteorológicos, es necesario tenerlas en cuenta cuando se analizan variaciones de presión porque ellas sí pueden influir, produciendo variaciones o cambios, reales o aparentes, en otros factores o elementos no directamente meteorológicos.

Para Colombia, en general, esta variación de la presión es muy homogénea tanto en su presentación horaria como en la proporcionalidad de la amplitud, según cada región, puesto que básicamente Colombia se ubica dentro de la región tropical, más específicamente dentro de la región ecuatorial; por ello, la variación diurna de la presión atmosférica, y

su amplitud, puede ser analizada para Bogotá, y visualizada para Colombia, con base en los datos observados en la estación denominada Observatorio Meteorológico Nacional ubicada en el extremo NE de la Ciudad Universitaria de Bogotá (Universidad Nacional de Colombia), en zona aledaña a las edificaciones del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) sitio que, a su vez, se localiza aproximadamente en el centro de Colombia.

4.2. Comparación entre diferentes fórmulas utilizadas para el cálculo de la presión atmosférica media diaria

Al comparar el valor medio de la presión atmosférica, determinado con base en los 24 valores horarios (ecuación [1]) y los que se establecen aplicando algunas de las fórmulas que se han usado en diferentes épocas (ecuaciones [2] a [5]), se encuentra que en algunos casos las desviaciones son significativas (véase Tabla 3). La ecuación que más se ajusta es la [2], es la que actualmente se aplica y se considera como la más correcta puesto que las desviaciones son muy pequeñas, ± 0.1 hPa, sólo en un caso es de -0.2, (véase Tabla 3 y Fig. 4). Lo anterior demuestra que, para este elemento meteorológico, la ecuación [2] se ajusta bastante bien para el cálculo de los valores medios diarios.

$$P = [\sum P_i] / 24 \tag{1}$$

$$P = [P_{07} + P_{13} + P_{19}] / 3 \tag{2}$$

$$P = [P_{07} + P_{13} + P_{18}] / 3 \tag{3}$$

$$P = [P_{07} + P_{13} + P_{20}] / 3 \tag{4}$$

$$P = [P_x + P_m] / 2 \tag{5}$$

P - Presión atmosférica media diaria; P_i - Presión atmosférica horaria, donde i = 1 a 24 horas; P₀₇, P₁₃, P₁₈, P₁₉, P₂₀ - Presión atmosférica a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente; P_x - Presión atmosférica máxima media; P_m - Presión atmosférica mínima media.

Tabla 3

Valores medios diarios de presión atmosférica en superficie en Bogotá, calculados con varias fórmulas, en hpa.

Mes	Presiones medias					Desviaciones			
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[2]-[1]	[3]-[1]	[4]-[1]	[5]-[1]
ENERO	751.6	751.7	751.6	752.0	751.6	-0.1	-0.2	+0.2	-0.2
FEBRERO	751.9	751.8	751.6	752.0	751.7	-0.1	-0.3	+0.1	-0.2
MARZO	752.0	751.9	751.7	752.1	751.8	-0.1	-0.3	+0.1	-0.2
ABRIL	752.3	752.2	752.0	752.4	752.0	-0.1	-0.3	+0.1	-0.3
MAYO	752.5	752.4	752.2	752.6	752.2	-0.1	-0.3	+0.1	-0.3
JUNIO	752.6	752.9	752.7	753.0	752.4	+0.1	-0.1	+0.2	-0.4
JULIO	753.0	752.9	752.8	753.1	752.8	-0.1	-0.2	+0.1	-0.2
AGOSTO	753.0	752.8	752.6	753.0	752.6	-0.2	-0.4	0.0	-0.4
SEPTIEMBRE	752.7	752.6	752.3	752.7	752.4	-0.1	-0.4	0.0	-0.3
OCTUBRE	752.1	752.0	751.7	752.2	751.8	-0.1	-0.4	+0.1	-0.3
NOVIEMBRE	751.5	751.5	751.2	751.7	751.4	0.0	-0.3	+0.2	-0.1
DICIEMBRE	751.3	751.3	751.0	751.4	751.0	0.0	-0.3	+0.1	-0.3
AÑO	752.2	752.2	752.0	752.4	752.0	0.0	-0.2	+0.2	-0.2

- [1] P = [∑ P_i] / 24 Valores calculados con datos de Tabla 1
- [2] P = [P₀₇ + P₁₃ + P₁₉] / 3 Valores calculados con datos de Tabla 1
- [3] P = [P₀₇ + P₁₃ + P₁₈] / 3 Valores calculados con datos de Tabla 1
- [4] P = [P₀₇ + P₁₃ + P₂₀] / 3 Valores calculados con datos de Tabla 1
- [5] P = [P_x + P_m] / 2 Valores calculados con datos de Tabla 1

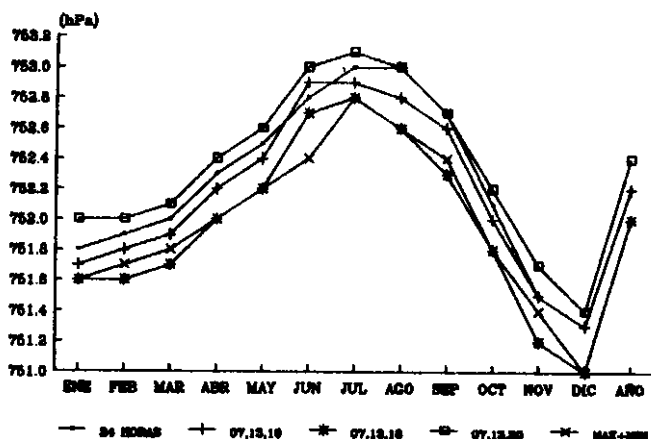


Figura 4. Comparación entre los valores medios diarios de presión atmosférica, en Bogotá, calculados con diferentes fórmulas.

4.3. Análisis de la variación diurna de la presión atmosférica

Del análisis de la información, señalada en la Tabla 1, se confirma, como era de esperarse, la presencia de un doble máximo y un doble mínimo horario de presión atmosférica; es decir, la llamada variación semidiurna de la presión, que coincide en términos generales con lo que sucede en todo el mundo y más específicamente en la región tropical.

El primer máximo se registra, en todos los meses, a las 09 HL; aún cuando en noviembre se presenta un valor similar a las 10 HL. El segundo máximo se presenta de febrero a julio a las 22 y 23 HL y sólo a las 22 HL de agosto a enero; lo cual puede estar indicando que este segundo máximo ocurre, en promedio, alrededor de las 22:30 HL con un valor ligeramente mayor que el de las 22 y 23 HL (pero no más de 0.1 hPa).

Por lo que respecta a los valores mínimos, el primero de ellos ocurre a las 03 y 04 HL (excepto en enero, marzo y abril que se registra únicamente a las 03 HL y en julio que se presenta a las 04 HL); por lo cual, alrededor de las 03:30 HL puede ser el momento de presentación de este primer mínimo. El segundo mínimo se registra a las 16 HL; en enero, octubre, noviembre y diciembre, también ocurre a las 15 HL, por lo que también puede considerarse que, este segundo mínimo, se presenta alrededor de las 15:30 HL.

La amplitud de esta variación, oscila entre 2.5 y 3.4 hPa y presenta igualmente dos máximos y dos mínimos: el primer máximo de amplitud (en valor el secundario) ocurre en marzo y abril con 3.2 hPa, en junio se presenta el primer mínimo con 2.5 hPa, a continuación, en septiembre, ocurre el segundo máximo (en valor el principal) con 3.4 hPa y finalmente, en diciembre-enero se presenta el segundo mínimo con 2.8 hPa.

El valor máximo de presión atmosférica que ocurre a las 09 HL es mayor que el máximo de las 22:30 y el mínimo de las 15:30 es menor que el

mínimo de las 03:30. El valor más alto (máximo absoluto) ocurrió en mayo y el más bajo (mínimo absoluto) se registró en febrero-marzo.

Los valores máximos medios de cada hora, fundamentalmente, se presentan en julio (excepto de las 08 a 10 HL) y/o en agosto (excepto entre las 13 y 20 HL); en el mes de septiembre también ocurren valores iguales a los de julio-agosto, a las 06, 09 y 10 HL y, en junio a las 13 y 19 HL. Por su parte los valores mínimos medios, de cada hora, siempre ocurren en diciembre; también ocurren, en noviembre, entre 14 y 17 HL.

Los períodos durante los cuales, a través del año, ocurren mayores variaciones son los comprendidos de las 12 a 15 HL y, de las 23 a 03 HL; a esas horas, la amplitud anual es de 2.0 hPa (23 a 03, 12 y 15 HL) y 2.1 hPa (13 y 14 HL). Las menores amplitudes anuales ocurren a las 07 y 08 HL (1.3 y 1.4 hPa, respectivamente), con la presencia de otro mínimo relativo a las 19 y 20 HL (1.6 hPa).

Para mayor ilustración se presentan, a manera de ejemplo, las gráficas representativas de la variación diurna de la presión en los meses de solsticios (junio y diciembre) y equinoccios (marzo y septiembre) y a nivel medio anual (Figs. 5 a 9.).

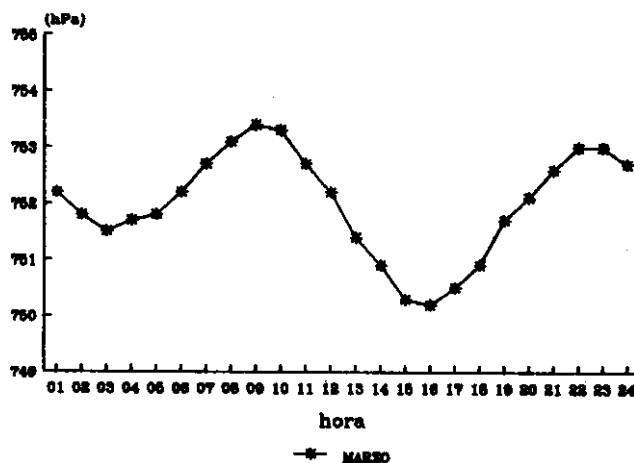


Figura 5. Variación horaria de la presión atmosférica, media, en Bogotá, marzo.

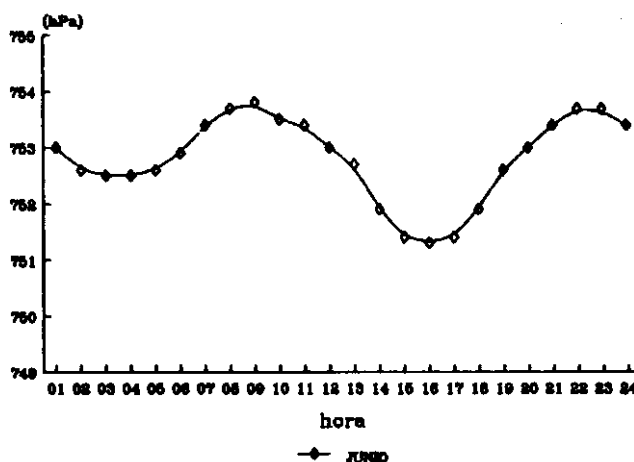


Figura 6. Variación horaria de la presión atmosférica media, en Bogotá, junio.

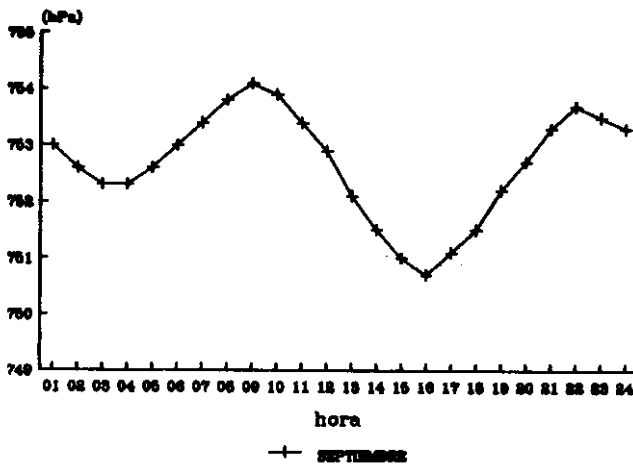


Figura 7. Variación horaria de la presión atmosférica media, en Bogotá, septiembre.

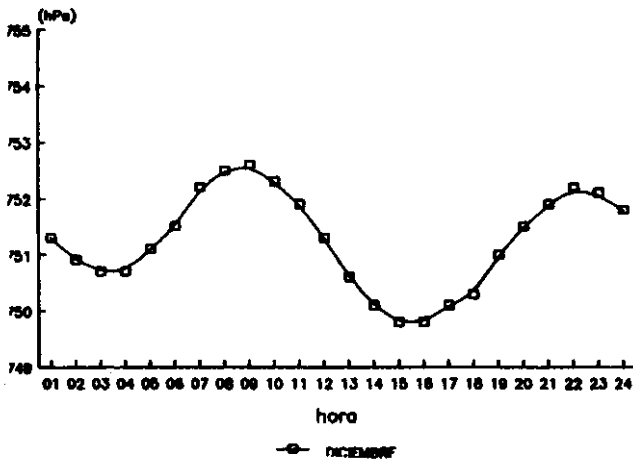


Figura 8. Variación horaria de la presión atmosférica media, en Bogotá, diciembre.

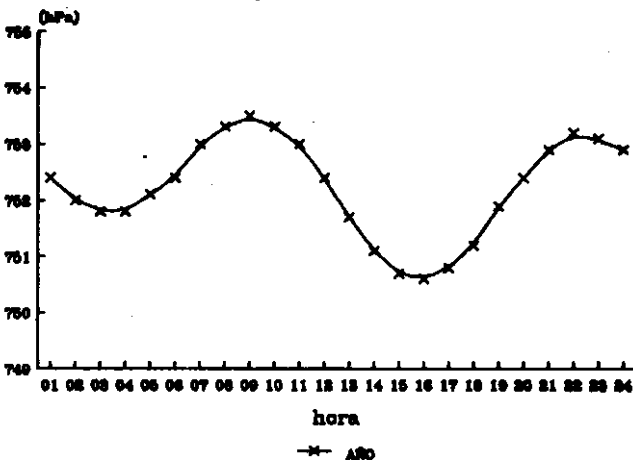


Figura 9. Variación horaria de la presión atmosférica media, en Bogotá, valor medio anual.

Finalmente, se ha considerado importante presentar —gráficamente— la posible interrelación entre la variación diurna de elementos como la presión, la temperatura, la humedad y la precipitación (Figs. 10 y 11). Con ésto, no se intenta desvirtuar, ni demostrar algunas teorías que existen al respecto; simplemente se ha considerado conveniente resaltar esas posibles relaciones con el propósito de que esos temas se aborden profunda y científicamente.

Los datos utilizados para elaborar las Figs. 10 y 11 fueron tomados de: a) los de presión, del presente trabajo, b) los de temperatura, de Eslava

1990c, c) los de humedad, de Eslava 1991, d) los de precipitación, de Bernal (1972) y Montealegre (1979).

Las escalas usadas son proporcionales con los datos, pero fueron agrupadas para poder apreciar —gráficamente— las posibles relaciones.

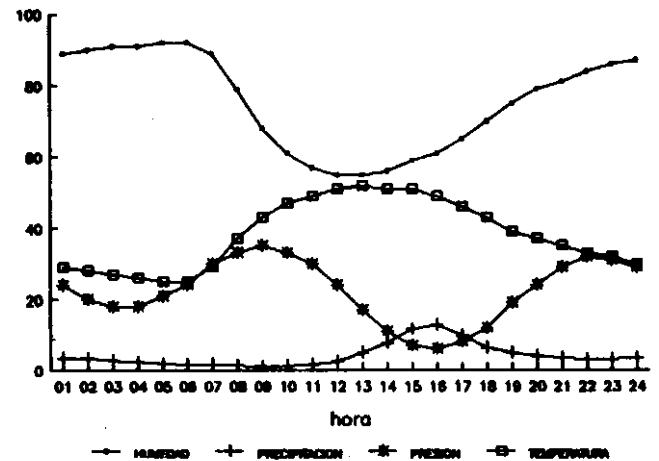


Figura 10. Comparación entre índices que muestran la variación diurna de la humedad relativa, la precipitación, la presión atmosférica y la temperatura del aire, en Bogotá.

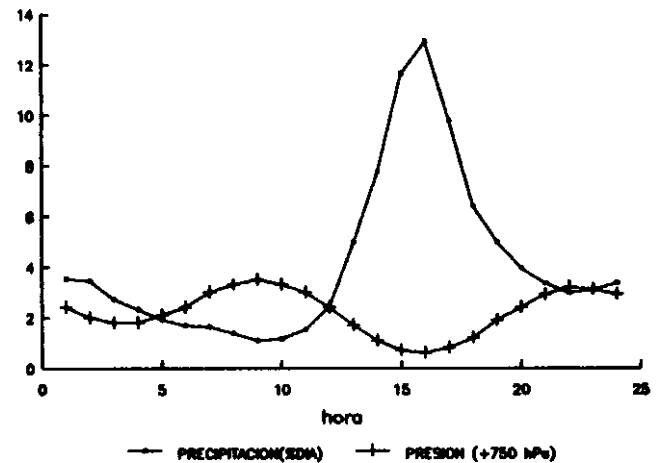


Figura 11. Comparación entre la variación diurna de la precipitación y la presión atmosférica en Bogotá.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos del análisis de la variación temporal del campo bórico en Bogotá, indican que la distribución de la presión atmosférica, a través del año, es bastante regular y presenta un sólo valor máximo y un mínimo, cuya amplitud no es muy grande (1.7 hPa). Ese hecho, aparentemente, indica que no existe una concordancia entre el régimen de variación de la presión a través del año, el doble pasaje de la ITC por Bogotá y la presencia de períodos secos o lluviosos.

No se puede establecer, tampoco, la concordancia, en general, entre bajas presiones medias mensuales en superficie y altas temperaturas medias mensuales en superficie o, las altas presiones medias mensuales en superficie y las épocas de bajas temperaturas.

Se comprueba que el régimen normal de variación diurna de la presión atmosférica media se caracteriza por la existencia de un doble máximo y un doble mínimo horario, que se presentan alternativamente con una diferencia aproximada de seis horas y una amplitud de 2.5 a 3.4 hPa.

También se comprueba que la ecuación utilizada para la determinación de los valores medios diarios de la presión atmosférica, basada en el promedio aritmético de las observaciones de las 07, 13 y 19 horas, se ajusta perfectamente a aquella que utiliza el promedio aritmético de las 24 observaciones horarias por día; sólo se detectan desviaciones de ± 0.1 hPa.

Bibliografía

- Bernal, G. 1972. Resumen estadístico de la lluvia en el Observatorio Meteorológico Nacional – Bogotá, durante el período 1941-1970. (Mscr.). Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMH (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT) Bogotá.
- De Martonne, E. 1963. Tratado de Geografía Física. Tomo I, 9a. Edición. 520 pp. Editorial Juventud, Barcelona.
- Eslava, J., 1990a. La presión atmosférica en Colombia (Mscr.). 159 pp. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- . 1990b. Características de la variación diurna de la presión atmosférica en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 238-249. ACOGE, Montería.
- . 1990c. Características de la variación diurna de la temperatura del aire en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 222-237. ACOGE, Montería.
- . 1991. Variación temporal de la humedad atmosférica en Bogotá. Memorias del I Congreso Nacional de Ingeniería Geográfica ACIG, Bogotá.
- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC). 1959. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1958. 151 pp. IGAC, Bogotá.
- . 1960. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1959. 151 pp. IGAC, Bogotá.
- . 1961. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1960. 215 pp. IGAC, Bogotá.
- Mertins, H., 1976: Compendio de apuntes de meteorología marítima para la formación de personal meteorológico de la Clase III y Clase IV. Publicación OMM No. 434. 240 pp. OMM, Ginebra.
- Ministerio de Agricultura – División de Investigación, 1952-1958. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1944 a 1957, Bogotá.
- Montealegre, J. 1979. Análisis estadístico de algunos parámetros meteorológicos en Bogotá. Publicación Aperiódica No. 44, HIMAT, 56 pp. Bogotá.
- Ochoa, A. 1965. Isopletras de precipitación Horaria (en Montealegre, 1979, p. 12).
- Petterssen, S., 1968. Introducción a la meteorología. 429 pp. Espasa-Calpe, Madrid.
- Retallack, B.J. 1973. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV, Vol. II, Meteorología. Publicación OMM No. 266.357 pp. OMM, Ginebra.
- Riehl, H. 1954. Tropical meteorology. 392 pp. MacGraw-Hill, New York.
- . 1979. Climate and weather in the tropics. 612 pp. Academic Press, London.
- Servicio Meteorológico Nacional, 1950. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1941, 1942, 1943. 226 pp. Bogotá.

HERMANN A. SCHUMACHER Y LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita*

Resumen

Díaz-Piedrahita, S.: Hermann A. Schumacher y la Historia de la Ciencia en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 183-189, 1991. ISSN 0370-3908.

Se presenta una síntesis biográfica de H.A. Schumacher (1839-1890), humanista, diplomático e historiador alemán. Se analiza su obra, en particular la relativa al desarrollo cultural y científico de Colombia y a las biografías de J.C. Mutis, F.J. Caldas, A. Codazzi y J. Triana. Se transcriben dos documentos inéditos pertinentes al tema.

Abstract

This article presents a biographical synthesis of H.A. Schumacher, the German humanist, diplomat, and historian. His works are analysed, particularly those that treat the cultural and scientific development of Colombia and the biographies of J.C. Mutis, F.J. Caldas, A. Codazzi and J. Triana. Pertinent unpublished documents are transcribed.

Varios fueron los europeos que a lo largo del siglo XIX escribieron sobre temas colombianos, pero tan sólo uno de ellos, Hermann Albert Schumacher se ocupó en detalle, mediante un enfoque original y crítico, en establecer relaciones que permitieran hacer una caracterización del desarrollo político y social del país durante el período de transición entre la época colonial y la era republicana. A la par con dicha caracterización, Schumacher proporciona una imagen objetiva del desarrollo cultural y científico en nuestro medio.

No es de extrañar este tipo de planteamientos en el historiador y diplomático alemán, y no podría ser otra su interpretación, si tenemos en cuenta sus antecedentes familiares y culturales. Nació

Schumacher en Bremen el 15 de diciembre de 1839 en el seno de una familia con más de tres siglos de tradición y linaje en dicha ciudad; en ella habían juristas, profesores, concejales, predicadores y mercaderes. Su abuelo había sido alcalde y su padre, un notable jurisconsulto, había ocupado un escaño en el Concejo. Estos antecedentes sin duda influyeron en su vocación hacia el derecho y la historia.

Realizó estudios en las universidades de Jena, Göttingen y Berlín. Su tesis doctoral, sustentada en 1863 versó sobre el "Primer tribunal de Jueces de Conciencia de Bremen". En ella analiza críticamente las actas de los procesos adelantados durante la breve ocupación francesa y las frecuentes contradicciones entre la teoría y la práctica, tan comunes en la legislación francesa de la época. Obtenido el título, se estableció en su ciudad natal donde ejerció el derecho en la rama penal y dio inicio a sus estudios históricos en la recién fundada Sociedad

* Profesor Titular, Maestro Universitario, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, Apartado 1495, Santafé de Bogotá, D.C.

Histórica de Bremen. Por esta época y en colaboración con Ehmd, redactó la "Historia de la Alcaldía" y "Construcción en el siglo XV de la Alcaldía y estado de cuentas", trabajos que aparecieron como capítulos de la obra "Monumentos de Historia y Arte de la ciudad hanseática libre de Bremen"; para la misma obra y en forma individual redactó el capítulo "Vieja historia del Cabildo y privilegios de Inmunidad". En 1865 ganó el concurso abierto por la Sociedad Histórica con el trabajo "Historia de los Stedinger".

En 1865 Schumacher fue elegido Edil en el Concejo de su ciudad y en 1866 obtuvo el cargo de Síndico de la Cámara de Comercio y fue designado Secretario General de la recién constituida Sociedad Alemana para el salvamento de los naufragos. Como Síndico participó activamente en la unificación de las diferentes flotas mercantes y en la preparación de convenios y leyes que luego servirían como base de las relaciones del Reich con el extranjero, en particular en lo pertinente a la marina mercante, el comercio, la emigración de alemanes y la política de consulados. En 1877 fue nombrado Ministro Residente y Cónsul General del Imperio Alemán en Colombia, cargo que ocupó por tres años. De Bogotá pasó a Nueva York donde por ocho años fue Cónsul General y finalmente pasó a Lima donde fue Ministro por tres años más.

A los 32 años de edad, era para él toda una experiencia el poder poner en práctica y como diplomático, los conocimientos teóricos aplicados en la consolidación del Reich y en su desarrollo comercial a nivel internacional. En mayo de 1872 se embarcó hacia Colombia junto con su familia. Su interés por la historia dio lugar a múltiples investigaciones relativas al descubrimiento de América, la conquista española, la búsqueda de tesoros, el proceso de independencia en las nacientes repúblicas y el desarrollo de sus pueblos. Para ello se valió en gran medida de los archivos de Bogotá, Nueva York y Lima. Testigo de este interés es entre otras su obra sobre "Pedro Martyr, cronista del mar del Nuevo Mundo" (1879).

Ya en Bogotá, centró su atención en el estudio del proceso filosófico-político de la independencia correlacionándolo con las condiciones culturales de nuestro medio. Fruto de sus investigaciones es el libro "Estudios suramericanos. Tres cuadros biográfico-culturales, Mutis, Caldas, Codazzi, 1760 - 1860", obra publicada en 1884 y para la redacción de la cual Schumacher se valió de varios personajes profundamente ligados a la historia nacional colombiana y al desarrollo de la ciencia en nuestro suelo, personajes cuya obra ha sido altamente significativa para la nación.

Por sus ejecutorias y por su amor a la patria que les vio nacer, Francisco José de Caldas y José Jerónimo Triana no requieren presentación alguna; tampoco la requieren José Celestino Mutis y Agustín Codazzi, quienes, aunque no nacidos en Colom-

bia, se vincularon a la vida nacional, hasta el punto de dejar profunda huella en el suelo por el cual trabajaron y al que legaron sus cenizas. Los cuatro como naturalistas o como geógrafos, fueron protagonistas de las dos empresas científicas más importantes que se han llevado a cabo en nuestro medio.

Mutis fue el promotor, primer director y principal ejecutor de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, obra científico-cultural de vastas proporciones, que si bien — y por razones que no es del caso analizar en esta ocasión — no llegó a ser el gran instituto científico que estaba llamada a ser, determinó en buena medida el futuro de la nación; alrededor de ella se forjó una juventud ilustrada que contribuyó en forma decisiva al proceso de emancipación y a la cimentación de las bases de la era republicana y de ella heredamos la afición a las ciencias, el arte y la cultura.

Caldas, desde el punto de vista meramente científico fue un gran observador de la naturaleza; dotado de una mente inquieta y despierta y de una tenaz disciplina de estudio, realizó interesantes observaciones que permiten calificarlo como astrónomo, geógrafo y botánico. En este último campo hizo originales aportes al conocimiento y su labor como integrante de la Expedición fue verdaderamente importante; además de sus escritos dejó un rico herbario de cerca de seis mil exsiccados recogidos en su mayoría durante su permanencia en Ecuador.

Codazzi ganó justamente un puesto en nuestra historia al poner en marcha y llevar adelante la Comisión Corográfica, empresa científica de gran importancia para la vida nacional. En ella se comprometieron varias administraciones, hecho que permitió en casi diez años, un adecuado conocimiento del país con la consecuente reafirmación de la nacionalidad. Mediante la exploración sistemática de gran parte del territorio colombiano, se logró, además de la descripción física del país y de su delimitación regional y nacional, la determinación de sus recursos físicos y naturales, el conocimiento de sus tipos humanos y la integración de las distintas regiones, hechos que condujeron al incremento del comercio, al mejoramiento de la administración pública y al progreso de la sociedad. En resumen, Codazzi logró una excelente caracterización del país en la que demuestra una profunda concepción geográfica.

Triana se hizo conocer como botánico de la Comisión Corográfica y como tal recorrió buena parte del país conformando un gran herbario con más de 50.000 exsiccados correspondientes a casi 6.000 colecciones. Su herbario es tal vez la mejor y más importante colección botánica realizada en Colombia, ya que sin ser la más abundante, incluye una rica muestra de la flora nacional, que en su momento encerró numerosísimas novedades taxonómicas. Cumplido su compromiso con la Comisión, suscribió un nuevo contrato con el gobierno y viajó

a Europa con el fin de perfeccionar sus conocimientos botánicos y escribir un libro sobre las plantas útiles del país. Ya establecido y después de varios meses de trabajo en los herbarios europeos, acometió y como una empresa nacional, la tarea de realizar una Flora de Colombia, labor para la cual se asoció con J.E. Planchon. Además de la misma, publicó numerosos trabajos de indudable calidad que le convierten en el botánico colombiano más importante de todas las épocas.

Una vez lograda la libertad de los países que formaban la América Española, las nuevas repúblicas tenían urgente necesidad de establecer relaciones con los demás países europeos. Muchos de los diplomáticos que desempeñaron misiones en Colombia a lo largo del siglo XIX se limitaron al cumplimiento de sus quehaceres oficiales. No es este el caso de Hermann Schumacher, quien, como ya se indicó, tuvo a su cargo la representación del Imperio Alemán entre 1872 y 1874. Llega a Bogotá a los 32 años de edad armado con una adecuada preparación intelectual y con inquietudes literarias y científicas, motivos por los cuales aprovecha su permanencia para investigar el comercio de las quinas, el monopolio de las esmeraldas, la extracción del oro y otras actividades mineras; y es a través de la profundización en estos temas que llega al estudio de los personajes involucrados en dichas actividades. La lectura de las obras de Humboldt, y en particular las de sus diarios que ha podido consultar en Alemania, le llevan a preguntarse por qué los escritos de Mutis, un personaje localmente magnificado pero prácticamente desconocido fuera del medio en el cual se desempeñó, permanecen inéditos. La obra de la Expedición — informes tratados, cartas, láminas — era totalmente ignorada en Europa.

El estudio de Mutis y de sus realizaciones, y el Observatorio Astronómico de Bogotá le conducen hacia Caldas, otro desconocido en cuanto a su obra científica. Los proyectos sobre apertura de nuevas vías de comunicación, desarrollos ferroviarios, itinerarios de distancias, límites regionales, jurisdicciones y comercio territorial le llevan hacia Codazzi. El estudio de las ejecutorias de la Comisión Corográfica le lleva hacia Triana. Estos puntos concretos son motivación suficiente para inducir a Schumacher a emprender una obra sobre nuestro medio y sobre los personajes que contribuyeron a su progreso durante el siglo comprendido entre 1760 y 1860.

Schumacher inicia su obra en Bogotá en 1872 y para 1874 tiene ya un primer bosquejo, pero el mismo presenta aún múltiples vacíos. Ha tratado de cubrir todas las fuentes posibles consultando las bibliotecas y archivos de Bogotá, al tiempo que ha buscado información de primera mano entre algunos de los protagonistas, entre sus amistades, entre los círculos cultos de la sociedad bogotana y entre los parientes y descendientes de los personajes centrales de esta historia; simultáneamente ha mantenido una abundante correspondencia con los círculos científicos europeos. Al dejar a Bogotá una vez

cumplida su misión, la obra se paraliza temporalmente, pero luego y con ocasión de los ratos de ocio generados por los prolongados viajes marítimos, retoma sus escritos y los corrige y aumenta al punto de producir una obra, en la que, en cambio de un simple relato cronológico en torno a la vida de tres personajes, nos proporciona un rico análisis del país, de su sociedad y de los orígenes de nuestra nacionalidad.

La permanencia en Bogotá, su paso por Lima, y sus recorridos por el continente americano permiten a Schumacher obtener de primera mano y sobre el terreno, interesantes datos sobre la historia, el potencial de desarrollo, la economía, la política y la situación social de algunas naciones americanas. En el caso colombiano logra un interesante análisis de la sociedad de la época y aunque sus escritos presentan algunos vacíos e imprecisiones, nos merecen el mayor crédito por la calidad de las fuentes consultadas y por la profundidad alcanzada. Las biografías refieren detalles que permiten caracterizar las familias, las amistades, las controversias, los viajes, los proyectos y en síntesis el país y la época. Estas son las características que enriquecen los "estudios suramericanos", obra que finalmente da por terminada en Nueva York en 1882. Se han requerido diez años para lograr la sazón deseada. La edición aparecerá luego de dos años. El texto mismo es superado en extensión por numerosísimas y bien documentadas notas que lo enriquecen aún más.

La obra ha sido escrita gradualmente. Su autor ha tenido como propósito hacer justicia a quienes llama "mis tres héroes"; vive como propios sus esfuerzos, penetra en sus vidas y trata de reconstruir la idiosincrasia del medio, un país tropical al que analiza en tres períodos de su historia: el gobierno colonial, la independencia y la naciente república. Son sus metas inmediatas las de atraer el interés general, relacionar los hechos pequeños con los grandes acontecimientos y caracterizar el curso del desarrollo político y social. Para lograrlas, como ya hemos señalado, recurre a numerosas fuentes: los amigos y parientes de Codazzi, Triana y algunos naturalistas europeos como Hermann Karsten, Guillermo Reiss, Alfonso Stüebel y Adolfe Bastran. Aunque lo intenta, no puede consultar los archivos de Madrid, información necesaria para completar el cuadro de sus planteamientos, vacío que compensa con la información extraída de las cartas y diarios de Humboldt y de los informes proporcionados por Triana.

En la búsqueda de fuentes y a través de Karsten llega a Triana quien por la época reside en París. Antes de escribirle solicitándole información, su figura y ejecutorias le han atraído, y es así como escribe una síntesis biográfica del botánico bogotano, la que publica en alemán y en castellano (Schumacher, H.A. 1873. José Jerónimo Triana. *Abhandlungen naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen* 3: 393—403). Es éste el origen de las cartas que se transcriben en este escrito. En la suya, Schu-

macher relata clara y sucintamente el plan de su obra y menciona varios hechos que nos permiten conocer su personalidad, al tiempo que ponen de presente la seriedad de su trabajo histórico. Vemos como busca las fuentes originales y como las investiga en forma crítica, hecho que se manifiesta en la abundancia de notas que complementan la obra; en cada una de ellas resume hasta donde le es posible la totalidad del tema, abordando algunos de profundo interés como el comercio de las quinas, los proyectos de apertura del canal interoceánico en Panamá, los viajes de Humboldt etc.

Por su importancia e interés transcribimos este documento.

“Kaiserlich Deutsche Mission in Santa Fé de Bogotá.

Bogotá, 17 de junio de 1874.

Señor Dr. José Jerónimo Triana

París.

Mui señor mio:

Por conducto del señor Dr. Hermann Karsten recibirá Ud. la noticia de que un extranjero, lego en las ciencias naturales i novicio en la lengua castellana se ha tomado la libertad de escribir la biografía de Ud. para dar en Alemania, su patria, noticia sobre los trabajos científicos con que Ud. ha enriquecido la literatura. Que tal ensayo no pueda tener por resultado un éxito perfecto me parece natural i excusable, i al ofrecer á Ud. algunos ejemplares de la edición castellana de este opúsculo, espero en primer lugar que Ud. aceptará con benevolencia i connivencia esta prueba de mi buena voluntad i de mi interés por los estudios científicos en este país.

Hace dos años que vivo en Colombia, i he empleado mis ocios en el estudio de la historia política i de las condiciones materiales de este país, tan rico i al mismo tiempo tan pobre. Tal estudio me ha hecho conocer los trabajos de la Comisión Corográfica, i entre ellos, las obras botánicas de Ud. tan importantes para los intereses prácticos. Como lego no puedo juzgar especialmente la ciencia de usted, pero he tenido siempre la convicción de que el verdadero progreso no existe sin bases científicas, i tengo la confianza de que en su patria, que ha progresado tanto en la última década, este principio se verificará nuevamente.

Colombia era para mi patria hasta mi llegada un país casi desconocido: las relaciones comerciales tocaban solamente las costas, el interior parecía ser un país salvaje; Bogotá era más que un nombre oscuro. Ahora la publicación de muchos de mis informes oficiales i la de otros trabajos han llamado también en Alemania la atención á este país, a sus habitantes i á sus riquezas naturales; i en el curso del tiempo espero buen éxito para mis esfuerzos de estrechar los vínculos entre su patria i la mía.

De los trabajos mencionados uno tiene para mí i, creo también para Ud. interes especial, aunque de carácter

histórico. Cumplo con el deseo de varios amigos paisanos al coleccionar todos los datos sobre la Real Expedición Botánica que he podido encontrar; i por medio de estos estudios he tenido la fortuna de llegar a conocer dos hombres mui poco conocidos en Europa, aunque merecen la admiración de todos de la civilización: Mutis, trabajador infatigable i Caldas; jenio ilustrado.

En todo el mundo civilizado las ciencias tienen sus privilegios i los hombres que se dedican a ellas se asemejan a los miembros de una gran sociedad de socorros mutuos. Por esto espero que Ud. tendrá la bondad de permitirme que dirija a Ud. algunas preguntas referentes al asunto mencionado, i tal molestia dispensará por las dificultades que los estudios científicos tienen siempre fuera de los centros de la literatura i principalmente aquí en Bogotá, donde todos los auxilios son tan raros.

Mi primera pregunta se refiere a la Quinología, especialidad de Ud. La palabra “Quina” es a manera de una maldición: todo lo que toca se confunde i oscurece; siempre i nuevamente se necesitan exámenes críticos e investigaciones escrupulosas. La exposición sobre los trabajos de Mutis exige necesariamente un discurso sobre sus estudios de las cinchonas, i a este respecto tengo dudas que ni los pobres materiales de la Biblioteca Nacional, ni las publicaciones de mis antecesores pudieron aclarar. Los nuevos datos que contiene la grande obra de Ud. (Nouvelles Études) i los de las relaciones de los Vireyes, publicados en los “Anales de la Universidad Nacional”, me desvanecen las dificultades respecto de esta cuestión hasta el año de 1792: es decir, hasta la publicación del “Arcano”; entonces empieza la confusión, i esta consiste para mí en los puntos siguientes.

1o. Aquí era imposible encontrar un ejemplar de esta única publicación de Mutis (1793 i 1794).

2o. Aquí era imposible encontrar una noticia sobre la obra que Mutis envió a Madrid a principios del año 1807; obra que Godoi vió i llamó “Flora de Bogotá”, pero que no puede ser más que una redacción de la Quinología hecha por Mutis, probablemente con ayuda de Caldas i Sinforoso Mutis.

3o. Aquí es imposible encontrar la publicación de C.R. Marsham (sic, es Markham) que Ud. menciona en las primeras líneas de la página 3 de su obra, en que se considera como reproducción el trabajo de Sinforoso Mutis que los españoles sacaron el año de 1817.

Además de estos tres textos de la Quinología de Mutis, cuya falta ha impedido la conclusión de mis trabajos, ocurre la conjetura de que Ruiz vio algún manuscrito de Mutis sobre la Quinología que no parece idéntico con la publicación del “Arcano”; pues ese botánico dice en 1872: “Ha llegado a mis manos cierta instrucción manuscrita del mencionado Dr. Mutis”.

Para facilitar la solución de estos enigmas he insertado en la biografía de Ud., hablando de Nouvelles Etudes las tesis que Ud. encontrará en la pág. (sic) i ahora me tomo la libertad de suplicar a la bondad de Ud. que me ayude a resolver esta cuestión, hasta ahora no aclarada por los botánicos, que naturalmente no tienen un interés directo para con la historia de los estudios sobre una especie de su ramo.

El apoyo que le pido se refiere principalmente a los puntos siguientes: la publicación de Marsham mencionada en la obra de Ud.— tengo deseo de presentar esa obra a la Biblioteca Nacional i espero que me sea posible por conducto de Ud.....: datos sobre los dos textos citados de la Quinología de Mútis (arriba 2 i 3), ambos escritos con ayuda de los manuscritos de Caldas, uno mandado el año de 1807 por Mutis mismo, otro el año de 1817. —Este punto es de mucho interés respecto del testamento de Mutis en los primeros meses después de la muerte del maestro—: un ejemplar del "Arcano", sea del original, sea de la reimpresión de Madrid de 1828— deseo poner también tal recuerdo de los estudios de Mútis en la Biblioteca Nacional, i naturalmente es de interés especial para un historiador que ha seguido todas las investigaciones de aquel sabio.

Naturalmente para mí, que he compilado mucho las biografías de Vezga i Vergara, Núñez R, Pombo etc. todos los datos que se refieran a la Expedición Botánica, a los Mutis, á Lozano, á Caldas, á Zea, á los pintores de la Expedición Botánica i a la visita de Humboldt i Bonpland tienen importancia especial, pues los pormenores mui detallados pueden ser de merito para una exposición de tal carácter.

Uricoechea dice que ha encontrado en la sala del jardín de plantas donde los restos de los trabajos de la expedición botánica, cartas de Linneo, ordenanzas de rei, dirigidas ámbas a Mútis i otros manuscritos que no se limitan a la parte botánica, sino que tienen un interés jeneral. Quizá sea posible obtener por la benévola intervención de U. copia de tales documentos y de todos los manuscritos de la Expedición Botánica que puedan ser de algún valor histórico i no se limiten a la descripción de las plantas. Mi punto de vista naturalmente es distinto del de la botánica; pues para el historiador por ejemplo los errores de un sabio tienen el mismo interés que sus progresos: muchas veces sus ideas falsas son de una importancia más grande que sus ideas aprobadas por el tiempo posterior, i muchas veces también sus preocupaciones son características de su época. En consecuencia, la esfera de datos que podrían servir para mis trabajos, aunque escluye los pormenores de la Flora bogotana, es mui estensa.

A este deseo se une otro, pues espero que Ud. tendrá la bondad de mandarme una descripción de la sala del Jardín de plantas donde se han conservado los restos de la Expedición Botánica i del estado en que Ud. ha encontrado las colecciones.

Como creo que en el drama que he escrito, las personas de Zerda, de Mútis, de Zea, de Matiz, de Vargas, de Valenzuela, de Góngora, de Espeleta, de Elhuyar, de Mendinueta, de Humboldt, de Caldas &c- en verdad son tipos de la época más interesante de este país, no quiero perdonar esfuerzos, gastos ni trabajo para dar la perfección posible á mi obra que, como espero, será mi primer recuerdo de mi permanencia en la patria de Ud.: recuerdo para mi de estudios mui interesantes, oficiales e inoficiales, i al mismo tiempo para mis amigos de aquí recuerdos de las verdaderas simpatías que tengo por esta nación.

Un punto mui interesante es las relaciones entre Linneo i Mútis, i espero que Ud. tendrá la bondad de dirigir su atención á este punto tan importante para el botánico; pero no tiene menos interés las relaciones entre Humboldt i Caldas que como creo por mis estu-

dios han recibido nueva luz, porque podía hacer uso de los materiales americanos i europeos.

Es fortuna especial que se haya publicado en el año de 1873 la primera biografía de Humboldt que tiene carácter científico. Ahora empieza la publicación de su correspondencia, i he podido mandar a los redactores de esa edición la copia de muchas cartas de Humboldt que posee la Biblioteca Nacional, lo cual será, según espero, una buena contribución para tal objeto.

Usted sabe que las relaciones de la expedición americana, escritas por Humboldt terminan en Cartajena o en Barrancas Nuevas, i que no existe la relación de su viaje en la Colombia actual: faltan todos los pormenores respecto del tiempo entre el 20 de abril de 1801 (principio de la navegación en el río Magdalena) i el 6 de enero de 1802 (llegada a Quito). He hecho todos los esfuerzos para llenar este vacío, i tengo intención de publicar aquí todos los materiales sobre esta sección del viaje de Humboldt, esperando que contenga datos en algún caso importantes.

Para Ud. debe ser mui singular i extraordinario este estudio de un Ajente diplomático; pero creo que el conocimiento de la historia de un país es la primera condición para poder ser justo respecto de sus condiciones actuales. En mis estudios sobre la historia de este país no he encontrado respecto del tiempo moderno ninguna parte de interés especial, con escepción de la Comisión Corográfica i de la guerra de la independencia. Sobre este último tema, esta epopeya de su patria, existe una obra mui buena en Alemania, escrita por Gervinus, i naturalmente no tengo tiempo ni talento para escribir de nuevo una historia tan grande; pero en mi exposición sobre la Comisión Corográfica, que ahora se publica en Berlín, se da conocimiento de los mapas de Codazzi, hace poco tiempo casi desconocido en mi patria, i de otros trabajos interesantes, como los de Ancizar i Santiago Pérez, el cuñado de Ud. Si el tiempo moderno no me pareció bastante importante para estudios especiales, quedó para ellos la última época de tiempo colonial, i creo que esta tiene muchas cosas de verdadera importancia, por consiguiente he hecho un ensayo de reunir en la forma de una relación destinada a la Expedición Botánica todos los datos característicos de la época de 1760 hasta 1820, i esta combinación de la historia política i literaria me parece que le dará un atractivo especial á mis temas.

He abusado de la paciencia de Ud. de una manera casi ilícita; pero me es necesario comunicar ideas i mis intenciones a uno de los pocos colombianos que puede ayudarme i corregir los resultados de mis estudios.

Debo añadir que la publicación de la biografía de Ud. tenía también un objeto especial; i deseo que lo más pronto posible reciba Ud. la seguridad de que continuarán las anualidades votadas por el Congreso. Ud. debe considerar que mi posición oficial no me permite mezclarme en esa cuestión interna del gobierno de su patria, pero tengo la confianza de que la voz de un extranjero independiente que no tiene ningún otro título a este respecto que el de ser amigo de las ciencias i del progreso, no quedará sin resultado.

Si Ud. tuviere a bien contestar esta carta i cumplir con las súplicas que en ella le hago a Ud. que se sirva escribir su contestación en francés i la dirija a mi ami-

go i pariente el botánico profesor Dr. F. Buchenau en Bremen, quien ha tenido la bondad de coleccionar las obras botánicas que necesito para concluir los trabajos mencionados.

Con sentimientos de la más alta consideración me suscribo de Ud, atento i seguro servidor.

Schumacher (rubricado)

[Academia Colombiana de Ciencias - Legado Triana]

A la anterior carta Triana respondió con una no menos extensa en la que se comentan y resuelven varios de los interrogantes planteados por Schumacher y se proporciona interesante información acerca de la suerte seguida por los archivos de la Expedición Botánica. Un borrador de la misma conservado en Bogotá, dice:

"Al Señor Dr. Schumacher etc. etc.

París 15 de septiembre de 1874

Mi respetado Señor.

Es con viva satisfacción que he recibido su mui estimable carta de 17 de junio pasado, y que me he impuesto de su contenido. Celebro al mismo tiempo, que al honrarme con su citada carta, U. me haya procurado la oportunidad de manifestarle mi gratitud directamente aunque ya había publicado al Dr. Karsten, que lo hiciera así á mi nombre.

No sólo debo á U. las gracias por la bondad con que U. ha querido ocuparse de mi escribiendo mi biografía, sino también por el interés que U. ha tomado por mis publicaciones, y por los pasos que U. ha dado en Bogotá en mi favor, con no menos benevolencia, para que no me falte el apoyo material indispensable para continuar dichas publicaciones.

Con agradable sorpresa, he visto que U. divide su tiempo entre los deberes diplomáticos y los estudios serios, históricos y científicos, encaminándolo todo en favor y beneficio de Colombia que U. contribuye a hacer conocer.

Como U. observa con razón, para juzgar rectamente del estado actual de un país, es necesario remontar a sus antecedentes; pero esto exige una penosa tarea, que no ha arredrado a U. en lo que respecta a Colombia haciendose acreedor por todo esto a un reconocimiento duradero.

Por último no puede ser más lisonjero para mi, el que U. se digne hacerme algunas preguntas respecto de cuestiones dudosas con que ha tropezado en sus estudios. Aun que la solución sea casi imposible faltando los documentos indispensables. Ensayaré con gusto satisfacer los deseos de U. A este efecto no estará por demás que envíe a U. dos manuscritos en que tal vez encontrará una nueva luz.

El uno de ellos es la copia de un memorial que presenté al Gobierno español en 1866 en el cual hago la relación sucinta de la clase de documentos que hoy componen el depósito de la Expedición Mutis e indico el

estado en que se hallan. Bastará añadir que el copioso archivo está colocado en una gran pieza del primer piso de una especie de granja á la entrada del jardín botánico de Madrid, pieza esta como abandonada y de que han tomado entera posesión los ratones. Por lo pronto no tiene otra entrada sino un agujero en la puerta para dar entrada a un gato y esta no se abre sino rarísimas veces y en virtud de una orden especial del gobierno.

Hay en ella al rededor estantes fuertes de madera con cajones forrados en lata que cierran en las cailllas y con puertas exteriores que cierran con llave. En las navetas están colocados los dibujos y manuscritos y gracias a estas minuciosas precauciones todo se halla perfectamente conservado.

El jardín botánico es de mediana extensión y parece más bien un gran solar o huerta particular, No tiene gran importancia y apenas podría compararse a los de ciudades de 3er. orden en Europa. Sin embargo su situación es muy ventajosa como clima y este se halla favorecido por formar el termino del Prado o grande y famoso paseo de Madrid.

El segundo manuscrito contiene notas muy detalladas respecto de los hechos que apunté solamente atenuándolos en mi publicación sobre las Quinas, no queriendo dar inopinadamente una nota demasiado discordante en el coro de elojios tributados siempre a Mutis.

Según estas notas U. verá que Mutis mandó a Madrid, con Don Ignacio Sánchez Tejada en 1807 una nueva copia corregida y completada del manuscrito del "Arcano" y de ninguna manera de la Flora de Bogotá que no quedó ni siquiera comenzada. La prueba la suministró el mismo Mutis al tomar en su testamento las medidas necesarias para asegurar su confución. Igualmente provado me parece que la Quinología (Pars IV del Arcano), habiendo sido terminada después de la muerte de Mutis por su sobrino Sinforoso sirviéndose de los descubrimientos de Caldas, no pudo ser enviada á Madrid en 1807. El manuscrito que ha consultado y cuyos facsimiles de dibujos he publicado, ha debido pues hacer parte del resto del depósito de documentos de la expedición del Nuevo Reino de Granada, que mandó Morillo á España en 1816 con Vanhalen. Estos datos oficiales constan en el informe del Real Consejo de Agricultura y Comercio en el tomo XXXVII (1861) p. 625.

Godoy ha confundido tal vez los nombres llamando Flora de Bogotá el Arcano ó aplicándolo a algunas muestras o duplicados de los dibujos de la Expedición que Mutis pudo enviar aisladamente, como lo hizo en efecto con Cavanilles, Smith y Lineo que los publicaron respectivamente.

Lagasca y Rojas Clemente fueron nombrados ciertamente por Fernando VII comisarios para el aprovechamiento de las colecciones de Mutis que habían llegado á Madrid, y según las anotaciones del primero fue que el Rey mandó pagar de su peculio privado el valor de la sólida estanteria de que hice mención y a la cual se debe que todos los preciosos documentos no hayan sufrido otra suerte.

Remito a U. igualmente el cuaderno sobre quinas publicado por el Sr. Markham y me empeño en conseguir un ejemplar del Arcano publicado en 1828 en

edición completa por Dn. Manuel Hernández de Gregorio, pero es un libro muy raro y difícil de conseguir.

Ruiz, no hay duda que hace alusión a algún extracto manuscrito sobre la nueva preparación de la Quina sacado siempre del "Arcano". No creo que Ruiz haya tenido conocimiento de otro manuscrito sobre la materia, pues se ignora su existencia y hoy se puede ver que todo quedo incompleto e inacabado.

Una parte de la correspondencia de Mutis con Lineo esta publicada en Londres en 1871 por Smith bajo el título "A selection of the correspondens of Linneus" etc. Por otra parte en Madrid vi algunas de las cartas de Lineo á Mutis cuyo obgeto principalmente es pedirle informes sobre puntos relativos a la botánica e historia natural. Lineo con razón debio considerar en aquella época una verdadera fortuna encontrar en América un corresponsal como Mutis que pudiera darle informes positivos sobre tantos puntos oscuros o dudosos de la historia natural de ún país tan si no poco explorado e imperfectamente conocido. Asi fue que no faltó sostén y apoyo a Mutis en Europa.

La petición de que va copia ha quedado hasta ahora en sin resolución definitiva de parte del gobierno español, por consiguiente es imposible por ahora obtener copias de los manuscritos de la expedición. En cuanto a mi, no renuncio a la esperanza de poder algún día emprender el arreglo clasificación determinación etc. por lo menos de las láminas de la expedición. Este será un servicio que daré a la ciencia a la España y a Colombia sin recibir remuneración alguna y ni siquiera una indemnización para los gastos indispensables.

Las relaciones de Humboldt con Caldas debieron ser naturalmente bastante superficiales a causa de la rapidez del viaje del primero y del gran caso que este hacia sobre todo de Mutis, quien eclipsaba todos sus otros colaboradores, como presenta una prueba lo de la geografía de las plantas y el descubrimiento del guaco etc., atribuido todo en particular á Mutis.

La parte del viaje de Humboldt a traves de la N. Granada no publicada, puede hallarse tal vez entre sus manuscritos inéditos y U. se hallará tal vez en facultad de encontrarlos".

[Academia Colombiana de Ciencias -- Legado Triana]

Como corolario de estas líneas debemos señalar como a Triana le satisfizó la biografía escrita

por Schumacher aunque corrigió por inexactas algunas aseveraciones hechas en la misma, concretamente las de haber sido discípulo de Francisco Bayón, y que a éste se debía el haber dado a conocer en nuestro medio el sistema de clasificación de Jussieu y otros adelantos debidos a De Candolle, Mirbel, Dutrochet etc., y la de haber recibido de Linden a cambio de duplicados de sus plantas una suma considerada de dinero. En realidad fue Triana quien por sugerencia de Schlim logró traer a Bogotá obras modernas de sistemática, intercambiándolas por tabaco, sombreros de iraca, dibujos costumbristas y artesanías. Igualmente es verdad que también recibió algunas sumas de dinero en compensación por el envío de sus muestras.

Schumacher sufrió quebrantos de salud durante su residencia en Lima, razón por la cual regresó a su ciudad natal en 1886. La travesía se hizo por el extremo sur del Continente. En Bremen continuó sus trabajos históricos sobre personajes americanos, además de algunos estudios sobre su región y sobre personalidades destacadas de la misma, como los astrónomos Schröter y Albers. Su salud siguió decayendo al punto de morir sin alcanzar los 50 años de edad. Falleció el 22 de junio de 1890.

Agradezco a la Sra. Gisela Mohr del Ibero-Amerikanisches Institut de Berlín por su colaboración en la obtención de datos bibliográficos y a la Dra. Cristina Vélez Nauer por la traducción de los mismos.

Bibliografía

- Schulze, H. & G. Kemper. 1891. Allgemeine Deutsche Biographie, 33: 34-37. Verlag von Dunder & Humblot. Leipzig.
- Schumacher, H.A. 1984. Mutis, un forjador de la Cultura. Trad. E. Guhl, Ediciones de Ecopetrol, Bogotá.
- . 1986. Caldas, un forjador de la Cultura. Trad. E. Guhl, Ediciones de Ecopetrol, Bogotá.
- . 1988. Codazzi, un forjador de la Cultura. Trad. E. Guhl, Ediciones de Ecopetrol, Bogotá.

SEBASTIAN LOPEZ RUIZ Y EL HALLAZGO DE AZOGUE EN PANAMA

por

Santiago Díaz-Piedrahita*

Resumen

Díaz-Piedrahita, S.: Sebastián López Ruiz y el hallazgo de azogue en Panamá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 191-209. ISSN 0370-3908.

Se presenta un manuscrito inédito de Sebastián López Ruiz relativo al descubrimiento en 1787 del azogue vivo en el istmo de Panamá y se proporcionan datos biográficos relativos al autor de este descubrimiento.

Abstract

An unpublished manuscript written by Sebastian López Ruiz regarding the discovery of "Live quicksilver" in 1787 on the Panama isthmus is presented, with biographical data about the discoverer.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y como cuarto volumen de la Colección Enrique Pérez Arbeláez, publicó recientemente tres escritos sobre la minería y la geología en nuestro medio en la época colonial. Se trata de los tratados de Luis Sánchez de Aconcha (1616), Angel Díaz (1803) y Juan José D'Elhuyar (1786). De esta recopilación realizada y comentada por Guillermo Hernández de Alba y Armando Espinosa, escapó un cuarto escrito relativo al descubrimiento en 1787 del azogue vivo en Panamá y a la denuncia de su hallazgo por parte del médico Sebastián López Ruiz. Este documento, además de la información implícita al tema del hallazgo, reviste interés por proporcionar datos de primera mano relativos a la controvertida obra del médico panameño y en particular a la disputa sostenida con otro médico y

naturalista, José Celestino Mutis, en relación con el descubrimiento de plantas de quina en territorio del Virreinato de la Nueva Granada. Dado su indudable interés, presentamos la transcripción de dicho documento hasta hoy inédito, la que se acompaña con algunos datos biográficos de su descubridor.

El documento de López Ruiz fue obtenido por el diplomático e historiador Gabriel Giraldo Jaramillo, quien lo regaló al Padre Enrique Pérez Arbeláez; éste a su vez lo legó a Teresa Arango Bueno, quien lo ha facilitado para su publicación. El botánico antioqueño lo conservó hasta su muerte, y por razones que ignoramos, nunca hizo mención de él a pesar de haber escrito numerosas páginas relativas a la disputa sostenida entre López Ruiz y Mutis; en ésta, y con algo de subjetividad, terció a favor del gaditano, calificando duramente al panameño y a quienes se pronunciaron en su favor, tanto en la época de los referidos sucesos, como con posterioridad (José Triana y Francisco de las Barras de Ara-

* Profesor Titular, Maestro Universitario, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, Apartado 1495, Santafé de Bogotá, D.C.

gón). Entre otras inculpaciones, Pérez (1983) achaca a López Ruiz ser el causante del traslado de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada de Mariquita a Santafé, esto a raíz de sus descargos y reclamos ante el Despacho de Indias, ocasión que puso de presente las promesas no cumplidas que constaban en los expedientes de Mutis. Al respecto vaste citar los siguientes párrafos alusivos a los hechos y que ilustran claramente la situación.

“En el 72 (1772, Mutis) descubrió la quina en Tena; este hecho lo llevó a promover, a favor de su majestad, el estanco de ese producto, iniciativa de que solo sacó un nuevo desengaño, por la suplantación que de su hallazgo hizo otra persona, que, en pocos meses, labró su fortuna, y título de buen vasallo, y botánico de su majestad. Mutis no lo nombra pero se trata del panameño Sebastian López con quien, desde aquel punto, el médico, minero, sacerdote, profesor, pero puntilloso científico, desató todas las Erinias de sus resentimientos”.

“Emulo de Mutis, y el que más lo hizo sufrir, fue don Sebastian López Ruiz, médico panameño, y figura meritoria, sin duda, de la biografía, entre las producidas por el Istmo americano, pero que no hubiera salido del anonimato si el mismo gaditano, con sus resquemores, no le hubiera dado la importancia que le dio, en su correspondencia y en los documentos oficiales de aquella época”.

Nació Sebastián López Ruiz en Panamá en 1741. En su ciudad natal realizó los estudios conducentes a la obtención del título de Bachiller en Artes en la Pontificia Universidad de San Francisco Javier. Más tarde se trasladó a Lima donde complementó su formación académica logrando los títulos de Maestro en Artes, Médico y Jurisconsulto. El primer arribo de López Ruiz a Santafé se produjo en 1770. En esta ciudad donde residió por varias temporadas ejerció la práctica de la medicina.

Conocido es el hecho de que junto con José Celestino Mutis y con Miguel de Isla, López Ruiz fue comisionado por el gobierno virreinal para informar sobre el real estado de salud de Don Antonio Nariño cuando éste, tras regresar del destierro en 1797 y cuando se hallaba recluido en el Cuartel de Caballería de Santafé, solicitó al Virrey la excarcelación debido a los quebrantos de salud ocasionados por las sucesivas detenciones y las penosas circunstancias en que hubo de padecerlas, los que le exigían “aire puro y libre y moderado ejercicio”. Gracias al concepto de los facultativos y al pago de una fianza, el precursor logró en 1803, aunque en calidad de detenido, abandonar la prisión.

López Ruiz es sin embargo más conocido por otros hechos, debidos a su rivalidad con Mutis en relación con la prioridad en el descubrimiento de las quinas en el Virreinato de la Nueva Granada. No fue el panameño botánico, ni se distinguió en este campo a pesar de haber dejado algunos escritos relativos a algunas plantas útiles, pero disputó arduosamente con el gaditano la prioridad en cuanto al

hallazgo de árboles productores de corteza en los montes cercanos a la capital. Aparentemente el descubrimiento de López Ruiz, hecho en 1874, fue casual y se hizo sin mayores luces botánicas pero fue dado a conocer prontamente. El panameño era muy dado a realizar excursiones y anotaba cuidadosamente sus observaciones, muchas de las cuales fueron publicadas a manera de noticias en el Memorial Literario de Madrid. Todo parece indicar que Mutis había encontrado árboles de *Cinchona* en los montes de Tena en 1872, pero no se apresuró a denunciar este hecho, como aconteció con la mayoría de sus descubrimientos, los cuales permanecieron inéditos y en más de un caso perdieron prioridad y vigencia.

A la luz de su hallazgo, Mutis trató de promover el establecimiento de un “Estanco” para las cortezas, iniciativa que se vio fallida debido a las reclamaciones de López Ruiz. El panameño salió airoso en la disputa inicial y recibió los títulos de “descubridor de las quinas septentrionales, botánico del Rey y buen vasallo”. Mutis nunca aceptó la derrota; resentido y celoso de su prestigio, desató a partir de este momento toda su capacidad de venganza y le fustigó por todos los medios a su alcance hasta verlo en 1790 vencido, privado de la pensión de \$ 2.000.00, depuesto de títulos y honores, repudiado y confinado a Lima.

López Ruiz antepuso diferentes recursos y mediante varios escritos publicados en Madrid procuró defenderse sin lograr el éxito. En los mismos sostiene con ahinco haber descubierto las Quinas en la Nueva Granada, disputa esta prioridad con Mutis y contradice a Francisco Antonio Zea, quien salió en defensa de su maestro. Humboldt a su paso por Santafé fue requerido por el panameño quien le mostró su folleto “Defensa y demostración del verdadero descubridor de las quinas del Reyno de Santa Fé” aún inédito, pero el Barón se puso de parte de Mutis y le manifestó que el trabajo demostraba con evidencia que el gaditano había descubierto las quinas en 1772 cerca de Tena, en tanto que él las había hallado cerca de Honda tan solo en 1774.

No es esta la oportunidad de analizar estos hechos, a los cuales se han dedicado múltiples páginas a lo largo de docientos años. Recordemos que Triana en su tratamiento sobre las quinas presenta argumentos en favor del panameño, en tanto que Pérez Arbeláez tercia en favor de Mutis alegando razones en su defensa. Simplemente recordamos estos hechos como una manera de ubicar históricamente a nuestro personaje, quien se vio nuevamente rechazado en Bogotá, cuando en 1824 el médico Jose Félix Merizalde, en un alarde de falso nacionalismo y celos profesionales, desató una campaña en contra de sus colegas foráneos, entre los que además de López Ruiz, tildado de realista recalcitrante, se vieron perseguidos los franceses Broc, Daste y Arganil.

Las publicaciones conocidas de Sebastián López Ruiz son las siguientes:

Relación
 Del Viage que desde esta Capital de
 de Santafé de Bogotá
 hizo
 Don Sebastian José Lopez Ruiz
 à Portobelo, Panama, y Pueblo de Cruces
 Con el fin de reconocer, y descubrir
 Minas de azogue vivo
 cuya extracción verificó
 tanto en líquido, como en las tierras originales q^e lo contienen
 En aquellos territorios
 A fines del año 1789, y principios del de 1790.

Figura 1.

1.- Relación del viaje hecho a la capital de Santa Fé de Bogotá en el Nuevo Reino de Granada á las montañas de los Andaquíes, y misiones de los ríos Caquetá y Putumayo, para inspeccionar y cultivar árboles de Canela silvestre. Memorial Literario, Madrid, agosto y septiembre de 1793.

2.- Descriptio plantae toluiferæ dictæ. Memorial Literario, Madrid, octubre de 1793.

3.- Carta sobre la Quina. Memorial Literario. Madrid, noviembre de 1793.

4.- Carta escrita al virey de Santa Fé vindicándose contra el periódico de aquella Capital sobre la Quina. Memorial Literario, Madrid, mayo de 1794.

5.- Defensa y demostración del verdadero descubridor de las Quinas del Reino de Santa Fé. Madrid, Viuda de Marín, 1802. Folleto en un cuarto con 24 páginas de texto.

6.- Carta a Cavanilles. Variedades de Ciencias, Literatura y Artes. Madrid, 1804.

El documento inédito que se transcribe a continuación consta de 33 páginas de 21 x 30 cm escri-

tas por anverso y reverso. A la letra dice:

Folio 1 "Dⁿ. Sebastian José Lopez Ruiz.
recto Ex^{mo}. Señor

En 4 limetas, presenta à V.E. los azogues q^e sacó de las excavaciones q^e mandó hacer dentro de Portob^o, Cruces, y Panamá: en 3 caxoncitos, presenta tambien à V.E. porciones de tierras originales con mercurio vivo, conforme se extrajeron de las mismas excavaciones referidas; y con 8 documentos, pone en manos de V.E. La Relación del viage q^e hizo con el fin de inspeccionar, y descubrir aquellas minas de azogue: Suplica rendidamente, à V.E. se sirva remitir à S.M. todo lo que se expresa y protegerlo con sus favorables informes. Pide testimonio de los documentos que presenta.

A los cinco días después de mi regreso à esta Capital, incurrí en la grave enfermedad que por largo tiempo hé padecido: pero apenas me dio algunas treguas, empecé, aunque debil, à formar la Relación, que con ocho documentos que la acompañan, presento à V.E. de mi viage à las Provincias del Istmo de Panamá, con el objeto de formalizar el descubrimiento de aquellas minas de azogue vivo, que con su muestra, y documentos, denuncié à S.M. à fines del año pasado de 1787; sin que asta aora haya tenido siquiera noticia de su recibo en la Corte. No me acobardó esta incertidumbre, y desgracia del denuncia; ni la falta de fomento para dexar de

emprender à mi costa, quando pude, la dilatada peregrinación que verifiqué con este utilissimo desig-
nio; porque no ignoro, que las obligaciones

Folio 1
vuelta

del buen vasallo, y Ciudadano son inexcusables y que todos deben aspirar àl honor, y gloria de servir dignamente àl Soberano, à la Patria, y àl Estado. Por otra parte me estimuló la consideración que omitiendo yo estas indagaciones personales, quedarían siempre problematicas o increíbles, y abandonadas con desprecio, aquellas minas de mercurio virgen, como lo han sido, con notable perjuicio de la R.^l Hazienda, y deprimiéndose tanto tmp^o. de sus utilidades aquel infeliz vecindario, por q^c. las preocupaciones les han dado un origen equívoco o arbitrario à sus diferentes hallazgos en Portobelo, y demás lugares del Reyno de Tierra Firme, atribuyéndolos à los antiguos derrames en los trancitos que por ellos hacian los azogues del Perú: sin advertir estos derramistas en otras muchas cosas, que estas efusion^s. nunca serian tan copiosas, ni pueden reproducirse, como era menester, para abortar la porción, y abundancia respectiva con que se hà manifestado este metal casualmente, en muchas ocaciones; del mismo modo, que quando se ha solitado, cabando de intento para sacarlo,

Folio 2
recto

Tampoco me desanimó à la empresa mi inopia, ni la ausencia de mi familia que me fue mui sensible por las circunstancias criticas en que la dexé quando resolví mi marcha: agregándose à esto mis cortissimas facultades que no podian sufragar à las asistencias que debí dexarle; gastos de mis transportes, y demás, necesario: pero todo lo facilitan los esfuerzos quando anima el ardor que infunde el R.^l Servicio: Es verdad que vencí estas dificultades à consta de algunos empeños que contrage, y de la generosidad de un hermano que me auxiliaron. = siguen 10 renglones que aparecen tachados y que dicen: En los descubrimientos que me hà inclinado el zelo por los interezes del Soberano y del bien comun, he necesitado armarme de paciencia y alguna intrepidez para no desmayar, oprimido de la persecucion que me ha dado muchas amarguras: y aunque por otra parte haya puesto la mira, como es justo, en mi propio adelantamiento; no por eso dexaran de ser accion^s. =

Folio 2
vuelta

= se inicia con 20 renglones tachados que dicen: sugeridas, y estimuladas del honor que me anima. Sin esta especie de emulacion, estarian los hombres en una estolidez, y adormecimiento reprobables; y quando sepultados sus talentos en la inacción, jamas se verian en el Mundo empresas, ni descubrimientos: La Providencia hà dispuesto que el interez personal produzca en las Naciones; y que de todas las luzes, y conocimientos particulares, resulte el bien general. Cada individuo trabaja à primera vista para si solo; pero la utilidad de este mismo trabajo vâ à unirse después à la masa común de las operaciones; formándose de este conjunto admirable, diferentes cuerpos que con su industria, y auxilios fomentan las fuerzas, y el esplendor del Estado; deduciéndose de aquí que todos debemos procurar nuestro personal interez; pero mirando siempre con preferencia el bien universal. =

Resta aora que V.E. por su efecto de bondad, y justificacion me haga feliz, ya que asta aqui he sido tan desgraciado en mis anteriores descubrimientos y servicios no menos importantes: Si V.E. se digna pro-

Folio 3
recto

tegerlos dandoles el valor que tenga por conveniente en el R.^l concepto con sus informes favorables, y eficaces, mejoraré de fortuna y resarciré con ventajas mis perdidas, y perjuicios: Esta gracia suplico rendidamente à V.E. me conceda: mediante ella, y sus poderosos influxos, espero conseguir la remuneración que se dignare mandarme dar la R.^l Piedad; sirviéndose V.E. remitir à S.M. los azogues en liquido, y sus tierras originales penetradas del mismo, que hé presentado, con la adjunta Relación, y los ocho documentos que la califican: De estos sup^{co}. tambien à V.E. se sirva mandar, se me de 1 testimonio.

Ntro. Señor guarde la importante vida de V.E. m. a. como decco. Santafé 9 de julio de 1790.

Ex^{mo}. Señor
Sebastian José Lopez Ruiz (rubricado)

Exmo. S.^r. D.ⁿ. José de Espeleta.

Folio 3
vuelta (blanca)
Folio 4
recto

1o.

Relación

De el viaje que desde esta Capital de Santafé de Bogotá hizo Don Sebastian Josef Lopez Ruiz à las ciudades Portobelo, Panamá, y Pueblo de Cruzes, con el fin de reconocer y descubrir Minas de Azogue vivo, cuja extraccion verifiqué tanto en liquido como en las tierras originales que lo contienen en aquellos territorios.

A fines de 1789, y principios de 1790 = Este texto aparece repetido =

Folio 4
vuelta (blanca)
Folio 5
recto

Ex^{mo}. S.^r.

En representacion de 27 de junio del año anterior acompañada con la copia de otra de 20 de diciembre de 1787 en que denuncié à S.M. p.^r. mano del E.^{mo}. S.^r. Ministro de Indias D. Antonio Valdez Minas de Azogue vivo en Portobelo y Panamá: de dos cartas relativas a lo mismo que me contestó D. Ramon Santiso, y dos certificados originales de el A.^{dr}. de Correos que lo era entonces de Cartagena, que comprueban la remisión à la Corte de mi denuncia, y cajoncito, en que acondicionè p.^{la}. muestra un poco de Azogue sacado en Portobelo, promoví en este Superior Gobierno instancias à cerca del asunto, cuyos antecedentes u docum^{tos}. reproduzco; suplicando à V.E. se sirva mandar los unir à esta relacion, y enterarse de ellos.


El Ex^{mo}. G.^{bno}. antecesor de V.E. S.^r. Don Fran^{co}. Gil y Lemos, ante quien la hice, parece q^c. no le dio curso; pero llegada a noticia de V.E. manifestó su acostumbrado zelo en el R.^l Servicio, y

~~de los~~
~~de los~~ ~~impugnaciones~~, y ~~con sus~~ ~~razones~~, dando les el
 valor que tenga por conveniente en el R. Concep-
 to con sus informes favorables, y eficaces, mejo-
 rare de fortuna, y resarcirè con ventajas mis
 perdidas, y perjuicios: Esta gracia suplico ren-
 didamente à V. E. me conceda: mediante
 ella, y sus poderosos influjos, espero conseguir
 la remuneracion que se dignare ^{mandarme} dar
 la R. Piedad; si viendose V. E. remitir à S. M.
 los azogues en liquido, y sus tierras originales
 penechadas del mismo, que le he presentado,
 con la adjunta Relacion, y los ocho documen-
 tos que la califican: De estos sup. tambien à
 V. E. se siwa mandare, se me de ~~pl. f. n. l. a.~~
 Nã. Señor guarde la impor-

tante vida de V. E. n. a. como deese. Santa
 Jè 5 de Julio 1770.

1 de Cab.
 1 testimonio p.
 la Excmo. de este
 Sup. Cab. y ~~firmado~~
~~por el~~ ~~señalado con~~
 las letras B. D. y
 se me hicieron p.
 triplicado.

Excmo. Señor

Sebastian José Lopez Ruiz


Excmo. S. D. n. José de Espeleta.

Figura 2. Fragmento del manuscrito con la firma de su autor.

en este asunto tan interesante; se sirvió mandarme librar el correspondiente pasaporte auxiliar de 29 de octubre último; añadiendome varias expresiones de protección y amparo que me inspiraron todo el amor, y eficacia que sin pérdida de tiempo, emprendí à mis expensas.

Folio 5
vuelta

el dilatado y costoso viaje à Portobelo, Cruzes y Panamá; saliendo de esta Capital à principios de Noviembre del año antecedente de 1789.

A fines del propio mes llegué à Cartagena; y en la primera embarcación que se dio à la vela para Portobelo, me conduje à aquella ciudad, donde me embarqué enfermo el 9 de Dic^c. último; pero dentro de pocos días recuperé mi salud: Este quebranto, y la lluvia que no cesaban en aquella estación, retardaron por algunos días, à pesar de mis conatos, las excavaciones que dispuse, y verifiqué despues para explorar el azogue vivo que se cría en las entrañas de la Tierra de todo aquel País; sus contornos, y cerros que lo rodean.

Luego que conseguí la herramienta neces^a. y algunos jornaleros, que con mucha dificultad condescendieron al trabajo, pagandoles à cada uno quatro reales por dia, mandé cabar en el pavim^{to}. cubierto de grama, muy inmediato al umbral de la puerta de la Carcel, cohomprenida dentro del Quartel de Milicianos blancos de aquella Plaza: Como à la profundidad de una vara sa sacaron muchos terrones salpicados exteriorm^{te}. y penetrados por dentro de multitud de globulitos de azogue vivo: De esta Tierra se llevó una

Folio 6
recto

mediana batea, que bien disuelta y labada con agua, se recogieron quatro onzas del referido semimetal puro; aunque desperdiando sus infinitas particulas, por los defectos de este arbitrio. Esta extracción se hizo à preferencia de innumerables gentes; de el Señor Gobernador Ayudante Mayor Oficial Real, y otras personas de distinción de aquella Ciudad, como lo acredita la certificacion que presento con letra A.

Con este motivo se divulgaron por aquellos vecinos de ambos sexos, mozos, viejos, y aun muchachos, varias noticias de hallasgos y brotes casuales de Azogue en diferentes parages, como de sus excavaciones ocultas, y extracciones secretas, tanto dentro de la Ciudad, en los barrios altos, y baxos, como en sus contornos proximos, y distantes; del mismo modo que en los barrancos y faldas de aquellos cerros q^{te}. la ciñen, igualmente en las quebradas proximas à las orillas del mar.

Unos refirieron à preferencia de otros, que atestiguan sus relatos, que: 1o. àl sacar los simientos, habrá mas de 40 años, para la construccion de aquel castillo de San Geronimo, brotó un chorro de azogue tan grueso como el brazo de un hombre, de el qual se aprovecharon los operarios, y jornaleros, muchachos, mugeres, y demás gentes que ocurrieron à esta novedad; sacando cada uno y llenando las basijas que llevaban p^a. agotar

Folio 6
vuelta

aquel precioso manantial: hasta que llegado este suceso à noticia de D. Manuel Hernandez Ingeniero que dirigía la construcción del Castillo, mandó cu-

brir aquella excavacion, amedrentando con severos castigos a qualquiera que en lo sucesivo se atreviera à sacar este metal: Con todo, los vecinos y operarios, no dejaron de disfrutar ocultam^{te}. el hallazgo, surtiendose de muchas botellas de azogue que vendieron: Este hecho fue tan notorio, que nadie lo ignora alli.

Otros me expresaron que 2^o. el mismo brote con igual abundancia se hizo patente quando sacaron los simientos p^a. reedificar, y agrandar el edificio de aquella R^{ta}. Contaduria y Aduana, aprovechandose de él por largo tiempo quantos quisieron: 3^o. Que detras de aquèl otro Castillo nombrado Santiago, se hizo una zanja para dar curso à las aguas que se encharcaban, y amenazaban detrimento àl edificio; y que quando llegó esta excavacⁿ. como à la profundidad de el estado de un hombre, ò menos, se advirtió q^{te}. el fango y barro que se sacaba salia mezclado con muchas gotas de Azogue; que lavado aquèl lodo lo separaban de el, juntando de este modo porcion considerable del metal: 4^o. Que haciendo hoyos para encajar maderos ò estantillos y fabricar sus bujios, lo encontraban

Folio 7
recto

tambien en estas pequeñas excavaciones tanto por los barrios de la Cienaga Cantagallo, y Pescaderia, que son bajos; como en los de Guinea y la Merced altos: Siendo la posición de estos ultimos y de Cantagallo, à las faldas de aquella Costa Septentrional del Isthmo de Panamá donde està situada la Ciudad de Portobelo: 5^o. Que en el Saguan de una casa arruinada, de una muger nombrada Noguera: 6^o. En el paraje q^{te}. llaman el Caymito de Teràn: 7^o. Gunto al Guanabano que està en el patio de la Casa honda: 8^o. Por los últimos naranjos de la que llaman Mameda: 9^o. Por el Muelle y orilla de el Mar: 10^o. por la Quebrada q. corre junto al Conv^{to}. del Hospicio de la Merced; 11^o. dentro de la enfermeria, y patio del Hospital de Sⁿ. Juan de Dios se habian visto los mismos brotes de Azogue, especialm^{te}. quando llovía; y que haziendo excavaciones en los mismos parages, lo habian sacado tambien mezclado con tierra 12^o. Que siempre que se limpiaba el poso primero de la casa de D. Josef Rapelino, vecino que fue de aquella Ciudad, se sacaba igualmente confundido con el barro de su fondo; siendo el primero que se aprovechò el èl, Dⁿ. Pedro Galbàn, otro vecino antiguo de Portobelo, quien cogió de una sola vèz que hizo limpiar el referido pozo, dos botellas del metal puro. 13^o. Que con motivo de construir en la última Guerra, que empezó el año de 80 un edificio que

Folio 7
vuelta

sirviese de Quartel y Carcel à un mismo tiempo, (cuyo lugar dejo citado quando hablè de mi primera excavacion) le brotó à un barretero que trabajaba en esta obra, un chorro de Azogue tan grueso como la muñeca de la mano; surtiendose de èl, hombres, mugeres, y muchachos que lo sacaban con las basijas que llevaban; hasta que haviendolo sabido Don Josef Perez Davila, Gobernador entonces de aquella Plaza, que hoy vive en España continuando su servicio en el Exercito, fue prontam^{te}. y mando cubrir la excavación con mucha piedra, tierra, y mezcla de cal con yeso; prohibiendo la extracción de este Azogue, y ordenando à los Albañiles, no continuasen el trabajo por aquel sitio; sino

que lo prosiguiesen apartandose de él à fin de evitar otro encuentro semejante: quando debió solicitarlo por todas partes en servicio de S.M.

Este suceso se puede averiguar p^a. acrisolar la verdad, sirviendose el zeloso Ministerio preguntarlo y reconvenir à Don Josef Perez Davila, quien expresará los motivos que tubo p^a. cubrir con tanta precaución aquel brote de Mercurio vivo. La propia pregunta se le puede hacer àl mismo àcerca de otro prodigioso y abundante brote de este metal, que resultò à los golpes de barreta que daba un Artillero Miliciano nombrado N. Vivàr: Trabajaba este con otros

Folio 9

recto te se habia visto en el Cocalito à la falda del Cerro donde està el Castillo de San Fernando: con la circunstancia que para ir à aquèl parage, como à la Caldèra, y Bebeagua, es preciso atravesar en barqueta la Bahía que divide la Ciudad, de aquellos sitios; 18^o. que los mismos brotes se han visto muchas veces en las orillas y playas del Rio Factor, contiguo à los otros dos Rios nombrados Ferrìn y Nombre de Dios: Ellos estàn como a la mitad del camino de Protobelo p^a. ir al Pueblo de Palenque, distante entre si 20 leguas. 19^o. Ultimam^{te}. me refirió Dⁿ. Estevan Bussi Regidor de aquel Cabildo, que hebràn 6 años se le apareció en su Hacienda nombrada Cascajal, en el camino de tierra para ir à Panamá, un hombre que dijo ser Minero de oro; y que al dia siguiente le mostrò un poco de Azogue en una redomita; añadiendole, que no sabia la riqueza que se ocultaba en aquellas tierras suyas: Bussi le preguntò qual era la que anunciaba? como soy Minero, le respondiò el huesped, sali por esos Cerros a buscar oro que laban; y en un barranco que cabé, hallé la tierra mezclada con este azogue de la qual lo separé labandola: Aquella Hacienda de el Cascajal dista de Portobelo como 2 leguas. 29^o. A todas estas noticias se agrega como prueba decisiva de ser verdadera Mina de Mercurio las de aq^{lla}. Ciudad, la comun experiencia que alli tienen; y q. tamb.

Folio 8

recto muchos por orden del proprio Governador en tiempo de la misma Guerra en hacer una sanja profunda que atravesara desde la falda del Cerro Cantagallo àl barrio de la Cienaga, para formar en toda su longitud una Trinchera de salchichones: En esta fagina se hizo admirar, con alboroto de todos, el expresado brote, de què igualm^{te}. disfrutaron los concurrentes, recogiendo Azogue en totumas y tiestos; lo que savido por el expresado Gob^{or}. fue al parage, y mandò tapanlo; intimando las mismas prohibiciones, como en el igual suceso anterior: Siendo digno de extrañarse que de ninguna destas ocurrencias, tan notables, y de la mayor importancia, diese cuenta à su Mag^d.

15^o. Xavier Nuñez vecino muy antiguo de Protobelo, me refirió, que hazen mas de 40 años, acompañò à Don Pedro Ayarza vecino y Guarda mayor que fuè de aquella Ciudad, à una ensenada llamada la Caldera, que està frente de aquel barrio de la Pescaderia, y que junto à una quevrada nombrada bebeagua, sacaron, por medio de una pequeña excavación, hecha de noche, una gran porción de Azogue: pero que temiendo las prohibiciones que de tiempo inmemorial estavan divulgadas, no sè con què fundamento, p^a. que nadie sacare o vendiese este metal, abandonaron su hallazgo, y no se atrevieron à repetir otra

Folio 9

vuelta hize yo; y es que si despues de haber llovido se toma un vaso de agua de las quebradas Guinea y Mamey de las Animas, que corre por alli mismo; en la del Chorrillo; en la que està detras del Castillo de Santiago, y en la de Cantagallo; en qualquiera de estas aguas se observa que introduciendo una moneda de plata u oro, dentro de pocas horas se reconocen azogadas: Esto manifiesta que las subtilissimas particulas mercuriales arrastradas con el impulso de las aguas en las grandes lluvias, descenden con ellas de lo más elevado; o del medio de aquella cordillera donde tienen su origen las referidas Quebradas; y por consiguiente que por allí estaràn los principales depositos ò Minas de este Metal: Que sus descensos se hazen precisamente: unos detras de aquellos Cerros; otro por delante azia la Ciudad; y otros por diferentes partes; filtrandose todos por bajo de la tierra à mayor ò menor profundidad, y perdiendose esta riqueza en el Mar, o en los Rios, à donde de tiempo en tiempo iràn à parar grandes porciones suias: 21^o. Tambien es admirable la circunst^a. que igualm^{te}. inclina à crear la abundancia con q^e. la naturaleza produce allí el referido metal. Se me refirió por varias personas que moran y cosechan arroz en las estancias y cerros del contorno de aq^{lla}. ciudad; que al arrancar las raizes y espig^s. de estas plantas se ven clara y distintam^{te}. en ellas, y en la tierra muchos globulitos de Azogue.

Folio 8

vuelta Solicitud de èl: Este pasaje me lo ratificaron ahora que estube en Portobelo, los hijos de Ayarza, que se lo habian oido varias vezes referir à su Padre.

16^o. Otros muchos me aseguraron, que en distintas partes del barrio de Triana dentro de la Ciudad; y en varias de las Quebradas del mismo nombre; de las quales una de ellas tiene el de *Quebrada del Azogue*, que està fuera de Portobelo, contigua à las orillas del mar, se habian sacado porciones del mismo metal en diferentes tiempos añadiendoseme que en una de ellas sacò un sugeto excesiva cantidad de Mercurio, depositandolo en una pequeña bargueta que ocultò dentro del Monte inmediato; y que llevando botellas vacias las llenaba del metal para venderlas, hasta que fue sorprendido por un soldado, de quien huyò, aucentandose desde entonces de aqu^l. Pais: Tambien se me añadió que en otra ocacion vio un hombre en una de las mismas Quebradas fuera del agua porcion de azogue disperso por el suelo; y que cabando alli mismo con un cuchillo, sacò mucho mas, llenado de èl las dos mitades de una pipa ò coco grande que llevaba, partiendo por medio p^a. aprovechar su extraccion p^r. no tener otra vasija.

17^o. Que el mismo bro

De todas las noticias referidas y las que relacionaré referent^s. à otros lugares seria conveniente, y facil hazer ante los Gobernadores ò Cavildos y demàs fuentes una informacion que las calificase de verdaderas, por lo qe. pueden conducir al mejor R^l. Servicio: Bien conociò la importancia de ellas en semejantes materias el celebre

Folio 10

recto Don Guillermo Bowlesgen el discurso preliminar de su introduccion à la Historia Natural pag. 30

dice: "Que no se debe despreciar en punto de Minas la tradición; ni la voz publica".

Con todas estas noticias; y el hallazgo de la primera pequeña porción de Azogue que se extrajo de la excavación hecha junto al Umbral de la puerta de la cárcel, se reanimaron mis esperanzas de conseguir el encuentro de algún depósito copioso de la naturaleza del mismo metal: pero ningún trabajo seguido pude emprender en todo aquel mes de Diciembre, à causa de que, por una parte las continuas lluvias lo impedían, y por otra era difícil conseguir operarios: Ni me fue posible registrar, aunque sin inteligencia, aquellos Cerros por su fragosidad, inundaciones, y demasiado lodo.

En estas circunstancias resolví prontam^{te}. mi marcha para el Pueblo de Cruzes, haciendo este viaje por mar hasta el Presidio de Chagre, y por el Rio de este nombre à mi expresado destino: En el Presidio tube noticia de haverse sacado Azogue junto al Castillo, y frente de él, en la orilla opuesta: Aunque no le di entero crédito, tampoco la desprecié, siendo aquel territorio una continuación de la Costa de Portobelo; su aspecto exterior muy semejante en el color blanco ò blanquecino y amarillo por parte de

Folio 10

vuelta

ambos terrenos. Esta confrontación me inclinó à creer que donde luego lo habría también es Mina, como en los demás parages que dejo referidos: Continué mis indagaciones, sin poder reducir à práctica, mandando hazer allí alguna excavación, por falta de operarios jornaleros que son mucho más escasos en el Pueblo y Castillo de Chagre que en Portobelo.

Seguí mi viaje subiendo al expresado Rio y en el Hato nombrado Doshermanas, me aseguré un negro viejo dueño de aquella corta posesión, que muchos años antes sacó él como 6 libras de azogue puro en el parage que llaman el Puerto, donde los pescadores del Presidio aguantan los Sabalos para pescarlos: añadiéndome que con motivo de arrancar del suelo una piedra que le estorbaba ponerse en situación cómoda para su pesca, vio en el hoyo que dejó la misma piedra, un posito de azogue que lo sorprendió, y lo aprovechó recogiendo. Este puesto está junto a la muralla escarpada al mar del Castillo.

Siete días tardé en mi viaje de Portobelo à Cruzes, y al siguiente de mi llegada mandé hazer en aquel Pueblo dos excavaciones: La primera dentro del bugio de un vecino

Folio 11

recto

nombrado Gaspár Alvarez, por que su muger me dijo, que anteriorm^{te}. había sacado del suelo de su misma habitación como quatro libras de Azogue con el motivo casual de que barriendo un día, observó en la basura y polvo que arrancaba la escoba, muchas gotas de este metal: movida su curiosidad con esta ocurrencia cabó con un machetè por allí mismo, y sacó alguna tierra penetrada de mercurio separándolo todo despues por medio de el agua con q. labó sus terrones. En consecuencia de esta narración, quise desengañarme, y mandé cabar en el propio pavim^{to}. A una vâra ò más de profundidad se empezaron à sacar muchos terrones cargados de gotas de Azogue que ví con la mayor complacencia, por contar yà con dos descubrimientos

de Mercurio en lugares tan distantes. Lavados aquellos terrones, soltaron más de libra y media del metal: Y habiéndose profundizado la excavación hasta el estdo de un hombre, se encontró con una peña no muy dura, de color entre rojo, blanquecino, y amarillo.

De la otra excavación que se hizo, frente del propio bugio, salieron en la misma forma que en la antecedente, como 22 libras de

Folio 11

vuelta

Mercurio: Una y otra; como sus prontos resultados, las atestiguan el documento que presento vajo la letra B, que me dio Dn Manuel Bernardino Urriola, unico Juez y Alcayde de la Aduana de aquel sitio: Debiendo añadir q^c la mayor tardanza en lograr estos acopios, consistía en el tiempo que se gastaba en labar la tierra; para cuyas operacio^{es} me valí de muchachos y mugeres que con más docilidad q los hombres se ocupaban de esto, pagandoles à todos su establecido jornal de quatro reales diarios. Con estas muestras conseguidas en Portobelo y Cruzes, y con las noticias q^c en este ultimo Puerto me dieron también todos sus vecinos de la abundancia con que por todas partes se manifestaba en sus brotes principalm^{te}. quando llovia, y en sus acopios hechos por algunos sugetos q^c cababan en distintos parages de aquel terreno resolví pasar à Panamá. Antes de emprender mi marcha formé una lista de los lugares donde comunm^{te}. se sabe q^c en Cruzes, y sus contornos hay Azogue. 1^o. Se encuentra, y siempre se hà hallado

Folio 12

recto

en el barranco, ò peña q^c. hay en aquel Pueblo à las orillas del Rio Chagre donde està situado. Los muchachos lo sacan bañandose en él, principalmente p^r. la falda del barranco: Para esto llevan à prevención en la boca quando descienden al agua un carriso, ò caña hueca proporcionada: Sambuyen con los ojos abiertos como buzos; luego qe. ven relucir dentro del agua; bien sea en el fondo del Rio, quando tiene poca; ò en las concavidades del barranco cubierto de ella se dirigen à las porciones de Azogue qe. están allí; y chupándolas con el tubo se llenan la boca de agua y Mercurio: suben prontamente à la orilla, y todo lo arrojan en una vasija ò totuma que les tiene prevenida otro muchacho: Algunos sin querer, se la tragan; pero al instante lo excretan limpio. Todos los veranos remiten estos buzoes, qe. no pueden hacer en los inviernos pr. que el Rio crece mucho, y es violenta entonces su corriente.

2^o. En varios solares arruinados, y desiertos, dentro y fuera de las casas, que casi todas son de paja; y quando van à fabricar algs. de ellas; encuentran azogue los operarios en los hoyos q. hacen pa. encajar los maderos; así sucedió en el de Urdaneja; y en la casa de una mugr. llamada Martina: Esto ès comun tradición y evidencia ocular que me aseguraron aquellos vecinos.

3^o. También lo ès q. de la 2^a. excavación

Folio 12

vuelta

que dejo referida, en el solar conocido con el nombre de Betancourt, y Pascacio sus dueños sucesivos, sacaron en otros tiempos ellos; y uno Dⁿ. Josef Layseca, considerables porción.^s llenando de Azogue frasquera y botellas. De estas ultimas ex-

trageron algunos años posteriores, unos arrieros con quienes hablé ahora porción para llenar tres, y las llevaron a vender à Santiago de Veragua: Otras dos consiguió de allí habrà siete años Dⁿ. Josef Alamo, Ofic^l. Mo^r. de la Contaduria de Portobelo, quien me lo refirió y q. las cambió p^r. ganado bacuno en los Hatos de la jurisdiccⁿ. de Panamá en q. hay labaderos de oro: Estas extracciones. las hacian muy secretas, p^r. q. Dⁿ. Juan de Urriola Alcayde q. fué de aquella Aduana las prohibia persiguiendo à los cabadores.. 4^o. En el camino q. de allí dirige à Panamá, tmb.ⁿ se observan estos brotes en Imbierno, principalm.^{te} por la prim.^a tosca (assi llaman a los peñascos algo porosos de cualquier color q. sean): 5^o. En las quebradas, Cassalla: 6^o. Quebraz Pacho, y otros parages, hasta llegar al de 7^o. Afrentaruines: En este vi yo algunos globulitos de Azogue en la superficie de la tierra; no quando fui de Cruces à Panamá, p^r. q^c. me

Folio 13

recto cogió la noche al pasar pr. allí; sino à mi regreso: De eso trataré despues.

Concluidas estas diligencias en Cruces, y adquiridas las noticias relacionadas, dejè en una botella la porcion de Azogue extraido de aquella segunda excavacion, por no exponerme à perderla quebrandose por contingencia en el camino la vasija.

El dia 12 de Enero de este año salí de aq^l. pueblo y en el mismo llegué pr. la noche à Panamá, llevando conmigo en un frasquito la libra y media, ò más de Mercurio sacado de la primera excavacion del bujio de Alvarez para mostrarlo al Señor Gobernador de aquella Plaza, como lo hice, à varias personas con el fin de incitar à todos con la evidencia, à que me auxiliase por su parte con noticias y activas indagaciones para el mas pronto hallazgo del propio metal en aquella Ciudad. Con estos estímulos me refirieron algunos individuos tanto distinguidos, como de la plebe los diferentes brotes de Mercurio que habian en distintos tiempos por varias calles y barrios de aquel vecindario; con más particularidad quando llobia; lo que expondré despues. Emprendi varias excavaciones contiguas en la plaza de San Francisco: Solo de la primera se re

Folio 13

vuelta

cogió una muy pequeña porcion de azogue, aunque en la tierra de esta, y de las otras se reconocen ciertos vestigios q^c. me inspiraban alguna esperanza de hallar mayor cantidad: pero todo el trabajo de aquel dia fue sin mas fruto que la cortissima porcion citada.

Al siguiente elegí un parage bien distante y desierto, extramuros de la Ciudad, llamado la Cienaga; y en la huerta de Don Andres Zamora Clerigo Presbytero, que dista como treinta pasos de la orilla del mar, mandè cabar junto à una Palma; porque tube noticia que diez años antes con motivo de sembrar el coco q^c. la produjo, à poca diligencia, se sacaron como seis libras de azogue confundido con la tierra, que se labò p^a. extraerlo puro: Esto mismo me asegurò despues, de buena fè, no solo el Clerigo dueño de la huerta, sino muchas mugeres y hombres vecinos suyos que lo vieron sacar.

Guiado de estas luces, mandè cabar allí mismo; y a la profundidad de una vara salio copia de terrones con mucho azogue, fuera, y dentro de ellos: In-

mediatamente fui à dár parte del suceso al Señor Don Josef Domàs y Valle Gov. or de aquella Plaza, quien con otras personas pre

Folio 14

recto

sencio la extraccion, como lo refiere en el docum.^{to} que me diò, y presento con la letra C. Lo mismo expone aquel Mui Il^c. Cavildo, Justicia y Regim^{to}. en el informe à S.M. q^c. igualmente presento en la letra D.

De esta excavacion que se profundisò à un estado y diò en agua q^c. impidiò su prosecucion, saqué limpias, despues de labar la tierra, algo mas de 10 libras de Mercurio. Tres de mal di al S^r. Domàs, que me pidió un poco, y algunos terrones de la tierra, de la que èl mismo separò las gotas del metal. Dije antes tratando de las excavaciones de Portobelo y Cruces, que la extraccion de la tierra con azogue se haze prontam.^{te}. pero q^c. su acopio puro tardaba por falta de vasijas à proposito, y practicos en labar aquella, y separarlo: Lo mismo sucedio en Panamá, ocurriendo las propias dificultades. Esta dilatación se podrá evitar con mucho ahorro de jornales, tratandose el negocio con las luces y disposiciones de practicos y peritos, que solo sepan donde y como hade cabar, sino los arbitrios más econòmicos para aprovecharlo.

Expresaré ahora los parages donde se hà visto este metal en Panamá, y sus contornos, desde tiempos muy remotos, hasta el presente, manifestandose con frecuencia, esparcido p^r. el suelo en pequeños lagos; en gotas, y globitos abundantes, segun la tradicion cons⁼

Folio 14

vuelta

tante, y propia inspeccion de aquellos vecinos de ambos sexos, desde los mas distinguidos hasta la ultima plebe.

Lo hay pues, p^r. que se hà visto brotado y se ha sacado cabando, dentro de los muros de la Ciudad: 1^o. en la Plaza de San Francisco, y 2^o. la Catedral; 3^o. Callejon del Espinazo y su puentecilla, que està cassi frente de la última plaza nombrada; 4^o. Dentro del edificio arruinado y desierto de la que fue Iglesia de San Felipe: 5^o. Calle de San Josef, y su postigo al mar: 6^o. Casa de la viuda de Don Nicolas Brancho azia su principal esquina y dentro de sus tiendas; 7^o. En el terreno q^c. ocupa la Iglesia arruinada, y sus contornos, que fue de los extinguidos: Por allí hay una huerta de ortalisa, q^c. hace cultivar el Señor Gobernador, y en ella sacò casualmente un poco de azogue el hortelano q^c. antes fue Pito de aquel Batallon fixo: 8^o. Casa de Don Antonio Arechica, donde hoy se halla la administracion de Aguardiente: 9^o. En la huerta de Dn. Santiago Rodriguez Presbyt^o. 10^o. En los postigos al mar de las Monjas de la Concepⁿ. y de los Religiosos Franciscanos que distan bastante entre si: 11^o. En la casa y huerta de los Acuña: 12^o. En la de Doña Margarita Bracho: 13^o. dentro de la Iglesia de Santo Domingo, donde se hallò con motivo de cabar una sepultura: Aunque este

Folio 15

recto

puede atribuirse à la revivificacion q^c. recuperan las preparacione mercuriales que se huviesen administrado a algunas personas q^c. muriesen y fueron enterradas en aquèl tiempo p^{ro}. no es verosimil esta atribucion y origen, por que no estava dentro

de algunos huesos, como se suele ver en aquellos casos; sino embutido en los terrones y en pequeños lagos, segun se me refirió; como el q^c. comunmente se halla, cabando por aquellas partes donde no hay presuncion que han sido enterradas algunas victimas del Mercurio.

En el Arrabal de la misma Ciudad, fuera de sus murallas, se hà visto brotado, nada menos que el año antecedente: 14) por el piso de el Rastrillo poco antes de llegar à la Puerta de la tierra; 15^o. En el Foso azia los simientos: 16^o. Por la pescaderia hta. la Playa: 17^o. detras del matadero: 18^o. En las esquinas de las casas de el Padre Camero y de Dⁿ. Juan Andres Gaviria: 19^o. En la de la casa de piedra, yendo de la Calle R^l. p^a. la Plaza de Santa Ana. Allí usan los muchachos y en otros lugares de los referidos, refregar monedas de plata contra la tierra para azogarlas, y lo consiguen: De esto muy bien se acuerda Don Antonio Garcia de la Guardia, natural de Panamá, resid^{te}. en esta Cap^{tl}. destinado a la Secret^a. de este Virreynato: 20^o. Por la Tarasana, y su playa: 21^o. En

Folio 15

vuelta el Callejon de la Calle nueva, hasta subir à Rebellin y parage que llaman la Cocinera: 22^o. En la Cienaga: 23^o. Por el Barrio de Malambo azia el camino del ganado: 24^o. Por Puntamala, mas allà de San Lazaro.

En los contorno de Panamá proximos y distantes: 25^o. Quebrada y territorio de Afrentaruines: 26^o. en varios parages de Panamá la Vieja: 27^o. En el Llano de Capira: 28^o. En los barrancos del Rio Tututi, donde à meter las palancas los q^c. conducen las canoas p^a. ir al curato y Pueblo del propio nombre, ven muchas vezes desprenderse de la tierra goterones de azogue: 29^o. Junto a la Mina de oro que se esta trabajando en la falda del Cerro Campana, mas alla de Capira: 30^o. Junto à las quebradas y labaderos de oro del distrito de Santiago de Veragua, principalmente en el territorio de un sitio llamado Santafè.

En estas dos últimas noticias 29, y 30 tropesaron, y las negaran algunos que piquen de mineralogistas, p^r. que es verdad que rara vez se halla mina de Azogue junto à las de oro: pero lean a Valenius en su Mineralogia traducida al Frances tom. 1^o. observacⁿ. 1^o. sobre el Mercurio Pag. 399: Allí veràn, que este Autor tan recomendable dice que hay muy pocas Minas de Oro, Plata, plomo, cobre,

Folio 16

recto y hierro donde se encuentre el Azogue; pero no que es imposible: solo afirma que hay muy pocas minas. Dt^s. Este Autor habla de las de su Pais y otras: No vino a America, ni tratò de las q' acà tenèmos. Lo cierto es q' el oro de muchos labaderos de Veragua sale blanquisco y es necesario darle fuego p^a. que recupere su color natural, evaporandose el azogue que contiene; y la reputacion de su ley apreciable.

Como mis facultades son ningunas, no me permitian hazer excesivos gastos, aunq. à mi llegada à Portobelo supe que mi buen hermano don Santiago Josef Lopez Ruiz, Cura en el Arzobispado de Lima, me tenia puestos con anticipacion en Panamá dos mil pesos para q. por falta de dinero no dejara de verificar mis indagaciones en estos descubrimientos, y concurrir por su parte à RL. Servi-

cio, con noticia q. le di muy de antemano de mis designios desde esta Capital: Este socorro me sirviò de mucho auxilio, sin el qual nada habria podido hacer; pero no me atrevi à demorarme mucho en aquella Ciudad; ni à practicar otra diligencia en aqu^los. Países sumam.^{te} caros p^a. mantenerse; muy costosos los fletes de las cabalgaduras, el de los peones conductores de caminos, y los jornales en que ya habia consumido demasiado dinero p.^a quien nada tiene, p^r. haberzeme despojado

Folio 16

vuelta de mi sueldo el Exmo. Sr. Arzobispo Virrey q^c. fue deste R.^{no} casi desde los principios de su Gobierno.

En estas circunstancias resolvi regresar à Cruces para recoger la botella de Azogue que dejè guardada; y restituirme a Portobelo con el fin de continuar allí otras excavaciones, y aprovechar la ocasion de embarcarme para Cartag^{na}. en una Balandra que salia dentro de pocos dias; estando cierto que si malograba esta ocasion, seria dilatada mi demora, por ser muy raras las embarcaciones que recalán alla de Cartagena y otros puertos del Norte, à causa de la miseria y poquisimo comercio que de muchos años à esta parte hay en aquella ciudad.

Antes de ausentarme de Panamá acondicionè en una botella mediana (que con su corresp. ròtulo manifiesto à V.E.) la porcion de Azogue que saquè de la huerta de Dⁿ. Andres Zamora: De allí mismo recogí algunos terrones qe. lo contienen, y otros pedazos de piedras sin él, de una de las otras excavaciones que se hicieron, acomodandolo todo en un Cajoncito, q. con su respectiva inscripcion presento tambien à V.E. A mi Apoderado dejè encargo que comprara todo el azogue que le llevaran cuya solicitud y extraccion inspirè a muchos, asegurandoles se les pagaria prontamente, con las miras

Folio 17

recto de q. el atractivo de la utilidad los incitase à buscarlo pr. todas partes; y en la primera carta q. recibí despues de mi regreso à esta Capital, me avisa, que à pocos dias de mi ausencia le llevaron quatro y media libras de Azogue sacado pr. una negrita del Pueblo de Cruces en la orilla del Rio Chagre.

El dia 3 de Febrero de este año sali de Panamá, y en Afrentaruines, que dista como legua y media de la Ciudad, me apee de la caballeria para registrar aquèl terreno: Apenas di quatro pasos excavando con las manos las yerbas, y piedras superficiales, quando vi algunos muy pequeños globulitos de Azogue confundidos con la tierra y polvo. Hice arrancar una piedra mediana, y bajo de ella encontrè muchos màs de mayor magnitud.

Como no llebaba prevencion de herramienta, ni operarios, no se pudo hacer allí excavacion alg^a. contentandome con escribir à Sr. Gov.^{or} de Panamá, y à mi Apoderado, dandoles noticia circunstanciada de aquèl encuentro en la superficie de la Tierra con seguros indicios, que las colinas y barrancos q. rodean aquel parage se desprenden de quando en quando

Folio 17

vuelta algunas porciones de Mercurio; ò que se filtra por abajo de la tierra, yendo à parar donde lo conduce la casualidad ò perdiendose en los Rios y Mar.

En efecto el parage de Afrentaruines, donde lo vi, es precisament el que llaman Puerto, donde descansan y almuerzan los negros y otros q. se ocupan en hacer viages de Cruces à Panamá para cargar à su espalda los efectos de comercio q. sacan de la Aduana de aquel Pueblo, y no pueden ser transportados en Mula por el riesgo de romperse en aquel aspero camino: Este parage es casi una continuacion de lajas y peñas sueltas, pesadas, algo escabrosas de color azul mui obscuro: Por en medio de una laja grandisima, que forma un canal ancho con brocales à uno y otro lado de la misma, es el transito comun por donde precisam^{te}. pasan todos los viajeros y las requas.

Por los contornos del mismo parage me habia dicho en Panamá D^a. Francisca Cordero, en presencia de Dⁿ. Josef Maria Urriola y de Dⁿ. Felix de Soto veinte y quattros de aquel Cavildo, y de otras Personas; que habrá como seis años que regresando una tarde p^a. la ciudad de la Hazienda

Folio 18

recto da de Guadalupe, vio pr. algun trecho del camino muchos pequeños lagos de Azogue que la admiraron; pero no se detubo p^a. que sus criados lo recogieran, p^r. que como todo aquel dia llovió mucho, y el tiempo amenazaba mas agua, temia no le cayese antes de llegar à su casa. Lo mismo me aseguraron otras personas con referencia à tiempos anteriores, y posteriores, y entre ellas algunas q.^c sacaron el propio metal haciendo p^r. allí excavaciones. El mismo dia q. sali de Panamá llegué à Cruces p^r. la tarde: Recogí mi botella de Azogue sacado allí, y la presento à V.E. con su letrado Cruzes. Reconoci q.^c. la excavacⁿ. donde se extrajo tenia dos y media varas de profundidad: De ella se pudo haver acopiado mayor porcion, p^r. que relucian sus particulas y gotas en el fondo y circunferencia de este pozo: De el hice sacar alguna cantidad de tierra mezclada con el metal que igualm^{te}. presento à V.E. con la misma inscripcion.

Otros terron^s. del mismo lugar y circunstancias, bien acondicionados di à Don Bernardo Carrete que seguia a Panamá con destino de embarcarse p^a. Payta en alcance del Ex^{mo}. Señor Virrey de Lima S^r. Dⁿ. Franco. Gil y Lemos, en cuya familia vino de España, y se habia quedado con destino en Santa Marta. Este sugeto vió con mucha admiracion y complacencia el pozo referido; p^r. que àun excavandolo con sus manos y un machete saca =

Folio 18

vuelta ba Azogue con la tierra: Vio tambien la botella del mismo sacado allí, y la que le mostrè de Panamá: Por ultimo me asegurò q. los terrones los iba à presentar àl expresado Ex^{mo}. Sr. Virrey.

Con el objeto de registrar otros terrenos vecinos y poder tomar congeturas de que en alg^{os}. de ellos hubiese azogue, como en efecto lo presumo, p^r. sus analogias, y confrontaciones q. pude hacer, me dirigi de Cruces p^r. el camino de tierra muy fragoso a Portobelo, donde llegué el 19 de febrero citado: Ya habia salido para Cartag.^{na} la Balandra, que procurè alcanzàr; pero estaba recién llegada otra que no saliò p^a. el propio destino h^{ta}. el 10 de Marzo siguiente.

Esta detencion en Porotobelo, fue util, y mas lo

habria sido si hubiera podido conseguir operarios q. trabajasen cabando pr. aquellos cerros, y demas partes q. la comun tradicion me sugeria esperanzas de encontrar mercurio. Ningun jornalero conseguì p^r. muchos dias: Los que à mis instancias empezaban algun trabajo, lo dejaban à su antojo, pretextando que de repente les caia algun aguacero, y que mojandose calorosos se exponian à enfermar: Esta disculpa me dio tambien cierto vecino de aquella Ciudad p^a. no facilitarme algunos esclavos que le gana jornal: Es toda aquella gente muy holgasana

Folio 19

recto y su desidia inponderable.

Por fin, al cabo de algunos dias de esta inaccion mia involuntaria, ò màs bien, forzosa, me avisò Dⁿ. Juan Betancourt vecino antiquisimo de Portobelo, actual sobrestante de las obras y reparos occurrentes en aquellos castillos, q. le constaba, p^r. q. muchos años antes lo vio, que el yà citado Dⁿ. Pedro Galban tubo noticia q. una Mina de Azogue corria pr. la trastienda de una accesoría en la esquina de la Casa de Dn. Julian Goenaga Presbytero, contigua pr. la parte Septentrional àl Castillo de S. Geronino: que p^a. sacarlo ocultam.^{te} alquilò Galvan aquella tienda; y todas las noches despues de las diez, iba con sus negros, cababan en la trastienda trabajando con luzes y recogia allí mismo el mercurio puro q. encontraba; se llevaba toda la tierra extrahida à su casa; la hacia labar y de este modo acopiò muchas botellas de el metal p^a. largo tiempo, que repitiò esta Diligencia hasta q. traslucido en eso la abandonò, temiendo las penas divulgadas p^a. estas extracciones. Reconoci la tienda y su interior; pero no me atrevi à mandar cabar en ella p^r. rezelar podria originarse algⁿ. detrim.^{to} àl edificio, teniendo q. repararlo à mi costa, segun se me previno en el Superior Despacho ò pasaporte relativo à estas explotacion.^s. Este temor me contubo p^a.

Folio 19

vuelta no resolverme à emprender otras diligencias en los transitos y mansiones de mi peregrinacion.

Considerè pues la varia direccion qe. podria tener el Azogue de la trastienda, y mandè cabar en el callejon exterior lateral à ella, y à la misma casa. Esta dividida de oriente à poniente por su pared y la del Castillo de Sn. Geronimo, quedando en medio de ambas el callejon: En este se cabo à distancia de una vara de la pared que divide el callejon de la trastienda, cuja direccion preferi. A poco màs de vara de profundidad, empezò a salir prodigiosa porcion de mercurio mesclado con tierra: Toda se labo en una barqueta q. alquilè pa. el efecto, con agua del mar que està mui proximo àl expresado parage, y recogí 28 libras del metal puro, que presento à V.E. en una limeta llena de èl, y en otra pequeña donde guarde el sobrante: Ambas tienen la inscripcion: Portobelo; y con la misma presento tambien el caxoncito donde acomodè alguna porcion de aquella tierra penetrada de azogue.

Esta excavacion, y el suceso de ella, la presencio casi todo aquel vecindario; autorizandola p^r. an^{ca}. del S^r. Gobernador el Alcalde ordinario de primer voto Dⁿ. Pablo Sanguillhem, y el Tesorero ofiz.^l R.^l de aquellas caxas Dⁿ. Francisco Gonzalez de Acuña, quienes

Folio 20

recto me dieron las dos certificaciones relativas al asunto, que con las letras E. F. presento à V.E. No se pudo continuar esta extraccion, à causa de que el pozo diò presto en agua; y antes de llegar su profundidad à un estado se suspendiò, aunque siempre se veian gotas pequeñas del mercurio dentro del barro liquido, que se formó con la abundante agua que brotaba por su circunferencia, y centro, donde igualmente se notaban en los lugares algo enjutos, las mismas gotas.

Ya estaba proxima à darse à la vela para Cartagena la Balandra en que navegùe de regreso para aquella Ciudad, y me embarquè la noche del dia 10 de Marzo ultimo: Por esto no pude demorarme para hazer otras exploraciones mediante la actividad, y zelo de aquèl ofiz.¹ D.ⁿ. Francisco Acuña, que con dificultad me habia facilitado algunos negros colaboradores: Pero pareciendome suficientes à realizar la existencia de Minas de Azogue vivo en Portobelo, Cruzes y Panamá, como en todo aquel isthmo, sus muestras conseguidas en aquellas poblacion^s. y tierras originales cargadas del metal; encarquè àl ofiz.¹ R.¹ citado, animase à todos à la solicitud, y exploraciones de esta utilis-

Folio 20

vuelta sima produccion. q.^c aún dado caso dimanara en todas partes, de sus derrames que inconveniente hai p.^a q.^c se recojan; se aprovechen de todos modos, y no queden perdidos p.^a siempre?

Pero aora probarè que los de Portobelo, Cruzes, y Panamá no provienen de aquellos derrames, quando antiguamente se conducian por cuenta de la Rl. Hazienda los de Guancabelica à Lima; y del Callao; à estos otros Puertos para transportarlos a Vera-Cruz, y Megico: Esta opinion vulgar se hà desvanecido ya en aquellos vecindarios, donde todos repararon el modo con que encontraron los azogues; las distancias de mis excavaciones; las dificultades p.^a. que los supuestos derrames hubiesen podido venir à depositarse, y permanecer despues de tantos años en los terrenos, de q.^c se extrajeron: Demostraré esto para maior claridad en las siguientes reflexiones; reproduciendo las de mi representacion sobre este asunto antes citada de 27 de Junio del año proximo pasado

1.^o. Las antiguas remisiones de azogue venian de Guancabelica à Lima: Se depositaban precisamente en algun almazèn de aquella

Folio 21

recto Capital, mientras se proporcionaba en el Callao embarcacion, que las conduciese à Panamá. Las yeguas que hazian estos transportes de la mina de Guancabelica à Lima, hacian 70 leguas de viage por aquellos caminos mui fragosos: En estos trancitos repetidos cada remesa se derramarian algunas porciones; rompiendose, por muchos accidentes inevitables en semejantes carguios, las botellas, frascos de lata, ò zurroneos de badana en que los acondicionarian; resguardandolos despues en caxones fuertes de un quintal ò mas cada uno: Descargados estos en el Almacen: bueltos despues à cargar para llevarlos à Callao y embarcarlos, no dexarian de suceder en estos movimientos, y manejos varias averias, y exclusiones: Con todo, jamás se ha dicho, que por el camino de Guancabelica à Lima; ni en aquella Capital; ni en el trancito de dos leguas à Callao se

encontrasen, ni en estos ultimos tiempos porciones de azogues vertidos: Esto prueba, que si en efecto se derramaron tendrian siempre mui buen cuidado de recogerlo con toda diligencia; pues ni la R.¹ Haz.^{da} habria de sufrir tan frecuentes perdidas; ni quedarian libres de sus abonos los conductores; ni estos serian tan negligentes q.^c expusie-

Folio 21

vuelta ran à que una, ò repetidas vezes se les obligase à pagar estos menoscabos.

2.^o. Desembarcados los mismos, y hechos sus depositos en la Aduana de Panamá: Conducidos despues en mulas à Cruzes, que dista 7 leguas; hechas sus descargas y custodia en la de aquel Pueblo: embarcados ultimamente en el Rio Chagre para llevarlos à Portobelo, tenjan alli otra descarga, otro deposito en aquella R.¹ Contaduria y otro embarque para remitirlos à Cartagena, Havana, y Vera-Cruz, segun se presentaba el destino de las embarcaciones, que los sacaban de aquella Bahia. Todos estos giros ofrecen muchos riezos, y desde luego no dexarian de romperse algunos caxones, y vasijas de azogue; pero igualmente seria recogido con toda prolixidad por las graves razones de la antecedente reflexion. Si esto sucedia despues de haberse depositado en las Aduanas de Panamá, Cruzes, y Portobelo, no serian tan inutiles, è indolentes los Alcaldes de ellas, ni tan negligentes en el R.¹ Servicio los Gobernadores, Ofiz.^s R.^s ni demas Ministros que dexasen perder, con responsabilidad, tanto interèz de la R.¹ Haz.^{da}. y cuando por una ò otra vez se les disimularan estas omisiones, legitimam.^{te} disculpables en ciertos casos acreditados con suficientes documentos, q.^c los indemnizaran,

Folio 22

recto serian excarmentados irremisiblemente sus descuidos por este sup.^r Gobierno en lo sucesivo, y condenados à la satisfaccion debida de los azogues perdidos, como pagaban sus mermas cada año los Alcaldes de la Ciudad de Mariquita, que se encargaban antes de las porciones q.^c en aquel Almacen R.¹ se depositan; como pagò tambien el dueño de un Bote, ò Champan, considerable cantidad de ellos q.^c por cuenta de R.¹ Hz.^{da}. se conducian à Honda con destino à la mencionada Ciudad, y naufragaron con el Buque cerca de la angostura de Carare en el Rio de la Magdalena: De este naufragio y su averiguacion se siguiò expediente por los ofiz.^s R.^s de Mompox, cuja sentencia, y condenacion justa pronunciò este Tribunal, y R.¹ Audiencia de Cuentas.

3.^o. En las ocaciones, que no serian pocas, que los mismos azogues fueron transportados à Cartagena por falta de navegacion directa à Vera-Cruz, no dexarian tambien de suceder algunas alteraciones en su descarga; en el muelle, y contaduria de aquella Ciudad y su carga p.^a su destino: Sin embargo nadie q.^c yo sepa ha dicho hasta aora, que en Cartagena se suele encontrar esparcido, o penetrado en la tierra este metal: Sin duda porque en todas partes se negocia caso de derramarse, como perteneciente à R.¹ Haz.^{da}; ò furtivamente por algun^s.

Folio 22

vuelta para venderlo en secreto, y nunca lo verian con indiferencia y total abandono.

4.^o. En Panamá extrage yo azogue de la huerta del

P^c. Dⁿ. Andres Zamora aziàl pàrage de la Cienaga; no solo mui distante, y dividido por un grandissimo trecho de mar, y muchos recodos, de aquella Aduana donde sucederian los derrames; sino tambien imposible, por las expresadas circunstancias, y situaciones de ambos parages, para qe. los que se regaron allà en la Aduana, viniesen à recular acà en la Cienaga. Esta reflexi3n convenci3 a todos los de Panamá, y convencerà à quantos hayan estado alli, y tengan bien presentes las posiciones de uno, y otro siti3: advirti3ndo todos con migo que tampoco por la Cienaga, y huerta del P^c. Zamora es trancito, ni jamás lo hà sido de las yeguas que transportan los efectos que salen de aquella Ciudad para Cruzes; porque podria ofrecerse à alguno, que pasando por aquel lugar talvez las mulas cargadas del referido metal se rompieron uno ò màs caxones, con las vasijas que lo contenian y se esparcio: Dista mucho aquèl sitio no solo de las caballerizas antiguas, y modernas donde se cargaban, y cargan; donde algunas vezes guardan los arrieros por espacio de pocas horas el cargio que se les entrega; sino tambien del ca-

Folio 23

recto mino indispensable que deben tomar todos para salir de Panamá, y viajar à Cruzes.

5^a. Es cierto que en aquella Ciudad no solo han estado en tiempos anteriores los azogues de S.M., sino tambien otras muchas porciones del mismo pertenecientes à diversos particulares, guardadas en tiendas, ò Almacenes para expender este ultimo publica; ò clandestinam.^{te} Unos y otros habrian padecido derrames en las contingencias insinuadas; pero igualmente serian recogidos y aprovechados por sus respectivos dueños; ò por quienes manejaban los q^e. correspondian à la R.^l. Haz^{da}.: Pero supongamos por un momento, que ningunos se racion de las llamas, y del fuego menos activo, que todo lo devor3: Supongo que en aquellos incendios, hubo alli en distintas partes, guardadas muchas, o pocas botellas de azogue; y que todas perecieron, porq^e. no las sacaron de las tiendas, y otros depositos, antes que el fuego llegara à ellos; como escaparon en aquellos conflictos, muchos bienes, è intereses librados por sus dueños: Pero, !quien no sabe, que aunque los azogues hubieran sufrido estos incendios. por lo mismo no podian permanecer ni un instante en los lugares donde estaban? !Quien ignora que este metal no resiste, no digo la actividad de las llamas, pero ni aùn el fuego menos violento sin evaporarse prontamente? Los incendios, y su larga duracion romperian las botellas que lo contenian, derretirian el vidrio, y mucho antes de todo esto se evaporaria el mercurio, sin quedar una gota, que no se exhalase por el aire: mucha parte caeria àl mar que baña, y choca con cogieran, como tampoco los derramados en Cruzes, y Portobelo: que todos se dexasen perder: En este caso quedarian dispersos por los suelos, rodando, y dirigidos por donde la casualidad los conduciria: Algunas porciones se introducirian dentro de la tierra por las hendiduras, y otras concabidades: Otras quedarian por el pavimento; ò bajo las piedras, y escombros: Estos, y los que penetrarian poco la tierra quedarian en sus demoras asta que alguna causa los arroj3 à otros lugares, no siendo facil que sin impulso de la naturaleza por ser estos azogues ver-tidos exoticos, se hiziesen camino p^a. procurarse

Folio 23

vuelta por si mismos una penetracion considerable. Los mas exteriores, y aùn los que se ocultaron bajo la superficie de la tierra, fueron precisamente arrastrados al mar, ò à los Rios por las llubias que en aquellos paises son copiosas; duran ocho meses, for man torrentes de aguas e inundan por todas partes. 6^o. Quando por estas poderosas causas impulsivas no fuesen arrebatadas de sus pretendidos depositos, !como es quese halla mercurio en Panamá, Cruzes, y Portabelo en tantas distancias; en partes tan elevadas, como los cerros, y barrancos; Cascajal de Buji; sementeras de arroz; Cocalito y Caldera, estando de por medio toda una Bahia: en las quebradas de Triana: por el peñ3n de Cruzes y en muchas situaciones que dexo relacionadas quando trat3 de estas noticias relativas à aquellas Ciudades, y Pueblos? !De que proviene q^e. las aguas de Portobelo est3n azogadas quando llueve como lo manifiestan las monedas introducidas en ellas? 7^o. Pero apuremos la suposicion de estos derrames, y su abandono por lo que haze à Panamá. Es constante que lo interior de aquella Plaza, esto es: las casas, y poblacion dentro de la muralla, hàn sufrido tres incendios casi generales, quedando reducidas à ceni-

Folio 24

recto zas, edificios, Almacenes, mercaderias, muebles y Templos, asta derretirse las joyas, la plata, y oro sellado, ò en barras, y labrado; como los demàs metales, y campanas: no pudiendose recoger cosa ninguna, sino despues de algunos meses por la dutra aquellas murallas: Otros vapores suios serian precipitados con los vientos à grandes distancias, cayendo dispersos y condensados; recuperando su forma natural, àl recibir las impresiones frias, y humedas del ambiente, en los Rios de aquèl territorio: Los que se quedarian por la superficie de los

Folio 24

vuelta montes, cerros, y barrancos, sufririan despues otra notable dispersion; y todos serian arrastrados con las llubias tan frecuentes, y abundantes, como queda dicho en la reflexi3n 5^a. sin que un atomo de ellos pudiera quedar por alli; ni mucho menos ir à buscar, algunas porciones suias las antiguas mansiones para caer precisamente, y reunirse en los mismos lugares donde los atacaron los incendios, quando estàban guardados en caxones, y limetas. Con todo esto, cabando el suelo de las casas, edificios, huertas, y sus contornos incendiados, y de los q^e. no lo han sido, se ha sacado en muchisimas ocaciones despues, porcion de mercurio, como es notorio, brotando tambien espontaneamente por las mismas partes, y en otras, como queda referido.

8^o. Pero contra esta evaporacion supuesta en q^e. se deben incluir tambien los derrames igualmente supuestos en la reflexi3n 2^a. ocurre un argumento que la desvanece, y destruye: Despues de aquellos incendios, han padecido algunos vecinos calenturas ardientes originadas del calor demasiado del clima, unido al que aumentaba con exceso en el ambiente el fuego, y larga combustion de tantos materiales que ardian: Nunca se experimentaron inflamaciones de ojos, fauces, y entrañas, que inevitablemente debian incurrir todos, obligados à inspirar por muchas semanas aquel aire cargado de exhalacion^s. mercuriales, arcenicales, y causticas del azogue

Folio 25

recto evaporado: De esto se infiere que en aquellas ocasiones, ò no hubo botellas de este metal, que se quemasen, ò que las escaparon los interesados, poniendolas en salvo con toda diligencia. Los plateros que doran à fuego piezas de metales: los que manejan el Cinabrio introducido en hornos, que encienden despues para evaporar, y recoger el azogue en tinas de agua; los que azogan espejos; los chymicos q^c. trabajan varias preparaciones mercuriales: los enfermos que reciben sufumijos de cinabrio natural, ò artificial, saben mui bien las cuidadosas precauciones con que deben evitar el acceso, è introduccion en los ojos, narizes, fauces, y oidos de estos humos tan nocivos.

Resulta pues, que aquellos azogues vivos son nativos de su minas: que muchas estaran en varios cerros de todo aquel isthmo y q^c. filtrandose por las entrañas de la tierra, descendiende por distintas direcciones que toma; encontrandose mesclado con los terrones, quando se caba para sacarlo; ò puro, siempre que brota, y se ve esparcido sobre el suelo. Ni debo detenerme en probar esto: Seria ofender la vasta instruccion de los Sabios y demas personas ilustradas, que acaso se dignaran, siquiera por la importancia del asunto, leer esta Relacion fastidiosa, y llena de defectos; que benignamente disimularàn: porque solo

Folio 25

vuelta aspiro à la utilidad que a mi peregrinacion acabada de hazer con este objeto, resultará, tal vez, à S.M., àl Estado, y à toda la America: Pero como esta materia pertenece à la Geografia physica de los terrenos donde la Naturaleza forma y deposita sus producciones; y su investigacion pide un prolixo reconocimiento de Sabios que viagen con el fin de explorarlas, y discernirlas, lo que no pude hazer por faltarme esta inteligencia; ni creo se ha practicado en America; me parece oportuno recordar los exemplos de minas de azogue vivo referidos en mi representacion citada de 27 de Junio del año proximo pasado: Ellos prueban su realidad, y existencia en diversos lugares de Europa. En Mayorca las hai tambien como en Valencia, y Vetanzos de Galicia, segun me han asegurado personas fide-dignas. Dⁿ. Guillermo Browles citado antes, despues de tratar de la Mina de Cinabrio de Almadèn, y de otra del mismo que encontrò cerca de la ciudad de Alicante, expresando de esta, que mandò suspender su excabacion, porque desaparecia la beta à cien piez de profundidad, dà noticia pag. 35 y 36 de dos Minas de mercurio virgen en Valencia; pero no expresa, si son, ò no abundantes, porque mui de paso las exploro, viò, y saco algun mercurio de la que existe en la montaña cerca de San Felipe de aquel Reyno.

Se sabe que en Hungria, y otros Reynos de

Folio 26

recto Europa las hai del mismo metal vivo, como en Francia, cerca de Montpellier; y que habrá 60 años, se descubriò una en Normandia cerca de S. Lo; pues que dificultad habrá para que en America nos pibemos de la misma produccion virgen? Tenemos minas de cinabrio en Guancabelica; en ciertas partes del distrito del Gobierno de Antioquia: en la Jurisdiccion de Quito de cuio reconocim^{to}. se trata actualmente en este sup.^r Gobierno: en en la

Provincia de Cuenca azial Pueblo de los Azogues, no se si mineralizado, ò vivo, segun refiere, sin hacer esta distincion, el Exmo. S^r. Antonio Ulloa en su Relacion historica del viage à la America meridional, part. 1^o. tom. 1 pag 1039: En la montaña de Quindio, jurisdiccion del Gobierno de Mariquita, cuiã noticia se tiene desde el siglo pasado en una de las obras antiquisimas de Ocaris y otros Regnicolas. Las mismas hai en España, y resto de Europa. Allà tambien las tienen de azogue vivo: ¿ porque no han de ser iguales à estas ultimas las de Portobelo, Cruzes, Panamá, y todo su Isthmo, como son identicas las de Cinabrio de este, y aquel hemisferio?

La Naturaleza siempre fiel en sus producciones, en iguales circunstancias de latitud, terrenos jugos, y combinaciones de principios, no las limita, privilegiando con sus tesoros à determinados territorios de unos paises, y sus contornos, con total exclusion de los demas. El ya citado Bowles en la descripcion que haze de la mina de Cinabrio de Almadèn, desde la pag. 25, asta la pag. 30 de su obra

Folio 26

vuelta se detiene en citar varios exemplos, y reconocimientos que hizo de muchos terrenos, piedras, y cerros de España; cortejandolos con las mismas materias, no solo de diferentes paises de Europa, sino tambien de la America: Concluye afirmando que no hai variedad esencial entre ellas, ni en la forma de su colocacion: y finaliza su solido razonamiento con la analogia de pidras, y betas que hai en las minas de las quatro partes del Mundo. Todo esto prueba con bastante verosimilitud, por no lisongearme con la evidencia, q^c. asi como hai minas de cinabrio, y de azogue vivo en Europa, tambien las hai de ambas especies en esta America: Una de estas ultimas son las del Isthmo de Panamá, cuias muestras fui à sacar, y traxe: Otras se hallaràn del mismo metal en distintas Provincias de este Virreynato; y acaso si recupero mi salud casi arruida de resultas de mi peregrinacion y regreso, podrè realizar el descubrimiento de algunas de ellas en las vertientes, y barrancos del Rio Magdalena; en la Ciudad de Tenerife situada à sus orillas donde efectivamente lo hai, Santa Marta, Rio Hacha; en el paso viejo del camino antiguo del Rio Guatapé Prov.^a de Antioquia donde se ha visto; à los alrededores de esta Capital, y en otras partes no mui distantes de ella.

Por mas que algunos discurran, y hayan asegurado, que mis azogues hân sido derramados, y penetrados en la tierra.

Folio 27

recto se convencerà de arbitraria su opinion, no solo con las reflexiones, que dexò hechas, q^c. prueban su produccion natural; sino con su inspeccion ocular à la que estimulo à los incredulos, que sin renunciar por algun tiempo sus comodidades, ni moverse de sus casas; sin haber adquirido propios conocimientos practicos de lo que niegan, se oponen à todo lo que no es parto suio, mirando con emulacion los agenos descubrimientos. Si despues de examinados los terrenos donde los extrage resultaren ciertos los supuestos derrames, frustrandose mis profundas esperanzas, mis tareas y peregrinacion, habré perdido todo mi trabajo, y el considerable gasto en mis indagaciones: Todo lo

darè por bien empleado à trueque de no ser causa que la R¹. Hazienda se grave, impidiendo caudales en este objeto; pero este examen es preciso se hiziera por personas verdaderamente practicas, è inteligentes en el conocimiento fixo de varias tierras, y piedras, como de sus colores, donde se cria el azogue vivo, quiero decir por antiguos sobrestant⁵. y colaboradores bien expertos de otras minas del propio metal fluido, que podran venir, teniendolo à bien S.M.: no por Sabios Mineralogicos: ò los q^c. solo por haber leído las obras de estos, se juzgan capaces de hazer cabal juicio, y discernimiento para decidir sobre la naturaleza de las materias, y

Folio 27

vuelta producciones, que ven satisfechas con las luzes teoricas que hayan adquirido, y con algunos mancoeos de piedras, o tierras, que han llegado à sus manos. Me explicarè con las palabras de Bowles, quien en el discurso preliminar de su obra pag. 28, tratando del conocimiento de otras minas mas obias, dice: "es menester mucha inteligencia practica para trabajar con utilidad; pues aunque se hà escrito mucho sobre ello, sirve de poco lo que se lee, si nõ vâ unido con la experiencia; y un sobrestante de Minas sin saber leer, entenderà mas de su trabajo que quien haya escrito quarenta libros". Comunmente se cree, à lo menos en America, que el azogue no puede hallarse, sino mineralizado en el cinabrio, como unica matriz suia: Los que asi discurren se engañan por falta de noticias: Los exemplos, y autoridades, que citè en mi representacion de 27 de Junio del año proximo pasado; y otras doctrinas que voi à citar convenceran àl que tenga alguna erudicion: !No vemos el oro, la plata, el cobre, el plomo, y otros metales, sacarse de algunas minas, en que se hallan sin mescla alguna en varias partes de America?; !pues porque no podra hallarse del mismo modo el azogue? Lean estos cinabristas en la pag. 47 de la Pharmacoepa Matritense: Alli veran, que en la palabra Cinabaris nativa: Cinabrio nativo se concluye su descripcion en estos terminos: "hic lapis e sulphureis, mercuri alibusque exhalationibus

Folio 28

recto per subterraneum ignem sublimatis, ac cum particulis terrestribus permixtis exurgit"; esto es: Esta piedra (cinabrio) resulta de las exhalaciones mercuriales, y sulfureas sublimadas por el fuego subterraneo y mezcladas con particulas terrestres. Lo mismo dixo el Conde de Buffon en su Tom. 1^o. del Naturalista pag. 209. palabra: Cinabre: describiendo asi: "A juger des operations de la nature par celles de l'art, c'est une combinaison de soufre, et de mercure qui se fait dans l'interieur de la terre: Les feux subterreins le subliment aux voutes des mines": es decir: Si juzgamos de las operaciones de la naturaleza por las del arte, (el cinabrio), es una combinacion de azufre, y mercurio que se haze en lo interior de la tierra: Los fuegos subterranos lo subliman en las bobedas de las minas. Estas dos autoridades, por no detenerme en citar otras muchas deciden que el azogue vivo, y el azufre existen siempre separados en las entrañas de la tierra: que despues se mesclan, y se unen intimamente para que resulte el cinabrio: por consiguiante q^c. la primitiva natural produccion del mercurio es en forma fluida: que de su combinacion con el

azufre, y tierra se forma el cinabrio, asi como mesclando, y sublimando dos otras partes de azogue con otra de azufre se haze cinabrio artificial. Por esto, sin duda, todos los Autores naturalistas q^c.

Folio 28

vuelta tratan de este metal, hablan separadamente del mercurio virgen, y del cinabrio. Vallerins en el tom. 1^o. de su Mineralogia traducida al frances, paragrafo 108: especie 219 trata primero del mercurio virgen nativo, dividiendo en tres especies; 1^o. Mercurio virgen puro. 2^o. Mercurio virgen mesclado con tierra: (Este es el del Isthmo de Panamá). 3^o. Mercurio virgen mesclado, ò unido con las piedras. De cada uno haze descripcion separada. Expresarè ahora los colores que observè en los terrenos de Portobelo, Cruzes, Panamá, y sus contornos y el que notè en las tierras de las excabaciones que mandè hazer para sacar el azogue, con algunas circunstancias que reparè en ellas. Despues dare breve noticia de otras minas, que hai en aquellos lugares, sin detenerme mucho en referir las infinitas de oro, por ser mui conoçidas desde su conquista, aunque casi todas estàn abandonadas por la miseria, y suma pobreza de aquellos vecinos infelizes; unos por decidia; otros por falta de industria, y estímulos; y todos por carecer de fomento aquellas provincias: Acostumbrados sus maiores, y los antiguos Europeos q^c. fueron avecindando en ellas al comercio q^c. ya no tienen sino mui limitado, y ferias, quando Panamá, y Portobelo fueron theatros riquissimos del inmenso trafico que se hazia en tiempos de Galeones, siendo colonias de los mercaderes de Europa, Megico, y Peru, que concurrían alli con sus efectos, y caudales, no

Folio 29

recto cuidaron de aplicarse à otros muchos arbitrios de industria y agricultura con q^c. les brindan las riquezas de que en todo genero abundan aquellas Provincias fertilissimas en minas de preciosos metales; en muchas y diversas maderas exquisitas; balzamos, gomas, y resinas apreciables; algodones, tabaco, cacao, caña de azucar; pita, añil, y otros frutos q^c. rendirian prodigiosas cosechas, y fondos àl comercio: sus campos tan feraces, y casi virgenes corresponderian con usuras al trabajo de los labradores. Ultimamente expresarè una que otra planta que vi, porque el vastissimo examen de todas ellas seria digno objeto de las delicias, y admiracion de Sabios Botànicos, àl ver que la Naturaleza enriqueciò tan prodigam^{te}. con tanta diversidad como abundancia aq. Reyno Vegetal, siendo un fecundo deposito que aumentaria la historia natural con no poca utilidad del comercio, y beneficio de la Humanidad mediante el conoçim^{to}. de muchissimos simples qe. fueran otros tantos auxilios pa. la conservacion de sus individuos El aspecto exterior del suelo, colinas, cerros, y barrancos de Portobelo, Cruzes, Panamá, y todos sus contornos, es por la maior parte el que ofrece à los ojos la variedad de arboles, plantas, grama, y yerbas con que estàn vestidos aquellos paises: A qualquiera parte que se incline la vista se recrea con el berde de los montes, y vegetales

Folio 29

vuelta tupidos, que mui pocos se marchitan, porque nun-

ca les falta humedad que contribuye à su lozania peremne; principalmente en Portobelo, donde el corto verano es interrumpido con algunas llubias. No obstante muchos barrancos, y faldas de los cerros estàn siempre pelados: Estos terrenos son roxos, y à trechos interpolados con otros de color blanquisco: En algunas partes se vè una tierra amarilla, que la llaman ocre: con ella pintan muebles de madera, y papeles que toman el mismo color. La que salio de las dos excavaciones que produgeron azogue en Portobelo, aunque àl principio era oscura, y fangosa, despues mudaba color inclinándose àl amarillo, siendo por los lados verdaderamente tal.

De este color saliò de Cruzes; siendo aquèl territorio tambien mui roxo en varios trechos, y por otros blanquecino. Lo mismo observè en el de Chagre; su Presidio, Pueblo, y barrancos à uno y otro lado del Rio del propio nombre.

En Panamá, y sus sabànas, o llanos se observan dilatados terrenos bien roxos, interrumpidos con otros blanquecinos: Dentro de la Ciudad se ven muchas calles, y barrios, cuiò pavimento es duro y unido, formado de una tierra limpia, roxa y blanca, que me pareciò caliza, variada con otra mui morada; aunque en diversos pàrages es amarilla la tierra superficial, y la que sigue asta la

Folio 30

recto profundidad de un estado: entonces se encuentran unas laxas, ò peñas de los mismos colores, cuià substancia es floxa, algo porosa, y granugienta que tambien la llaman tozca: Todas estas circunstancias reparè en la excavacion que se hizo en la Huerta del p.^c D.ⁿ. Andres Zamora; aunque el pozo dio en agua como ordinariamente sucede en aquellos territorios: Las tierras, y tozcas de Portobelo, Cruzes, Panamá y de los caminos q.^c. observè de iguales colores, me dexaban en las manos una suabidad unctuosa, y grasienta, como quando se manoea cebo, ò xabòn: He leido en un manuscrito antiquissimo que esta propiedad tienen los terrenos en que se cria el mercurio.

Asi mismo repare en todas las excavaciones de que salio este metal, que por donde habia ya hecho sus trancitos en chorros, ò columnas mayores y menores dexaba un camino, ò canal concabo, negro à manera de quemado sin que por todos aquellos pàrages haya carbòn de tierra, à lo que podrian atribuirse estas señales: Con ellas vi infinitos terrones; qe. registre cuidadosamente: Los mismos vestigios tenian la circunferencia, y centro de los hoyos; pero en los terrones ò tierras por donde no habia acabado de pasar el mercurio, estaban estas señales relucientes, y blancas, salpicadas de gotitas suias. Quando se lababa la tierra cargada del metal para separarlo de ella, quedaba siempre en el fondo de las vasijas mucha arena, negra, y blanca

Folio 30

vuelta Los inteligentes de estas minas diran, si alguna de las señales referidas, ò todas son las mismas que ellos han observado en sus labores, y manejos de de otras del mercurio vivo. Pero ni ellas, ni la evidencia de los azogues que con tanta prontitud, y facilidad; ni las noticias de su abundancia bastarian à lisongearme tanto que con toda seguridad me atreva à proponer que la R.^l. Haz^{da}. haga por aora gastos maiores para la formal explotaciòn de

aquellas minas à fin de encontrar, que seria lo mas plausible, sus betas, ò lagos fecundos, como los considero; y que en muchas partes se formarian por los cerros y llanos lagunas subterraneas de mercurio como asegura Geoffroi en su materia medica. Bastarà que de pronto se embiaran, teniendolo à bien S.M. algunos practicos mui peritos, y de una veracidad à toda prueba, de Alemania, y Zuecia, ò de otros Reynos de Europa donde se tenga pleno conocimiento de las tierras, y circunstancias en que la Naturaleza acostumbrada a producir este metal vivo, para que reconozcan prolixamente todos los terrenos de Portobelo, y sus contornos; el Presidio, y Pueblo de Chagre con los suios; los barrancos de este Rio; el Pueblo de Cruzes, y su camino asta Panamá: Esta Ciudad, su terrotorio; el de toda su Jurisdiccion, y la de Santiago de Veragua.

Entretanto, para facilitar estos descubri-

Folio 31

recto mientos se podian ofrecer premios à quantos sacaren azogue de aquellos paises, distinguiendo con ellos à los que extrageren considerables porciones, comprandoles à precios proporcionados las que entregasen à ofiz.^s R.^s. de aquellas caxas, ò à los Juezes territoriales donde no las hai; precediendo siempre, para precaber el engaño una prolixa averiguacion, y menudo examn. à fin de saber con toda certeza en que parages las sacaron; si fueron de brotes, ò excavaciones; asta que profundidad las hizieron; los colores de las tierras, con que motivo supieron de sus azogues entregados: quienes mas saben de ellos, con todas las noticias, y circunstancias dignas de notarse: De este modo, me parece, que dentro de poco tiempo se sabran, y se hallaràn muchos depositos ò minas de mercurio vivo, y que talvez se encontraràn otras de cinabrio. Pero nada se conseguirà si los depositarios de aquellas extracciones, que les han de pagar, ò premiar à sus dueños los molestan no despachandolos prontam.^{te} ò tratandolos con aspereza, y despotiquez: la dulzura sagacidad, y trato afable son arbitrios eficaces q.^c. facilitan muchas utilidades en el R.^l. Servicio. Hai en Portobelo, segun me aseguraron, mina de plomo, cuios trozos se suelen encontrar junto à las quebradas de Triana, amalgamados con azogue: En un cerro llamado S.^{to}. Domingo, y en sus faldas, como por los alrededores de Rio piedra, las hai de plata.

Folio 31

vuelta De alli se han sacado algunas piedras mui ricas de ella; y un vecino pobre de aquel pais, que hoi vive en Panamá, nombrado Felix de Contreñas, se animò à sacar registro de una de ellas para trabajarla; pero presto la abandonò por carecer de fomento. Por lo mismo estàn desiertas aquellas riquissimas minas en betas de oro, del sitio Santa Rita contiguas à las de plata, que acabo de referir: Todas distan una jornada de la Ciudad: De sus montes; de los del camino por tierra Panamá, y en el de Cruzes, se saca un vejuco cuià fragancia es mui semejante à la del clavo de especia, con el sabor, aunque remiso, del mismo: Las mugeres lo usan para limpiarse los dientes por la suabidad de su olor, y gusto; q.^c. son mucho mas vivos recien cortados, y despues de poco, que pasado mucho tiempo. Este mismo vejuco es inodoro e insipido, si se gusta, y exa-

mina todo el que está fuera de la tierra, enredado en otras plantas.

Junto à Cruces, casi frente al Pueblo de la Gorgona hai un cerro pelado, donde comunmente dicen q^c. hai rica beta de oro: En los alrededores de estos dos Pueblos, y por todo el camino que va à Panamá abundan dos especies de Centaura ò Canchalagua. Su calidad es tan buena como la famosa de Guayaquil que tiene algun consumo, y se encarga por sus virtudes medicinales.

Las minas de oro del Rio Pequeni, qe. pasa por el Pueblo de San Juan en el camino por tierra de Portelo à Panamá, están del todo abandonadas, à pe-

Folio 32

recto sar de las grandes utilidades que rindieron en otros tiempos.

Todo el Isthmo de Panamá, y su Jurisdiccion, como la de Santiago de Veragua es fertilissimo de minas de oro, sin que falten algunas de plata: De estas últimas hai una cerca del Pueblo de Pacora en los cerros de Mariprieta; y otra en los de la q^c. llaman Dominica, q^c. distan poco de la primera ciudad.

Entre los pueblos Anton, y Capira, hai unos dilatados llanos: en ellos se cuaja inagotable abundancia de sal marina mui buena: Esta misma la acopian los Naturales cociendo la agua salada de aquellos manantiales. Si una y otra las purificaran debidam.^{te} que facil es, rendirian mucha utilidad à la R^l. Haz.^{da} poniendola en Administración, o arrendamiento. Para esto seria necesario prohibir las grandes porciones q^c. de la misma en piedras llevan de Guayaquil, y es la que siempre gastan los vecinos de Panamá, y sus Provincias: En las muchas ocaciones q^c. escasea, y falta, porque no llegan Barcos de aquel Puerto, sube de precio, y quando totalmente no la ahi, solicitan, y usan sin repugnancia la que tienen à mano en los referidos llanos, pudiendolo practicar siempre, y aplicarse à este Ramo de comercio interior: Su expendio seria efectivo, no solo en toda la Jurisdiccion de aquel Gobierno, sino en la de Veragua, y Portobelo: En esta última y sus contornos se gasta la que llevan en Barcos de los Puertos del Norte.

Folio 32

vuelta No faltan por aquellas montañas internas altas, y frias arboles de quina; pero no será util su conocimiento en aquellos puertos, y paises por las mismas razones que expuse en mi Relación del Viaje, q^c. el año de 1784 hize por toda las Provincias de Santa Marta, y Rio Hacha, descubriendolos copiosamente en sus cordilleras. Esta Relación, como la otra que anteriormente formé de mi viaje à los Andaquies, en que toqué puntos interesantes à la Monarquia, habrá tenido la misma desgraciada suerte, que mis demás escritos; pribandoles su remision à la Corte el dilatrado Gobierno antepasado; del correspondiente curso, y providencias, con perjuicio mio.

Las cortezas de los arboles llamados cuernecillos, y Guabitos cansaboca son eficacissimas, contra las mordeduras de aquellas venenosas culebras, y Vivas: La misma eficacia tiene la yerba de otra planta parasitica, cuias ramitas, y hojas son mui semejantes à las del añil.

Aunque el buzeo de las excelentes perlas de Panamá en tamaño, oriente, y solidéz, que se sacan de

sus Islas inmediatas, pudiera ser un Ramo utilissimo de comercio, como lo fue en otro tiempo; se halla hoi bien escaso: Tres o quatro vecinos, son los dueños de esta pre-

Folio 33

recto ciosa produccion, aunque es corto su acopio despues de algunos años: Estos compran cada quatro, ò seis meses los jornales (asi los llaman) de perlas, que les llevan los pocos buzos, que las sacan de las conchas, teniendo los compradores hechos de antemano sus convenios con ellos. De este modo, àl cabo de mucho tiempo logran formar algunos surtidos, que regularmente van à Lima pa. su expendio con reputacion, ò se venden en Panamá à los Peruleros, y Limeños q. van allí.

Si V.E. por su parte se digna apreciar esta Relacion: principalmente mi viaje, y muestras de azogue en liquido, y tierras originales que los contienen podre conseguir el fruto de mis tareas: maiormente inspirando el suceso, y noticias, fundadas esperanzas de utilidad cuia importancia espero ver decidida con el establecimiento de los acopios en tiempo del feliz Gobierno de V.E. mediante sus informes àl Soberano, y las R.^s determinaciones, con que S.M. se digne atender las circunstancias relacionadas de mis descubrimientos, y los documentos presentados que los acreditan. Pero como pudiera suceder q^c. despues saliera alguno pretendiendo antelacion, y primacia de ellos, como lo he experimentado con los que hice divulgúe y formalizé de todas estas especies de quina presentandolas judicialm.^{te}, lo q^c. nadie hizo antes ni despues en este Sup.^r. Gob.^o del q^c. fue Virrey el Exmo. S.^r. D.ⁿ. Man.^l. Ant.^o Flor.^z. ante qⁿ. denuncie este utilissimo hallazgo cediendolo à S.M. el año de 1776; cuio expediente se agitó con varias dilig. e. algunos viajes q. hize, y Just. de Tribunales; elevandose por último con documentos à la R.^l. Not.^a; de q^c. resultò mi ida à la Corte embiado p.^r. Ntro. Exm.^o S.^r; mi destino, y premio en Este Ramo; me parece nec.o contener desde aora a qualquier embidioso de mi denuncia de azogues; presentando à V.E. los dos instrum.^{tos} señalados con las letras G. H. En ellos se refiere q. D. Anto. Gago, vec.^o de la Ciudad de Mariquita paso pr. Portob.^o. (Este sugeto fue embiado en 1788 pr. Minero Explorador à las Provincias del Isthmo de Panamá) Que habiendo oido decir algo de mi denuncia anterior de mercurio hecho à la Corte el año antecedente de 1787, solicito saber de estas minas; que para ello requirí ò D. Ramon Santizo, y à Juan Bernardo Vivar; que este ultimo le mostrò el parage donde brotò el mercurio qu^{do}. se construia aq.^l Quartel y carcel:

Folio 33

vuelta de cuio lugar saco despues la porcion que por mi encargo reservado me remitio Santizo, que fue la que embiè a la Corte por muestra: que del propio sitio saco Vivar y le dio à Gago la cantidad de azogue, q^c. guardò este ultimo en una redomita. Por todo lo que concludio suplicando rendidam.^{te}. à V. E. se sirva elevar à la R.^l. Noticia, protegiendome con sus poderosos influxos, y favorables recomendaciones; remitiendo igualmente las botellas de azogue, y caxoncitos de sus tierras; para que S.M. se digne admitir este hallazgo, que con profunda humillacion ofresco à los Pies del Trono, aspirando como siempre no ser inutil perezozo; aunque excar-

mentado con mi desgracia debieran acabarse mis anhelos. Sè muy bien que la R^l. Justificacion, y piedad, jamas desatiende à sus fieles, y humildes vasallos que procuran con servicios hacerse dignos de sus soberanas munificencias: Que desde la Suprema elevacion del Solio descubre su R^l. penetracion el verdadero merito, protegiendolo, y premiandolo donde lo encuentra: Que desde aquella exaltacion se humana, y no se desdeña en dirigir sus benignas miradas, asta estas remotissimas distancias, y Dominios suios de America, beneficiando siempre à todos sus vasallos que la habitan. Que sus justificados ministros, fieles Depositarios de la Justicia conspiran con su zelo àl cumplimiento de las R.s intenciones, en la distribucion de ellas; de la equidad, y gracias para recompensar à los benemeritos; aunque estoi mui lexos de engañarme conciderandome en este dichoso numero. Que V.E. no menos justificado, que zeloso, no tiene otros objetos en su acertado Gobierno, sino llenar con vigilancia, y continua atencion, las vastas obligaciones y facultades de su alto Ministerio, protegiendo y haciendo Justicia à todos sus subditos.

Animado con estos intimos sentimientos, aunque por otra parte conosco mi pequeño merito,

Folio 34

recto espero ver atendida mi constancia el el R^l. Serv.^o, y resarcido q^{to}. me hizo perder la persecucion q^e. padeci en el Gob^{no}. antepasado, despojandome (no se con q^e. razⁿ. verd.^a ni justa sin hazerse cargo alguno, antes de tratarse de mi perjuicio; ni oirse despues) del sueldo de dos mil p.^s. q^e. se me concedieron p.^r. premio de mi descubrim^{to}. de esta quina, en cuió exam.ⁿ y acopios qe. desempeñè à satisfaccion de S.M. como consta de R.^s Orden^s, fui comisionado pr. R^l. Provision del S.^r. D.ⁿ. Carlos tercero, Augusto Padre de ntro. actual Benignissimo Soberano.

Acaso sois el unico exemplar desgraciado entre los millon^s. de vasallos de la vastissima Monarquia Española, y talvèz de todas las Potencias del Universo: Porque, !à quien sino à mi solo se le hà pibado de la gracia q.^e le haya hecho S.M. sin preceder citacion; sin haber incurrido en demerito, ni delito sin oirle sus recurzos? Unicamte. à mi me hà tocado esta infeliz suerte, siendo victima de la opresion desde el año de 1784 porq^e. entabladas mis tareas algunos años antes aspirò a mi destino un Ribal mio, apoyado con el favor poderoso q^e. disfruto; mimando sucesivam^{te}. mi ruina; primero con la impostura de falzo Autor de mi citado descubrimiento: Por este medio consiguiò destrozr desde sus fundamentos el Edificio de mi fortuna, ganando subrepticiam^{te}. una R^l. Orden eversiva de mi merito con la nota indecorosa de suplantacion, à fin de degradarme de la estimacion en el R^l. Animo.

Mas como testim^o. de la conciencia de mi

Folio 34

vuelta superior entonces, que al mismo tpo. era, y es un Prelado Eclesiastico mui autorizado, debio contrapesar mas qe. qualquiera favor qe. le disfrutase mi contrario, no se me hizo jamas saber juridicamente esta soberana determinac.ⁿ sino qe. al cabo de muchos meses de recibida se me comunico de palabra con toda reserva, porq^e se tubo not.^a q^e. yo habia extendido mi vindicacion p.^a. ocurrir àl Soberano

la q.^e entreguè pidiendo se le diese curso; pero nada conseguì, antes se tomaron unos motivos arbitrarios p.^a rebajarme primeram.^{te} mil p.^s. de mi sueldo, como se pueden ver en la or.ⁿ. con q.^e se comunico esta providencia à los ofiz.^s R.^s, de estas caxas. exponiendose en ella distinta causa motiva qual fuè la excaces del R^l. Erario para esta resolucio: Siendo este el medio de temperamento q.^e se tomò para moderar mi total despojo.

Finalm.^{te} con este corto salario q.^e me quedò, por novissima disposicion del mismo Sup.^r. sugerida sin duda de quien se incomoda con mi existencia, se me obligaba emprender una expedicion dilatada, y peligrosa para que descubriese arboles de quina en la Prov.^a del Darien, inundada por todas part.^s de indios barbaros, en el tmp^o. mas critico y arriesgado de su infeliz conquista frustrada y ruinosa. Justam.^{te} me excusè à ella, hallandome en Cartagena, con cuió fin se me llamo à aqlla Plaza; haciendo presente varias razon^s. poderosas, q.^e miraban a la conservacion de mi vida, y q.^e no se consumiera inutilm.^{te} el R^l. Erario con los gastos de mi intantada excursion, pero mi legitima excusa consumò mi sacrificio; inmediateam.^{te} se me pibò de la otra mitad del sueldo en 1778, presentandose otras causas mucho menos suficiet.^s y razonables q.^e las primeras, como tambien se pueden ver en otra orden q.^e se les paso à los mismo ofiz.^s R.^s relativa à esta ultima determinacion; sin considerarse entre otras

Folio 35

recto muchas cosas q.^e expuse, que debiendose guardar consecuencia, rebajado considerablemente el credito de mi inteligencia en semejant.^s exploracion.^s era mas conforme à razon, que el que logrò erigirse sobre mi ruina, teniendose por mas ilustrado de estos conocimientos, y dotado, como yo lo estaba, con el sueldo de dos mil p.^s y otros dos mil anuales p.^a gastos extraordinarios, sufriese igualmente el peso del trabajo en las comision.^s Pero que implicancias no trahe consigo un injusticia!

Yo no debo detenerme aora en inculcar los resortes q.^e descubri desde el principio deste injurioso procedimiento con tanto gravamen; porque todo lo tengo reclamado exponiendo mis dr.^{os} en varios escritos, y representacion.^s que he presentado, tanto àl mismo sup.^r que me perjudicò como à esta R.^l Aud.^a con motivo de una R.^l Cedula q.^e recibio sobre estanco de quina, de q.^e me pidiò informe; q.^e extendi con fha. 24 de mayo de 1786: al Exmo. S.^r. Ancestor de V.E. D.ⁿ. Franco Gil, y Lemos en derechura a la Corte, por medio de los Exmos. S.S. Ministros de Indias, anterior, y actuales, ultimamente à S.M. Reinante en 15 de junio del año p.p.; porque en fin, en medio de la tribulacion q.^e sufro, y padesco; despues de haver consumido el tpo. con algunos detrimientos de mi salud en las honrrosas fatigas de mi cargo, no hallaba otro consuelo, ni desahogo, sino repetir mis clamor.^s àl excelso Trono del Soberano: Esperaba q.^e si antes de mandar V.E. a este Sup.^r Gobierno no se oian, ni se despachaban mis recurzos en el justificado Ministerio, y Supremo Consejo, à donde reside la Just.^a y la equidad en toda su plenitud, serian oidas, y bien despachadas mis instancias; porq^e alli es donde tienen favorable suceso las justas quejas del vasallo oprimido. Con esta esperanza las repetia, serenando mis inquietudes, y desconsuelos, la gran proteccion que disfrutaba mi

adversario sin temer ni admirar el trastorno q.^c consiguieron mis enemigos. Conosco q.^c la malicia sabe perseguir con astucia à la inocencia; pero que la verdad, y la Justicia, vengando sus dros. violados, hande triunfar algun dia del engaño, y de la impostura.

Mis servicios son mui tenues, pero se q.^c el merito mas esclarecido se confunde p.^r alg.ⁿ timpo. asi como la iniquidad sue-

Folio 35

vuelta le permanecer oculta; que por ultimo todo se descubre, volviendo las cosas à tomar aquel debido orden en q.^c hande estar, reponiendose con ventajas los agraviados. Estoi persuadido à que no hai hombre de solido merito, q.^c no haya pasado por estas pruebas; equivocadamente mis amarguras, y contradiccion.^s con los q.^c no puedo compararme por la debilidad del mio. Acapite (a).

Estas consideracion.^s me han reanimado en mi desolacion para no descontinuar mis servicios à la Monarquia, y al Publico, aunque me vea abandonado. Jamas se pierde el bien que se practica; y aun quando la emulacion, y embidia domine à otros de tal modo, que quieran apropiarse premios, y aplausos que no merecen, la posterioridad harà justicia àl verdadero merito, dando àl fin à conocer, que un usurpador, despues de haber tocado un fantasma de Gloria, toda ella se desvanece, y se convierte

en humo: Entretanto sigo mis ideas de fiel vasallo, aunque sufriendo los duros efectos de mi total despojo: Por mas que reclamè desde el primero, redoblando mis querellas en el segundo, nada he logrado despues de tanto tiempo, y de tan graves perjuicios, no bastandome ningun arbitrio de los referidos à conseguir alibio, ni consuelo alguno. Esta situacion lamentable me arruina: Yo peresco con mi dilatada familia, sin destino con q.^c sostenerme, y mantenerla honrosamente; siendome no menos doloroso no poder vindicarme de la infamia q.^c se me hà irrogado con la calumnia que se me imputò de suplantador: Este es el origen de mis quebrantos, que siempre reclamarè, asta conseguir se me oiga en just.^a para q.^c se me castigue, ò se me indemnice.

Sirvase V.E. perdonar esta larga disgresion con q.^c hè concludido, teniendo à bien me quexe en todas conjuras, aunq.^c no sean las mas oportunas; consolandome saber q.^c siempre logran favorable acceso los clamor.^s dirigidos a su Sup.^r Justificacion.

Ntro. S.^r gu.^c la importante vida de V.E. m.^s a.^s como deceo. Santafè 10 de junio de 1790".

Bibliografia

- Pérez Arbeláez, E. 1983. *José Celestino Mutis y la Real Expedición del Nuevo Reyno de Granada*. Inst. Colombiano de Cultura Hispánica (2a. Ed.) Ediciones Segundo Centenario de la Real Expedición Botánica, Bogotá.

CONJUNTOS, ESTRUCTURAS Y SISTEMAS

por

Carlos E. Vasco U.*

Resumen

Vasco, C.E.: Conjuntos, estructuras y sistemas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 211-223, 1991. ISSN 0370-3908.

Tras un breve recorrido histórico, se intenta caracterizar las matemáticas del Siglo XX por la primacía de las estructuras sobre los objetos matemáticos. Se discute la conceptualización usual de "estructura", "sistema" y "conjunto", para mostrar las inconsecuencias que se deslizan en el uso de "estructura", y las ventajas de utilizar una versión de la teoría general de sistemas adecuada a las matemáticas actuales. Se precisa el concepto de sistema matemático, señalando sus aspectos material, activo y teórico, a los cuales corresponden el sustrato (conjunto subyacente), la dinámica (conjunto de transformaciones), y la estática (conjunto de relaciones) o sea la estructura del sistema matemático. Se estudian los distintos tipos de sistemas matemáticos actualmente utilizados, desde los sistemas de números naturales hasta las categorías, para mostrar la pertinencia de la teoría desarrollada en el trabajo y su potencia descriptiva.

Abstract

After a brief historical overview, 20th-Century Mathematics is characterized by the priority of structures over mathematical objects. The usual ways of conceptualizing "structure", "system", and "set" are discussed, in order to show the way inconsistencies appear in the use of "structure", and to show the advantages of using a version of general systems theory adapted to modern mathematics. The concept of mathematical system is worked out, deploying its material, active, and theoretical aspects, to which there correspond the substratum (set of objects), the dynamics (set of transformations), and the statics (set of relations), i. e., the structure of the mathematical system. The paper develops the different types of mathematical systems currently in use, from natural number systems to categories, to show the appropriateness of the theory developed in it, and its descriptive power.

Introducción

Si se quisiera dar una caracterización de las matemáticas del siglo XX como diferentes de las de

los siglos anteriores, me atrevería a proponer la siguiente: en el siglo XX se dio el paso de los objetos a las estructuras.

* Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C.

Podríamos decir que hasta fines del siglo pasado cada rama de las matemáticas tomaba su propia

caracterización de la naturaleza de los objetos con los que trabajaba:

- La aritmética y la teoría de los números trataba de los números naturales y de los enteros, de las fracciones con numerador y denominador enteros, y de los números algebraicos y los enteros módulo n . Los reales y los complejos aparecen en la teoría de números más como herramientas que como objetos de estudio.
- La geometría trataba de los puntos, rectas, curvas, planos, superficies, variedades y otros tipos de espacios.
- El análisis se dividía muy claramente según los objetos de estudio: el análisis real para las funciones sobre los reales, el análisis complejo para las funciones sobre los complejos, y el análisis funcional para los operadores diferenciales, integrales y variacionales que actuaban sobre esas funciones.
- El álgebra era apenas una rama inicial del análisis que trataba de las ecuaciones con números desconocidos ("incógnitas"), pero de los cuales se sabía con seguridad que eran reales o complejos. Era —y sigue siéndolo en los libros de bachillerato y primeros semestres de la universidad— más bien una herramienta para resolver ecuaciones y expresar funciones, que una disciplina en sí misma.
- La trigonometría y el cálculo diferencial e integral eran ramas un poco más avanzadas del análisis real, en las que se estudiaban funciones no tratadas en el álgebra, sus relaciones de tipo ecuacional, y las derivadas e integrales de las funciones elementales del álgebra y de la trigonometría.
- Las ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales eran apenas una rama intermedia del análisis, de tipo enciclopédico, cuyas soluciones se consideraban siempre como funciones reales o complejas.

La naturaleza de los objetos matemáticos con los que trataba cada rama puede pues caracterizar las matemáticas clásicas hasta los comienzos del último cuarto del siglo pasado.

Ambientación histórica

El cambio vino de múltiples fuentes. Enumeremos someramente algunas de ellas. En el estudio de las ecuaciones polinómicas de grados superiores al cuarto se fue imponiendo desde el siglo XVIII la necesidad de estudiar las permutaciones de las raíces de esas ecuaciones, o equivalentemente de las variables de los polinomios en varias variables. A comienzos del siglo XIX Evaristo Galois estudió ciertas "agrupaciones" o "grupos" de permutaciones, entendiéndolo la palabra "grupo" en el sentido

usual de "agregado" o "colección", y estudió las propiedades de ciertos "subgrupos" que permanecían invariantes bajo ciertas transformaciones. Esto le permitió probar la imposibilidad de resolver las ecuaciones de grado mayor que 4 por medio de radicales. El estudio de esos "grupos" de permutaciones de números o símbolos se adelantó durante todo el siglo XIX, pero sólo al final, en los trabajos de W. van Dyck, (1882); E. Netto, (1882) y H. Weber (1882), se llegó a formular en abstracto la estructura de esos grupos, y a proponer los axiomas mínimos que deberían cumplir esos sistemas de transformaciones. (Ver Wüßing, 1984, pp. 235-251; Van der Waerden, 1985, pp. 151-154).

La aparición de las geometrías no euclidianas en el primer cuarto del siglo XIX pasó más por ser una curiosidad inútil y molesta que un descubrimiento importante, hasta que hacia 1870 Beltrami y Klein presentaron modelos bidimensionales de esas geometrías que se podían considerar como al menos parcialmente insertados en el espacio euclidiano tridimensional, y por medio de ellos mostraron que las tres geometrías se sostenían o caían por igual. Klein estudió las distintas geometrías conocidas entonces, y encontró que entre todas ellas había una jerarquía que se podía expresar elegantemente a través de los grupos de transformaciones: nació así el "Programa de Erlangen" de 1872.

La lógica simbólica empezó a desarrollarse hacia 1840 en Inglaterra con Boole y De Morgan. En Alemania Frege publica su "Begriffsschrift" en 1879, y Dedekind su libro sobre los números en 1888. Al año siguiente, Peano publica sus "Principios de la aritmética" en Italia, y comienza la publicación de los cinco fascículos de su "Formulario" (1895—1905). Estos autores en Europa y Charles Sanders Peirce en los Estados Unidos empezaron a introducir lenguajes simbólicos artificiales más apropiados para el estudio de la lógica que los simbolismos prestados al álgebra utilizados por sus antecesores. Pero sólo con los trabajos de Russell y Whitehead en 1910 adquirió carta de ciudadanía la lógica simbólica, y se propagó el simbolismo de los "Principia Mathematica" adaptado del propuesto por Peano.

Fue tal vez Hilbert quien contribuyó más al cambio radical al que me refiero en este artículo. Hilbert trató de formalizar rigurosamente la geometría euclidiana, y al tratar de hacerlo empezó a captar la necesidad de "olvidar" la naturaleza de los objetos geométricos básicos, como los puntos, rectas y planos. Su famosa broma sobre hacer geometría con mesas, sillas y jarros de cerveza es muy indicativa de la nueva tendencia que se empezó a extender desde Göttingen a fines del siglo XIX.

El formalismo hilbertiano buscaba retroceder desde las definiciones iniciales de una teoría hasta los términos no definidos que aparecían en ellas; retroceder desde los resultados de la investigación matemática en un área hasta los supuestos implíci-

tos o explícitos que conformarían los axiomas iniciales de esa teoría, y finalmente retroceder desde las pruebas informales de la práctica matemática hasta las formas rigurosas de argumentación.

Por otro lado, hacia 1874 Georg Cantor empezó tímidamente a estudiar los agregados o "multitudes" ("Mengen") de puntos de discontinuidad de ciertas funciones, y poco a poco fue cayendo en la cuenta de que se podían estudiar muchas de las propiedades de esos conjuntos independientemente de si sus elementos eran puntos, números u otros objetos matemáticos. La teoría de conjuntos se desarrolló en los escritos de Cantor de 1874 a 1897, pero sólo en el Congreso Mundial de Matemáticas de 1900 adquirió carta de ciudadanía, gracias precisamente al mismo Hilbert. Este proclamó que nadie nos podría sacar ya del paraíso creado por Cantor. Pero esta referencia a los ángeles del Génesis no tenía en cuenta los demonios que surgían en forma de paradojas insolubles en el interior del mismo paraíso.

Se podría también señalar que la invención de los cuaternios por parte de Hamilton en 1843 (publicados en sus "Lectures on Quaternions", Dublín, 1853) y los trabajos de Grassmann sobre álgebra exterior publicados en su "Ausdehnungslehre" de 1844 (aunque no reconocidos hasta que Hankel los difundió en 1867) representan hitos en la formulación de objetos y sistemas matemáticos que cumplían propiedades que parecían paradójicas a los ojos de los matemáticos clásicos. Los trabajos de Sylvester, Cayley y Frobenius con los determinantes y las matrices prepararon el terreno para nuevos sistemas algebraicos, nuevas operaciones y nuevas propiedades.

En Francia fueron tal vez los trabajos de Henri Poincaré los que empezaron a desarrollar las herramientas conceptuales necesarias para tratar de olvidar la naturaleza de los elementos espaciales intuitivos en los espacios de dos y tres dimensiones, y estudiar más bien propiedades de sus descomposiciones en trozos simples y la manera de trazar y deformar curvas en ellos. Los grupos de homología y de homotopía mostraron que era posible estudiar propiedades de los espacios con herramientas algebraicas tomadas de la teoría de grupos.

La aparición de los grupos en teorías matemáticas tan disímiles como las ecuaciones polinómicas, las ecuaciones diferenciales parciales de la mecánica, las matrices, los espacios de la geometría, etc., impulsó el aislamiento y el estudio no sólo de la estructura de grupo sino de otras relacionadas con él, como las estructuras de semigrupo, de anillo, de cuerpo, de espacio vectorial, de módulo y de retículo. La llamada "álgebra moderna" o "álgebra abstracta" había nacido.

Podría decirse que el álgebra abstracta es al álgebra de bachillerato como el álgebra de bachillerato es a la aritmética elemental, con tal de que se

aprecie que el abismo de abstracción de la aritmética elemental al álgebra de bachillerato es mucho menor que el que separa al álgebra de bachillerato del álgebra abstracta.

A comienzos de este siglo, los estudios de Fréchet en Francia y de la escuela polaca (ver Arbolea, 1980; 1982) abrieron las puertas a los estudios de espacios de funciones y luego de espacios cada vez más abstractos y patológicos. Las distancias, normas, uniformidades, vecindades abiertas y cerradas aparecieron como más importantes que la naturaleza de los "puntos" de esos espacios, y por eso no importaba ya si eran puntos geométricos clásicos, o números, conjuntos, líneas, funciones, triángulos móviles o planos tangentes.

El escenario estaba listo para que después de la segunda guerra mundial empezaran a avanzar en muchos frentes los esfuerzos de abstracción y de unificación de las disciplinas matemáticas a través del olvido de la naturaleza de los objetos y del tratamiento abstracto de los sistemas y las estructuras. Estos ensayos se concretaron en las publicaciones del grupo que escribía en Francia bajo el seudónimo de "Nicolás Bourbaki", ya desde los años treinta de nuestro siglo.

Las estructuras bourbakistas

Los Bourbaki intentaron aislar las estructuras matemáticas atendiendo a conjuntos abstractos de objetos no identificados, con sus leyes de composición, sus relaciones de orden o sus sistemas de vecindades.

Identificaron así tres tipos de estructuras, las "estructuras madres" de todas las matemáticas:

- Las estructuras algebraicas, como las de grupo, anillo, cuerpo, módulo y espacio vectorial.
- Las estructuras de orden, como los conjuntos preordenados, los ordenados, los totalmente ordenados, los bien ordenados, etc.
- Las estructuras topológicas conformadas por colecciones de vecindades abiertas de un espacio, que permitieron unificar el estudio de los fenómenos tratados por Fréchet y la escuela polaca, y los que aparecieron en la base de las geometrías más débiles del Programa de Erlangen, en los subconjuntos del plano real y complejo, en los espacios funcionales, etc.

Para los bourbakistas, las antiguas matemáticas plurales quedaban así unificadas en una única disciplina formal en singular y con mayúscula: la Matemática.

Los componentes del grupo Bourbaki intentaron generalizar lo que era un tipo de estructura, y propusieron la necesidad de que estuvieran disponibles uno o varios conjuntos subyacentes, algunos

de sus productos cartesianos y sus conjuntos de partes, para seleccionar de ellos los subconjuntos que correspondieran a los grafos de las leyes de composición y de las relaciones. Ese fino análisis bourbakista fue tal vez el paso más importante en la aceptación de la primacía de las estructuras sobre la naturaleza de los objetos.

Pero el desprecio por la lógica, el rechazo al intuicionismo, el silencio sobre el teorema de incompletez de Gödel, y la simplificación de la teoría de conjuntos por la introducción del operador tau de Hilbert (que supone el axioma de elección), hizo que la teoría de conjuntos y la lógica se desarrollaran en forma independiente de la escuela Bourbaki. Y fueron precisamente los trabajos sobre fundamentos de la teoría de conjuntos de Zermelo (1908), Fraenkel (1922) y von Neumann (1925) los que impulsaron el desarrollo de esa teoría en forma divergente, y los trabajos de Löwenheim (1915), Skolem (1922), Herbrand (1930) y Gödel (1931) los que llevaron a la necesidad de precisar el lenguaje en el que se formulaba una teoría matemática, su sintaxis, sus interpretaciones en sistemas concretos o modelos de esas teorías, y a precisar así lo que eran los conjuntos subyacentes, las operaciones entre ellos, los operadores internos y externos de los sistemas, las relaciones y las constantes que señalaban los objetos que tenían nombre propio en esos sistemas.

Entre 1933 y 1936 Tarski y Carnap, desarrollaron la teoría de la verdad en los lenguajes formales, y se estableció la semántica como disciplina de las interpretaciones de las teorías simbólicas.

Se empezó entonces a utilizar indistintamente "sistema" y "estructura" para referirse a esos modelos de las teorías en sus distintos grados de abstracción, aunque la palabra "estructura" obtuvo la primacía en los libros de lógica y teoría de modelos.

Pero en los círculos científicos y filosóficos franceses la palabra "estructura" tenía una connotación más abstracta: era más bien aquello que tenían en común sistemas superficialmente diferentes. En ese sentido es correcto decir que "dos sistemas tienen la misma estructura", pero no sería inteligible decir que "dos estructuras tienen el mismo sistema".

Por lo tanto, es necesario precisar el sentido de las palabras "sistema" y "estructura". La solución más usual después de Bourbaki es confundir "sistema" con "estructura" y hablar del aspecto más abstracto como un "tipo de estructura". Parece sin embargo muy extraño decir que "una estructura tiene estructura de grupo". Por eso me atrevo a proponer una precisión ulterior en el uso de las palabras "sistema" y "estructura".

Bourbaki hace también a su manera una breve historia del camino de la abstracción en las matemáticas del siglo XIX. Señalan los Bourbaki que la

noción de estructura estaba potencialmente lista "en substancia" hacia 1900, pero que necesitó unos treinta años más para aparecer a plena luz (Bourbaki, 1960, p. 34).

Las categorías

Pero al mismo tiempo que el grupo Bourbaki redactaba sus fascículos básicos (1936-1957) se empezó a desarrollar la teoría de categorías por parte de Ehresmann, Cartan, Eilenberg y MacLane. Los Bourbaki estuvieron a las puertas de la teoría de categorías al final del capítulo IV de la teoría de conjuntos, al tratar en las dos últimas secciones los temas de los morfismos y de las aplicaciones universales. Pero se detuvieron en el umbral, tal vez por el rechazo que producía todavía el oscuro lenguaje Ehresmanniano. Se necesitaba todavía el trabajo de Leray, Kan, Artin, Grothendieck, Godement, Serre, Buchsbaum, Stone, Freyd y Lawvere para que la difusión de las categorías como lenguaje universal de las matemáticas y la lógica fuera una realidad.

En el mundo de las categorías se puede pensar más fácilmente que los objetos de la categoría son los sistemas, y que el nombre de la categoría denota la estructura mínima que deben tener todos los sistemas que viven en ella: la categoría de grupos abelianos, o la categoría de conjuntos bien ordenados o la categoría de espacios topológicos. Los morfismos entre sistemas son las flechas de la categoría respectiva, y las aplicaciones universales son más bien las soluciones de los problemas universales en las categorías.

Así parece más conveniente reservar la palabra "sistema" para un objeto concreto de la categoría (por abstracto que sea), la palabra "morfismo" para una flecha de la categoría, y la palabra "estructura" para la red de relaciones que caracteriza a los sistemas de cada categoría. Más adelante precisaré esta noción inicial de "red de relaciones", y distinguiré entre sus aspectos interno y externo.

Sistemas, estructuras y lenguajes formales

Al analizar desde el punto de vista lógico las teorías sobre cada uno de los sistemas matemáticos, se vio muy pronto que los símbolos con los que se escriben las fórmulas bien formadas de esas teorías son de naturaleza muy diferente unos de otros. Hay unos símbolos lógicos que se requieren para escribir cualquier teoría matemática, como la negación, las conectivas binarias, los cuantificadores y los separadores (comas, paréntesis, etc). Pero hay otros tipos de símbolos, llamados términos, que sólo nombran elementos del sistema (así estos elementos sean a la vez conjuntos); los términos pueden ser a su vez simples, como las constantes y las variables, o compuestos de esos símbolos pasivos y otros activos como los símbolos de operadores de uno, dos . . . , n puestos, que al ser saturados con términos producen otros términos. Finalmente, hay una serie de símbolos de predicados de uno,

dos, . . . , n puestos, que al ser saturados con términos producen las fórmulas bien formadas.

La diferencia básica entre operadores u operaciones por un lado, y predicados o relaciones por el otro puede resumirse en este aforismo:

**Los operadores corresponden a la práctica;
los predicados corresponden a la teoría.**

Para aclarar pues lo que es un sistema matemático por medio de fórmulas de un lenguaje formal, desde el punto de vista sintáctico tendríamos que tener al menos símbolos de operadores activos, símbolos de predicados o relatores, variables y constantes. Pero desde el punto de vista semántico, si queremos tener interpretaciones de esas fórmulas en el sistema que estudiamos, necesitamos uno o varios conjuntos a cuyos elementos se refieran las variables y las constantes, y por medio de sustituciones y cuantificaciones podemos lograr que no quede ninguna variable libre en las fórmulas de la teoría respectiva. Así podemos aspirar a tener candidatos a axiomas y teoremas de la teoría interpretada.

Una primera propuesta podría pues ser la presentación simbólica de un sistema matemático a través de cuatro tipos de símbolos:

- Símbolos para su conjunto o conjuntos subyacentes.
- Símbolos para sus operadores u operaciones unarias, binarias, etc.
- Símbolos para sus predicados o relaciones unarias, binarias, etc., y
- Símbolos para las constantes que tengan nombre propio en el sistema respectivo.

Sin embargo, en una primera simplificación —que representa ya un alto grado de abstracción pero que es coherente con la primacía de los aspectos activos y prácticos en el estudio de los sistemas— propongo considerar las constantes como operadores que seleccionan el elemento designado por el nombre propio respectivo; así podemos incorporar las constantes dentro de los operadores activos, y llamarlas “operadores ceroarios”, pues escogen el elemento respectivo sin necesidad de ser aplicados a un argumento específico. Así podemos llegar a una primera simplificación de la presentación de los sistemas matemáticos.

- Presentar su conjunto o conjuntos subyacentes.
- Presentar sus operadores u operaciones.
- Presentar sus predicados o relaciones.

Pero por supuesto que tampoco habría problema en presentar al final las constantes después

de las relaciones, como se hace ordinariamente. Por ejemplo, el sistema de los números naturales con las “cuatro operaciones” y las relaciones de orden se suele presentar así:

$$(\mathbb{N}, +, -, \times, \div, \leq, <, \geq, >, 0, 1)$$

Para no separar las constantes, éstas se pueden poner simplemente al lado de los cuatro operadores binarios que ya tenemos. Para tener operadores binarios, unarios y ceroarios, agreguemos un conocido operador unario o de un solo puesto: “el siguiente de”, introducido por Peano, que notamos ‘s’ o ‘s()’; coloquemos en seguida los dos operadores ceroarios que notamos ‘0’, ‘1’ y que seleccionan esos números. Tendríamos así:

$$(\mathbb{N}, +, -, \times, \div, s, 0, 1, \leq, <, \geq, >).$$

Agrupando más claramente las operaciones y relaciones tendríamos:

$$(\mathbb{N}, \{+, -, \times, \div, s, 0, 1\}, \{\leq, <, \geq, >\}).$$

Pero no sólo queremos presentar simbólicamente el sistema. Tenemos ante todo que pensar en lo que esos símbolos significan. Propongo pues en seguida lo que podría ser un sistema desde el punto de vista conceptual.

Pero antes hay que hablar acerca de ciertas construcciones primitivas, que hemos estado utilizando sin pensar explícitamente acerca de ellas: las palabras, las parejas y ternas ordenadas, etc.

Las construcciones básicas

Al emitir sonidos articulados o escribir palabras de nuestro lenguaje natural, estamos efectuando una construcción serial, una sarta o tira de sonidos, en la que “ab” y “ba” son esencialmente diferentes. Al construir un artefacto o pintar un grafismo complejo, coordinamos y subordinamos unos objetos a otros, o unos trazos a otros. A estos arreglos ordenados los podemos llamar “sartas” si son lineales, o “árboles” si son ramificados, o podemos llamarlos “árboles” a todos y considerar las sartas como un tipo especial de árbol muy simplificado.

Es difícil precisar en qué consiste la sarta más elemental: una pareja en la que importa mucho el orden de los componentes (“pareja ordenada”), que escribamos ‘ab’, ‘(a, b)’, ‘< a, b >’ o ‘[a, b]’, y en qué consiste una pareja en la que no importa el orden (“pareja desordenada”), que escribamos ‘{a, b}’, y que vamos a considerar igual a ‘{b, a}’. Es posible pensar que la pareja ordenada es anterior y más primitiva que la desordenada, por el hecho de la sucesión temporal. Pero también es posible considerar la desordenada como más primitiva, y tratar de reconstruir la pareja ordenada a partir de parejas desordenadas. Wiener y Kuratovsky propusieron una manera de hacerlo:

$$(a, b) = \{\{a, a\}, \{a, b\}\} = \{\{a\}, \{a, b\}\}.$$

O puede también considerarse como más primitiva la pareja ordenada, y considerar la desordenada como producto del olvido activo del orden. Esa es mi propuesta. Podríamos caracterizarla con un aforismo que recuerda cierto tipo de cosmogonías:

En el principio era el orden.
Luego vino el caos.

Parecería que también pudiéramos declarar que la pareja ordenada, (a, b) es equivalente para algunos propósitos con la pareja ordenada (b, a) , y que así podríamos llamar $\{a, b\}$ a la clase de equivalencia a la que sólo pertenecen (a, b) y (b, a) . Pero para ello tendríamos que saber que esa clase de equivalencia es una pareja desordenada $\{(a, b), (b, a)\}$.

Las parejas ordenadas pueden extenderse a ternas o triplas ordenadas (a, b, c) por medio de una pareja ordenada, uno de cuyos elementos es ya una pareja ordenada:

$$(a, b, c) = ((a, b), c).$$

Pero también se podría haber definido la terna o tripla ordenada como (a, b, c) , o simplemente postular la terna o tripla ordenada (a, b, c) como una construcción básica inicial. Así podrían postularse cuaternas o cuádruplas ordenadas, quinas o quíntuplas ordenadas, y en general n -plas o n -uplas ordenadas como construcciones básicas: las sucesiones finitas elementales.

De cualquier manera, las construcciones primitivas como sartas, tiras o listas lineales, o los árboles, arreglos y colecciones, no pueden reducirse a sistemas matemáticos más primitivos, pues los sistemas matemáticos están compuestos por ellas. Ya se sabe que al final de una serie de definiciones es necesario llegar a términos, operaciones y relaciones no definidos, que en matemáticas pueden estar limitados únicamente por sus propiedades explícitamente postuladas. Pero los objetos iniciales también pueden ser artefactos producidos física o mentalmente, y sobre esas construcciones básicas puede también hacerse el montaje de muchos sistemas matemáticos.

Por eso cuando presentamos anteriormente el sistema de los números naturales con las cuatro operaciones y las relaciones de orden usuales, escribimos con toda naturalidad:

$$(\mathbb{N}, +, -, \times, \div, \leq, <, \geq, >, 0, 1).$$

Pero no nos dábamos cuenta de que estábamos formulando una 11-pla ordenada.

Algo parecido sucedió al agrupar los operadores binarios, el unario y los ceroarios en un sólo

conjunto de operadores, y las cuatro relaciones de orden usuales en otro. Entonces escribimos:

$$(\mathbb{N}, \{+, -, \times, \div, s, 0, 1\}, \{\leq, <, \geq, >\}).$$

No nos dábamos cuenta de que estábamos proponiendo una tripla ordenada de conjuntos, ni de que el segundo conjunto era una séptupla desordenada, y el tercero una cuádrupla desordenada. Lo que sucede es que no podemos seguir retrocediendo a construcciones más elementales, pues estas son las construcciones básicas. No podemos ir más atrás.

Utilizaré este ejemplo del sistema de los números naturales usuales para generalizar la descripción de lo que propongo que entendamos por sistema, y luego intentaré precisar en qué sentido se podría interpretar la palabra estructura.

Pasemos ahora de los símbolos con los que he presentado este sistema usual de los naturales al sistema conceptual en el que espero que tanto el autor como el lector estemos pensando, y de allí a la descripción general de lo que es un sistema matemático.

No hay otra alternativa que utilizar un lenguaje que por más preciso que intente ser, no puede dejar de ser relativamente informal.

Supongamos que sabemos qué son (porque sabemos cómo se hacen) las construcciones básicas de parejas, ternas, . . . , n -plas o n -uplas ordenadas (sucesiones finitas) y las desordenadas (colecciones finitas). En la siguiente sección intentaré precisar qué es lo que propongo que concibamos como un sistema matemático general.

Los sistemas matemáticos

Un sistema matemático es un constructo mental complejo que tiene al menos tres aspectos internos:

- Uno "material", el sustrato del sistema.
- Uno "activo" o "práctico", la dinámica o actividad interna del sistema.
- Uno "teórico", la estática o estructura interna del sistema.

(Recuérdese que podríamos haber presentado cuatro aspectos diferentes, si hubiéramos separado las operaciones de selección u operadores ceroarios que seleccionan las constantes que tienen nombre propio en el sistema, y que se suelen presentar después de las operaciones y relaciones. Pero al considerar nosotros las constantes como operadores activos, los vamos a incluir dentro del segundo aspecto, la dinámica del sistema).

Estos tres aspectos se pueden representar a través de una terna o tripla ordenada de coleccio-

nes: una de clases o conjuntos, Conj, otra de operaciones o transformaciones, Transf, y otra de correspondencia o relaciones, Rel.

No es que un sistema S sea propiamente una terna ordenada de colecciones, pues ya hemos visto que las parejas, ternas, . . . , n-plas ordenadas son construcciones matemáticas básicas y los sistemas son constructos mentales complejos. Pero por conveniencia podemos representar el sistema como una terna ordenada:

$$\text{Sist} = (\text{Conj}, \text{Transf}, \text{Rel}),$$

o más abreviadamente,

$$\text{S} = (\text{C}, \text{T}, \text{R}).$$

Estudiemos cada uno de estos tres aspectos:

a. El sustrato

Conj es de suyo una colección de conjuntos, o tal vez clases propias: los universos o conjuntos subyacentes al sistema. Esta colección no puede ser vacía: debe haber al menos un conjunto en ella (así ese conjunto sea el conjunto vacío \emptyset). Decimos intercambiamente que Conj, o que el conjunto o conjuntos de Conj forman el sustrato del sistema.

En caso de que haya un sólo universo o conjunto subyacente U, o sea: $\text{Conj} = \{U\}$, se puede decir de una vez que Conj es ese único conjunto subyacente U, para evitar escribir $\{U\}$, y decimos que el sistema es $(U, \text{Transf}, \text{Rel})^1$.

b. La dinámica

Transf es una colección de transformaciones, operaciones o funciones (transformadores, operadores o funtores). Esta colección sí puede ser vacía: ese es el caso de los sistemas puramente relacionales. Ej.: el sistema ordenado $(\{\mathbb{Z}\}, \emptyset, \{\leq\})$, o simplemente (\mathbb{Z}, \leq) . (Recuérdese de nuevo que dentro de la dinámica, o sea de la colección de transformaciones, operaciones o funciones, estamos incluyendo las operaciones ceroarias que seleccionan las constantes que tienen nombre propio en el sistema. En este caso serían 0, 1, que seleccionarían el cero y el uno; pero las omitimos de propósito para que el conjunto Transf quede vacío).

c. La estática

Rel es una colección de relaciones o predicados unarios, binarios, . . . , n-arios, que puede estar vacía si Transf no lo está. El caso $\text{Transf} \neq \emptyset$, $\text{Rel} = \emptyset$ es el caso de los sistemas puramente transformacionales u operacionales, llamados también sistemas algebraicos.

Ej.: el anillo usual de los enteros sin el orden, se presenta así: $(\mathbb{Z}, +, \times)$, que podemos escribir $(\{\mathbb{Z}\}, \{+, \times\})$.

Agregando el cero y el uno, como en el ejemplo de los naturales, podíamos haber escrito:

$$(\{\mathbb{Z}\}, \{+, \times, 0, 1\}), \text{ o simplemente } (\mathbb{Z}, +, \times, 0, 1).$$

Pero aún en estos casos en que en la presentación del sistema se tiene $\text{Rel} = \emptyset$, cada operación n-aria de Transf genera una relación $(n + 1)$ -aria de Rel, que no se escribe explícitamente, pero que está allí para generar la estructura interna (o "estática") del sistema. Por ejemplo, los operadores ceroarios generan predicados unarios (unívocos en el sentido que se verifican sólo cuando se aplican a la constante respectiva); los operadores unarios generan relaciones binarias (unívocas o funcionales en el sentido usual); las operaciones binarias generan relaciones ternarias (unívocas o funcionales con respecto a la tercera componente), etc.

Por lo tanto, podemos decir que cualquier sistema que no sea un mero conjunto siempre tiene estructura interna o "estática": tiene una red de relaciones que lo arman como este tipo de sistema y no otro.

Si se recuerda que consideramos ya un primer grado de abstracción el incluir las constantes como operaciones ceroarias, un segundo grado de abstracción sería considerar las operaciones n-arias como relaciones $(n + 1)$ -arias, y considerar sólo sistemas puramente relacionales. Esta manera de presentar los sistemas tiene importantes usos en la teoría de modelos, pues simplifica el vocabulario de símbolos y no exige verificar en cada instancia si se trata de un símbolo de operación o de un símbolo relacional. Pero oculta la distinción fundamental entre los operadores activos que corresponden a la práctica (pues a partir de objetos producen objetos), y las relaciones que corresponden a la teoría (pues a partir de objetos producen enunciados acerca de ellos). Por eso no elegí pasar a este segundo grado de abstracción en la presentación de los sistemas, sino conservar el nivel anterior en donde se distinguen los aspectos teóricos de los prácticos. De todas maneras, esta presentación ya hace suficientes exigencias de abstracción al considerar las constantes como operadores ceroarios.

Pero aunque hubiéramos elegido pasar al segundo grado de abstracción y considerar sólo los conjuntos subyacentes y los predicados, habría un tercer grado de abstracción. Este consiste en considerar que también los conjuntos referenciales del sistema que constituyen el sustrato del mismo, o sea los que se encuentran en Conj, son simplemente predicados unarios que se agregarían a la estática o estructura interna del sistema. Así sólo quedaría activa la colección Rel, en la cual se encontrarían todos los elementos de las demás colecciones. No habría pues en este sentido sino sistemas puramente relacionales.

En cierto sentido este es el nivel al que se presentan las especies de estructura en Bourbaki: se reúnen todos los conjuntos subyacentes, ciertos productos cartesianos y ciertos conjuntos de partes en un gran conjunto, y se selecciona de él un subconjunto que corresponde al grafo combinado de todas las operaciones y relaciones².

Pero esta presentación puramente relacional de los sistemas también puede considerarse como una presentación puramente operacional, si se considera que también las relaciones pueden pensarse como operadores que van de cierto conjunto o producto cartesiano de conjuntos a un clasificador, Ω .

Desde este punto de vista se habla más bien de "operadores relacionales" que de relaciones. Esto es muy conveniente en teoría de la computación, pues en los computadores y calculadoras las relaciones deben ser programadas como operaciones que retornan un valor "Verdadero" (que puede ser también "V", "T", "1"), o "Falso" ("F", "f", "0"), llamados "valores booleanos", que forman un tipo especial de datos ("Boolean data type"). En los casos usuales, el clasificador tiene sólo dos elementos, Verdadero y Falso: $\Omega = \{V, F\}$, o también $\Omega = \{T, F\}$, $\Omega = \{0, 1\}$. Pero en teoría de categorías se suelen considerar clasificadores más finos³.

El caso de que el sistema sea un mero conjunto es un caso límite de un sistema con $\text{Conj} = \{U\}$ o simplemente $\text{Conj} = U$; $\text{Transf} = \emptyset$, $\text{Rel} = \emptyset$.

Por eso un mero conjunto sería un "sistema impropio", sin dinámica y sin estructura internas, o sea que no lo consideramos propiamente como un sistema, sino como el "cadáver de algún sistema"⁴.

Pero nótese que aun el sólo conjunto dado U sería inmanejable a menos que se considere como ubicado dentro de un sistema. El sistema más "natural" en el que se puede manejar un conjunto tiene al menos dos universos subyacentes: el mismo conjunto U , y el de sus partes $P(U)$. La colección de transformaciones Transf tiene al menos la operación binaria c sobre U que forma parejas ordenadas, la operación binaria d sobre U que forma parejas desordenadas, la unaria s sobre U que forma singles o conjuntos unitarios, y la ceroaria en $P(U)$ que selecciona el conjunto vacío \emptyset . La colección de relaciones Rel tiene al menos la relación de pertenencia de $P(U)$ a U y su inversa, y las cuatro relaciones de contención en $P(U)$:

$$\{(\{U, P(U)\}, \{c, d, s, \emptyset\}), \\ \{\epsilon, \exists, \subseteq, \subset, \supseteq, \supset\}\}.$$

Estructura y dinámica externas

Hasta ahora hemos hablado sólo de los tres aspectos internos de los sistemas: su substrato, sus transformaciones internas y sus relaciones internas. Pero también podemos analizar los aspectos internos de un sistema.

La red de relaciones que hemos llamado "la estructura interna del sistema", conformada por las relaciones que pueden estar explícitas en Rel o implícitas en las operaciones de Transf , cumple una serie de propiedades; dicho de otra manera, el sistema tiene también relaciones externas, o sea no representables como n -plas ordenadas de elementos del conjunto subyacente. Esas propiedades conforman la estructura externa, formulada en la teoría del sistema.

La justificación de esta denominación es que los axiomas y teoremas de una teoría se refieren propiamente a predicados de orden superior que cumplen las operaciones (por ejemplo que una operación es conmutativa, otra asociativa, etc.) o que cumplen las relaciones (que una es simétrica, la otra transitiva, etc.), y a relaciones entre las operaciones, las relaciones, y las constantes (por ejemplo que una operación es distributiva con respecto a otra, que una constante es el módulo de una operación, que una operación es monótona con respecto a una relación de orden, etc.). Son pues relaciones de orden superior, y por eso se justifica decir que conforman la estructura externa del sistema.

En esas teorías o estructuras externas de los sistemas hay algunas colecciones de propiedades que aparecen muchas veces, y por eso se usa un nombre general que denomina la estructura del sistema, nombre que es muy útil para no tener que repetir toda la lista cada vez. Por ejemplo, se dice que "el sistema G tiene estructura de grupo abeliano" para resumir una serie de propiedades de las operaciones binaria, unaria y ceroaria del sistema $(G, +, -, \cdot, 0)$, que se suele escribir simplemente $(G, +)$.

Evidentemente, el sistema del que se habla podría satisfacer también muchos otros predicados, o sea tener muchas otras fórmulas verdaderas en la teoría respectiva. Por lo tanto, cuando se habla de que el sistema "tiene estructura de X ", se entiende algo así como: "tiene como mínimo estructura de X ", o "tiene al menos estructura de X ". Cumple pues todos los teoremas de la teoría de aquellos sistemas que tienen la estructura de X , pero satisface probablemente otras muchas fórmulas más (a menos que se trate del llamado "sistema libre" de la categoría respectiva que por definición no cumple ninguna otra relación).

La teoría de modelos juega con la dualidad entre los modelos de la teoría dada T , que son los sistemas que como mínimo satisfacen todas las fórmulas de T , y la teoría de un sistema dado S , que son todas las fórmulas del lenguaje del tipo respectivo satisfechas por S .

También puede hablarse de operaciones o transformaciones externas, que conforman la dinámica externa del sistema, como serían los morfismos, homomorfismos, isomorfismos, etc.), las dualizaciones, la formación de productos y coproductos, la exponenciación, etc.

El aspecto externo que correspondería al sustrato, que podríamos llamar "superestrato" o "ambiente externo", o simplemente "ambiente" del sistema serían los objetos de una categoría de sistemas que tengan tipos compatibles⁵.

Pasemos ahora a dar ejemplos de cada una de estas variantes de los sistemas generales. Comencemos por aquellos en los que $\text{Transf} = \emptyset$, o sea los puramente relacionales.

Sistemas puramente relacionales

(C, O, R) o (C, R) : sistemas con una sola relación R, generalmente binaria. Según las propiedades que cumpla R, hay:

- sistemas estrictamente ordenados
- sistemas parcialmente ordenados (POSets) (¿"Parcialmente" se opone a "estrictamente", o a "totalmente" ordenados?)
- sistemas bien ordenados
- retículos
- sistemas preordenados
- sistemas equivalenciales, ej: rectas con el paralelismo
- otros sistemas relacionales, ej.: rectas con la perpendicularidad.

En el caso de estos sistemas con una sola relación, se dice que (C, R) tiene estructura de POSet, etc.

Hay también sistemas puramente relacionales con dos (o más relaciones, generalmente binarias, a veces binarias y unarias): $(C, R, S \dots)$.

Pueden enunciarse propiedades de R, de S, etc. y propiedades de una relación con otra, que enuncian la compatibilidad de una con otra.

Sistemas puramente operacionales o algebraicos

$(\{C\}, \{*\}, \emptyset)$ o $(C, *)$: sistemas con una sola operación, que puede ser unaria, como en el caso de los naturales de Peano con el sucesor, $(N, s(\))$, pero que generalmente es binaria. En ese caso se suelen llamar "sistemas binarios". Según las propiedades que cumpla la operación binaria que notamos '*' hay:

- grupoides (sólo se exige la clausurativa unívoca)
- cuasigrupos (con solución única a ecuaciones "lineales")

- semigrupos (grupoides totales en los que se exige la asociativa)
- monoides (semigrupos en los que se exige la modulativa)
- grupos (monoides en los que se exige la invertiva)
- lazos (que informalmente se llamarían "grupos no asociativos"), etc.

En cada caso, el sistema binario puede ser abeliano o no.

Según el caso, se dice que el sistema $(C, *)$ tiene estructura de grupo, de grupo abeliano, etc.

Pero en realidad el monoide requiere un operador ceroario, e, que selecciona el módulo o elemento neutro. El grupo y el lazo requieren además un operador unario, $(\)^{-1}$, que saca el inverso: $(G, *, (\)^{-1}, e)$.

$(\{C\}, \{*, \&\}, \emptyset)$, o $(C, *, \&)$: sistemas con dos operaciones binarias. Según las propiedades que cumplan las operaciones *, & hay:

- semianillos (como los naturales con la adición y multiplicación)
- anillos (como los enteros con la adición y multiplicación). En realidad, los anillos requieren un operador ceroario, 0, que selecciona el módulo de la primera operación *, y un operador unario, $-(\)$, que saca el inverso aditivo u opuesto respecto a la primera operación *.
- anillos unitarios (requieren además otro operador ceroario, 1, que selecciona el módulo de la segunda operación &)
- cuerpos o anillos de división (requieren otro operador unario, $(\)^{-1}$, que saca el inverso multiplicativo o recíproco respecto a la segunda operación &)
- campos o cuerpos conmutativos.

$(\{C\}, \{*, \&, '\}, \emptyset)$, o $(C, *, \&, ')$: sistemas con tres operaciones, dos binarias y una unaria. Según las propiedades de estas operaciones hay:

- álgebras de Boole (con "copa", "capa" y "complemento")
- álgebras de Heyting (con "seudocomplemento").

$(\{C\}, \{+\} \cup A, \emptyset)$, o $(C, +, A)$: sistemas con una operación binaria y un conjunto de operadores unarios. Según las propiedades, hay:

- módulos sobre A o A-módulos

- espacios vectoriales sobre A o A -espacios vectoriales.

(Más adelante veremos otra presentación posible de estos sistemas).

$(\{C\}, \{+, *\} \cup A, \emptyset)$, o $(C, +, *, A)$: sistemas con dos operaciones binarias y un conjunto de operadores unarios. Según las propiedades hay:

- álgebras (lineales) sobre A , o A -álgebras.

(Más adelante veremos otra presentación posible de estos sistemas).

Sistemas con operaciones y relaciones

$(\{C\}, \{*\}, \leq)$, o $(C, *, \leq)$: sistemas con una operación binaria y una relación de orden (o cuatro). Según las propiedades hay:

- semigrupos ordenados
- monoides ordenados
- grupos ordenados, etc.

(Pero la relación no tiene que ser necesariamente de orden. Por ejemplo, los enteros Z con la multiplicación y la relación "es divisor de", que notamos '|', no es un semigrupo ordenado).

$(\{C\}, \{*, \&\}, \{\leq\})$, o $(C, *, \&, \leq)$: sistemas con dos operaciones binarias y una relación de orden (o cuatro). Según las propiedades hay:

- anillos ordenados
- cuerpos ordenados
- campos ordenados o cuerpos conmutativos ordenados.

$(\{C\}, \{*, \&, '\}, \{\leq\})$, o $(C, *, \&, ', \leq)$: sistemas con dos operaciones binarias, una unaria y una relación de orden (o cuatro). Según las propiedades hay:

- retículos complementados.

Sistemas con varios conjuntos subyacentes

$(\{V, K\}, \{+, \bullet\}, \emptyset)$, o $(V, K, +, \bullet)$: sistemas con dos conjuntos subyacentes y dos operaciones binarias, una interna y otra externa. Según las propiedades hay:

- espacios vectoriales sobre K , con $+$ como la adición de vectores y \bullet como producto de escalar por vector o "multiplicación externa" de $K \times V$ en V .

$(\{A, K\}, \{+, *, \bullet\}, \emptyset)$, o $(A, K, +, *, \bullet)$: sistemas con dos conjuntos subyacentes y tres operacio-

nes binarias, dos internas y otra externa. Según las propiedades hay:

- álgebras (lineales sobre K) con $+$ como adición de $A \times A$ en A , con $*$ como multiplicación de $A \times A$ en A , (distinta del posible producto escalar o producto interno que va de $A \times A$ en K), y con \bullet como "multiplicación externa" de $K \times A$ en A . Tómese por ejemplo para $*$ el producto vectorial o producto cruz en un espacio vectorial real de dimensión 3.

(Nótese que esa multiplicación, aunque se llame "producto externo", es una ley de composición interna, y que el llamado "producto interno" es una ley de composición externa, con un tipo de externalidad ($A \times A$ en K) diferente del tipo de externalidad de la multiplicación de escalar por vector ($K \times A$ en A). Hay que desconfiar de la terminología . . .).

$(\{\Sigma, E, S\}, \{t, s, q_0\}, \emptyset)$, o

$(\Sigma, E, S, t, s, q_0)$:

sistemas con tres conjuntos subyacentes, dos operaciones binarias y una unaria. Según las propiedades hay:

- máquinas de estado finito o máquinas de Mealy, en donde Σ es el conjunto de estados; E es el alfabeto de entrada y S el alfabeto de salida; t es la función de transición de $\Sigma \times E$ en Σ y s la función de salida de $\Sigma \times E$ en S ; q_0 es una operación ceroaria que selecciona el estado inicial. Las dos funciones t, s , también pueden remplazarse por una sola función μ de $\Sigma \times E$ en $\Sigma \times S$. Tendríamos entonces la presentación:

$(\{\Sigma, E, S\}, \{\mu, q_0\}, \emptyset)$, o (Σ, E, S, μ, q_0) .

En los autómatas finitos también suele omitirse el alfabeto de salida e introducir una relación unaria o predicado unario $F(\)$ que selecciona los estados finales distinguidos o estados de aceptación:

$(\{\Sigma, E\}, \{t, q_0\}, \{F(\dots)\})$, o

$(\Sigma, E, t, q_0, F(\dots))$.

Sistemas topológicos o espacios topológicos

Hay varias maneras de presentarlos:

$(\{C\}, \emptyset, \text{Top})$, o (C, Top) :

- espacio topológico con Top como conjunto de relaciones unarias $V(\dots)$: V es una vecindad (abierto) de . . . , que corresponde a lo que se llama ordinariamente la topología del espacio topológico.

Se puede también introducir como universo adicional el conjunto de partes de C , $P(C)$:

$$(\{C, P(C)\}, \{u, n, '\}, \{\subseteq, A(\dots)\}), \circ$$

$$(C, P(C), A(\dots)):$$

En esta forma se presenta el espacio topológico con tres operaciones sobre $P(C)$, la relación binaria de inclusión también sobre $P(C)$, y una relación unaria o predicado adicional sobre $P(C)$, $A(\dots)$, que indica que un subconjunto es un abierto (o sea una vecindad abierta) de la respectiva topología sobre el espacio C : para un V de $P(C)$, $A(V)$ significa que V es un abierto (o sea una vecindad abierta).

También puede introducirse un operador j sobre $P(C)$:

$$(\{C, P(C)\}, \{u, n, ', j\}, \emptyset), \circ (C, P(C), j):$$

En esta forma se presenta el espacio topológico con j como operador unario de clausura o cierre en $P(C)$; en este caso j resulta ser un operador idempotente ($jj = j$), y los cerrados del espacio topológico son los conjuntos que permanecen invariantes bajo la acción del operador j ; equivalentemente, los abiertos del espacio topológico son los conjuntos cuyos complementos permanecen invariantes bajo la acción del mismo operador j .

También puede interpretarse j como operador de apertura o de interior; en este caso, los abiertos del espacio topológico son los conjuntos que permanecen invariantes bajo la acción del operador j .

Pueden también introducirse de una vez dos operadores unarios idempotentes: el operador unario de apertura o interior, $()^\circ$, distinto del de clausura o cierre, $()$. Pero uno de los dos es superfluo en el sentido de que cualquiera de los dos puede definirse por medio del otro y el operador de complementación, $()'$:

$$A^\circ = A'^{-1}, A^{-1} = A'^{\circ}$$

Categorías

También hay varias maneras de presentar una categoría C como sistema. La más usual es con dos universos subyacentes: el de los objetos, $Ob C$, y el de las flechas, $Fl C$, y con una operación binaria asociativa \circ para la composición de flechas.

Para no introducir un conjunto o clase propia de operadores ceroarios que seleccionen la flecha identidad 1_A para cada objeto A de $Ob C$, es más elegante introducir un solo operador unario id : $Ob C \rightarrow Fl C$, que asigna a cada objeto su identidad: $id(A) = 1_A$.

$$(\{Ob C, Fl C\}, \{\circ, id\}, \emptyset) \text{ o } (Ob C, Fl C, \circ, id)$$

Aunque un poco artificialmente, también es posible presentar la misma categoría con un solo universo subyacente, el de las flechas, identificando cada objeto con su flecha identidad. Así basta sólo el universo $Fl C$, la composición, y dos operadores unarios: el de fuente, f , y el de meta, m , para seleccionar la salida y la llegada de cada flecha (estos operadores resultan idempotentes: $ff = f$, $mm = m$):

$$(\{Fl C\}, \{\circ, f, m\}, \emptyset) \text{ o } (Fl C, \circ, f, m).$$

Así una categoría sería un sistema algebraico muy sencillo de tipo operatorio $\langle 2, 1, 1 \rangle$. Si la categoría tiene un objeto final o uno inicial, o ambos, se agregarían uno o dos operadores ceroarios para ellos: $0, 1$. (Es posible que ambos operadores ceroarios seleccionen el mismo objeto, como en la categoría de grupos, Gr).

Así como tienen dinámica y estructura internas, las categorías también tienen dinámica y estructura externas como las tiene todo sistema. En este caso en la dinámica externa podría haber operaciones unarias como los funtores, o binarias como formar categorías producto, etc., con la respectiva estructura externa.

Las categorías tienen la peculiaridad de que si se trata de formar un sistema mayor con ellas como objetos, resulta de nuevo una categoría, en la que las flechas son los funtores, y la estructura externa se vuelve interna en la nueva categoría Cat . Parece pues que se ha llegado a un tope "natural" en el estudio de los sistemas matemáticos.

Por eso es equivocado decir que los sistemas representan un punto de vista "analítico" y las categorías un punto de vista "sintético", pues las categorías no son sino un tipo, y relativamente sencillo, de sistemas.

Lo que sí es apropiado decir es que la teoría general de sistemas es precisamente la que permite precisar en qué consiste esa intuición de que hay un "punto de vista analítico" (inclusive para mirar las categorías): es desglosar los universos subyacentes, los operadores y los relatores, o sea el aspecto interno de los sistemas respectivos; el "punto de vista sintético" es el estudio del aspecto externo del sistema como subsistema de otro macrosistema mayor.

Por ejemplo se puede tomar un segmento como un sistema, y mirar su aspecto interno: un universo de puntos, unas relaciones de orden, unos operadores de deformación continua que conserven fijos los extremos y preserven el orden, etc. Pero se puede también mirar su aspecto externo, considerando los segmentos como los objetos del universo de un nuevo sistema, con operaciones como translaciones, rotaciones, homotecias, etc., con relaciones como incidencia, colinealidad, paralelismo, perpendicularidad, contigüidad, translape, etc. En este sistema no se "ven" los puntos de los cuales dicen.

los profesores de geometría que están compuestos los segmentos.

Todo sistema tiene esos dos aspectos: interno y externo, y es correcto decir que se ha descuidado el aspecto externo para mirar sólo el interno. Esto tiene que ver con lo que dicen Piaget y García respecto a la historia de las matemáticas: parece que primero se estudia cada sistema por dentro (intra-); luego se comparan parejas de sistemas y se estudian las relaciones entre ellos (inter-), y sólo con la familiaridad con estos dos puntos de vista se llega a uno nuevo que trasciende los dos primeros (trans-): al estudio del macrosistema cuyos objetos son los sistemas anteriores con sus transformaciones y relaciones (ver: Piaget, J., & García, R. 1982).

Estas consideraciones muestran también las limitaciones que tiene la presentación bourbakista de "la Matemática formal", en la que se consideran como "estructuras madres" las algebraicas, las de orden y las topológicas. Como se ha visto arriba, todas esas "estructuras" son más bien sistemas de distinto tipo, y hay muchos otros sistemas que no caben en esas tres familias matriarcales.

La teoría general de sistemas permite pues delinear el panorama completo de las matemáticas actuales.

Notas

1. Si $\text{Conj} = \{U\}$, el universo U puede ser vacío en casos límites, como en el caso patológico del sistema vacío con la única relación R que va del vacío al vacío. Considérese el grafo vacío, el único subconjunto de $\emptyset \times \emptyset$, y compruébese que la relación R definida por ese grafo cumple todas las propiedades de definición total, sobreyectividad, funcionalidad e inyectividad.

$(\{\emptyset\}, \emptyset, \{R\})$ o (\emptyset, R) , con $R: \emptyset \rightarrow \emptyset$.

2. Pero no basta la operación que envía el conjunto complejo compuesto por el producto cartesiano del conjunto de salida y el de llegada de la relación respectiva al clasificador Ω , ni basta tomar conjuntos de partes y seleccionar una flecha hacia el clasificador Ω . Se necesita la teoría de categorías para especificar con cuidado que no se trata simplemente de una flecha del conjunto complejo de productos cartesianos y partes hacia el clasificador Ω , sino que se trata de seleccionar un subobjeto de ese resultado de efectuar operaciones externas sobre los conjuntos subyacentes.

3. Hay al menos otras cuatro maneras de considerar las relaciones como operaciones, dos covariantes y dos contravariantes:

a. Considerando la relación como una operación covariante de las partes del conjunto subyacente de salida a las partes del de llegada. Dado un subconjunto del conjunto de salida, la operación inducida por la relación produce el conjunto de imágenes de los elementos de ese subconjunto.

b. Como una operación contravariante con esa misma salida y llegada. Dado un subconjunto del conjunto de llegada, la operación inducida produce el conjunto de preimágenes de sus elementos.

c. Considerando la relación como una operación covariante del conjunto subyacente de salida hacia el con-

junto de partes del conjunto de llegada. Dado un elemento del conjunto de salida, la operación inducida produce el subconjunto de sus imágenes.

d. Como una operación contravariante del conjunto de llegada hacia el conjunto de las partes del conjunto de salida. Dado un elemento del conjunto de llegada, la operación inducida produce el subconjunto de sus preimágenes.

Las dos últimas se pueden considerar como variantes de las dos primeras, cuando se toman sólo conjuntos unitarios como argumentos de las operaciones inducidas. Basta entonces identificar el conjunto unitario con su único elemento para definir las operaciones respectivas sobre el conjunto de salida o el de llegada.

Cualquiera de estas operaciones inducidas requiere agregar a Conj el conjunto de partes respectivo si no estaba ya en esa colección. Igualmente, la redefinición de las relaciones como operadores relacionales sobre el clasificador Ω requiere agregar este conjunto Ω a los conjuntos subyacentes respectivos si no estaba ya en esa colección.

4. En teoría de categorías existe un "functor de olvido" o "functor olvidadizo" que borra la dinámica y la estática de un sistema, y deja sólo el conjunto subyacente como cadáver del sistema original. Construirle a ese functor de olvido un adjunto que regrese a la categoría original es un problema importante.

5. Habría pues tres clases de tipo:

- el tipo material o subyacente, que es una sucesión que indica la cardinalidad de los conjuntos o clases de Conj ;
- El tipo operatorio o algebraico, que es una sucesión que indica la ariedad de las operaciones de Transf ;
- el tipo relacional o estructural, que es una sucesión que indica la ariedad de las relaciones de Rel .

Estrictamente hablando, para que el tipo como sucesión de cardinales pueda hacerse coincidir con la lista de conjuntos subyacentes, la lista de transformaciones y la lista de relaciones de un sistema dado, sería necesario que esas tres listas también fueran ordenadas, y no meros conjuntos en los que no importa el orden.

Esto haría cambiar la descripción general de un sistema de una tripla de conjuntos" a "una tripla de n -plas ordenadas". Pero pueden dejarse esos tres conjuntos como están, y definir el tipo respectivo no como una sucesión, sino como una función del conjunto respectivo al de los cardinales.

Bibliografía

Arboleda, L.C. 1980. Contributions à l'étude des premières recherches topologiques, d'après les correspondances et les publications de Maurice Fréchet: 1904-1928. Thèse. École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris.

———. 1982. Consideraciones metodológicas sobre el aporte de M. Fréchet a la topología general. En: Actes du 6e. Congrès du G. M. E. L. Gauthier Villars, Paris.

Bastide, R. (éd.). 1972. Sens et usages du terme structure dans les sciences humaines et sociales (2e. éd.). Mouton, The Hague-Paris.

Boudon, R. 1972. Para qué sirve la noción de estructura. Aguilar, Madrid.

Bourbaki, N. 1950. The architecture of mathematics. American Mathematical Monthly, 57: 221-232.

- . 1954-1956. *Éléments de Mathématique. Livre I: Théorie des Ensembles, Chapitres 1-3.* Hermann, Paris.
- . 1957. *Éléments de Mathématique. Livre I: Théorie des Ensembles, Chapitre 4. Structures.* Hermann, Paris.
- . 1960. *Éléments d'histoire des mathématiques.* Hermann, Paris.
- . 1968. *Elements of mathematics: Theory of sets.* Hermann/Addison-Wesley, Paris / Reading, MA.
- Dyck, W. van. 1882. *Gruppentheoretische Studien.* Math. Ann., 20: 1-44.
- Dieudonné, J. 1982. *A panorama of pure mathematics.* Academic Press, New York.
- Federici, C. 1957. *Elementos de lógica y metodología.* Imprenta Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Ministerio de Educación Nacional. 1983. *Marcos Generales de los Programas Curriculares.* MEN-DGC, Bogotá, D.E.
- Netto, E. 1882. *Die Substitutionentheorie und ihre Anwendung auf die Algebra.* Leipzig.
- Piaget, J. 1971. *El estructuralismo* (3a. ed.). Proteo, Buenos Aires.
- Piaget, J. & García, R. 1982. *Psicogénesis e historia de la ciencia.* Siglo XXI, México, etc.
- Vasco, C.E. 1980. *El concepto de sistema como clave del currículo de matemática.* Notas de Matemática, n. 10: 1-14.
- Waerden, B.L. van der. 1985. *A history of algebra: From al-Khwarizmi to Emmy Noether.* Springer-Verlag, Berlin, etc.
- Weber, H. 1882. *Beweis des Satzes, dass jede eigentlich primitive quadratische Form unendlich viele Primzahlen darzustellen fähig ist.* Math. Ann., 20: 301-329.
- Wüßing, H. 1984. *The genesis of the abstract group concept.* Cambridge, MA: MIT Press, 1984. (Original alemán: V. E. B. D. V.W.) Berlin, 1969.

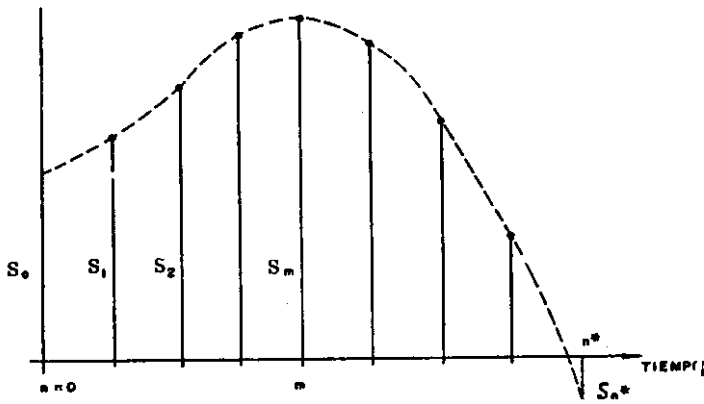


Figura 4

cualquiera que sea n. Y esto se asegura si y solo si

$$\max_n \left(\frac{1+i}{1+r} \right)^n < \frac{r}{i} \left[1 - S_0 \frac{a-b}{R_1} \right] \quad (09a)$$

en donde el lado izquierdo vale 1 (para n = 0). O sea que necesitamos que sea

$$\frac{i}{r} < 1 - S_0 \frac{a-b}{R_1} = 1 - S_0 \frac{r-i}{R_1} \iff S_0/R_1 < 1/r \iff R_1 > S_0 r \quad (10)$$

Este es el caso del rentista que desde el primer período del proceso retira del fondo más dinero R_1 que lo que produce el fondo ($r S_0$).

Si el rentista ajusta su primer retiro R_1 a la rentabilidad efectiva $(r-i)S_0$ del fondo, $R_1 = S_0 (r-i) = S_0 (a-b)$, se deduce de inmediato, de la ecuación (04), que

$$S_n = S_0 b^n$$

es decir, que el fondo si crece en valores corrientes y nominales de modo proporcional a la inflación, pero que en moneda constante, deflactada, se mantiene constante, como es fácil de darse cuenta también por consideraciones económicas: $S_{n+1}/S_n = b = (1+i)$, o bien $S_n/b^n + S_0 = \text{constante}$.

Si, en cambio, se ajusta a que el primer retiro R_1 y el saldo inicial S_0 estén en la relación $R_1 = S_0 r$, la inecuación (08-a) no se cumple, de modo que el fondo S_n no puede crecer indefinidamente y, en algún momento, también entra en mengua irreversible.

Se tiene pues un intervalo $H = (S_0 (r-i), S_0 r)$ tal que si R_1 está por fuera de H el fondo crece monotónicamente desde el principio y de mane-

ra indefinida, o bien merma monotónicamente desde el instante inicial hasta que se agota. En cambio, si $R_1 \in H$, el fondo S_n crece en sus primeras épocas, luego llega a un máximo y por último va descendiendo hasta agotarse. Es decir, que si $R_1 \in H$ el rentista termina por arruinarse por efecto de sus propios consumos de capital R_n combinados con la inflación, aún cuando esta sea menor que la rentabilidad ($i < r, b < a$) como lo estamos admitiendo hasta aquí.

En el caso en que R_1 sea $S_0 (r-i) < R_1 < S_0 r$ el fondo llega al máximo cuando n adopte el primer valor $n = m$ tal que

$$\Delta S_n \leq 0$$

que es aquel valor m que hace (ver ecuación 05):

$$S_0 a^m r \leq R_1 \frac{a^m r - b^m i}{a-b}$$

y no antes ni después. O sea que

$$S_0 (a-b)/R_1 \leq 1 - (b/a)^m (i/r) \quad (11)$$

mientras que

$$\Delta S_{m-1} > 0 \quad \text{y} \quad \Delta S_{m+1} < 0$$

Tomando logaritmos después de modificar ligeramente la ecuación (11), podemos calcular a m:

$$(b/a)^m = (r/i) \left[1 - S_0 (a-b)/R_1 \right]$$

$$m \cdot \log_{10}(b/a) = \log_{10} \left\{ (r/i) \left[1 - S_0 (a-b)/R_1 \right] \right\}$$

$$m = \frac{\log_{10} \left\{ (r/i) \left[1 - S_0 (a-b)/R_1 \right] \right\}}{\log_{10}(b/a)}$$

Es fácil demostrar que este valor así indicado existe y es positivo debido a que:

- (1) El logaritmo del numerador existe y es real porque el corchete es positivo, ya que $R_1 > S_0 (r-i)$.
- (2) El logaritmo del numerador es negativo porque el mismo corchete es menor que 1, ya que $R_1 < S_0 r$.
- (3) El logaritmo del denominador existe, es real y negativo porque b/a es positivo y menor que 1. Dando a n el valor $n = m$ en la ecuación

(04), se obtiene el valor máximo S_m que alcanza el fondo en ese período m -ésimo.

Y el fondo se agota en el momento $n = n^*$ cuando $S_{n^*} \leq 0$ pero $S_{n^*-1} \geq 0$.

Según la ecuación (04) esto ocurre cuando por primera vez suceda que

$$S_0 a^{n^*} \leq R_1 \frac{a^{n^*} - b^{n^*}}{a - b}$$

o sea que

$$S_0 (a-b)/R_1 \leq 1 - (b/a)^{n^*}$$

$$(b/a)^{n^*} \leq 1 - S_0 (a-b)/R_1$$

$$n^* = \frac{\log_{10} [1 - S_0(a-b)/R_1]}{\log_{10}(b/a)} \quad (13)$$

Fácilmente se demuestra que tanto el logaritmo del numerador como el del denominador existen, son reales y negativos, y por tanto n^* es real y positivo.

6. El caso discreto con rentabilidad igual a la inflación. Es aquel en que $r = i = c$, o sea que $a = b = h$. En estas condiciones, la ecuación en diferencias finitas (03) adopta la forma

$$S_{n+1} = S_n h - R_1 h^n$$

Escribiéndola reiteradamente para $n = 0, n = 1, n = 2$, etc. se tiene

$$S_1 = S_0 h - R_1$$

$$S_2 = S_1 h - R_1 h = (S_0 h - R_1) h - R_1 h = S_0 h^2 - 2R_1 h$$

$$S_3 = S_2 h - R_1 h^2 = S_0 h^3 - 3R_1 h$$

$$S_4 = S_3 h - R_1 h^3 = S_0 h^4 - 4R_1 h^3$$

y aplicando el principio de inducción completa (como puede hacerlo fácilmente el lector que hasta aquí nos haya seguido), se obtiene

$$S_n = S_0 h^n - n R_1 h^{n-1} \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (14)$$

y además

$$\begin{aligned} \Delta S_n &= S_{n+1} - S_n = S_0 h^{n+1} - (n+1) R_1 h^n \\ -S_0 h^n + n R_1 h^{n-1} &= S_0 h^n c - n R_1 h^{n-1} c - R_1 h^n = \\ &= S_0 h^n c - R_1 h^{n-1} (nc+h). \\ &= h^{n-1} [S_0 hc - R_1 (nc+h)] \end{aligned} \quad (15)$$

El capital crece mientras que sea $\Delta S_n > 0$, es decir, mientras sea n tal que

$$S_0 hc > R_1 (nc + h) \quad (16)$$

o sea mientras que n sea

$$n < \frac{S_0 c - R_1}{R_1 c} \quad h = n_m$$

lo cual ocurre en los primeros valores futuros de n a condición, claro está, de que $S_0 c > R_1$ (es decir con tal de que el rentista tenga la disciplina de no gastar más de lo que le rinde el fondo, desde el primer año en adelante). En el momento $n = n_m$, siendo

$$n_m = (S_0 c - R_1) h / R_1 c$$

el capital alcanza su máximo S_m y después de ese instante comienza a descender ($\Delta S_n < 0$ para $n > n^*$) hasta que se anule. Esto sucederá cuando $S_n = 0$, o sea cuando $S_n = 0$ en $n = n^*$, vale decir en el momento n^* cuando ocurra que $S_0 h^{n^*} = R_1 h^{n^*-1}$

$$S_0 h = n^* R_1$$

$$n^* = S_0 h / R_1 \quad \text{que es } n^* = S_0 h / R_1 > 1 >$$

después de $n = 1$.

En esta situación, con $r = i = c$, o sea con $a = b = h$, sólo podría garantizarse el crecimiento indefinido del fondo si el rentista no hiciera ningún retiro de dinero nunca ($R_1 = 0$ y $R_n = 0$ para todo n), como se comprueba con la inecuación (16).

7. El caso discreto con hiperinflación. Es cuando la tasa de inflación es mayor que la tasa de rentabilidad: $i > r$, o sea que $b > a$ y $i/r < 1$, $b/a > 1$.

La ecuación en diferencias finitas es la misma ecuación (03) y su solución es la misma función (o, si se quiere, la misma sucesión) que marcamos (04). Pero en este caso es más cómodo presentarla en la forma

$$S_n = S_0 a^n - R_1 \frac{b^n - a^n}{b-a} \tag{04b}$$

para que el quebrado allí indicado tenga numerador y denominador ambos positivos. Se deduce sin ninguna dificultad que en este caso tenemos

$$\Delta S_n = S_0 a^n r - R_1 \frac{b^n i - a^n r}{b-a} \tag{17}$$

Así que el fondo crecería en aquellos momentos (o valores de n) cuando y mientras que

$$S_0(b-a)/R_1 > (b/a)^n (i/r) - 1$$

lo cual sólo puede ocurrir en los primeros y más bajos valores de n ya que la sucesión $(b/a)^n (i/r) - 1$ es creciente indefinidamente con n , por ser $b/a > 1$ y $(b/a)^n$ ser creciente con n de manera indefinida. El fondo pronto alcanza su máximo, cuando $n = m$ y sea $\Delta S_m \geq 0$ (pero $\Delta S_{m-1} > 0$ y $\Delta S_{m+1} < 0$). Esto ocurre cuando

$$S_0 a^m r = R_1 \frac{b^m i - a^m r}{b-a}$$

o sea cuando

$$S_0(b-a)/R_1 = (b/a)^m (i/r) - 1$$

es decir cuando

$$(b/a)^m (i/r) = S_0(b-a)/R_1 + 1$$

y

$$m = \frac{\log_{10} [S_0(b-a)/R_1 + 1]}{\log (b/a)} \tag{18}$$

que existe, es real y positiva cualesquiera que sean los valores de S_0 , de R_1 y de su relación (R_1/S_0). De ese momento en adelante (mientras se tenga que $n > m$), el fondo empieza a mermar, como es fácil comprobarlo con la ecuación (17) y la inecuación $n > m$, siendo m dado por la ecuación (18).

Se anula el fondo en el momento cuando $n = n^*$ y $S_{n^*} = 0$. Esto es, cuando sea

$$S_0 a^{n^*} = R_1 \frac{b^{n^*} - a^{n^*}}{b-a} \tag{19}$$

es decir cuando

$$n^* = \frac{\log_{10} [S_0(b-a)/R_1 + 1]}{\log_{10}(b/a)} \tag{20}$$

y esta expresión existe, es real y positiva para cualquier par de valores de S_0 y R_1 , desde que estos sean finitos y no nulos. Es decir, en estas condiciones de inflación arrasadora ($i > r$), que en economía se llama también "hiperinflación", el rentista termina forzosamente por arruinarse, más tarde o más temprano, no importa qué tan grande sea su capital inicial S_0 ni qué tan pequeños sean sus retiros R_1, R_2, \dots, R_n de fondos periódicos.

8. El caso continuo optimista. Esta es una situación en que la administración del fondo logra que los rendimientos que éste genera le sean pagados con mucha frecuencia, digamos diariamente, aunque esto sea en cantidades muy pequeñas cada día. Desde el punto de vista analítico, esto significa tratar el tiempo como una variable continua, las funciones $S(t)$ de stock de capital y $R(t)$ de retiro de fondos como funciones continuas y derivables (que desde Weierstrass sabemos que no es lo mismo) y tratar el proceso económico como un proceso continuo en el tiempo. La capitalización es continua y no a intervalos finitos, lo mismo que el avance de la inflación y el gasto de fondos de la reserva.

Estamos suponiendo que el índice de inflación $I(t)$ evoluciona también de manera continua y que crece según una ley¹.

$$dI(t)/dt = \beta I(t)$$

1. En Estadística Económica este índice es una función del tiempo histórico, definida positiva, y usualmente creciente, en países con inflación. En Colombia podemos hacerlo proporcional al valor de la canasta familiar, o al índice de precios del comercio al por mayor, o a otros indicadores más refinados.

en donde admitimos que β es constante con el tiempo, lo cual aproxima bastante bien la realidad de algunas situaciones. De aquí resulta

$$I(t) = I(0) e^{\beta t}$$

donde e es la base de los logaritmos naturales ($e = 2.71828182846 \dots$), y ν es la tasa de crecimiento instantáneo del índice $I(t)$. Es usual (pero no necesario) definir $I(0) = 100.00$. Para mantener un ingreso deflactado en moneda corriente $R(t)$ por unidad de tiempo, que sea permanentemente constante, en moneda dura (o en pesos constantes de un mismo mes de cierto año convenido), el rentista debe hacer que $R(t)$ sea proporcional al índice de inflación $I(t)$, vale decir, que en los distintos momentos del tiempo t , se tenga:

$$R(t) \propto I(t)$$

lo que corresponde a

$$R(t) = R_0 e^{\beta t}$$

como es evidente para matemáticos y economistas.

En esta expresión R_0 es la cuota de retiro de fondos por día (o por otra unidad de tiempo muy corta) con que se inicia el proceso: $R_0 = R(t=0)$.

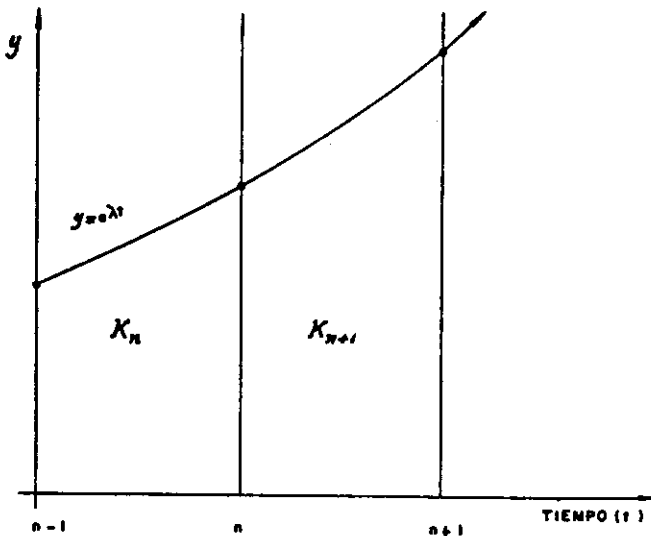


Figura 5.

Si la tasa instantánea de rendimiento del dinero del fondo, por día (o por otra unidad de tiempo muy corta), es α , la cuantía de ese rendimiento es $S \cdot \alpha$ (por día). El balance del fondo se liquida ins-

tante tras instante (digamos día por día, en la práctica) y se expresa en la ecuación diferencial

$$dS(t)/dt = \alpha \cdot S(t) - R_0 e^{\beta t} \tag{21}$$

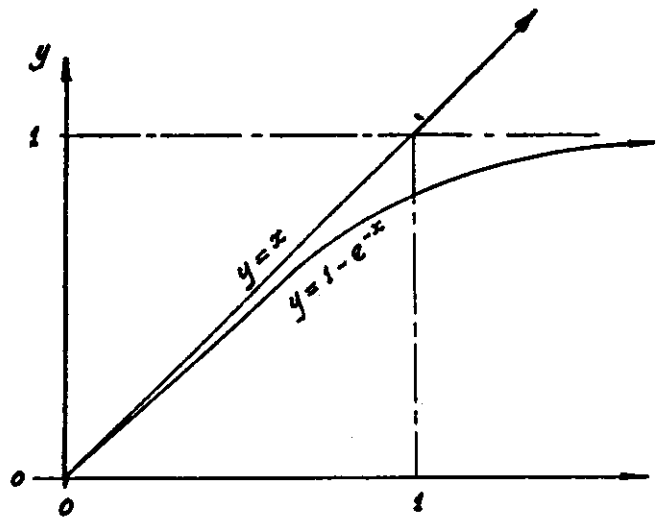


Figura 6

cuyo significado y cuya deducción son casi obvios. Podemos también escribir esta ecuación en la forma más conocida y típica.

$$dS/dt - \alpha S = -R_0 e^{\beta t} \tag{21a}$$

de una ecuación diferencial ordinaria, lineal, de primer orden y no-homogénea.

En cualquier texto de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (como el de la referencia bibliográfica) se encuentra que la solución general de la ecuación anterior es

$$S(t) = e^{\alpha t} \left[- \int R_0 e^{\beta t} \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + A \right] \\ = Ae^{\alpha t} - R_0 e^{\beta t} / (\beta - \alpha) \tag{22}$$

en donde A es una constante arbitraria. En el momento inicial $t = 0$, esta solución da la relación

$$S_0 = A - R_0 / (\beta - \alpha)$$

de donde resulta

$$A = S_0 + R_0 / (\beta - \alpha)$$

y de aquí sustituimos en (22) para tener

$$S = S_0 e^{\alpha t} - R_0 (e^{\alpha t} - e^{\beta t}) / (\alpha - \beta) \tag{22a}$$

La rapidez de aumento o disminución del fondo la obtenemos derivando

$$\dot{S}(t) = dS/dt = \alpha S_0 e^{\alpha t} - R_0 (\alpha e^{\alpha t} - \beta e^{\beta t}) / (\alpha - \beta) \tag{23}$$

$$\ddot{S}(t) = \alpha^2 S_0 e^{\alpha t} - R_0 (\alpha^2 e^{\alpha t} - \beta^2 e^{\beta t}) / (\alpha - \beta) \tag{24}$$

Sustituyendo las ecuaciones (22) y (23) en la ecuación (21) se comprueba fácilmente la validez de la solución encontrada.

Ya se sabe que el fondo crece cuando sea $\dot{S}(t) > 0$; alcanza un máximo en donde puede ser $\dot{S}(t) = 0$ y $\ddot{S}(t) < 0$; y se anula cuando se llegue a $S(t) = 0$.

Hemos llamado "optimista" al caso en que la tasa de rentabilidad (continua y compuesta) α es mayor que la tasa de inflación β (continua y compuesta): $\alpha > \beta$. El fondo crece cuando y en tanto que sea

$$\alpha S_0 e^{\alpha t} - \alpha R_0 e^{\alpha t} / (\alpha - \beta) + \beta R_0 e^{\beta t} / (\alpha - \beta) > 0$$

que es lo mismo que

$$\alpha S_0 > R_0 \left[\alpha - \beta e^{-(\alpha - \beta)t} \right] / (\alpha - \beta)$$

Si aspiramos a que el fondo de capital crezca en todo momento, cualquiera que sea t , necesitamos y es suficiente que

$$(\alpha - \beta) \cdot \alpha S_0 / R_0 > \max_t \left[\alpha - \beta e^{-(\alpha - \beta)t} \right] = \alpha \quad (\text{para } t = +\infty) \tag{25}$$

es decir, que hagamos

$$R_0 < (\alpha - \beta) S_0$$

Si R_0 es mayor que $(\alpha - \beta)S_0$, el fondo aún puede crecer durante un tiempo, hasta llegar a lograr un máximo cuando se tenga

$$S(t_m) = 0 \quad \text{y} \quad \ddot{S}(t_m) < 0$$

es decir, cuando sea

$$e^{(\alpha - \beta)t_m} = \frac{R_0}{(\alpha / \beta) [R_0 - S_0(\alpha - \beta)]}$$

o bien

$$t_m = \frac{\log_e \left\{ (R_0 \beta / \alpha) \div [R_0 - S_0(\alpha - \beta)] \right\}}{\alpha - \beta} \tag{26}$$

Para que este valor de t_m sea real y positivo es suficiente y necesario que

$$R_0 \beta / \alpha > R_0 - S_0(\alpha - \beta)$$

o sea que necesitamos y basta que se tenga

$$R_0 < \alpha S_0$$

aunque sea $R_0 > S_0(\alpha - \beta)$. Un cálculo algebraico sencillo, que se deja al lector, permite substituir la expresión (26) en la (24) y demostrar así que:

$$\ddot{S}(t_m) < 0.$$

De ese momento en adelante, cuando ya t es $t > t_m$, el fondo entra en declinación porque

$$S(t) < 0 \quad \text{para } t > t_m,$$

como es fácil comprobarlo usando las expresiones (23) y (26). Y se agota totalmente cuando sea $t = t^*$ tal que

$$S(t^*) = 0: 0$$

es decir, que

$$(\alpha - \beta)S_0 + R_0 e^{-(\alpha - \beta)t^*} - R_0 = 0$$

o sea que

$$t^* = - \frac{\log_e \left[1 - (\alpha - \beta)S_0 / R_0 \right]}{\alpha - \beta} \tag{27}$$

a condición, claro está, de que el corchete en el numerador sea positivo pero menor que uno:

$$0 < 1 - (\alpha - \beta)S_0/R_0 < 1$$

que quiere decir que

$$R_0 > (\alpha - \beta) S_0$$

Vale decir que el fondo de capital se arruinará, más pronto o más tarde, si el régimen de retiros ha empezado en $R_0 > (\alpha - \beta) S_0$, aun en esta situación "optimista" de que la tasa de rentabilidad α sea mayor que la de inflación β .

9. El caso continuo con rentabilidad igual a la inflación. Tenemos aquí $\alpha = \beta = \epsilon$ y la solución (22) se convierte en

$$S(t) = Ae^{\epsilon t} - R_0 t e^{\epsilon t} \quad (28)$$

lo cual se deduce aplicando la regla de L'Hôpital a la ecuación (22). Resulta que la velocidad de crecimiento es

$$S(t) = S_0 \epsilon e^{\epsilon t} - R_0 t \epsilon e^{\epsilon t} - R_0 e^{\epsilon t}$$

En la forma en que ya lo hemos hecho, deducimos que: (1) el fondo crece en los primeros tiempos posteriores a $t = 0$ si el régimen de retiro R_0 y esos primeros tiempos cumplen la desigualdad

$$t \epsilon < 1 + S_0 \epsilon / R_0 ;$$

(2) además, observando esta inecuación se deduce que este fondo (con α y β iguales y con un valor común ϵ bien determinado) no puede aumentar indefinidamente, sean cuales sean los valores (positivos y fijos) de S_0 y R_0 ; (3) alcanza su valor máximo cuando $\dot{S}(t_m) = 0$ y $\ddot{S}(t_m) < 0$, esto es, cuando $t_m = (S_0 \epsilon / R_0 - 1)$ si es que $R_0 < S_0 \epsilon$; y finalmente (4) se anula, forzosamente, cuando $S(t^*) = 0$, que es en $t^* = S_0/R_0$ (siendo $t^* > t_m$, como puede comprobarse analíticamente, si $\epsilon < 2$).

10. El caso continuo con hiperinflación. En condiciones de hiperinflación, cuando $\epsilon > \beta$, la solución a la ecuación (21) puede escribirse de manera más conveniente como

$$S(t) = \left[S_0 + R_0 / (\beta - \alpha) \right] e^{\alpha t} - R_0 e^{\beta t} / (\beta - \alpha)$$

donde $\beta - \alpha$ es positivo. La rapidez de aumento (o de merma) del fondo será

$$S(t) = \alpha \left[S_0 + R_0 / (\beta - \alpha) \right] e^{\alpha t} - \beta R_0 e^{\beta t} / (\beta - \alpha)$$

y mientras esta expresión sea positiva ($S(t) > 0$) el fondo aumentará. Ello sucede mientras se tenga

$$\alpha \left[S_0 + R_0 / (\beta - \alpha) \right] e^{\alpha t} > \beta R_0 e^{\beta t} / (\beta - \alpha)$$

o bien, simplificando esta inecuación, cuando

$$\alpha S_0 > e^{(\beta - \alpha)t}$$

o sea, mientras sea ún

$$t < \left[1 / (\beta - \alpha) \right] \log_e (\alpha S_0 / R_0)$$

admitiendo, por supuesto, que $\alpha S_0 > R_0$ pues de lo contrario ese fondo no conoce ninguna época de crecimiento, sino que cae desde el primer momento.

Se llega al máximo de las reservas nominales de capital cuando $\dot{S}(t) = 0$ y $\ddot{S}(t) < 0$, o sea cuando

$$\alpha \left[S_0 + R_0 / (\beta - \alpha) \right] e^{\alpha t} = \beta R_0 e^{\beta t} / (\beta - \alpha)$$

o sea cuando

$$t_m = \left[1 / (\beta - \alpha) \right] \log_e (\alpha S_0 / R_0) \quad (29)$$

y la ecuación (24) muestra que en ese momento se tiene $\ddot{S}(t_m) < 0$.

Finalmente, el fondo se extingue cuando $S(t^*) = 0$, es decir

$$(\beta - \alpha) S_0 + R_0 = R_0 e^{(\beta - \alpha)t^*}$$

de donde resulta que la duración del fondo es

$$t^* = \frac{\log_e \left[(\beta - \alpha) S_0 / R_0 + 1 \right]}{\beta - \alpha} \quad (30)$$

y este valor existe y es positivo para todo S_0 y todo R_0 . Es decir, si $\beta > \alpha$, el ahorrador que vive de sus ahorros comienza mente llegará a arruinarse.

11. El proceso continuo contra el discreto. Es importante examinar si entre la modalidad dis-

creta y la continua hay diferencias sustantivas en los resultados que encontramos.

Primeramente calcularemos sobre la Fig. 5 el área bajo la curva monótonicamente creciente $y = e^{\lambda t}$, para obtener

$$K_n = \int_{n-1}^n e^{\lambda t} dt = e^{\lambda n} (1 - e^{-\lambda}) / \lambda \quad (\text{con } \lambda > 0) \tag{31}$$

de donde

$$K_{n+1} = e^{\lambda(n+1)} (1 - e^{-\lambda}) / \lambda$$

$$y \quad K_{n+1} / K_n = e^{\lambda} \tag{31a}$$

De manera que si escribimos entre K_{n+1} y K_n la relación

$$K_{n+1} = K_n (1 + x)$$

en donde x sea la tasa porcentual de aumento relativo interanual, tendremos

$$e^{\lambda} = 1 + x \text{ o sea } x = e^{\lambda} - 1 \tag{32}$$

Entonces, entre los procesos continuos y discretos tendremos las identidades

$$a = 1 + r = e^{\alpha} \quad b = 1 + i = e^{\beta}$$

$$a - b = r - i = e^{\alpha} - e^{\beta}$$

refiriéndonos a las ecuaciones (03) y (21), de pronóstico "optimista".

Ya vimos, en el caso discreto que, si $(a - b) S_0 < R_0 < \alpha S_0$, el rentista acaba por arruinarse y que ello ocurre en el plazo dado por la expresión (13)

$$n^* = \frac{\log_e [1 - S_0(a-b)/R_1]}{\log (b/a)}$$

En el caso continuo, al ahorrador le sucede lo mismo, y eso le ocurre en un plazo t^* dado por la expresión

$$t^* = - \frac{\log_e [1 - S_0(\alpha - \beta)/R_0]}{\alpha - \beta} \tag{33}$$

según la ecuación (27).

Durante el primer año, el retiro total de fondos, en la forma continua, sería de acuerdo con la ecuación (31-a),

$$R_1 = R_0 e^{\alpha}$$

de modo que el plazo de supervivencia del capital, antes de que se agote, sería, en el proceso discreto, en número de períodos:

$$n^* = \frac{\log_e [1 - S_0(e^{\alpha} - e^{\beta})/R_0 e^{\alpha}]}{\log_e (e^{\beta} / e^{\alpha})}$$

$$= - \frac{\log_e [1 - S_0 [1 - e^{-(\alpha - \beta)}] / R_0]}{\alpha - \beta}$$

En la Fig. 6 se recuerda la gráfica de la función $y = 1 - e^{-x}$ con $x = 0$ y de la función $y \geq x$ con $x = 0$. En la gráfica se observa que, para todo valor de x que sea positivo, la función $y = x$ es

$$x > 1 - e^{-x}$$

y por tanto, cualesquiera que sea α y β , ($\beta < \alpha$), se tendrá

$$\alpha - \beta > 1 - e^{-(\alpha - \beta)}$$

y por lo tanto, observando los signos de los términos, deducimos que

$$-\ln \left\{ 1 - S_0 \left| 1 - e^{-(\alpha - \beta)} \right| / R_0 \right\} < - \ln \left\{ 1 - S_0(\alpha - \beta) / R_0 \right\} \tag{*}$$

y en consecuencia

$$n^* < t^*$$

Esto significa que al ahorrador-rentista le dura más el fondo de capital (en las condiciones $\alpha > b$, $\alpha > \beta$ $S_0(a-b) = S_0(r-i) < R_0 > S_0(\alpha - \beta)$) si lo administra de manera continua, con retiros y liqui-

(*) $\ln =$ logaritmo natural

dación de rendimientos diarios (y ojalá horarios) aunque sean pequeños, que si lo hiciera anualmente o mensualmente.

APENDICE: Ejemplos numéricos

Los casos que se indican a continuación son ejemplos numéricos para algunas de las situaciones que ya hemos analizado.

Caso 1. Tomemos

$$S_0 = \$100 \text{ millones} = \$100 \text{ MM} (*)$$

$$r = 30\%/año = 0.3/año \Leftrightarrow a = 1.3$$

$$i = 20\%/año = 0.2/año < r \Leftrightarrow b = 1.2$$

$$R_1 = \$5\text{MM en el primer año}$$

Observación: Aquí se tiene $R_1 = \$5\text{MM} < S_0$
 $(r-i) = S_0 (a-b) = \$100\text{MM} \times (0.3-0.2)$.

La ecuación de recurrencia es en este caso

$$S_{n+1} = S_n (1+r) - R_{n-1} = 1.3S_n - R_1 b^{n-1}$$

$$= 1.3 S_n - \$10\text{MM} \times R_1 \times 1.2^{n-1}$$

Año (n)	Saldo al fin del año (S_n)	Retiro durante el año (R_n)
0	\$ 100.00 MM	—
1	125	\$ 5 MM
2	156.5	6
3	196.25	7.2
4	246.485	8.64
5	310.0625	10.368
6	390.6396	12.4416
7	492.9016	14.9299
8	622.8562	17.9159
9	788.2139	21.4990
10	998.8792	25.7889
⋮	⋮	⋮

En estas condiciones el fondo seguirá creciendo indefinidamente debido a que $R_1 < S_0 (r-i)$.

Caso 2. Tomemos

$$S_0 = \$100 \text{ millones} = \$100\text{MM}$$

$$r = 30\%/año = 0.3/año \Leftrightarrow a = 1.3 \text{ cada año}$$

$$i = 20\%/año = 0.2/año < r \Leftrightarrow b = 1.2 \text{ cada año}$$

$$R_1 = \$10\text{MM en el primer año}$$

* Usamos el símbolo "MM" para indicar "millones", siguiendo una práctica muy usada por los analistas financieros en EE. UU. y por los economistas del Fondo Monetario Internacional.

Observación: Aquí se tiene $R_1 = \$10 \text{ MM} = S_0 (r-i) = S_0 (a-b) = \$100 \text{ MM} \times (0.3 - 0.2)$.

La ecuación de recurrencia es en este caso

$$S_{n+1} = S_n (1+r) - R_{n-1} = S_0 b^n$$

$$= 1.3 S_n - R_1 b^{n-1} = 1.3 S_0 - \$10 \text{ MM} \times 1.2^{n-1}$$

y la evolución del fondo de ahorro está descrita por las siguientes series:

Año (n)	Saldo al fin del año (S_n)	Retiro durante el año (R_n)
0	\$ 100.00 MM	—
1	120	\$ 10.00 MM
2	144	12
3	172.8	14.4
4	207.36	17.28
5	248.832	20.736
6	298.594	24.8832
7	358.32792	29.8594
8	429.9848	35.8329
9	515.9821	42.9984
10	619.1789	51.5982
11	743.0148	61.9179
12	891.6177	74.3015
⋮	⋮	⋮

Aquí el fondo seguirá creciendo indefinidamente según la ley $S_n = S_0 b^n$ por el hecho de que $S_0 (a-b) = S_0 (r-i) = R_1$, lo cual ya se demostró.

Caso 3. Tomemos

$$S_0 = \$100 \text{ MM}$$

$$r = 30\%/año = 0.3/año \Leftrightarrow a = 1.3 \text{ cada año}$$

$$i = 20\%/año = 0.2/año \Leftrightarrow b = 1.2 \text{ cada año} < a$$

$$R_1 = \$20\text{MM en el primer año}$$

Observaciones: Aquí se tiene $a > b (r > i)$ y $S_0 (a-b) = \$10\text{MM} < R_1 = \$20\text{MM} < S_0 a = \$30 \text{ MM}$.

Numéricamente la ecuación de recurrencia queda

$$S_{n+1} = 1.3 \times S_n - R_1 \times 1.2^n = 1.3 \times S_n - 20\text{MM} \times 1.2^n$$

Año (n)	Saldo al fin del año (S_n)	Retiro durante el año (R_n)
0	\$ 100.00 MM	—
1	110	\$ 20 MM
2	119	24
3	125.9	28.8
4	129.11	34.56
5	126.371	41.472
6	114.5159	49.7664
7	89.15099	59.7197
8	44.2327	71.6636
9	-28.4939(*)	85.9963 (*)

Nota: (*). En realidad sería $S_9 = 0$, $R_9 = \$ 44.2327$ MM, por obvia razón.

En este caso el fondo arranca creciendo hasta un máximo nominal

$$S_m = S_4 = \$129.11 \text{ MM}$$

Según la fórmula (12) el fondo alcanza su máximo cuando

$$m = \frac{\ln \left\{ (r/i) \left[1 - S_0(a-b)/R_1 \right] \right\}}{\ln(b/a)} = \frac{\ln \left\{ 1.5 \left[1 - 100\text{MM} \times 0.1/20\text{MM} \right] \right\}}{\ln(1.2/1.3)} = 3.59 \text{ año}$$

$$m = 4 \text{ años}$$

y se acaba, según la fórmula (13) en el año

$$n^* = \frac{\ln \left[1 - S_0(a-b)/R_1 \right]}{\ln(b/a)} = \frac{\ln(1 - 100\text{MM} \times 0.1/20\text{MM})}{\ln(1.2/1.3)} = 8.6597 \text{ años}$$

$$= 9 \text{ años}$$

Usando la fórmula (33), el lector podrá, con su calculadora de mano comprobar que el fondo dura más si se le maneja y se le administra de manera continua, como ya lo afirmamos.

Bibliografía

- Agnew, R.F. 1968. *Ecuaciones Diferenciales*. Trad. del inglés. UTEHA, México 500 p.
- Allen, R.G.D. 1960. *Mathematical Economics*. MacMillan and Co. New York. 812 p.
- Henderson, M. & R. Quant. 1958. *Microeconomic Theory*. Mac Graw-Hill, New York, 291 p.
- Jordan, C. 1965. *Calculus of Finite Differences*. Chelsea Publishing Company. New York. 654 p.
- Samuelson, P.A. 1964. *Economics. An Introductory Analysis*. Mc Graw-Hill. New York. 838 p.

EVALUACION DE COBRE Y PLOMO EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE DOS BAHIAS DE LA COSTA PACIFICA COLOMBIANA

por

Luis Enrique Lesmes* y Lorenzo Panizzo**

Resumen

Lesmes, L.E., & L. Panizzo: Evaluación de Cobre y Plomo en sedimentos superficiales de dos bahías de la Costa Pacífica Colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 18 (69): 239-246, 1991. ISSN 0370-3908.

Mediante el estudio de sedimentos en fracciones sucesivas o selectivas se estableció el grado de contaminación por Cu y Pb en las bahías de Buenaventura y Bahía Solano. El contenido de Cu en materia orgánica varía en Buenaventura entre 27.7% y 44.8% del total del sedimento, lo cual indica acumulación por contaminación moderada; en Bahía Solano varía entre 3.41% y 7.35% presentándose más del 80% del contenido en la fase inmóvil. En ambos casos el Pb sólo aparece en la fracción silicatada, lo que permite concluir que no hay contaminación.

Abstract

This paper presents the results of the contamination degree by copper and lead in Buenaventura Bay and Solano Bay as reference zone. The presence of this two metals is investigated in five sediment fractions by selective extractions. Its contents are related with environmental variables and with characterization parameters of the sediment. Copper associated with organic matter is between 27.7 and 44.8 percent of the total in the sediment in Buenaventura Bay and 3.41 to 7.35 percent in Solano Bay. These results are indicating an accumulation of copper in the organic phase. This metal in Solano Bay is mainly in the silicated fraction (above 80% of the total in the sediment). Lead was only found in the residual phase. The enrichment factors of Buenaventura Bay referred to Solano Bay, are indicating a moderate degree of contamination by copper and absent for lead.

Introducción

La Costa Pacífica Colombiana tiene una longitud de 1300 Km, predominando los climas de tierras bajas ecuatoriales muy húmedas con precipitaciones superiores a los 5000 mm. Constituye una

unidad económica, étnica y socio-cultural, como consecuencia de las características geográficas y ecológicas del entorno. El litoral pacífico es un sistema amplio y complejo donde actúan de manera ligada factores físicos, químicos, biológicos, geológicos y meteorológicos (DIMAR 1991). Estos factores pueden verse afectados por las actividades humanas, produciendo desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos de los cuales depende la subsistencia de ecosistemas y recursos.

* Ingeominas, Santafé de Bogotá, D.C., - Colombia.

** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.

La Bahía de Buenaventura pertenece al departamento del Valle del Cauca y allí se encuentra enclavado el municipio del mismo nombre. Buenaventura cuenta con una población de 193.185 habitantes según censo de 1985 (DANE 1987). Es el puerto más importante de Colombia en el Pacífico y absorbe buena parte del comercio marítimo que se realiza entre el estrecho de Magallanes al sur del continente y el canal de Panamá al norte. La zona

franca industrial de esta ciudad muestra una vigorosa actividad comercial en torno a las exportaciones colombianas. Las descargas a la bahía procedentes de las industrias química, alimenticia, pesquera, maderera, petrolera y minera no tienen tratamiento (Panizzo, 1982); según (Escobar), las descargas domésticas son del orden de 7500 Ton DBO/año. El movimiento portuario del terminal fue de 3.182.119 toneladas en 1977 de las cuales al cabotaje corresponden 359.617 (IGAC 1982)

Bahía Solano está situada al norte en el departamento del Chocó; al fondo de la bahía se encuentra localizada la población de Bahía Solano o Ciudad Mutis con 5.674 habitantes según censo de 1985. La actividad principal es el turismo. El arribo a la población se hace por vía aérea o marítima, pero se tiene en proyecto la construcción de una carretera que la una con el interior del país. A excepción de una incipiente pesquería no existe desarrollo industrial.

El Plan Ambiental del Pacífico Sur, auspiciado por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS 1984), afirma dentro del estudio colombiano referente a la calidad de aguas, sedimentos y organismos procedentes de la Ensenada de Tumaco y Bahía de Buenaventura, que las altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos tienen probablemente origen geoquímico (Fernández, 1987). Por otra parte, (Escobar, 1983), en su diagnóstico sobre la contaminación de las zonas costeras colombianas, sostiene que existen limitantes en la profundidad y alcance de la información y concluye que en la actualidad solo amerita establecer programas tendientes a obtener información básica.

La evaluación de metales pesados en sedimentos marinos desempeña un papel importante en la detección de las fuentes de contaminación de los sistemas acuáticos, pudiéndose utilizar como indicadores en estudios ambientales, debido a que bajo ciertas condiciones la fuente del metal se puede identificar no obstante haber transcurrido algún tiempo después de la descarga (Forstner, 1979).

Los sedimentos actúan como sumidero de la mayor parte de los contaminantes y como resultado de esta circunstancia la concentración de los elementos en sedimentos es muchas veces mayor que la correspondiente a las aguas naturales. La química de los sedimentos da una medida de la calidad del agua y la potencialidad de los contaminantes.

La forma como está asociado el metal en el sedimento depende de las condiciones fisicoquímicas, la actividad biológica y las características geológicas del medio. Su conocimiento aporta información respecto a su origen, disponibilidad física, química, biológica y de impacto ambiental. La composición del sedimento depende de la clase de rocas que lo originaron, la erosión y meteorización, influencia del clima, condiciones hidrobiológicas, morfológicas y usos de la costa adyacente.

Según la forma de presentación del metal en el sedimento, el método de extracción para su análisis será específico. Con el objeto de cuantificar los metales traza contenidos en los sedimentos, los investigadores han empleado diferentes procedimientos de digestión y extracción; sin embargo, sus resultados no son comparables debido a que no se ha tenido en cuenta la forma en que los elementos en cuestión se asocian con los distintos componentes o fases del sedimento; este hecho constituye un problema para su interpretación geoquímica y ambiental. El uso del procedimiento de extracciones selectivas o secuenciales permite estimar el perfil de asociación, su disponibilidad y por consiguiente los riesgos potenciales que representan los metales en los sedimentos, ya que bajo determinadas condiciones pueden transferirse a la columna de agua o hacerse biológicamente disponibles (Brannon y col., 1977).

Uno de los esquemas de extracción secuencial más empleado es el de Tessier y col. (1979), quienes distinguen cinco fracciones: intercambiables; asociados a carbonatos; asociados con formas reducibles; con materia orgánica y compuestos oxidables; y la fracción residual o asociados con formas silicatadas.

Con base en el método de Tessier y la técnica de absorción atómica se proporciona información sobre el estado de contaminación por cobre y plomo en sedimentos pertenecientes a las Bahías de Buenaventura y Solano, como resultado de la influencia continental y las actividades culturales. Se estudia además, la distribución geoquímica de los citados elementos en sedimentos superficiales pertenecientes a estas bahías. Se investigan relaciones de causalidad entre las concentraciones de cobre y plomo en los sedimentos y algunas variables oceanográficas medidas y las que caracterizan estos materiales. En todos los casos Bahía Solano se toma como referencia debido a su calidad natural.

Materiales y Métodos

Toma de muestras y análisis de campo

En las áreas geográficas de las Bahías de Buenaventura y Solano se fijaron localidades y se establecieron estaciones conforme se indica en las Figs. 1 y 2.

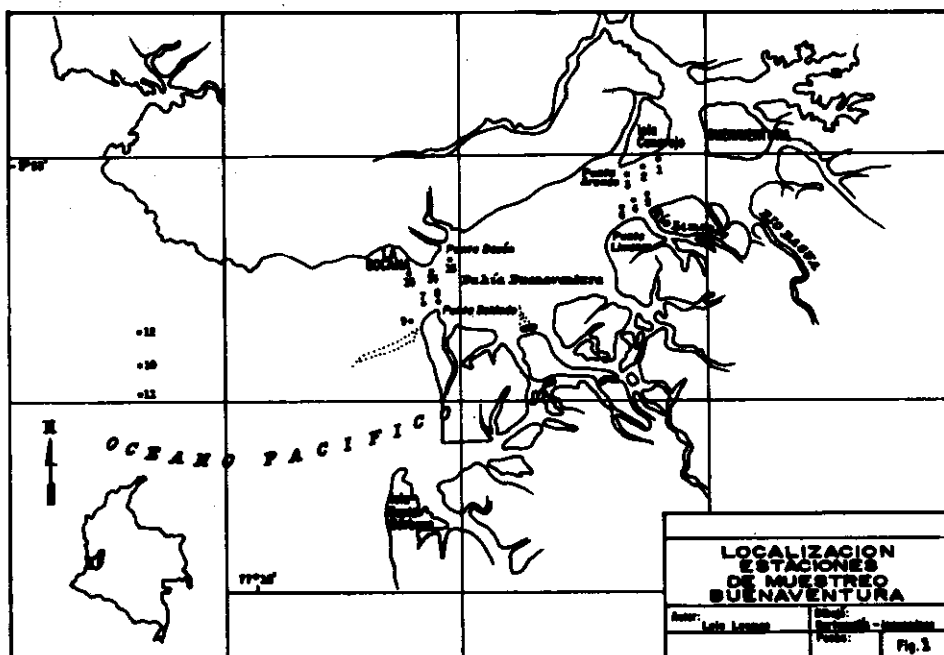


Figura 1

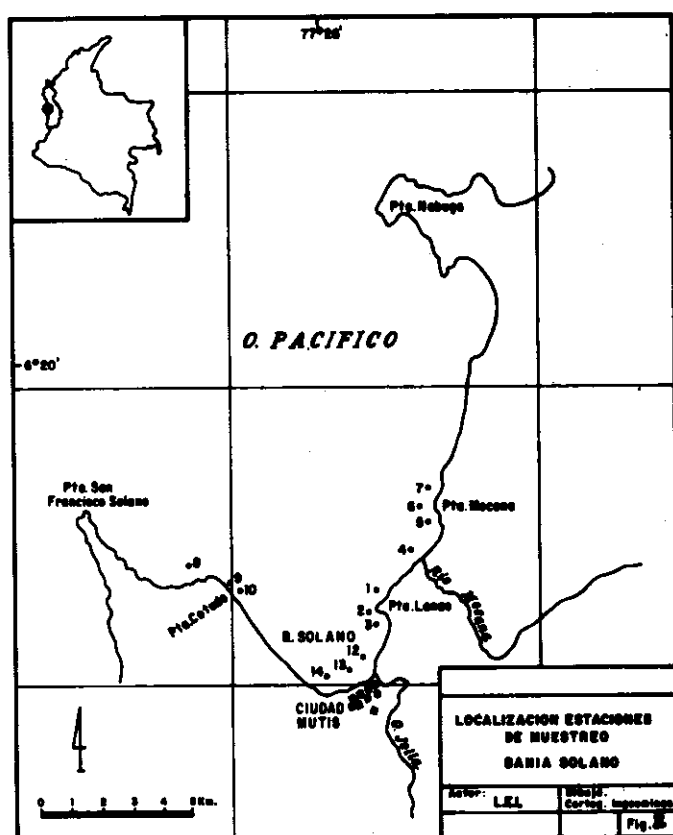


Figura 2

Se tomaron muestras en dos períodos siguiendo el concepto de las épocas de alta y baja escorrentía (Ramírez, 1986), en las siguientes fechas:

Bahía	Alta escorrentía	Baja escorrentía
Buenaventura	marzo 29/89	junio 15/89
B. Solano	abril 4/89	junio 19/89

Las muestras de sedimento fueron tomadas utilizando una draga Eckman; en cada muestra se extrajo la máxima cantidad de agua; las muestras se

congelaron, codificaron y empaclaron en bolsas plásticas para su transporte a los laboratorios.

Muestras de agua. En cada localidad se seleccionó una estación para la toma de muestra de agua, la botella de recolección se situó a aproximadamente 50 cm del fondo. A cada muestra se le midió el pH, la salinidad, el oxígeno disuelto (método modificado de Winkler) y la temperatura.

Sedimentos. Las muestras se secaron a 65°C durante 48 horas. Se tamizaron a través de malla plástica de 1 mm (ASTM 18). Después de las operaciones de homogenización y cuarteo se tamizaron por malla de material sintético de 0.075 mm (ASTM 200).

Características del Sedimento. En la fracción de tamaño menor de 0.075 mm, se determinaron las siguientes características: Materia orgánica, según el método de Walkley Black Jackson, (Jackson, 1967); contenido de Carbonatos por método gasométrico (Rader, 1961); textura por el método de Boyoucos (Vives, 1981).

Contenido de metales en el sedimento. En la muestra con tamaño de partícula menor que 0.075 mm, se determinaron los elementos cobre y plomo siguiendo el esquema de extracción secuencial de Tessier y col. (1978) (ver Diagrama 1). Las fracciones analizadas fueron: Intercambiable, metales asociados con carbonatos, con fracción reducible, con materia orgánica y compuestos oxidables y fracción residual o silicatada.

La cuantificación se llevó a cabo por espectrofotometría de absorción atómica en un equipo Per-

ESQUEMA DE EXTRACCIONES SELECTIVAS
(© Tessier y Col 1979)

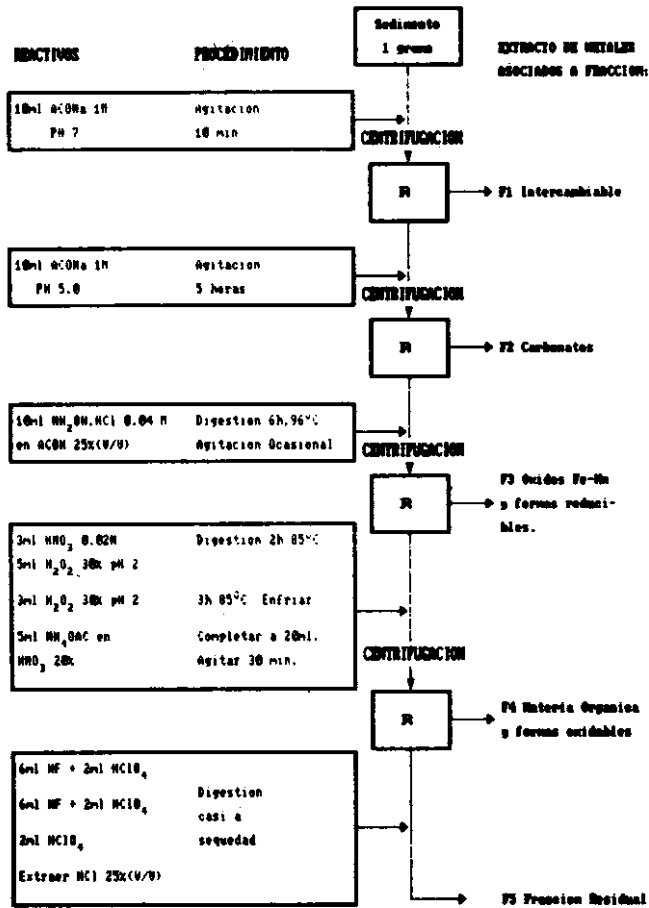


Diagrama 1

kin Elmer modelo 306. Todos los análisis se realizaron por duplicado y no se encontraron interferencias de tipo matricial. La calidad de los resultados se controló analizando la muestra de referencia

USGS Marine Mud MAG tomando los valores señalados por Tessier y col, (1980) como datos de comparación. Los resultados de precisión y exactitud se consignan en la Tabla 1.

Resultados y Discusión

Condiciones oceanográficas

Salinidad. Las variaciones de la salinidad en las distintas estaciones se ilustran en la Fig. 3. En Bahía Solano la menor salinidad se presenta en la estación de Punta Cotudo. Esta zona es el punto de convergencia de la deriva de litoral procedente del sur y la que viene de la bahía, asociadas a su vez con el transporte de aguas continentales de las quebradas Chadó, Jella y Río Mecana.

En Buenaventura se presenta un aumento de la salinidad a medida que se aleja de la influencia de las corrientes continentales. En esta localidad los valores de salinidad son los típicos de un sistema estuarino.

pH. Al igual que la salinidad los valores de pH son más bajos en Buenaventura que en Bahía So-

Tabla 1

Control de la exactitud. Extracciones selectivas. Patrón USGS MSG-1 Marine Mud.

Elemento	Fracción	Intercambiable		Carbonatos		Reducible		Materia Organica y Oxidables		Residual		Total	
		VALOR PROMEDIO	VE	VALOR PROMEDIO	VE	VALOR PROMEDIO	VE	VALOR PROMEDIO	VE	VALOR PROMEDIO	VE	VALOR PROMEDIO	VE
C u	µg/g	10.20	0.3*0.1	0.37	<0.4	0.38	<0.4	6.5	7.2*0.7	16.2	19.8*1.7	29.8	27.1*1.2
	µg/g			0.05		0.02		0.30		1.5		2.3	
	CV %			13.5		5.2		4.6		9.2		7.7	
	Prueba t 5 %							tcal 4.34	ttab 4.300	tcal 4.15	ttab 4.300	tcal 2.60	ttab 4.300
								No diferencia		No diferencia		No diferencia	
P b	µg/g	10.8	10.8	4.2	4.5*0.5	4.5	4.2*0.4	3.2	2.5*1.0	12.5	12.6*1.5	25.5	23.8*0.7
	µg/g			0.77		0.35		0.77		0.47		1.9	
	CV %			18.3		7.8		24.0		3.5		7.4	
	Prueba t 5 %			tcal 0.7	ttab 4.300	tcal 1.40	ttab 4.300	tcal 1.59	ttab 4.300	tcal 3.51	ttab 4.300	tcal 1.54	ttab 4.300
				No diferencia		No diferencia		No diferencia		No diferencia		No diferencia	

En todos los casos el contenido del elemento en cada fracción es el promedio de tres determinaciones.

S Desviación estándar obtenida a partir del Rango (DEAN R.D.1951)

CV Coeficiente de variación.

VE Valor reportado (Tessier, A. y Col 1980)

tcal Percentil de la distribución t calculado.

ttab Percentil de la distribución t tabulado.

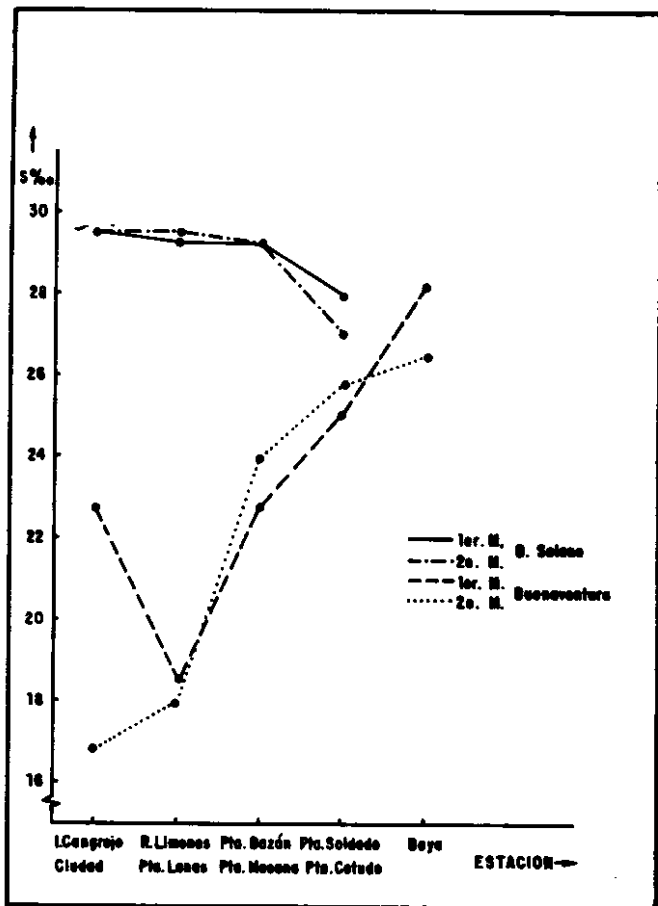


Figura 3. Variación de la salinidad

lano, debido a los aportes continentales. En ambas zonas el pH es menor para la época de mayor escorrentía. Los resultado se ilustran en la Fig. 4.

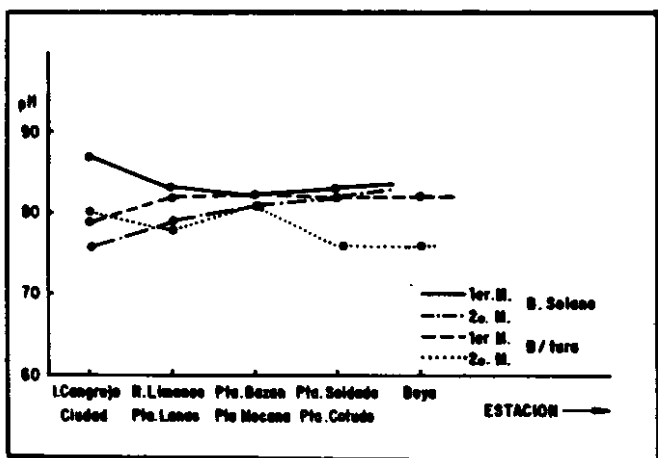


Figura 4. Variación del pH

Oxígeno disuelto. En Buenaventura el porcentaje de saturación de oxígeno más bajo se presentó en Punta Bazán (69%) como consecuencia de las descargas domésticas de la población de La Bocana. El valor relativamente bajo en la estación de La Boya (69%) está relacionado con la profundidad en la cual se efectuó la medida (14 m). En términos generales, las concentraciones de oxígeno son adecuadas para mantener la flora y la fauna.

En Bahía Solano las condiciones de saturación son excelentes; los valores varían de 100 a 87% para la baja esocorrentía y 86 a 79% en alta escorrentía. Los resultados se ilustran en la Fig. 5.

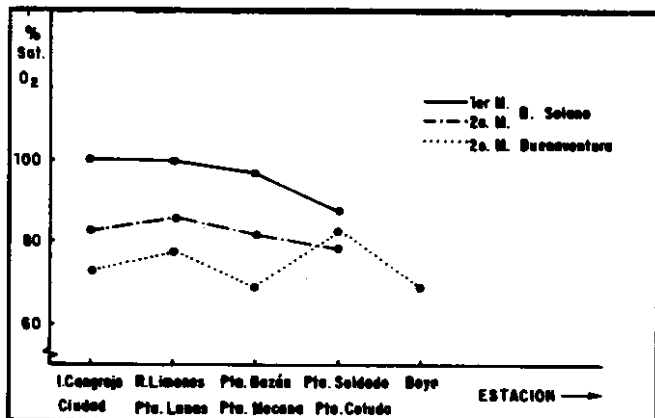


Figura 5. Variación % saturación O₂

Caracterización de los sedimentos

Tamaño de partícula. Desde el punto de vista ambiental resulta importante tener en cuenta los tamaños de los limos y arcillas por ser los mayores retenedores de metales. En términos generales estos tamaños son más abundantes en Buenaventura que en Bahía Solano. La Tabla 2 resume los resultados obtenidos.

Tabla 2

Los valores extremos de tamaños de partícula

Buenaventura	Arena %	Limo %	Arcilla %
Baja escorrentía	20 - 88	7 - 66	5 - 27
Alta escorrentía	16 - 95	10 - 66	8 - 30
Bahía Solano			
Alta escorrentía	47 - 93	3 - 36	4 - 11
Baja escorrentía	60 - 93	1 - 56	4 - 17

En Buenaventura el contenido de limos depende de la ubicación geográfica, en esta zona la textura predominante es la franco-limosa y franca, mientras que en Bahía Solano la textura tiende a ser arenosa.

Materia orgánica. En Buenaventura los valores mínimos coinciden con la estación más alejada de la influencia continental. Los límites encontrados para la materia orgánica están entre 3.58 - 6.19% y 3.41 - 7.35% para la baja y alta escorrentía respectivamente. Se halló un aumento del contenido de materia orgánica en la segunda toma de muestras, poniéndose de manifiesto el efecto de la mayor escorrentía.

En Bahía Solano para la época de baja escorrentía, el máximo contenido de materia orgánica se registró en las estaciones cercanas a la población de Ciudad Mutis. Sólo se presentaron tres valores superiores a 1.5%, los demas son inferiores a 0.52%. Comparando las dos bahías se advierte contaminación orgánica en Buenaventura.

Carbonatos. En Buenaventura, en las dos oportunidades de toma de muestra, las concentraciones

de carbonatos estaban por debajo del límite de detección (0.04% como CO₂). En Punta Cotudo, estación perteneciente a Bahía Solano se presentan contenidos que oscilan en ambas épocas entre 1.16 y 3.32% como CO₂; en las demás estaciones no se detectaron carbonatos.

Elementos cobre y plomo en los sedimentos

Fracción Intercambiable. Desde el punto de vista ambiental esta fracción es muy importante. Los resultados encontrados indican que los elementos cobre y plomo no se presentan asociados con esta fracción.

Metales asociados con la fracción de carbonatos. El cobre se presenta en mayor proporción en los sedimentos de Buenaventura que en los de Bahía Solano.

Para la Bahía de Buenaventura el porcentaje de aporte de cobre a esta fracción con respecto al

contenido total está entre 5.3 – 2.5 % para baja escorrentía y 1.6 – 3.6 en alta escorrentía en el área de Buenaventura. En Bahía Solano estos límites están entre 1.9 – 8.0% en las dos oportunidades. Analizando todos los resultados se aprecia una tendencia hacia valores bajos en la época de alta escorrentía como consecuencia de la disminución del pH.

Fracción reducible. Los metales asociados con esta fracción son móviles; su estabilidad depende de las condiciones redox y de la actividad bacteriana. Bajo condiciones reductoras éstos se liberan hacia la columna de agua. En Bahía Solano, dadas las condiciones de saturación de oxígeno, esta fracción es el mayor sumidero de cobre móvil en los sedimentos, lo cual concuerda con los bajos contenidos de materia orgánica y las altas concentraciones de hierro y manganeso encontrados. En Buenaventura la relación es justamente opuesta como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Cobre asociado con la fracción residual

VARIABLES AMBIENTALES Y DEL SEDIMENTO						
Bahía	Escorrentía	Límites % Cu del Total en el sedimento	Límites % Saturación O ₂	Límites % materia orgánica en sedimento	Límites %Fe sedimento	Límites % Mn en sedimento
Solano	Baja	4.5 – 12.7	100 – 87	0.24 – 2.94	8.6 – 15.0	0.14 – 0.33
	Alta	3.4 – 12.2	86 – 79	0.21 – 1.53	8.1 – 18.1	0.13 – 0.33
Buenaventura	Baja	2.9 – 4.4		3.53 – 6.19	6.1 – 7.3	0.09 – 0.18
	Alta	2.1 – 5.0	69 – 83	3.41 – 7.35	6.1 – 6.8	0.09 – 0.17

En las bahías investigadas, la fracción reducible de los sedimentos analizados no presentan concentraciones detectables de plomo.

Fracción de metales asociados con materia orgánica y formas oxidables. Es una fracción móvil y biodisponible; los sedimentos pertenecientes a la Bahía de Buenaventura poseen en ésta el mayor aporte de cobre, resultado que está en relación con las 7500 tonDBO/año señaladas por Escobar. Para el caso de Bahía Solano esta fracción contiene las concentraciones más bajas de cobre y están conectadas con las 250 tonDBO descargadas a la bahía por año según el mismo autor.

Los límites en términos del porcentaje de cobre asociado con esta fracción, respecto del contenido total y los valores de materia orgánica se presentan en la Tabla 4.

Los sedimentos procedentes de Bahía Solano, correspondientes al área de influencia de Ciudad Mutis muestran en esta fracción concentraciones

Contenidos de materia orgánica y Cu asociado con la fracción oxidable

Bahía	Límites en %Cu del total en el sedimento		Límites %de materia orgánica	
	Escorrentía		Escorrentía	
	Baja	Alta	Baja	Alta
B. Solano	1.5 – 12.7	1.4 – 4.9	0.24 – 2.94	0.21 – 1.53
Buenaventura	27.7 – 44.8	31.3 – 41.4	3.58 – 6.19	3.41 – 7.35

relativamente superiores a las halladas en las demás localidades.

El plomo asociado con esta fracción no presenta niveles de plomo detectables para los sedimentos pertenecientes a las bahías estudiadas.

Fracción residual. Esta fracción es la litogénica que junto con la oxidable constituyen los principales aportes de cobre a los sedimentos de la Bahía de Buenaventura; en los sedimentos procedentes de Bahía Solano esta fracción representa un alto por-

centaje del cobre total. Para el plomo es la fracción que determina el contenido total en los sedimentos de ambas bahías. Los límites obtenidos se pueden apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5

	Cobre asociado con la fracción residual			
	Intervalo % del cobre total		Intervalo % del plomo total	
	Ecorrentía		Ecorrentía	
	Baja	Alta	Baja	Alta
B. Solano	77.7 - 91.5	81.9 - 91.7	70.5 - 100	61 - 100
Buenaventura	48.9 - 64.9	51.9 - 62.3	67.4 - 98.0	81.9 - 100

Los metales asociados con esta fracción no son biodisponibles y no representan peligro para la vida acuática. Hacen parte de la red silicatada como consecuencia de remplazos isomórficos.

Factores de enriquecimiento. El factor de enriquecimiento se debe obtener mediante relaciones geológicamente comparables. En este trabajo se propone una nueva relación que implica la concentración total del metal en el sedimento y su concentración en la fracción residual así: (Metal total/metal residual). Este cociente es un criterio que permite comparar el grado de contaminación de una zona sospechosa con otra estimada como no contaminada.

En los sedimentos de Buenaventura para el caso del cobre, el cociente fluctúa entre 1.5 y 2.0 en las dos oportunidades. En las condiciones de Bahía Solano estos límites son: 1.0 y 1.61. De todas maneras en esta última área se presentan algunos contenidos en la fracción móvil, especialmente en la reducible, por lo que la relación no es cercana a uno.

Para el plomo, en Buenaventura los límites de esta relación son: 1.0 - 1.48. En Bahía Solano son: 0.9 - 1.41.

El cociente promedio de la zona de referencia se comparó con los hallazgos para los sedimentos de Buenaventura con el objeto de establecer el grado de enriquecimiento de estos metales. Para el cobre fluctúa entre 1.22 y 1.67. Se presenta una tendencia a obtener mayores relaciones en las muestras correspondiente a la alta escorrentía; teniendo en cuenta el criterio de Hakanson, (1986), el grado de enriquecimiento es moderado.

Aplicando los mismos criterios para plomos se puede clasificar el grado de contaminación como inexistente.

Conclusiones y Recomendaciones

Las condiciones oceanográficas en las bahías varían de acuerdo con la intensidad de la escorrentía, afectando la salinidad, el pH y la saturación de oxígeno.

Los resultados obtenidos para materia orgánica en los sedimentos aportan indicios de contaminación orgánica; sin embargo, las condiciones de saturación de oxígeno en la columna de agua no son críticas.

El elemento plomo está ausente o se encuentra por debajo de los límites de detección en las fracciones móviles de los sedimentos en las dos bahías estudiadas; se presenta principalmente en la fracción residual. En Buenaventura, durante las dos épocas analizadas, el mayor contenido de cobre en las fracciones móviles del sedimento se presenta preferencialmente asociado con materia orgánica; en Bahía Solano con las formas reducibles.

En las épocas de registro, las relaciones de enriquecimiento para cobre en la Bahía de Buenaventura con respecto a Bahía Solano indican que para este metal se tiene un grado de contaminación moderado; para el plomo, muestran que no existe contaminación.

Se recomienda utilizar el método de las extracciones selectivas por considerar que es conveniente para estudiar los sedimentos como indicadores de contaminación por metales pesados, puesto que origina información sobre disponibilidad, movilidad, forma de presentación del elemento en el sedimento y facilita su interpretación ambiental.

Bibliografía

- Brannon, J.M., J. Rose, & R. Engler, 1977. The distribution of heavy metals in sediment fractions from Mobile Bay, Alabama. En: Chemistry of Marine Sediment. Yen, T.F., Editor. Ann Arbor Publishers Inc. Michigan, p. 125.
- Comisión Permanente del Pacífico Sur. CPFS, 1984. Unidad Regional de Coordinación. Caracterización y vigilancia de la contaminación a partir de fuentes industriales y mineras en áreas ecológicamente sensibles del Pacífico Sudeste. Quito. 13 p.
- Departamento Nacional de Planeación, COLCIENCIAS, Comisión Colombiana de Oceanografía, 1990. Plan de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000. Controles Administrativos Div. Arte e Impresos Bogotá, p. 25.
- Dimar. Armada Nacional. 1991. Boletín Científico Centro Control Contaminación del Pacífico. Sinopsis bio-ecológica de algunos sectores de la Costa Pacífica Nariñense, con énfasis en la calidad de agua. Tumaco, No. 2. pp. 3-93.
- Esoobar, J., 1983. Diagnóstico de la contaminación de las aguas costeras colombianas. INDERENA. Trabajo presentado al Seminario "Los Recursos Naturales y la Expedición Botánica", Bogotá, 16 p.
- . La contaminación marina en Colombia. Documento de diagnóstico de la Agenda Ambiental en Colombia. Estocolmo 10 años después ECOLOMBIA. INDERENA. Bogotá, 31 p.
- Fernández, T., A. Piñón, Fúlido, & O. Villareal, 1987. Calidad de las aguas, contenido de metales en aguas y sedimentos de la Ensenada de Tumaco y Bahía de Buenaventura. INDERENA, 21 p. En: Versiones reducidas de metales pesados y pesticidas en aguas, organismos y sedimentos marinos del Pacífico Sudeste. CPFS. PNUMA. Bogotá.

- Forstner, U., & G. Wittmann, 1979. Metal pollution in the aquatic environment. Spring Verlag, Berlin, N.Y., pp. 30-46.
- Golterman, H.L., P. SLY, & R.L. Thomas, 1983. Study of the relationship between Water Quality and sediment transporte. UNESCO. París, p. 35.
- Hakanson, L., 1986. Metal monitoring in coastal environments. En: Metal in Coastal Environments of Latin America. Editor: Seeliger, U.S., Spring Verlag, Berlin, pp. 242-249.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. 1983. Atlas Regional del Pacífico. Sub. de Inv. y Divulgación Geográfica. Bogotá, pp. 73-76.
- Panizzo, L., 1982. Evaluación de los contaminantes que afectan los recursos hidrobiológicos de los países del Convenio Andrés Bello. Monografía Nacional. SECAP/PNUD/UNESCO. Proyecto RLA/78/017. Bogotá, p. 66.
- Ramírez, R.M., 1986. Estadísticas sobre el Recurso Agua. Ministerio de Agricultura. Instituto de Hidrología Meteorología y Adecuación de Tierras HIMAT, Bogotá, p. 220.
- Rader, L.F., & F.S. Grimaldi, 1961. Chemical análisis for selected minor elements in pierre shale, U.S. Geoverment Printing Office, Geological Survey. Professional Paper 391-A. Washington, pp. A33-A35.
- Tessier, A., P. Campbell, & A. Bisson, 1979. Secuential extraction proceduere for speciation of particulate trace Metal. Anal. Chem, 51 (7): 844-850.
- . 1980. Trace metal speciation of USGS reference sample MAG-1. Geostandars Newsletter. 4 (2): 145-148.
- Vives, J., 1981. Variación en la Determinación de la Textura por Boyoucos utilizando un hidrómetro común en cambio del original. INGEOMINAS. Sub. Inv. Químicas. Bogotá, 44 p.

REACCIONES DEL 1, 3, 6, 8-TETRAZATRICICLO [4.4.1.1^{3,8}] DODECANO (TATD): SINTESIS Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE NITRITO-N-NITROSOAMINAS

por

Augusto Rivera*, Gloria Inés Gallo**, María Elena Gayón**
y Gilmar Gabriel Santafé

Resumen

Rivera, A., G.I. Gallo, M.E. Gayón & G. Santafé: Reacciones del 1,3,6,8-Tetrazatriciclo [4.4.1.1^{3,8}] Dodecano (TATD): Síntesis y análisis estructural de Nitrito-N-Nitrosoaminas. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 18 (69): 247-251, 1991. ISSN 0370-3908.

Al hacer reaccionar el compuesto mencionado en el título con nitrito de sodio en medio de ácido clorhídrico, se obtuvo una nitrito-N-nitrosoamina, cuya formación no era de esperarse. La interpretación de los espectros de resonancia magnética nuclear de protón y de carbono 13 se realizó con base en que no hay libre rotación alrededor del enlace N-N y con ellos se pudo demostrar que en solución coexisten los isómeros *syn* y *anti*, con sus respectivos *cis* y *trans*.

Abstract

The reaction of the title compound with sodium nitrite in hydrochloric acid afforded an unexpected nitrite-N-nitrosoamine. Both ¹H and ¹³C NMR spectra of this N-nitrosoamine indicate that in solution *syn* and *anti* forms are present. Separate resonances are observed for the *cis* and *trans* isomers. There is no free rotation around the N-N bond.

Introducción

El 1, 3, 6, 8-tetrazatriciclo [4.4.1.1^{3,8}] dodecano (TATD) es un compuesto aminálico muy interesante, pues además de haber sido empleado como carcinostático (Stevens & Mosteller, 1969), estabilizante de ditiocarbamatos (Cheffert & Rolls, 1967), desodorante ambiental (Schwartz, 1776), bactericida y fungicida (Schwartz, 1982), así como en recubrimiento de metales (Ritting et al., 1986), es

una materia prima indispensable para la síntesis de compuestos heterocíclicos tipo bis-1,3-benzoxasina y 1,3-bis-bencilimidazolidina (Gallo & Gayón, 1991).

Son muy pocos los estudios que se conocen sobre la química y modo de reacción de este compuesto y con miras a contribuir en este aspecto, abordamos la realización de una serie de reacciones buscando establecer, en primera instancia, el comportamiento del TATD en medio ácido frente a nucleófilos, comenzando con el ácido nítrico.

* Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

** Actualmente en: Instituto Farmacológico Colombiano - ITALMEX, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

En el presente escrito se discute la reacción de nitrosación del TATD, así como la elucidación estructural por métodos espectroscópicos de la N-

nitrosoamina formada, bastante difícil de hacer, pues el grupo nitrosoamino exhibe una configuración electrónica tal que la forma resonante polar contribuye en gran extensión al híbrido de resonancia (Chow & Colón, 1968) haciendo que el enlace N—NO presente rotación restringida y carácter parcial doble enlace (Karabatsos & Taller, 1964) en un rápido intercambio de isómeros (Lambert et al., 1969).

Para efectos de la discusión de los resultados obtenidos, aclaramos que el término configuración que aquí aparece, se emplea para denotar la isomería geométrica *syn*—*anti* generada en el grupo N^{nitroso}N. Reservamos la notación *cis*—*trans* para referirnos a los grupos según se encuentren en el mismo lado u opuestos al átomo de oxígeno del grupo nitroso.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, esta es la primera vez que se publica la obtención de esta N—nitrosoamina que tampoco encontramos descrita en la literatura consultada.

Parte experimental

Los espectros de IR se efectuaron en un espectrofotómetro Perkin-Elmer FT—IR modelo 1700; los respectivos de RMN de protón y de carbono 13 se obtuvieron en un aparato Varian XL—300 operado a 299.993 y a 75.43 MHz respectivamente, con tetrametilsilano como referencia interna. Para los espectros de masas se utilizó un espectrómetro Shimadzu modelo 9020—DF. Para la reacción se usó ácido clorhídrico de la casa J.T. Baker.

Reacción de TATD con nitrito de sodio en ácido clorhídrico

El TATD* (1 g; $5,9 \times 10^{-3}$ m) se disolvió en agua (2 ml) y se le adicionó HCl al 37% hasta pH 1.5. Se colocó en baño de hielo y 5 min. después se le agregaron 2 ml de una solución de nitrito de sodio (1,79 g; $2,59 \times 10^{-2}$ m). Se ajustó de nuevo el pH con ácido clorhídrico diluido hasta tener de nuevo un valor cercano a 1.5 y se agitó constantemente obteniéndose un precipitado, que una vez cristalizado (*i*—propanol) fundió a 46°C. Este compuesto es muy soluble en etanol y poco en agua. Desarrolla color verde con el Reactivo de Liebermann, color que cambia a rojo cuando se le añade agua. Da un precipitado amarillo cuando se trata con ácido sulfúrico concentrado.

Espectro UV (EtOH 20%) λ máx: 237 nm.

Espectro IR (KBr) λ máx.: 2960—2850 (estir. C—H); 1435 (vibr. N=O); 1320 y 1292 (estir. C—N); 1042 (estir. N—N); 733 (estir. N—O); 533 cm^{-1} (torsión N=O de nitrito).

Espectro RMN¹H (299,943 MHz, CDCl₃); δ : 3.97 (4H, s, H—C3 y H—C4 *syn*—*cis*); 4.119 (4H, t,

$J = 7.24$ Hz, H—C3 y/o H—C4 *anti*—*cis*); 4.712 (4H, t, $J = 7.50$ Hz, H—C3 y/o H—C4 *anti*—*trans*); 4.825 (4H, s, H—C3 y H—C4 *syn*—*trans*); 5.174 (4H, s, H—C1 y H—C6 *syn*—*cis*); 5.89 (4H, s, H—C1 y/o H—C6 *syn*—*cis* y *syn*—*trans*); 6.600 ppm (4H, s, H—C1 y H—C6 *syn*—*trans*).

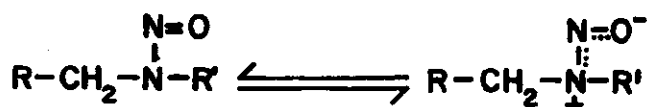
Espectro de RMN¹³C (75.429 MHz, CDCl₃); δ : 42.52 (C3 y C4 *syn*—*cis*); 42.123 (C3 y/o C4 *anti*—*cis*); 45.89 (C3 y C4 *anti*—*trans*); 46.852 (C3 y/o C4 *syn*—*trans*); 59.559 (C1 y C6 *syn*—*cis*); 62.378 (C1 y/o C6 *syn*—*trans* y *syn*—*cis*); 65.266 ppm (C1 y C6 *syn*—*trans*).

Espectro de masas: 20 eV; iones m/e (%): 236 (M⁺; 1); 152 (1); 130 (7); 100 (90); 83 (9); 69 (55); 56 (100).

Discusión de Resultados

La fácil obtención de una N—nitrosoamina en las condiciones suaves utilizadas, comprueba el carácter aminálico del TATD y su facilidad de hidrólisis hacia aminas secundarias, ya que en general, se requieren condiciones más fuertes (50—100°C) para hacer reaccionar las aminas terciarias de las que se ha estimado (Challis & Challis, 1982) que son cerca de 10.000 veces menos reactivas que las secundarias comparablemente iguales.

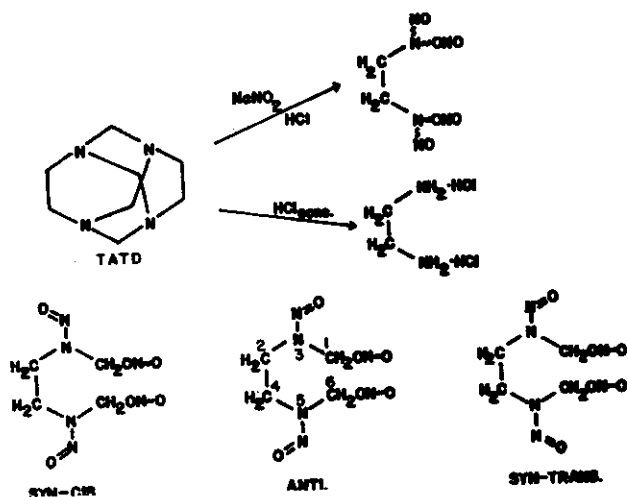
La estructura del producto de esta reacción se determinó mediante análisis espectroscópico. Inicialmente en el espectro de UV se observa la banda de absorción en 237 nm típica de nitrosoaminas, debida a la transición $\pi \rightarrow \pi^*$. La presencia de este grupo fue corroborada con el espectro de IR donde se encuentran bandas de absorción en 1435 y 1042 cm^{-1} propias de la vibración N=O y del estiramiento N—N. La existencia del grupo N—nitroso se hace muy evidente en los espectros de RMN protónica y en los de carbono 13 por el efecto que produce sobre el desplazamiento químico tanto de los protones como de los carbonos vecinos a él. Dada su característica de presentar isomería *syn* y *anti* (Hofner et al., 1978; Pregosin & Randall, 1971; ApSimon & Cooney, 1971; Glidewell, 1976) de manera análoga a como ocurre con las amidas disustituidas, tanto las estructuras como la estereoquímica de las N—nitrosoaminas debe explicarse por una posible rotación restringida alrededor del enlace N—N=O originada por la intensa deslocalización de par de electrones no compartido del respectivo nitrógeno dentro del sistema π del grupo N=O con la formación de un doble enlace parcial así:



y por tanto, los mencionados espectros son el conjunto de los diferentes isómeros presentes en interconversión, siendo por tanto la rotación alrededor del enlace N—N más lenta que el tiempo de la resonancia magnética nuclear (Chow & Colón, 1968).

* Sintetizado según (Gallo & Gayón, 1991).

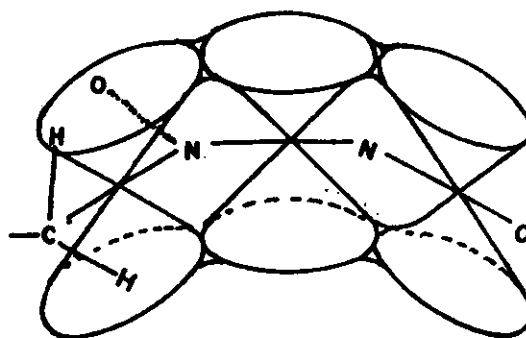
A continuación se muestran las estructuras de los posibles isómeros que este compuesto presenta en solución pudiendo ser en estado sólido cualquiera de ellos.



Para efectos de facilitar la discusión pertinente, la numeración de las estructuras se hizo de manera arbitraria y es así como nos referiremos a los diferentes átomos.

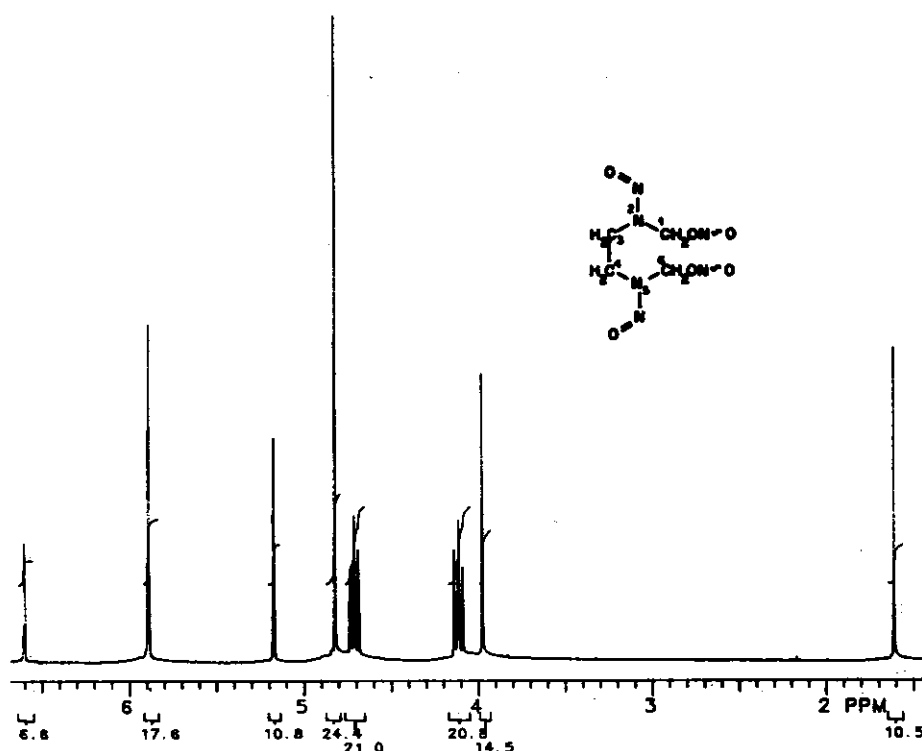
Comenzando, el grupo de cuatro señales presentes en la región entre 3.9 y 4.9 ppm en RMN¹H y entre 40 y 47 ppm en RMN¹³C son ocasionados por los hidrógenos y carbonos de 3 y 4 de los isómeros syn (cis y trans) y anti. El isómero syn, puede a la vez presentar las formas cis y trans y produce en el espectro de RMN protónica dos siguletes: uno a campo alto (3.976 ppm) correspondiente a los hidrógenos de la forma cis y otro a más bajo

campo (4.82 ppm) producido por la forma trans, lo que está de acuerdo con la literatura (Hofner et. al., 1978; Lambert et. al., 1969). La integral de cada señal debe arrojar cuatro protones, como es de esperar. En el espectro de resonancia de carbono 13, a estas formas isómeras les corresponden las señales en: 41.52 ppm (syn-cis) y en 46.851 ppm (syn-trans). La señal del cis, sale siempre a campo más alto por estar bajo el efecto protector proporcionado por los conos generados por el grupo nitrosoamino (Chow & Colón, 1968) tal y como se representa en la Fig. a continuación:



Conos de protección

Con respecto al isómero anti, en el espectro de RMN¹H se observan ahora dos señales diferentes, una para cada uno de los metilenos de este grupo, escindidas en tripletes ya que dichos metilenos no son equivalentes. Así, a campo más alto se observa el triplete debido a los hidrógenos de C3 en posición cis y el otro a campo más bajo debido a los hidrógenos de C4 en posición trans. Cada uno de estos tripletes integraría para cuatro protones debi-



do a que cuando se invierte la conformación de ambos grupos N=O las señales se superponen. La no equivalencia de estos metilenos se puede explicar si se tienen en cuenta los mismos efectos que inciden sobre el carbono, para lo cual se ha sugerido (Pregosin & Randall, 1971) que además del efecto anisotrópico magnético, el grupo N=O también ejerce un efecto de campo electrónico y que ambos efectos contribuyen a los desplazamientos químicos y a los acoplamientos observados en los espectros. En cuanto al espectro de carbono 13, a estos carbonos les corresponden las señales en 42.123 (cis) y 45.982 ppm (trans).

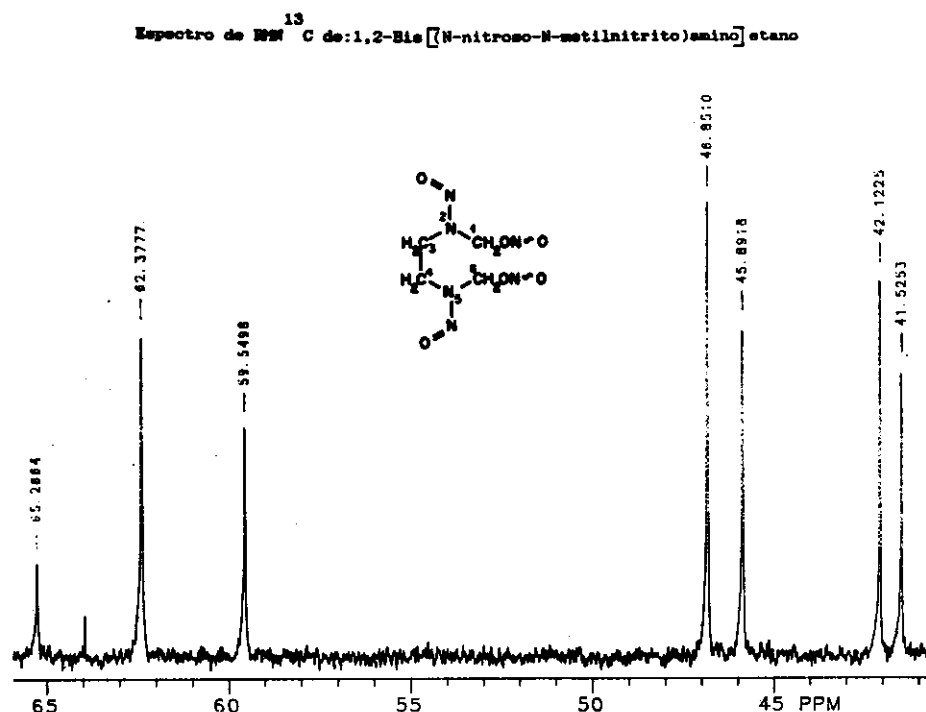
Vale la pena aclarar que la no coincidencia en desplazamiento de las respectivas señales generadas por los protones y los carbonos del grupo etileno (C3 y C4) en los isómeros syn y anti como se esperaba de un primer cálculo, se debe al efecto adicional que se ejerce entre los metilenos adyacentes cuando en el isómero anti se hacen magnéticamente diferentes. La asignación anteriormente discutida concuerda con lo informado para la syn/anti 1,4-dinitrosopiperidina (Hofner et al., 1978; Lambert et al., 1969), que es un sistema bastante semejante al que aquí nos ocupa.

El otro grupo de señales que se observa a campo más bajo, tanto en resonancia de protón como de carbono 13, se atribuye a los metilenos (C1 y C6), que se ven afectados no solamente por el grupo N=N=O sino también por el nitrito, grupo éste que igualmente puede exhibir isomería geométrica y afectar de manera similar que el primero los desplazamientos químicos. Así, en RMN de protón, la señal en 5.17 ppm corresponde a los protones de

C1 y C6 del isómero syn todo cis y la señal en 6.60 ppm para los mismos hidrógenos del isómero todo trans. A los respectivos carbonos se asignaron las señales en 59.550 ppm y en 65.26 ppm del espectro de carbono 13. Por último las señales en 5.89 ppm en el espectro de protón y en 62.378 ppm en el carbono 13, corresponden a todos los posibles isómeros que son a la vez syn cis al grupo N=N=O y syn trans al —O—N=O y viceversa. La presencia del grupo nitrito se comprobó con los espectros de IR (Tarte, 1952) y mediante análisis cualitativo (Feigl & Anger, 1978).

El peso molecular de esta sustancia se dedujo del espectro de masas en el cual, el ión molecular aparece a m/e 236. Este ión es de intensidad relativamente baja (1%) lo que permitió inferir que la estructura debe poseer grupos funcionales lábiles que en este caso, podría considerarse que fuesen los grupos nitroso y nitrito, que no solo hacen más inestable la molécula por su tendencia a sufrir reacciones radicalarias, sino que, su presencia complicó notablemente la interpretación del espectro, pues la génesis de picos de diagnóstico no siempre se pudo explicar a través de las reglas tradicionales de fragmentación y es más, parece que en la producción de iones hay involucradas reacciones de otro tipo. La discusión pormenorizada será objeto de publicación luego.

La reacción del TATD con ácido clorhídrico al 37% permitió corroborar el mecanismo de nitrosación antes discutido. En efecto, bajo las condiciones empleadas no se obtuvo el clorhidrato de 1, 4, 6, 9-tetraazaecina, esperado de la degradación aminálica del TATD, sino el clorhidrato de etilen-



diamina con 18% de rendimiento y otros subproductos que son objeto de estudio en estos momentos. El clorhidrato de etilendiamina se identificó plenamente por medio de sus constantes físicas y del espectro de resonancia magnética nuclear de protón (en D₂O). Este fenómeno se explicó tomando en cuenta que la 1,4,6,9-tetrazaecina que debe formarse en algún momento de la reacción, siendo una tetraamina secundaria cíclica y dada la acidez del medio, debe estar mono, di, tri o tetra-protonada. En cualquiera de estos eventos, la protonación de dicha amina puede minimizar las interacciones entre los pares electrónicos solitarios y/u otras interacciones no enlazantes, pero así mismo puede incrementar notablemente la tensión estérica y ocasionar cambios desfavorables tanto en la geometría como en la hibridación del átomo de nitrógeno protonado (Alder & Sessions, 1982) conduciendo a la ruptura del ciclo. Estudios rendientes a establecer plenamente los pKa de estas especies se están realizando actualmente.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo prestado a esta investigación y a Laboratorios Wacol por el obsequio de algunos reactivos usados en desarrollo del trabajo.

Bibliografía

Alder, R.W. & R.B. Sessions, 1982. "The Chemistry of Functional Groups", Supplement F. (Ed. S. Patai), Vol. 2. John Wiley and Sons, New York, Capítulo 18.

- Apsimon, J.W. & J.D. Cooney, 1971. *Can. J. Chem.* 49, 2377.
- Challis, B.C. & J.A. Challis, 1982. "The Chemistry of Functional Groups" Supplement F. (Ed. S. Patai), Vol. 2. John Wiley and Sons, New York, Capítulo 26.
- Cheffert, P. & G. Roll, 1967. *Chem. Abst.* 67, 116153k, Fr 14766 10.
- Chow, Y.L. & C.J. Colon, 1968. *Can. J. Chem.* 46, 2827.
- Duhamel, L. 1982. "The Chemistry of Functional Groups", Supplement F. (Ed. S. Patai), Vol. 2. John Wiley and Sons, New York, Capítulo 20.
- Feigl, F., & V. Anger, 1978. "Pruebas a la gota en Análisis Orgánico". Editorial Manual Moderno S.A. México. p. 310.
- Gallo, G.L. & M.E., Gayón, 1991. Nuevos aportes al mecanismo de reacción en la obtención de Bis-1, 3-Benzoxazinas. Tesis. Farmacia, Universidad Nacional de Colombia.
- Glidewell, S.M., 1976. *Spectrochim. Act.* 33A, 361.
- Hofner, D., D.S. Stephenson & G. Binsch, 1978. *J. Magn. Reson.* 32, 131.
- Karabatsos, G.J. & R.A. Taller, 1964. *J. Am. Chem. Soc.* 86, 4373.
- Lambert, J.B., J.L. Gosnell & D.S. Bailey, 1969. *J. Org. Chem.* 34, 4147.
- Pregosin, P.S. & E.W. Randall, 1971. *Chem. Comm.* 399.
- Ritting, R., K. Ertel, I. Spoleder, A., Strauch & E. Hoeft. 1986. *Chem. Abst.* 105, 1991 92d. Ger (East) DD 23462.
- Schwartz, H. 1976. *Chem. Abst.* 84, 95047s. Fr. Demande 2252853.
- Schwartz, H. 1982. *Chem. Abst.* 96, 157391h. U.S. Appl. 139844.
- Stevens, C. & R. Mosteller, 1969. *Chem. Abst.* 70, 113685r. *Cancer Res.* 29, 1132.
- Tarte, P. 1952. *J. Chem. Phys.* 20, 1570.

PARASITISMO EN LARVAS DE SIMULIDOS (Diptera: Simuliidae) DEL RIO TEUSACA: MICROSPORIDIOS, MERMITIDOS Y HONGOS*

por

Orlando Torres Fernández**, Paulina Muñoz de Hoyos***,
Gloria Romero de Pérez****

Resumen

Torres, O., Muñoz de Hoyos, P. y G. Romero de Pérez: Parasitismo en larvas de simúlidos (Diptera: Simuliidae) del río Teusacá: Microsporidios, mermítidos y hongos. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 253-264, 1991. ISSN 0370-3908.

Con el propósito de estudiar las infecciones por microsporidios y otros entomopatógenos en simúlidos se recolectaron y examinaron 4.292 larvas de este grupo de dípteros, del Río Teusacá, La Calera, Cundinamarca, Colombia, a 2950 m de altitud, entre los meses de marzo a julio de 1987. *Simulium ignescens* Roubaud, 1906 se encontró parasitada por el microsporidio *Polydispyrenia simulii* (Lutz y Splendore, 1908) Canning y Hazard, 1982, el hongo *Coelomycidium simulii* Debaisieux, 1919 y nemátodos de la familia Mermithidae. *Simulium muiscorum* Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos, 1979 es afectado por mermítidos y *Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973 por microsporidios. La incidencia del parasitismo en larvas de *S. ignescens* fue para mermítidos 9.1%, *P. simulii* 3.6% y *C. simulii* 1.7%. La frecuencia de mermítidos en *S. muiscorum* fue muy baja (0.9%), lo mismo que la microsporidiosis en *G. ortizi* (0.33%). Se amplía la distribución biogeográfica de *P. simulii* y *C. simulii* en la región neotropical.

Abstract

In order to study the microsporidian infection and other entomopathogens in simuliids, 4292 larvae were collected and examined between March and July 1987. *Simulium ignescens* was infected with the microsporidium *Polydispyrenia simulii*, (3.6%), the fungus *Coelomycidium simulii* (1.7%) and mermithids (9.1%), *S. muiscorum* was affected by mermithids (0.9%) and *Gigantodax ortizi* by microsporidia. *Polydispyrenia simulii* and *Coelomycidium simulii* are recorded for the neotropical region.

Introducción

Desde que Rodolfo Robles descubrió en 1919 que los simúlidos son los vectores de la oncocercosis, se iniciaron campañas para erradicarlos utilizando toda clase de sustancias tóxicas.

Inicialmente se emplearon aceites, hidrocarburos, ácidos, detergentes y piretroides. Sin embargo, fue sólo hasta la aparición del DDT que el control de los simúlidos se hizo más práctico y su uso se extendió tanto a las zonas afectadas por oncocercosis humana, como a las regiones en donde los si-

múlidos han provocado graves pérdidas a la ganadería o han afectado seriamente otras actividades del hombre.

La resistencia adquirida por los simúlidos al DDT, estimuló el desarrollo de pruebas de laboratorio y posteriores aplicaciones en el campo de una gran diversidad de sustancias: metoxiclor, Abate, Dursban, fenitotrión y carbaril, entre otros. Este uso indiscriminado no tardó en provocar problemas en los ecosistemas de las corrientes de agua, lugar donde se vierten los insecticidas, por ser éste el sitio de cría de los estadios inmaduros de los simúlidos.

A pesar de los efectos nocivos de los insecticidas químicos, durante mucho tiempo siguieron siendo el único método de control de simúlidos. Así en 1974, se inició un programa de erradicación de simúlidos vectores de oncocercosis en Africa Occidental, mediante la aplicación de algunos de los compuestos antes mencionados. Sin embargo, los vectores han desarrollado resistencia a los químicos a tal punto que son pocas las sustancias aún utilizables. Esto ha obligado a intensificar las investigaciones con el propósito de acudir a nuevos métodos de control. Una de las alternativas probables es el control biológico ejercido por los entomopatógenos. Entre los grupos de patógenos más importantes de simúlidos están los microsporidios, los nemátodos y los hongos.

El parasitismo en larvas de simúlidos, presentado en este trabajo, es el primer informe que se hace en Colombia con este grupo de insectos. Se realiza un estudio preliminar sobre diagnóstico e incidencia de infecciones en larvas de simúlidos recolectadas en la región de La Calera, Cundinamarca. Se describen las características que permiten detectar las infecciones en las larvas recolectadas en el campo. Se analiza la incidencia de microsporidiosis, nemátodos de la familia Mermithidae y un hongo de la clase Chytridiomycetes.

Con este trabajo se pretende llamar la atención, en particular a los entomólogos que trabajan en control biológico, para realizar estudios similares en otras plagas y vectores. Para la aplicación de

enemigos naturales en biocontrol de insectos perjudiciales conviene, inicialmente, adquirir conocimientos básicos sobre los entomopatógenos y sus relaciones con el huésped en su medio natural.

Revisión de literatura

Patógenos en simúlidos. Los primeros estudios sobre entomopatógenos en simúlidos se realizaron en Europa (Léger, 1897; Debaisieux, 1919 a, b, 1926; Debaisieux & Gastaldi, 1919), en Brasil (Lutz & Splendore, 1904) y Norteamérica (Strickland, 1911, 1913). Weiser en 1964 presenta un resumen de lo conocido hasta entonces sobre parasitología en simúlidos y, en 1981, Weiser, Undeen y Poinar, hacen una extensa revisión sobre el tema.

Los principales grupos de patógenos que afectan a las especies de la familia Simuliidae son Microspora, Nematoda y Phycomyces.

Microsporidios. Son organismos unicelulares pertenecientes al phylum Microspora (Sprague, 1977; Levine et al., 1980) y parásitos intracelulares obligados. Solamente la espora madura puede permanecer fuera de la célula, en las cavidades del cuerpo del huésped, o en el medio ambiente exterior en estado latente. Por tratarse de protozoarios que desarrollan esporas, hasta hace algunos años se clasificaron como un orden de la clase Sporozoa (Westphal, 1977).

La espora inyecta su esporoplasma en la célula huésped utilizando el filamento polar. El esporoplasma crece, madura y adquiere una forma esférica, para dar lugar al meronte. Mediante cariogamia el meronte da origen al plasmodio merogonial y posteriormente por esquizogonia o plasmotonia se liberan los merozoitos. Cada uno de estos madura hasta llegar a ser un esporonte, el cual, por división nuclear y aumento de tamaño, da lugar al plasmodio esporogonial y éste a los esporoblastos, dentro de una membrana, formando la vesícula esporofórica (pansporoblasto o vacuola parasitófora). La membrana es secretada por el parásito, no es una membrana de tipo celular. En los trabajos de Loubès (1979 a, b) y Larsson (1986a) se detalla el ciclo de vida.

En los diversos grupos de Microspora se presentan modificaciones en las diferentes etapas del ciclo de vida. Entre las más importantes se encuentran: presencia o ausencia de núcleos dobles (diplocarióticos) durante la fase merogonial o durante todo el ciclo de vida; presencia o ausencia de vesícula esporofórica; número de esporoblastos producidos a partir de un esporonte y número de esporas producidas en cada vesícula esporofórica.

La espora ha sido la estructura más estudiada, por ser la más fácil de encontrar y preservar y por presentar mejores características contrastantes para taxonomía (Larsson, 1986ab). Huger (1960) efectuó el primer estudio satisfactorio de la ultraestruc-

* Estudio incluido dentro del Programa de Investigación "Biología de los Simúlidos de Colombia" financiado por COLCIENCIAS y la Universidad Nacional de Colombia. Proyecto financiado por el CINDEC.

** Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, D.E. Dirección actual: Instituto Nacional de Salud, Sección de Diagnóstico, Investigación y Referencia, Grupo de Patología. Autopista El Dorado Carrera 50, Santafé de Bogotá.

*** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Apartado 7495, Santafé de Bogotá.

**** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Apartado 23227, Santafé de Bogotá.

tura de la espora y decifra la composición de la estructura de la misma.

Las infecciones por microsporidios se pueden transmitir mediante la ingestión de las esporas por vía oral (transmisión horizontal) o por hembras infectadas que transmiten el patógeno en los huevos (transmisión vertical) (Larsson, 1986a).

Microspora parasita diferentes órganos y tejidos, según el huésped. Las infecciones que afectan el tracto digestivo producen la muerte del insecto por inanición (Liu, 1984a). Los microsporidios que atacan el tejido graso de la larva impiden su metamorfosis hasta la fase adulta debido a la producción de una sustancia de acción juvenilizante (Fisher & Sanborn, 1962). Las microsporidiosis en insectos también provocan disminución de la fecundidad, frecuencia de apareamiento (Amstrong & Bass, 1986) y reducción del consumo de alimentos en insectos fitófagos (Johnson & Pavlikova, 1986). La acción patogénica de microsporidios en insectos es analizada por Weiser (1970), Brokks (1971) y Henry (1981). Las infecciones en larvas de simúlidos se detectan con facilidad. El abdomen se hipertrofia con grandes masas globulares blancas, visibles a través de la pared del cuerpo.

La importancia de los microsporidios se debe a su patogenicidad, facilidad de dispersión y cierto rango de especificidad, lo mismo que su capacidad de permanecer indefinidamente en una población. Por esto son ideales para ser empleados en control biológico de insectos de importancia médica y económica (McLaughlin, 1971; Henry, 1981). En el trabajo de Torres (1988) se incluye una revisión general sobre diferentes aspectos de los microsporidios y de aquellos que se han encontrado como patógenos de los simúlidos.

Nemátodos de la familia Mermithidae se mencionan en las primeras observaciones efectuadas por Strickland (1911). Desde entonces, se han realizado varios estudios sobre mermítidos, pero sólo hasta comienzos de los años sesenta se han hecho las primeras descripciones válidas de especies de mermítidos parásitos de simúlidos (Welch, 1962). Anderson y De Foliart (1962) logran, por primera vez, obtener adultos de los nemátodos mediante cultivos en laboratorio, facilitando así los estudios taxonómicos.

Los mermítidos son nemátodos largos y delgados que viven como parásitos en la cavidad corporal de los invertebrados durante su estado juvenil. Durante el resto de su ciclo de vida tienen vida libre. El ciclo de vida de los mermítidos incluye 5 estados y 4 mudas: huevo, estado juvenil preparásitico, estado juvenil parasítico, estado juvenil post-parasítico y estado adulto. El huevo se adhiere a objetos dentro de las corrientes de agua, eclosionando dando lugar a la fase preparásitica, gusano muy pequeño y delgado, el cual penetra en la larva huésped y crece dentro del hemocele, acumulando

reservas energéticas. Luego emerge a través del cuerpo de la larva, la cual pierde sus fluidos internos y muere. La fase parasítica se encuentra con mayor frecuencia, debido a la facilidad de detectar el nemátodo enrollado dentro de la parte posterior del abdomen de la larva. Este generalmente es de color blanco, muy largo y delgado. La fase postparasítica se desarrolla libre dentro del agua, sin alimentarse y sufre mudas hasta alcanzar la madurez, aparearse y reiniciar el ciclo (Poinar, 1981).

Generalmente los mermítidos de simúlidos afectan las larvas. Sin embargo, también se pueden encontrar en las pupas y adultos. Esto puede ser importante para mantener el parásito en la población, teniendo en cuenta que las corrientes pueden arrastrar las etapas de vida libre (Welch, 1964).

El parásito se desarrolla dentro de la larva del insecto a expensas de la hemolinfa, induciendo además alteraciones en el sistema endocrino y provocando una marcada reducción del tejido adiposo (Condon & Gordon, 1977). Según Rubtsov (citado por Welch, 1965), el desbalance hormonal puede dar origen a intersexos que en ocasiones se han registrado como nuevas especies. En las hembras parasitadas se atrofian los ovarios y se reduce la longevidad (Poinar, 1981).

Experimentalmente se han inducido infecciones por otros nemátodos, no naturales de los simúlidos, tales como la especie *Romanermis culicivora* (Finney & Mokry, 1980) y *Neoplectana carpocapsae* (Molloy et al., 1980). Así mismo, ha sido posible infectar larvas de mosquitos con un mermítido característico de simúlidos (Curran, 1982). Estos resultados son valiosos para futuras investigaciones sobre control de simúlidos y mosquitos mediante nemátodos. El potencial de utilización de mermítidos en el control de simúlidos ha sido ampliamente analizado por Gordon et al. (1973) y Finney (1981).

Para la identificación de mermítidos parásitos de simúlidos se requieren características tanto de la fase parasítica como de los adultos obtenidos en cultivo de laboratorio (Welch, 1962, Mondet et al., 1977a, b). Poinar (1981) y Rubtsov (1981) hacen una revisión, muy completa, sobre la biología y la taxonomía de los mermítidos parásitos en especies de la familia Simuliidae.

Hongos. Un tercer grupo de patógenos importantes en simúlidos lo constituyen los hongos Phycomyces, siendo el más importante de ellos *Coomycidium simulii* Debaisieux, 1919a. No se conocen detalles de la transmisión de este patógeno ni datos completos de su historia natural. Hasta el momento se cree que este hongo aparece únicamente en la fase larvaria de los simúlidos. Allí se observa formando numerosas esferas blancas, muy pequeñas, que invaden internamente todo el cuerpo de la larva. Estas estructuras son los esporangios, los cuales al morir la larva, liberan zoósporas unifica-

geladas. Estas, según Lacey y Undeen (1978), no infectan directamente a las larvas sanas, se sospecha que debe existir otro huésped intermediario involucrado en la transmisión del hongo.

El desarrollo del patógeno se lleva a cabo a expensas de los tejidos de la larva; el hongo secreta enzimas que disuelven el cuerpo graso y posteriormente el tejido muscular, las glándulas salivares, los túbulos de Malpighio y otros órganos hasta que sólo permanecen porciones cuticulares del cuerpo de la larva (Weiser & Undeen, 1981). La larva no completa su metamorfosis ya que la infección previene además, la maduración de las gónadas. Maurand y Manier (1968) describen aspectos histopatológicos de las infecciones por *C. simulii*.

Undeen y Nolan (1977) descubren un singular hongo Phycomycete, que se caracteriza por destruir el ovario en las hembras adultas de los simúlidos y remplazarlo por un masivo número de esporas. Estas son liberadas por la mosca negra al momento de la oviposición (Undeen, 1978; Yeboah et al., 1984).

Otros patógenos. Se conocen tres grupos de virus patógenos de simúlidos: virus iridiscentes (IV), virus de la polihedrosis citoplasmática (CPV) y los virus de la denonucleosis (DV) (Weiser & Undeen, 1981). Los IV son los más frecuentes; Weiser (1986) descubrió el primer caso en Checoslovaquia en larvas del complejo *S. ornatum*. Los informes más recientes son publicados por Avery y Bauer (1984), Batson (1986), Erlandson y Mason (1990).

Debido a la resistencia a los insecticidas químicos desarrollada por los simúlidos, especialmente en Africa en donde la oncocercosis constituye un grave problema de salud pública, se ha estado utilizando en los últimos años un insecticida microbiano, elaborado con *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Guillet, 1984). Esta cepa, cuyos huéspedes naturales son los mosquitos, ha resultado de gran efectividad como larvicida de simúlidos. Este tema es minuciosamente revisado por Lacey y Undeen (1986).

Materiales y Métodos

Recolección y transporte del material biológico. Se recolectaron larvas de simúlidos en el río Teusacá, municipio de la Calera (Cundinamarca), vereda El Hato, en predios del caserío La Choza del Río a 2.950 m.s.n.m. Se hicieron muestreos preliminares en septiembre-diciembre de 1986 y febrero de 1987. Las recolecciones para el estudio de la incidencia de los patógenos se realizaron con una periodicidad aproximada de 40 días entre marzo y julio de 1987. Los ejemplares se trasladaron vivos al laboratorio, dentro de frascos de boca ancha con agua del río.

Selección y procesamiento del material biológico. Se seleccionaron, con ayuda de un estereos-

copio, las larvas infectadas con patógenos. Se identificaron todas las larvas recolectadas con base en las claves elaboradas para simúlidos de la región de La Calera (Moncada & Bueno, 1977; Muñoz de Hoyos et al., 1984).

Larvas infectadas con hongos y microsporidios se procesaron para microscopía electrónica de transmisión y microscopía de luz convencional. Además, se hicieron frotis frescos de tejido infectado con microsporidios para observación en contraste de fase. Los procedimientos se describen en Torres (1988).

Para observación de nemátodos, algunos de ellos se liberaron de larvas infectadas, se colocaron en agua caliente a 60°C, se extendieron sobre láminas y se colorearon con solución de Giemsa. Otros ejemplares se dejaron en cultivo en cajas de petri con agua del río a 18°C para obtener los adultos.

La identificación de los patógenos se hizo utilizando claves (Weiser & Briggs, 1971; Hazard et al., 1981; Larsson, 1983 d) y demás bibliografía citada para los diferentes grupos.

El material destinado para estudiar la incidencia por patógenos se conservó en etanol 70% a una temperatura de 4°C.

Resultados y Discusión

En el área de muestreo se hallaron tres especies de simúlidos: *Simulium ignescens* Roubaud, 1906; *S. musicorum* Bueno, Moncada & Muñoz de Hoyos, 1979 y *Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973, siendo *S. ignescens* la especie predominante (Tabla 1).

Tabla 1

Relación de larvas recolectadas y examinadas

Fecha	<i>S. ignescens</i>	<i>S. musicorum</i>	<i>G. ortizi</i>	Total
III - 19 - 87	497	107	43	647
IV - 27 - 87	595	31	96	722
VI - 6 - 87	400	141	32	573
VII - 22 - 87	1940	278	132	2.350
Total	3.432	557	303	4.292
Porcentaje	80%	13%	7%	100%

Microsporidiosis

***Simulium ignescens*.** La infección en larvas de *S. ignescens* se manifiesta por la aparición de masas globulares de color blanco en el abdomen (Fig. 1). Estas estructuras también denominadas quistes o xenomas (Sprague & Vernick, 1968), corresponden a lóbulos del tejido graso invadidos por el parásito. En sección, el xenoma con infección avanzada (Fig. 2) se caracteriza por una marcada zonación. Hacia el centro del lóbulo se localizan grupos de esporas

maduras, mientras que hacia la periferia se encuentran estados más jóvenes los cuales colorean con menor intensidad.

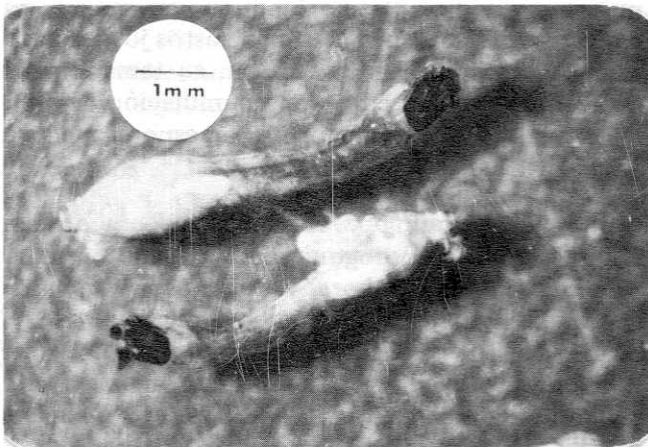


Figura 1. Larvas de *Simulium ignescens* infectadas con *Microspora*. Observense los xenomas dentro del abdomen.

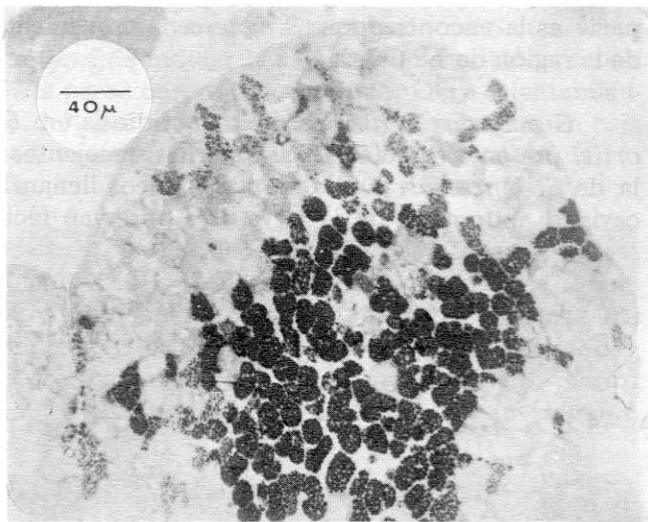


Figura 2. Sección semifina de un xenoma de la microsporidiosis en *Simulium ignescens*. Las esporas maduras se localizan hacia el centro del lóbulo. Los estados más jóvenes se hallan en la periferia. — Azul de Toluidina.

Xenomas como los observados en esta especie son propios de la microsporidiosis en simúlidos, con excepción de *Octosporea simulii* Debaisieux, 1926 que afecta únicamente el epitelio intestinal de la larva infectada. Maurand (1973) describe tres tipos de xenomas para microspora en simúlidos: 1) Xenomas con marcada diferenciación centrípeta del parásito, encerrados dentro de una membrana basal muy delgada. 2) Xenomas con maduración centrípeta del parásito compuesto por tres zonas, la más externa constituida por citoplasma de la célula huésped y 3) Xenomas en donde los diferentes estados del parásito se disponen indistintamente dentro del lóbulo y por lo tanto no se presenta diferenciación centrípeta. El tipo de xenoma observado en *S. ignescens* corresponde al del grupo 1, es decir, el tipo de xenoma que distingue a la especie *Polydispyrenia simulii* (Maurand, 1973).

Las larvas de *S. ignescens* infectadas con microsporidios presentan etapas avanzadas del desarrollo del parásito, correspondientes a la fase esporogonial (Figs. 3 y 4). Una característica importante es la agrupación de esporas maduras en estructuras semejantes a una mórula. El número de esporas que encierra cada una de ellas es irregular, por lo general superior a 32.

En general, las infecciones por microsporidios solo se hacen evidentes durante la esporogonia, como en este caso, debido a la corta duración de la fase merogonial. La fase esporogonial es de mayor duración, se conserva mejor y facilita la detección de la infección a partir de material de campo (Larsson, 1986a).

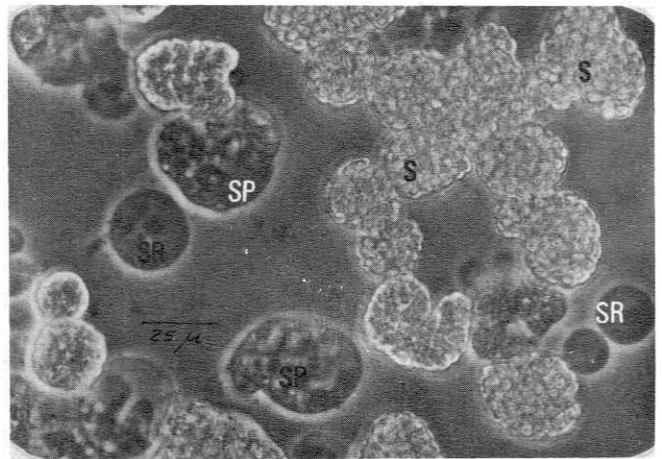


Figura 3. Diferentes etapas de la fase esporogonial de *Polydispyrenia simulii*, patógeno de *Simulium ignescens*. SR: Esporontes. SP: Esporoblastos. S: Esporas maduras. Los dos últimos dentro de vesículas esporofóricas. Contraste de fase.

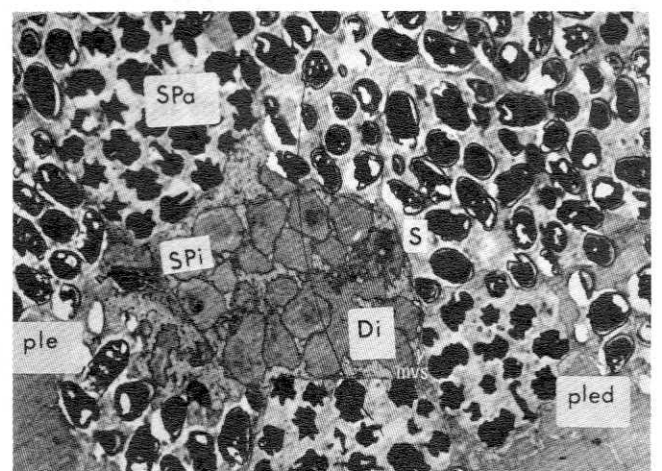


Figura 4. Electromicrografía de *Polydispyrenia simulii* hallado en *Simulium ignescens*. Se observan diferentes etapas de la esporogonia. ple: Plasmodio esporogonial. pled: plasmotomía. SPi: Esporoblastos jóvenes. SPa: Esporoblastos avanzados. S.: Esporas maduras. mvs: Vesícula esporofórica. Di: P. Plasmodio esporogonial. 2.666 X.

Es más fácil estudiar la fase merogonial en colonias de laboratorio por inoculación de esporas y el posterior seguimiento del desarrollo del proto-

zoario, mediante procedimientos similares al utilizado por Muñoz de Hoyos (1972) en microsporidios de *Rhynchosciara angelae* (Diptera: Sciaridae). Sin embargo, la dificultad para colonizar simúlidos en el laboratorio (Mokry et al., 1981) no ha permitido emplear esta metodología. Algunas veces es posible encontrar estados de la fase merogonial en material de campo, pero estos no se observaron en el microsporidio de *S. ignescens* durante el curso de esta investigación.

La agrupación de esporas dentro de vesículas esporofóricas es una característica muy importante para la taxonomía de Microspora. Igualmente, el número de esporas que encierra la vesícula esporofórica es utilizado como carácter taxonómico de gran valor. Sprague (1977) revive la familia Pleistophoridae Stempell, 1909 para incluir en ella microsporidios que tienen un gran e irregular número de esporas encerradas dentro de una membrana, como las que se observan en el microsporidio de *S. ignescens*. De los microsporidios patógenos de simúlidos sólo se conoce una especie de la familia Pleistophoridae, a saber: *Polydispyrenia simulii*.

En la Fig. 5 se observan esporas aisladas mediante maceración de la vesícula esporofórica. La espora fresca es de forma oval-piriforme, mientras que la espora fijada en etanol es ovalada debido a un ligero achatamiento del extremo anterior de la espora por la deshidratación. Las dimensiones de la espora son 5μ de longitud por 3μ de diámetro en promedio ($n = 50$).

La forma ovoide de la espora así como las dimensiones de la misma, coinciden con los datos señalados para *Polydispyrenia simulii*, por diferentes investigadores (Maurand, 1975; Vavra & Undeen, 1981; Weiser & Undeen, 1981). Sin embargo, estas características se deben tener en cuenta sólo como datos complementarios, pues otras especies podrían ser semejantes en estos aspectos. Además, el tamaño de la espora puede variar ligeramente de un huésped a otro. Esto se ha establecido en *Polydispyrenia simulii* (Vavra & Undeen, 1981).

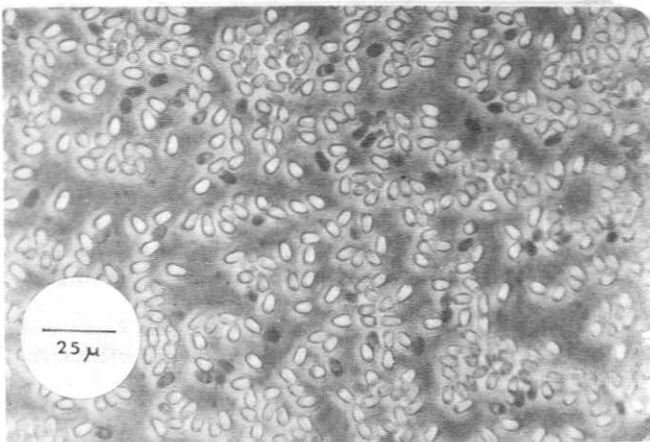


Figura 5. Esporas libres de *Polydispyrenia simulii* encontrado en *Simulium ignescens*. Frotis fresco observado en contraste de fase.

Diferentes etapas de la fase esporogonial se aprecian en la Fig. 4, así como la agrupación de esporoblastos y esporas dentro de la membrana de la vesícula esporofórica. El plasmodio esporogonial se divide por plasmotomía (fragmentación sucesiva) para dar origen a esporoblastos jóvenes. Los esporoblastos avanzados reducen su tamaño y adquieren un color oscuro por acumulación de quitina y finalmente se transforman en esporas maduras (Fig. 4).

Según Canning y Hazard (1982) la división del plasmodio esporogonial por plasmotomía, se presenta en *Pleistophora* y *Polydispyrenia*, mientras que en *Vavraia* el plasmodio se divide por esquizogonia. Estos son los tres géneros que conforman la familia Pleistophoridae, pero *Pleistophora* se considera actualmente como género característico de vertebrados (Canning & Lom, 1986).

Las características morfológicas del microsporidio patógeno de *S. ignescens* concuerdan ampliamente con aquellas de la especie *Polydispyrenia simulii*, por lo tanto se puede asegurar que esta especie es la encontrada en *S. ignescens* proveniente de la región de La Calera.

Gigantodax ortizi. La microsporidiosis en *G. ortizi* presenta características externas semejantes a la de *S. ignescens*. Los xenomas blancos llenan la cavidad abdominal de la larva y se observan fácilmente a través de la cutícula del huésped. Las secciones semifinas permiten apreciar la distribución irregular (no centripeta) del patógeno dentro del xenoma (Fig. 6). La espora es marcadamente piriforme, diferente a la forma ovalada encontrada en *S. ignescens* y un poco más grande que ésta.

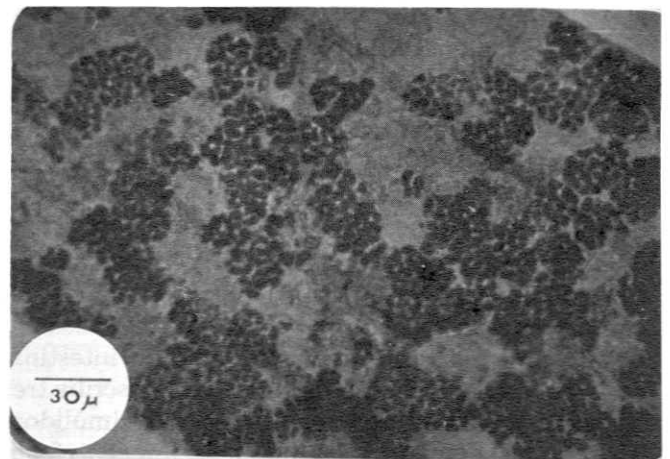


Figura 6. Sección de un xenoma del microsporidio hallado en *Gigantodax ortizi*. La distribución de los diferentes estados del patógeno es irregular. Se nota la tendencia al agrupamiento de las esporas maduras. Las zonas claras corresponden a estados más jóvenes. — Azul de Toluidina.

La ubicación taxonómica de este microsporidio está en estudio. Próximamente se publicarán detalles de la ultraestructura, tanto de *P. simulii* como de esta posible nueva especie. Con las observaciones realizadas, por ahora, se puede afirmar que

ésta exhibe las características propias de los miembros de la familia Pleistophoridae, en particular, la agrupación de un gran número de esporas dentro de una vesícula esporofórica que se forma a partir del mismo protozoario.

S. muiscorum. No se detectó microsporidiosis en esta especie.

Nemátodos

Se encontraron nemátodos parásitos en larvas de *S. ignescens* y *S. muiscorum*. No se hallaron en *G. ortizi*. Estos parásitos se localizan enrollados dentro de la parte posterior del abdomen de la larva (Fig. 7), aunque en ocasiones se estiran y ocupan todo el hemocele a lo largo del huésped. Al extraer cuidadosamente el nemátodo mediante disección, es notoria la ausencia de los cuerpos grasos de la larva parasitada. Fuera de la larva se contemplan como largos y delgados hilos blancos (Fig. 8). Su longitud alcanza 20 a 25 mm y su diámetro 0.1 mm. La cabeza, observada al microscopio, muestra un esófago muy largo y delgado, sin musculatura aparente. En una larva parasitada de *S. ignescens* fue posible inducir la salida del mermítido a través de la pared corporal, mediante un leve calentamiento del agua y la adición de etanol y formol en baja concentración.

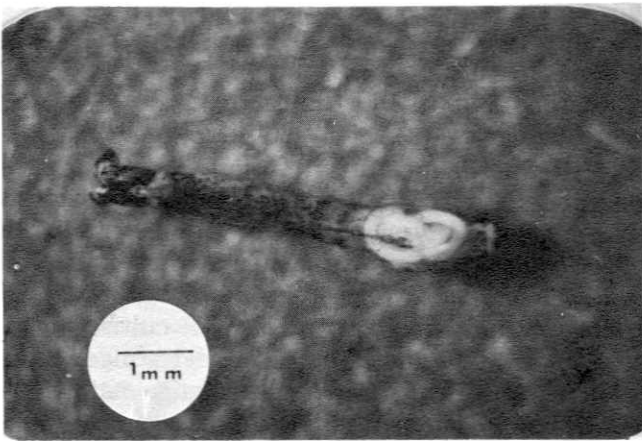


Figura 7. Larva de *Simulium ignescens* parasitada por un mermítido.

Moncada y Bueno (1977) informan sobre nemátodos parásitos en larvas de *S. ignescens* y *S. muiscorum*. No los mencionan para *G. ortizi*, ni para otras especies de simúlidos de la región de La Calera. Estos datos coinciden con los hallados en la presente investigación. De acuerdo con las claves de Weiser y Briggs (1971) y la bibliografía citada sobre nemátodos entomofílicos, los parásitos hallados en *S. ignescens* y *S. muiscorum* pertenecen a la familia Mermithidae.

Debido a que la taxonomía de los mermítidos se fundamenta en características sexuales de los adultos (Poinar, 1981), es necesario cultivar los parásitos en laboratorio, hasta obtener adultos de ambos sexos, para lo cual se han diseñado varios siste-

mas (Finney, 1981). En el presente trabajo no fue posible determinar los mermítidos a nivel de género, debido a que con el cultivo solamente se obtuvieron dos hembras aún sin completar la madurez y no se obtuvieron machos. Los mermítidos constituyen otro importante grupo de enemigos naturales de los simúlidos. La posibilidad de cultivarlos en laboratorio los hace candidatos a ser utilizados en programas de control de estos insectos (Finney, 1981).

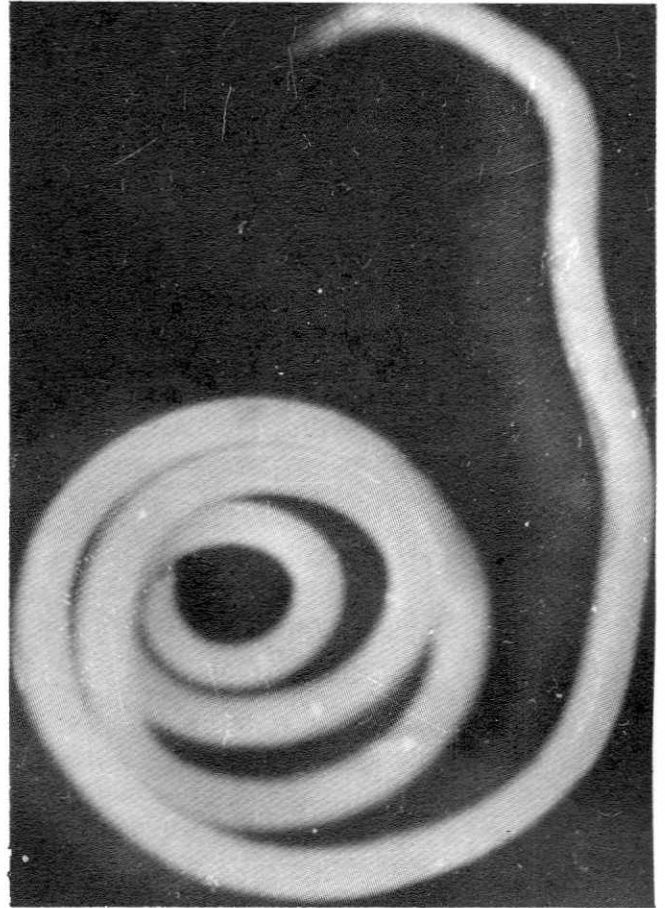


Figura 8. Estado juvenil postparasítico del mermítido parásito de *Simulium ignescens*.

Hongos

En el material examinado se encontraron frecuentemente hongos que invaden con su micelio el cuerpo de larvas moribundas o muertas. Sin embargo, a estos hongos no se les considera patógenos por no ser los responsables primarios de la muerte de las larvas; pertenecen, en su mayoría, a la familia Entomophthoraceae (Zygomycetes) (Weiser, 1964; Weiser & Briggs, 1971).

Solamente se halló un hongo en *S. ignescens*. La larva infectada presentó pequeñas esferas blancuzcas por todo el cuerpo, haciéndose visibles a través de la cutícula (Fig. 9). Estas estructuras corresponden a los esporangios del patógeno que ocupan toda la cavidad y disuelven los tejidos internos. Aparentemente el tubo digestivo y la cutícula no parecen afectados (Fig. 10). En la Fig. 11 se aprecian, en sección fina transversal, las estructuras

esféricas o esporangios que llenan la cavidad del cuerpo de la larva. Dentro de ellos se distinguen numerosos núcleos con gránulos de cromatina dispersos. La organización interna de estos esporangios es de tipo plasmodial.

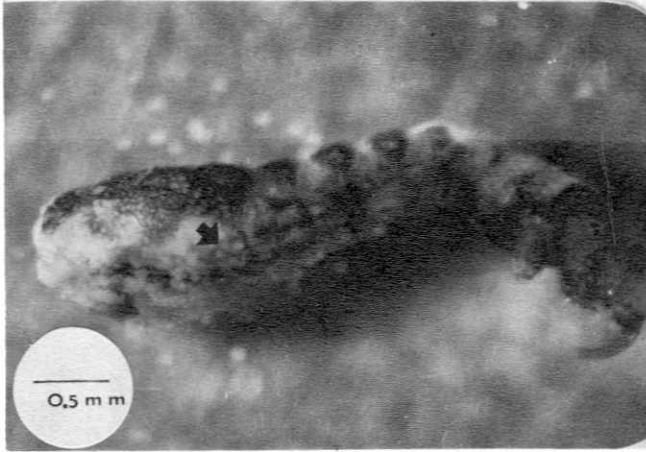


Figura 9. Larva de *Simulium ignescens* infectada con *Coelomycidium simulii*. La flecha señala los esporangios.

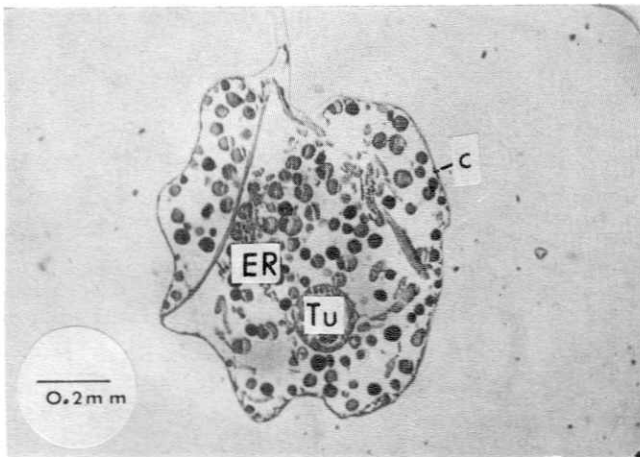


Figura 10. Sección transversal de una larva de *Simulium ignescens* infectada con *Coelomycidium simulii*. Los esporangios (ER) invaden la cavidad interna, conservándose el tubo digestivo (Tu) y la Cutícula (c). Hematoxilina-Eosina.

De acuerdo con las claves para hongos (Weiser & Briggs, 1971) el hongo hallado en larvas de *S. ignescens* corresponde a la especie *Coelomycidium simulii* (Chytridiales: Coelosporidiidae).

La separación de núcleos mediante membranas, que se ve en la Fig. 12, se puede relacionar con las observaciones de Loubès y Manier (1974) quienes señalan que al iniciarse la diferenciación de las zoósporas, los núcleos del plasmodio se alargan y mediante anastomosis de las vesículas del retículo endoplasmático, se originan las membranas que individualizan las zoósporas.

Con excepción del trabajo de Loubès y Manier (1974) se tiene muy poca información sobre la ultraestructura de *C. simulii*. Weiser y Zizka (1969) aseguran que se presentan ligeras diferencias morfo-

lógicas entre razas del hongo provenientes de diferentes regiones.

Puesto que el patógeno es cosmopólita (aunque no infecta todas las especies de simúlidos) es posible que estudios ultraestructurales comparativos de muestras del hongo tomadas en diferentes regiones biogeográficas, conduzcan a la descripción de especies distintas. Dubitskii (citado por Weiser & Undeen, 1981) halló "cepas aberrantes" de un hongo similar a *C. simulii*, en una región de Asia Central.

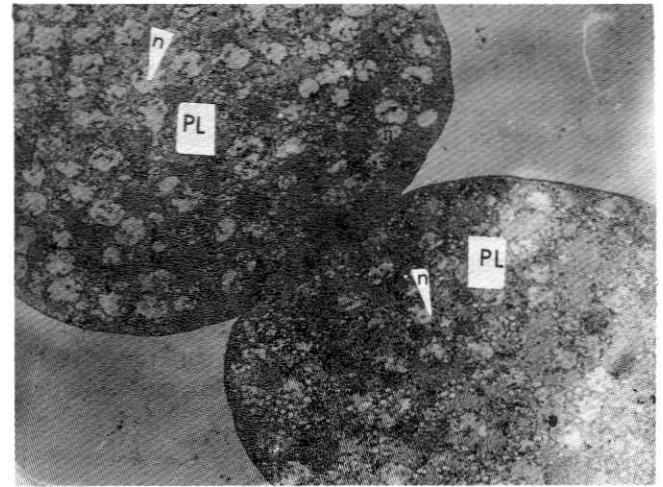


Figura 11. Electromicrografía de plasmodios (PL) de *Coelomycidium simulii* hallado en *Simulium ignescens*. Los núcleos (n) contienen gránulos de cromatina dispersa. 1130 x.

Según Nolan (1981) *C. simulii* es uno de los microorganismos que presenta grandes perspectivas para biocontrol de simúlidos. Ha sido cultivado "in vitro" utilizando diferentes medios para cultivo de tejidos, aunque sin la producción de zoósporas. El perfeccionamiento de las técnicas de cultivo "in vitro" para la producción masiva del hongo, haría posible la utilización de este enemigo natural en control biológico de simúlidos.

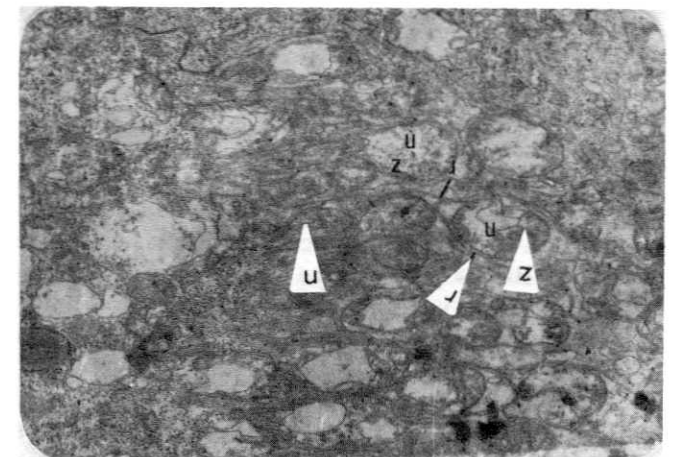


Figura 12. Detalle de la posible diferenciación de zoósporas de *Coelomycidium simulii* de *Simulium ignescens*. z: Zoóspora. n.: Núcleo. r: Membrana formada a partir del retículo endoplasmático. 12.000x.

Incidencia del parasitismo

Las tres especies de simúlidos encontradas en el sitio de estudio presentan algún tipo de parasitismo. Sin embargo, sólo *S. ignescens* es afectado por microsporidios, nemátodos y hongos. Es importante anotar que no se observaron larvas afectadas por 2 o más parásitos simultáneamente. La incidencia comparada de los tres grupos de patógenos se evidencia en la Tabla 2.

Tabla 2.

Incidencia del parasitismo en larvas de *S. ignescens*, *S. muiscorum* y *Gigantodax ortizi*

Hospedero	No. larvas examinadas	Mermithidae	Microspora	<i>Coelomyxium simulii</i>
<i>S. ignescens</i>	3.432	311 (9.1%)	124 (3.6%)	57 (1.7%)
<i>S. muiscorum</i>	557	5 (0.9%)	—	—
<i>G. ortizi</i>	303	—	1 (0.3%)	—
Total	4.292			

Los nemátodos fueron los de más alta incidencia en cada uno de los muestreos y en el acumulado total (9.1%). La frecuencia de microsporidiosis fue de 3.6% y la del hongo del 1.7%. Sin embargo, en las recolecciones efectuadas en las dos primeras fechas (III—19—87 y IV—27—87), la incidencia del hongo fue mayor a la de microsporidios. *S. muiscorum* es parasitado únicamente por mermítidos aunque en baja frecuencia, 5 larvas de 557 examinadas (0.9%). En *G. ortizi* solamente se halló un ejemplar infectado con *Microspora* de un total de 303 larvas examinadas. Su incidencia es aparentemente muy baja (0.33%).

Microsporidiosis. La literatura señala datos de incidencia de infecciones por microsporidios en un amplio rango (desde un 0.5 hasta un 50%). Sin embargo, esta información se refiere, por lo general, a observaciones puntuales y carentes de una metodología adecuada de muestreo. Quizás el estudio más representativo es el realizado por Maurand (1973) en la región de Montpellier, Francia. Este autor, además de realizar muestreos frecuentes, en varios sitios y durante las diferentes estaciones, consideró características ecológicas tales como, sustrato de cría de las larvas, velocidad de la corriente, oxígeno disuelto y temperatura del agua. No encontró relación entre estos factores ambientales y la incidencia de la infección. Este investigador señala una relación directa entre la tasa de infección y la edad de las larvas. De un total de 4.500 ejemplares examinados halló una incidencia del 3.3%, la que aumentó al 8% en larvas de cuarto estadio. Takaoka (1980) examinó en Guatemala 23.346 larvas y encontró sólo el 1.2% infectado por microsporidios; es importante resaltar el hecho de que larvas de los vectores *S. metallicum*, *S. ochraceum* y *S. callidum* están incluidas en estos datos.

En los 4 muestreos se hallaron incidencias que fluctúan desde el 0.2% hasta 5.5% para microspori-

dios en *S. ignescens*. Pero al considerar el dato global, de un total de 3.432 larvas examinadas, la incidencia de la infección es del 3.6% similar al valor señalado por Maurand (1973).

Es difícil interpretar la baja incidencia en *G. ortizi* debido a que poco se conoce sobre el parasitismo en este género endémico de los Andes. Por otra parte, *G. ortizi* vive normalmente en fondos fangosos de pequeñas corrientes (Moncada & Bueno, 1977) y los muestreos para este trabajo se hicieron en el río. Una evaluación de microsporidios en el hábitat normal de *G. ortizi* podría arrojar resultados diferentes.

Tal vez la principal dificultad en el estudio de la epizootiología de microsporidios en simúlidos es la falta de conocimiento sobre los mecanismos de transmisión de estos patógenos. Maurand (1973, 1975) afirma que las crecientes en los ríos arrastran la población larvaria y por lo tanto es necesario que la infección se preserve en los adultos, lo cual constituiría una evidencia en favor de la transmisión vertical. Sin embargo, Undeen et al (1984), después de demostrar que la infección se presenta en larvas de ambos sexos y con carácter letal, aseguran que es indispensable la transmisión horizontal para mantener el microsporidio en la población. Además, si el patógeno requiere del adulto para completar su ciclo de vida, pueden intervenir en la incidencia otros factores tales como condiciones ambientales y la disponibilidad de sangre para las hembras.

Mermítidos. Estos son los principales agentes de control biológico natural en simúlidos debido a que presentan una alta incidencia de parasitismo. Para *S. ignescens* la incidencia de estos nemátodos es mucho más significativa comparada con la de microsporidios y *C. simulii*.

Weiser (1964) señala una mortalidad del 30 al 60%, de simúlidos, incluyendo los adultos, ocasionada por mermítidos. Rubtsov (citado por Welch, 1965) registra un promedio del 17% para la región de Leningrado y afirma que en algunos ríos soviéticos ha ocurrido la erradicación de la población larvaria de simúlidos por acción de los mermítidos. Ezenwa (1973), al examinar 3.144 larvas de simúlidos de cinco especies en la península del Labrador (Canadá), halla una incidencia del 11.2%. Takaoka (1980), al examinar 23.346 larvas de simúlidos de Guatemala, indica una incidencia del 2.4%. Para la especie vectora *S. callidum* la incidencia es del 4.9% (variando desde 0.7 hasta 50%) y para *S. metallicum* 8.9% (oscilando entre 1.5 y 75%). Walsh et al. (1981), sugieren la posibilidad de suspender la aplicación de larvicidas químicos en el río Volta (zona de oncocercosis en el Africa occidental) durante los meses de octubre y noviembre debido a la alta incidencia de mermítidos durante este período. Takaoka (1982) al examinar 29.084 larvas provenientes de 54 quebradas de Oita, en el Japón, señala una incidencia de 1.15%.

La baja incidencia de mermítidos en *S. muiscorum* podría explicarse por los sitios de localización de las larvas de esta especie. Estas prefieren los lugares de mayor velocidad de la corriente, lo cual dificulta la permanencia de los estados libres de los nemátodos y su contacto con el huésped. Weiser (1964) indica que se encuentran más larvas parásitas por mermítidos en las corrientes más lentas. Los resultados del parasitismo en *S. ignescens* confirman esta apreciación; las larvas de esa especie se hallan preferencialmente en lugares donde la velocidad de la corriente no es muy alta.

G. ortizi comparte sitios similares con *S. ignescens* en el río, sin embargo, parece no ser afectado por mermítidos de acuerdo con las observaciones realizadas por Moncada y Bueno (1977) y las efectuadas en el presente estudio. Poinar (1981) hace una detallada relación de simúlidos parasitados por mermítidos en todo el mundo y señala a *G. wrighti* afectada por *Gastromermis cloacachilus* en Guatemala. Camino (1985) informa que *G. chilensis* es infectada por *Mesomermis crassivaginae* y *M. subandina* en la Argentina.

Coelomycidium simulii. Tal como ocurre con Microsporida, se tiene poca información acerca de la incidencia de infecciones por *Coelomycidium simulii*. Weiser (1964) señala un promedio en general del 15 al 20%. Jamnback (1973) revela que en New York la incidencia no supera el 1%. Weiser y Undeen (1981) registran una frecuencia máxima del 40% durante el invierno en Europa Central. También se desconoce la razón por la cual *C. simulii* no afecta a todas las especies de simúlidos, a pesar de ser cosmopolita. La incidencia promedio de *C. simulii* en *S. ignescens* (1.7%) parece indicar que este patógeno no es muy importante como agente de control natural. Sin embargo, se requiere un estudio más completo durante todo el año, con muestreos más frecuentes, para llegar a una conclusión más acertada.

De acuerdo con los datos encontrados en la literatura y las observaciones efectuadas en este trabajo, particularmente en larvas de *S. ignescens*, los tres principales grupos de patógenos de simúlidos, parecen mutuamente excluyentes, es decir que solamente uno de ellos se desarrolla exitosamente dentro de una misma larva. Maurand y Loubès (1978) señalan que generalmente un sólo patógeno se encuentra en la cavidad celómica de una misma larva, aunque informan un caso de infección simultánea por Microspora y *C. simulii* en *Tetisimulium bezzi*. Torres (1988) halló una larva de *S. ignescens* proveniente del río Tunjuelito, Municipio de Usme, Cundinamarca a una altura de 3000 m.s.n.m., infectada con *Polydispyrenia simulii* y *C. simulii*.

La acción histopatológica de Microspora, Mermithidae y *C. simulii* está especialmente dirigida al tejido graso de la larva (Maurand & Manier, 1968a; Condon & Gordon, 1977). Esta "competencia por

el sustrato nutricional" podría explicar la presencia de uno solo de los enemigos naturales en una misma larva.

Se requieren más investigaciones sobre la epidemiología de estos importantes grupos de patógenos. El conocimiento profundo de su papel como enemigos naturales de los imúlidos es indispensable para establecer programas de control biológico que permitan disminuir la utilización de larvicidas químicos.

Bibliografía

- Anderson, J. & G. De Foliart. 1962. Nematode parasitism of blackfly (Diptera: Simuliidae) larvae in Wisconsin. Ann. Ent. Soc. Amer., 55: 542-546.
- Armstrong, E. & L. Bass. 1986. Effects of infection by *Nosema whitei* on the mating frequency and fecundity of *Tribolium castaneum*. J. Invert. Pathol., 47: 310-316.
- Avery, S. & L. Bauer. 1984. Iridescent Virus from *Prosimulium* collected in Maine. J. Invert. Pathol., 43: 430-431.
- Batson, B. 1986. A small Iridescent Virus (Iridovirus) in the South Pacific Island of New Caledonia. J. Invert. Pathol., 48: 384-387.
- Brooks, W. 1971. Protozoan infections of insects with emphasis in inflammation. Proc. 4th. Int. Colloq. Insect Pathol. College Park Md., pp. 11-27.
- Bueno, M., L. Moncada & P. Muñoz de Hoyos. 1979. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. I. Nueva especie de *Simulium* (*Hemicnetha*). Caldasia, 12: 581-594.
- Camino, N.B. 1985. Estudio de cuatro especies del género *Mesomermis* Dady, 1911 (Nematoda: Mermithidae) parásitas de larvas de simúlidos (Diptera: Simuliidae). Revista del Museo de la Plata (Zoología) 14: 1-19.
- Canning, E. & E. Hazard. 1982. Genus *Pleistophora* Gurley, 1893: An assemblage of at least three genera. J. Protozool., 29: 39-49.
- Canning, E. & J. Lom. 1986. The Microsporidia of Vertebrates. Academic Press, London. 289 p.
- Condon, W. & R. Gordon. 1977. Some effects of mermithid parasitism on the larval blackflies *Prosimulium mixtum fuscum* and *Simulium venustum*. J. Invert. Pathol., 29: 56-62.
- Currán, J. 1982. Infectivity and development of a blackfly (Simuliidae) mermithid in mosquitoes. J. Invert. Pathol., 39: 401-402.
- Debaisieux, P. 1919a. Une chytridiné nouvelle: *Coelomycidium simulii*, nov. gen. nov. spec. C.R.S. Soc. Biol., 82: 899-900.
- , 1919b. Microsporidies parasites des larves de *Simulium*: *Thelohania varians*. Cellule, 30: 47-79.
- , 1926. A propos d'une microsporidie nouvelle *Octosporea simulii*. Ann. Soc. Sci. Bruxelles, 46: 594-601.
- Debaisieux, P. & L. Gastaldi. 1919. Les microsporidies parasites des larves de simules. Cellule, 30: 187-213.
- Dubitskii, A. 1978. Biological control of bloodsucking flies in the USSR. Citado por Weiser y Undeen (1981).

- Ezenwa, A. 1973. Mermithid and microsporidian parasitism of blackflies (Diptera: Simuliidae) in the vicinity of Churchill Falls, Labrador. *Can. J. Zool.*, 50: 1109-1111.
- Finney, J. 1981. Potential of mermithids for control and 'In vitro' culture. In: *Blackflies. The future for biological methods in integrated control.* Laird, M. Ed., Academic Press. London. pp. 325-333.
- Finney, J. & J. Mokry. 1980. *Romanomermis culicivora* and simuliids. *J. Invert. Pathol.*, 35: 211-213.
- Fisher, F. & R. Sanborn. 1962. Production of insect juvenile hormone by the microsporidian parasite *Nosema*. *Nature*, 194: 1193.
- Gordon, R., B. Ebsary & G. Bennett. 1973. Potentialities of mermithid nematodes for the biocontrol of blackflies (Diptera: Simuliidae). A review. *Exp. Parasitol.*, 33: 226-238.
- Guillet, P. 1984. The control of human onchocerciasis and the prospects for biological agents. *Entomophaga*, 29: 121-132.
- Hazard, E., E. Ellis & D. Joslyn. 1981. Identification of Microsporidia. In: *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980.* Burgess, H., Ed. Academic Press. London. pp. 163-182.
- Henry, J. 1981. Natural and applied control of insects by Protozoa. *Ann. Rev. Entomol.*, 26: 49-73.
- Huger, A. 1960. Electron microscope study on the cytology of a microsporidian spore by means of ultrathin sectioning. *J. Insect Pathol.*, 2: 84-105.
- Jamnback, H. 1973. Recent developments in control of blackflies. *Ann. Rev. Entomol.*, 18: 281-304.
- Johnson, D. & E. Pavlikova. 1986. Reduction of consumption by grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) infected with *Nosema locustae* Canning (Microsporidia: Nosematidae). *J. Invert. Pathol.*, 48: 232-238.
- Lacey, L. & A. Undeen. 1986. Microbial control of blackflies and mosquitoes. *Ann. Rev. Entomol.*, 31: 265-296.
- . 1987. The biological control potential of pathogens and parasites of black flies: 327-340. In Kim, K.C. & R.W. Merritt (Eds.), *Black flies: ecology, population management, and annotated world list xv + 528 pp.* Pennsylvania State University, University Park & London.
- Larsson, R. 1983. Studies of the cytology and taxonomy of the microsporidia (Protozoa, Microspora). *Disertación inédita.* Department of Zoology, University of Lund, Lund Sweden. 33 p.
- . 1986a. Ultrastructure, function and classification of microsporidia. *Progress Protistol.*, 1: 325-390.
- . 1986b. Sporogony of microsporidia: ultrastructure features of taxonomic significance. *Proc. 5th Int. Colloq. Invert. Pathol. Veldhoven.* pp. 339-342.
- Léger, L. 1897. Sur une nouvelle Myxosporidié de la famille des Glugeidées. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 125: 260-262.
- Levine, N. J., Corliss, F. Cox, G. Deroux, J. Grain, B. Honingberg, G. Leedale, A. Loeblich, J. Lom, Lynn, E. Merinfeld, F. Page, G. Poljansky, V. Sprague, J. Vavra & F. Wallace. 1980. A newly revised classification of the Protozoa. *J. Protozool.*, 27: 37-58.
- Liu, T. 1984. Ultrastructure of the midgut of the worker honey bee *Apis mellifera* heavily infected with *Nosema apis*. *J. Invert. Pathol.*, 44: 282-291.
- Loubés, C. 1979a. Ultrastructure, sexualité, dimorphisme sporogonique des microsporidies (Protozoaires). Incidences taxonomiques et biologiques. Thèse Doctorat es Sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier. 86 p.
- . 1979b. Recherches sur la méiose chez les microsporidies: conséquences sur les cycles biologiques. *J. Protozool.*, 26: 200-208.
- Loubés, C. & J. Manier. 1974. Étude ultrastructurale de *Coelomycidium simulii* Debaisieux, sa position systématique parmi les Chytridiomycetes. *Protistologica*, 10: 47-57.
- Lutz, A & A. Splendore. 1904. Über pebrine und verwandte mikrosporidien. *Zbl. Bakteriol. Parasitenkunde Infekt. Krankh. Hyg.*, 36: 645-650 (citado por Maurand, 1973).
- . 1908. Über pebrine und verwandte mikrosporidien. *Zbl. Bakteriol. Parasitenkunde Infekt. Krankh. Hyg.*, 46: 311-315 (citado por Maurand, 1973).
- Maurand, J. 1973. Recherches biologiques sur les microsporidies des larves de simulies. Thèse Doctorat es Sciences, Université des Sciences et Techniques de Languedoc. Montpellier. 199 p.
- . 1975. Les microsporidies des larves de simulies: systématique, données cytochimiques, pathologiques et écologiques. *Ann. Parasitol.*, 50: 371-396.
- Maurand, J. & C. Loubés. 1978. Les microsporidies des larves de simulies: données ultrastructurales. *Z. Parasitenkd.*, 56: 131-146.
- Maurand, J. & J. Manier. 1968. Actions histopathologiques comparées de parasites coelomiques des larves de simulies (Chytridiales, Microsporidies). *Ann. Parasitol.*, 43: 79-85.
- Mokry, J., M. Colbo, & B. Thompson. 1981. Laboratory colonization of blackflies. In: *Blackflies. The future for biological methods in integrated control.* Laird, M. Ed. Academic Press. London., pp. 299-315.
- Molloy, D. & R. Gaugier & H. Jamnback. 1980. The pathogenicity of *Neoplectana carpocapsae* to blackfly larvae. *J. Invert. Pathol.*, 36: 302-306.
- Moncada, L. & M. Bueno. 1977. Inventario específico y algunos aspectos biológicos de los simúlidos del río Teusacá. Tesis Biólogo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 294 p.
- Mondet, B., G. Poinar & J. Bernadou. 1977a. Etude du parasitisme des simulies (Diptera, Simuliidae) par des Mermithidae (Nematoda) en Afrique de l'ouest. II. Description de deux nouvelles espèces de *Gastromermis*. *Can. J. Zool.*, 55: 1275-1283.
- . 1977b. Etude du parasitisme des simulies (Diptera: Simuliidae) par des Mermithidae (Nematoda) en Afrique de l'ouest. IV. Description de *Isomermis lairdi*, n. sp., parasite de *Simulium damnosum*. *Can. J. Zool.*, 55: 2011-2017.
- Muñoz de Hoyos, P. 1972. Relationship between two species of Microsporidia (Sporozoa) and two related species of *Rhynchosciara* (Diptera). Thesis Master of Arts. The University of Texas at Austin. 85 p.
- Muñoz de Hoyos, P., M. Bueno & L. Moncada. 1982. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. II. Especies de simúlidos registradas en Colombia. *Scientiae Fac. Ciencias U. Nal. Bogotá Colombia*, 1 (2): 141-146.
- Nolan, R. 1981. Mass production of pathogens. In: *Blackflies. The future for biological methods in integrated control.* Laird, M. Ed. Academic Press. London. pp. 319-324.

- Poinar, G. 1981. Mermithid nematodes of blackflies. In: Blackflies. The future for biological methods in integrated control. Laird, M. Ed. Academic Press. London, pp. 159-170.
- Roubaud, M. 1906. Simulies nouvelles de l'Amerique du Sud. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 12: 106-110.
- Rubtsov, I. 1981. Mermithidae: taxonomic criteria for their juvenile stages and blackfly biocontrol prospects. In: Blackflies. The future for biological methods in integrated control. Laird, M. Ed. Academic Press. London., pp 171-180.
- Sprague, V. 1977. Systematics of the Microsporidia. Comp. Pathobiol., 2: 1-510.
- Sprague, V. & S. Vernick. 1968. Light and electron microscope study of a new species of *Glugea* (Microsporida, Nosematidae) in the 4-Spined Stickleback *Apeltes quadracus*. J. Protozool. 15: 547-571.
- Stempell, W. 1909. Uber *Nosema bombycis* Nageli. Arch. Protistenkd., 16: 281-358. (Citado por Canning y Hazard, 1982).
- Strickland, E. 1911. Some parasites of *Simulium* larvae and their effect on development of the host. Biol. Bull., 21: 302-338.
- . 1913. Further observations on the parasites of *Simulium* larvae: J. Morphol., 24: 43-95.
- Takaoka, H. 1980. Pathogens of blackfly larvae in Guatemala and their influence on natural populations of three species of onchocerciasis vectors. Am. J. Trop. Med. Hyg., 29: 467-472.
- . 1982. Mermithid, microsporidan and fungal parasitism of larval blackflies from Oita, in Japan. Jap. J. Sanit. Zool., 33: 149-154.
- Torres, O. 1988. Estudios preliminares de microsporidios y otros patógenos en larvas de simúlidos (Diptera: Simuliidae) de La Calera. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, 109 p.
- Undeen, A. 1978. Observations on the ovarian Phycomycete of Newfoundland blackflies. Proc. Int. Colloq. Invert. Pathol. and XIth. An. Meet. Soc. Invert. Pathol Prague., pp. 251-255.
- Undeen, A. & R. Nolan. 1977. Ovarian infection and fungal spore oviposition in the blackfly *Prosimulium mixtum*. J. Invert. Pathol., 30: 97-98.
- Vavra, J. & A. Undeen. 1981. Microsporidia (Microspora: Microsporida) from Newfoundland blackflies (Diptera: Simuliidae). Can. J. Zool., 59: 1431-1446.
- Walsk, J., J. Davies & B. Cliff. 1981. World Health Organization Onchocerciasis Control Program in the Volta River Basin. In: Blackflies the future for biological methods in integrated control. Laird, M. Ed. Academic Press. London., pp. 85-103.
- Weiser, J. 1964. Parasitology of blackflies. Bull. Wld. Org., 31: 483-485.
- . 1968. Iridescent virus from the blackfly *Simulium ornatum* Meig. in Czechoslovakia. J. Invert. Pathol., 12: 36-39.
- . 1970. Recent advances in insect pathology. Ann. Rev. Entomol., 15: 245-256.
- Weiser, J. & J. Briggs. 1971. Identification of pathogens. In: Microbial Control of Insects and Mites. Burges, H. y N. Hussey. Eds., Academic Press. London, pp 13-66.
- Weiser, J. & A. Undeen. 1981. Diseases of blackflies. In: Blackflies. The future for biological methods in integrated control. Laird, M. Ed. Academic Press. London. pp. 181-196.
- Weiser, J. & Z. Zizka. 1969. *Coelomycidium simulii* in larval blackflies Proc. 3th. Inter. Cong. Protozool. Leningrad, pp. 249.
- Welch, H. 1962. New species of *Gastromermis*, *Isomermis*, and *Mesomermis* (Nematoda: Mermithidae) from blackfly larvae. Ann. Ent. Soc. Amer., 55: 535-542.
- . 1964. Mermithid parasites of blackflies. Bull. Wld. Hlth. Org., 31: 857-863.
- . 1965. Entomophilic nematodes. Ann. Rev. Entomol., 10: 275-302.
- Westphal, A. 1977. Protozoos. Ediciones Omega, Barcelona, 229 p.
- Wygodzinsky, P. 1973. Diagnoses of new species of *Gigantodax* Enderlein (Simuliidae: Diptera) from the Northern Andes. J. N. York Entomol. Soc., 81: 243-246.
- Yeboah, D., A. Undeen & M. Colbo. 1984. Phycomycetes parasitizing the ovaries of blackflies (Simuliidae). J. Invert. Pathol., 43: 363-373.

UNA NUEVA ESPECIE DE *Cissia* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE: SATYRINAE), PARA COLOMBIA

por

M. Gonzalo Andrade-C.*

Resumen

Andrade-C., M.G.: Una nueva especie de *Cissia* (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae), para Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (69): 265-268, 1991. ISSN 0370-3908.

Se nomina y describe una nueva especie de *Cissia* Doubleday, 1848 de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de Colombia; se ilustra su genitalia y se anexan fotos del Holotipo y Alotipo.

Abstract

A new species of *Cissia* Doubleday, 1848 is nominated from occidental slopes, Cordillera Oriental, Colombia, with illustration of its genitalia; photographs of the male and female, holotype and allotype are included.

Introducción

La subfamilia satyrinae en Colombia tiene un amplio rango de distribución, se les encuentra desde los 300 hasta los 3500 m de altitud, generalmente a sus miembros se les observa posados sobre la vegetación en el interior del bosque, a la orilla de los caminos o en los claros soleados del interior del bosque, dentro de las plantas hospedantes se encuentran Poaceae, Cyperaceae y Amaranthaceae; generalmente estas mariposas comparten su hábitat con miembros de la familia Hesperiiidae y de la subfamilia Ithomiinae.

El género *Cissia* se encuentra en Colombia entre los 1800 m y 2500 m de altitud.

Para la descripción de los colores de las alas se eligió como referencia la tabla de coloración de Ridgway (1912); las disecciones de las genitalias se hicieron según la técnica descrita por Clarke (1941). Las abreviaturas utilizadas son las siguientes: AA = ala anterior; AP = ala posterior; Sc = vena subcostal; R = vena radial; Cu = vena cubital; 2A = vena anal; Vh = vena humeral; M = vena media; Rs = vena subradial; CD = celda discal; (MM) = machos; (HH) = hembras.

Cissia ucumariensis sp. nov.

Figs. 1-2

Holotipo: Macho, depositado en el Instituto de Ciencias Naturales-MHN, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. ICN-MHN-L 8200, Sept. 17 de 1990; G. Andrade-C., Leg. Genitalia 304.

Alotipo: Hembra, depositado en el Instituto de Ciencias Naturales-MHN, Universidad Nacional

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



Figura 1. A: Holotipo, vista dorsal ICN-MHN-L 8200, Gen. 304. B: Holotipo, vista ventral. C: Alotipo, vista dorsal ICN-MHN-L 8201 Gen. 303. D: Alotipo, vista ventral.

de Colombia, Bogotá. ICN-MHN-L 8201, Sept. 20 de 1990; *G. Andrade-C.*, Leg. Genitalia 303.

Paratipo. ICN-MHN-L 8202, depositado en el Museo Británico de Historia Natural (BMNH), Londres, Inglaterra. *G. Andrade-C.* Leg.

Localidad Típica: Colombia, Departamento del Risaralda, municipio de Pereira, corregimiento La Florida, Parque Regional Natural de Ucumari, Corporación Autónoma Regional del Risaralda CARDER, 2300 m.

Etimología: El epíteto específico hace referencia a la localidad típica.

Descripción

MACHO: — Largo AA 20 mm. — AA en vista dorsal “Sepia”, con dos líneas muy finas de color “Fuscous” que van desde el ápice hasta el tornio a lo largo del área marginal. AA en vista ventral con dos manchas de colores muy bien definidos; la primera mancha de color “Ochraceous — Tawny” que va desde el área basal hasta el área postmedia; la segunda mancha de color “Sepia” que ocupa el resto del ala. En el área media presenta una línea muy fina de color “Fuscous” que va desde la R4 hasta la celda comprendida entre la Cu2 y 2A en el área media; entre la M1 y M2 se encuentra un celo de color “Black” con un pequeño punto de color

“White” y un borde de color “Ochraceous — Tawny”, presenta dos líneas muy finas de color “Fuscous” que van desde el ápice hasta el tornio a lo largo del área marginal. — AP en vista dorsal “Sepia” con un ocelo entre Cu1 y Cu2 de color “Black” con dos puntos de color “White” y un borde de color “Ochraceous — Tawny”; presenta dos líneas muy finas de color “Fuscous” que van desde el ápice hasta el tornio a lo largo del área marginal. — AP en vista ventral posee cuatro manchas: La primera color “Ochraceous — Tawny” que va desde el margen costal hasta la 2A y desde el área basal hasta el área media; la segunda de color “Gray” va desde la 2A hasta el margen anal y desde el área basal hasta el tornio; la tercera color “White” que va desde el área media hasta la post-media, y desde el margen costal hasta el anal; la cuarta color “Sepia” va a lo largo del área marginal con tres líneas de color “Fuscous”; en el área post-media tiene cuatro ocelos de color “Black” con dos pequeños puntos de color “White” y un borde de color “Ochraceous — Tawny”.

HEMBRA: — Largo AA 23 mm. — AA en vista dorsal “Sepia” con dos líneas muy finas de color “Fuscous” que van desde el ápice hasta el tornio a lo largo del área marginal; entre la M1 y M2 se encuentra un ocelo de color “Black” con un pequeño punto de color “White” y un borde de color “Ochraceous — Tawny”. — AA en vista ventral con

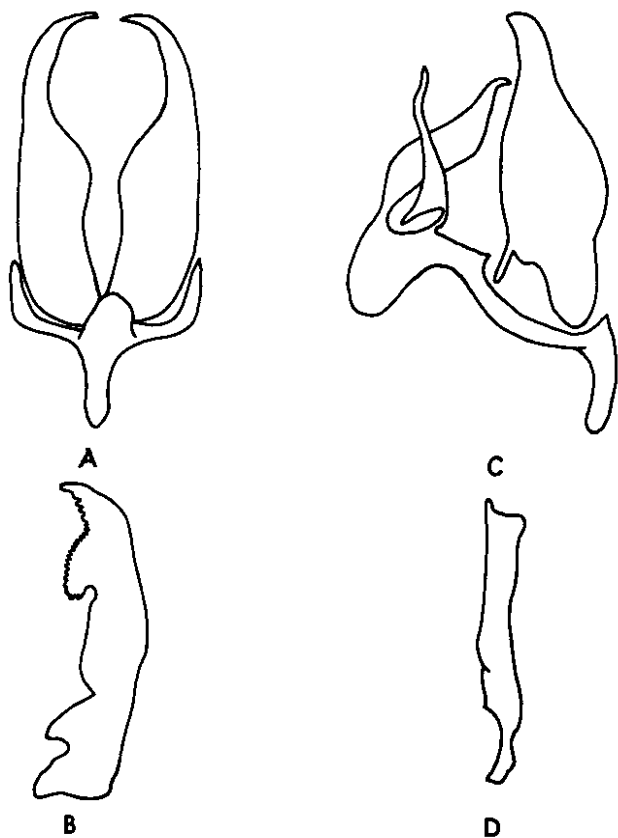


Figura 2. Genitalia del Holotipo de *Cissia ucumariensis*, A: vista ventral de las valvas y el sacus; B: vista ventral de la valva; C: vista lateral de la valva izquierda, del sacus, del uncus y del superuncus; D: vista lateral del edeago.

tres manchas de colores muy bien definidos; la primer mancha de color "Ochraceous - Tawny" que va desde el área basal hasta el área media y desde el margen costal hasta el anal, terminando en una fina línea de color "Antimony - Yellow" que va desde el área media hasta el área marginal y desde el margen costal hasta el anal; la tercer mancha, mucho más pequeña de color "Sepia" con tres finas líneas de color "Fuscous" que va desde el área marginal hasta el margen distal y desde el ápice hasta el tornio; entre la M1 y M2 se encuentra el mismo ocelo que está en la vista dorsal. — AP en vista dorsal "Sepia" con tres ocelos, el primero ubicado entre la M1 y M2; el segundo entre la M3 y Cu1; el tercero entre la Cu1 y Cu2; el primer y segundo ocelo son más pequeños de color "Gray" con un borde de color "Ochraceous - Tawny", el tercer ocelo, más grande, de color "Black" con dos puntos de color "White" y un borde "Ochraceous - Tawny"; en el área marginal tiene tres finas líneas que van desde el ápice hasta el tornio. — AP en vista ventral posee cuatro manchas: La primera color "Ochraceous - Tawny" que va desde el margen costal hasta la 2A y desde el área basal hasta el área media; la segunda de color "Gray" va desde la 2A hasta el margen anal y desde el área basal hasta el tornio, la tercera de color "White" que va desde el área media hasta la postmedia, y desde el margen costal hasta el margen anal; la cuarta de color "Sepia" que va a lo largo del área marginal con tres líneas finas de color "Fuscous"; en el área postme-

dia tiene cuatro ocelos de color "Black" con dos pequeños puntos de color "White" y un borde de color "Ochraceous - Tawny"; entre la M2 y M3 y entre la M3 y Cu1 tiene dos pequeños puntos brillantes de color plateado.

Notas ecológicas

Esta nueva especie de *Cissia* complementa la riqueza de especies de la subfamilia satyrinae para Colombia, señalada por Adams y Bernard (1977, 1979), Adams (1986), Seitz (1924), De Vries (1987).

Cissia ucumariensis es una especie con un rango de distribución muy reducido, ya que únicamente se le ha encontrado en el Parque de Ucumari en altitudes comprendidas entre los 1800 y 2500 m. Se la observó libando flores de Amaranthaceae, Asteraceae y posada sobre el suelo húmedo; vuela a la orilla de los caminos y en los claros soleados del interior del bosque compartiendo su microhábitat con ejemplares de la familia Hesperidae y de la subfamilia Ithomiinae, en biotipos poco o nada perturbados, como son los bosques de niebla que caracterizan al Parque de Ucumari. Por otra parte, salvo su marcado dimorfismo sexual; se trata de una especie constante: los especímenes examinados (8 en total) no presentan ningún tipo de variación, ni en los patrones de coloración, ni en la genitalia del macho.

Material examinado

RISARALDA: 1 (M), camino El Cedral - La Pastora, 2200 m, junio-11-1989, G. Andrade-C., Leg., ICN-MHN-L 8202, Gen. 300: 1 (M), sendero ecológico, alrededores de La Suiza, 1800 m, Sept.-17-1990, G. Andrade-C., Leg., ICN-MHN-L 8200, Gen. 304: 1 (H), camino a la Piscicultura, alrededores de La Suiza, 1900 m, Sept.-18-1990, G. Andrade-C., Leg., ICN-MHN-L 8207, Gen. 307: 2 (MM), 3 (HH), camino La Pastora - El Cedral, 2500 m., Sept.-20-1990, G. Andrade-C., Leg., ICN-MHN-L 8204, 8203, 8201, 8205, 8206, Gen. 302, 301, 303, 305, 306.

Agradecimientos

Expreso mi gratitud a la Corporación Autónoma Regional del Risaralda, CARDER, quien ha financiado el "Inventario de las mariposas del parque Ucumari". A Natalia Ruiz R. por sus comentarios críticos.

Bibliografía

Adams, M.J., & G.I. Bernard, 1977. Pronophilinae butterflies (Satyridae) of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: Systematic Entomology 2 (4): 263-281.

- . 1979. Pronophilinae butterflies (Satyridae) of the Serranía de Valledupar, Colombia-Venezuela border. *Systematic Entomology* 4 (2): 95-118.
- . 1986. Pronophilinae butterflies (Satyridae) of the three Andean Cordilleras of Colombia. *Zoological Journal of the Linnean Society* 87: 285-320.
- Clarke, J.F.G., 1941. The preparation of slides of the genitalia of Lepidoptera. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society*: 36 (4): 149-161.
- De Vries, P.J., 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Princeton University Press. pp. 327.
- Ridgway, R., 1912. Color Standards and color nomenclature. Published by the autor. Washington D.C. 52 plates.
- Seitz, A., 1924. The macrolepidoptera of the world. 5. Alfred Kernen Stuttgart.

**ACADEMIA COLOMBIANA
DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES
INFORME DE SECRETARÍA 1990 — 1991**

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales realizó durante el año académico las siguientes sesiones:

Juntas Directivas: 13, los días septiembre 5, octubre 3, noviembre 7, diciembre 5 de 1990; enero 16, febrero 20, marzo 6, abril 3, mayo 4, junio 5, julio 3, agosto 8 de 1991.

Sesiones ordinarias: 10, los días septiembre 19, octubre 31, noviembre 21, diciembre 12 de 1990; febrero 20, abril 17, mayo 15, junio 19, julio 24 de 1991.

Sesiones especiales: 2, septiembre 26 y octubre 24, para dar posesión a los académicos correspondientes Da. Virginia Montes de Gómez y D. Jorge Sahade.

Conferencias Académicas:

Organizó en su sede conferencias discriminadas así:

- D. Hernando Dueñas “El cambio climático global y sus posibles consecuencias en Colombia”, septiembre 19 de 1990.
- Da. Virginia Montes de Gómez “Aspectos del mecanismo de defensa de las plantas”, septiembre 26 de 1990.
- D. Jorge Sahade “Acotaciones sobre el desarrollo temático y tecnológico de la astronomía”, octubre 24 de 1990.
- D. Jorge Arias de Greiff “Astrofísica del medio ambiente”, el 21 de noviembre de 1990.
- D. Luis Eduardo Mora Osejo “Nuevos conceptos sobre la floración y evolución de las angiospermas”, febrero 20 de 1991.
- D. Eduardo Brieva “Algunas aplicaciones de las series de Lie en mecánica celeste”, abril 17 de 1991.

- D. Jaime Lesmes Camacho “Avances en la teoría de la aproximación”, mayo 15 de 1991.
- D. Víctor Samuel Albis “Los numerales de la familia lingüística macrochibcha”, junio 19 de 1991.
- A cargo de varios académicos y especialistas “Presentación del documento Efectos del Cambio Global en Colombia — Contribución al IGBP”, julio 24 de 1991.

Publicaciones:

Durante este período aparecieron los números 67 y 68 de la Revista, el primero en diciembre de 1990 y el segundo en mayo de 1991.

También se publicaron los siguientes libros:

- Status and problems of science in Latin America and the Caribbean (septiembre de 1990), presentado en la III Conferencia de la TWAS;
- Helechos y plantas afines de Colombia, de María Teresa Murillo y M.A. Harker (noviembre de 1990);
- Tratados de minería de la época colonial, de Guillermo Hernández de Alba y Armando Espinosa (junio de 1991);
- José Triana, su vida, su obra y su época, de Santiago Díaz (editor) con textos de S. Díaz, Olga Restrepo, Gabriel Restrepo y H.A. Schumacher (agosto de 1991);
- La Botánica en Colombia. Hechos notables en su desarrollo de Santiago Díaz (agosto de 1991).

Los tres últimos forman parte de la Colección Enrique Pérez Arbeláez, mientras que el segundo pertenece a la Colección Jorge Alvarez Lleras. El primero es una publicación hecha conjuntamente con el Centro Internacional de Física, (CIF) y la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS).

Premios:

Los Premios Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales — Academia de Ciencias del Tercer Mundo, en el área de Matemáticas fue declarado desierto. Lo mismo ocurrió con el premio de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales para un trabajo científico. No ocurrió lo mismo con el Premio a la vida y obra de un científico, que fue concedido al señor D. Jairo Charris Castañeda, Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Colombia, por su labor investigativa y docente en el área de los polinomios ortogonales, que le ha merecido reconocimiento internacional. Este Premio fue entregado en la sesión del 20 de marzo de 1991.

En sesión extraordinaria realizada el 14 de agosto de 1991 la Academia reglamentó nuevamente los premios que concede.

Biblioteca "Luis López de Mesa"

Se mantuvo el funcionamiento, el canje y la catalogación de los libros y revistas de la "Biblioteca Luis López de Mesa". Para sistematizar su funcionamiento y lograr su integración al Sistema Nacional de Información, se instalaron varios sistemas de bases de datos en ambiente Isis, iniciándose el entrenamiento de los funcionarios responsables.

Relaciones Internacionales

Buscando la manera de celebrar en la frontera Colombo-Venezolana la reunión de la TWAS, se desplazó a Cúcuta y San Cristobal una comisión integrada por representantes de la Academia. Allí se reunió con una comisión mixta de la Academia Venezolana, del Ministerio de Relaciones Exteriores de Venezuela y representantes de la Secretaría Ejecutiva de la TWAS. Desafortunadamente, la decisión final de la TWAS fue celebrar la conferencia en Caracas. A ella asistieron, los señores Académicos D. Hernando Groot, D. Gerardo Reichel-Dolmatoff, Dña. Alicia de Reichel, D. Santiago Díaz, D. José Luis Villaveces y D. Luis Eduardo Mora. En este certamen se presentó el libro "Estado y problemas de la ciencia en América Latina y el Caribe", como la contribución Colombiana.

Por otra parte, la Academia por vía de su Presidente, D. Luis Eduardo Mora Osejo, participó en la creación y constitución de la Federación Latino Americana de Academias de Ciencias (FELAC), formando parte de su Consejo Directivo como Secretario Editor.

Así mismo, el señor Presidente participó en la XXVII reunión del Comité Central de la ICSU y en la XXVIII Asamblea General del mismo organismo, celebrados en Sofía del 1 al 4 de octubre de 1990. Los informes relativos a estas participaciones fueron publicados en el No. 68 de 1991 de la Revista de la Academia.

Las actividades conjuntas con la TWAS se limitaron a la traída del señor profesor D. Dieter Boning, para dictar conferencias sobre fisiología del ejercicio en Bogotá y Cali en el mes de agosto, pasantías para Dña. Flor Marina Poveda (pasantía internacional) y Dña. Adriana Santos (Ecología de Peces) y D. Mario Hernández (Bioética), estas dos últimas en trámite, y la firma de la prórroga del convenio (1990—1992) entre la Academia y el ICE-TEX para el manejo del programa de pasantías de la TWAS.

Con respecto al IGBP, la Academia, con el apoyo financiero del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), elaboró el documento "Efectos del Cambio Global en Colombia. Contribución al IGBP", que consta de 8 proyectos de investigación.

El Académico D. José A. Lozano participó en nombre de la Institución en el taller sobre investigación Antártica celebrado el 31 de octubre de 1990 en la Universidad del Valle. En ese momento la Academia hizo una propuesta de participación de Colombia en las investigaciones antárticas, usando su vinculación con SCAR, cuyo costo equivalía a US\$ 150.000 para el primer año. Finalmente, la Academia, conjuntamente con la Comisión Colombiana de Oceanografía, preparó una reunión sobre las actividades desarrolladas hasta ahora con Colombia sobre estos temas antárticos y solicitó al Canciller la convocatoria de la Comisión Colombiana de Asuntos Antárticos.

Sede de la Academia

Primero se obtuvo del DNP y del Ministerio de Hacienda un adicional en el presupuesto de 1990 por \$ 26.902.000 destinados a la sede, que fueron entregados a la Academia en el próximo pasado mes de julio. Las gestiones adelantadas por la Presidencia condujeron finalmente a elegir como mejor opción la compra de un lote con este dinero y presentar al DNP un proyecto de construcción de la sede para los años 1992—1993.

Nuevos Académicos

La nómina de la Academia se vio acrecentada durante el período reseñado por el nombramiento de nuevos académicos así:

Honorario: D. Gerardo Reichel-Dolmatoff

Correspondientes: Dña. Virginia Montes de Gómez
Dn. Jorge Sahade

Correspondientes nacionales electos:

Dña. Margarita Perea
Dn. Luis Carlos Arboleda

Víctor Manuel Albis González
Secretario