

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMENXXXV

MARZO DE 2001

NUMERO 94

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



CONTENIDO. CONTENTS

Pág.	Pág.
Nota editorial (Editorial Note) Luis Duque Gómez, académico integral (Luis Duque Gómez, Integral Academic).....	5
Botánica (Botany) <i>Tostimontia</i> , un nuevo género de Asteraceae (Mutisieae) originario de Colombia. (<i>Tostimontia</i> , a new genus of Asteraceae [Mutisieae] from Colombia). <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i>	7
Dos nuevas especies de <i>Espeletia</i> (Asteraceae - Heliantheae) de Colombia. (Two new species of <i>Espeletia</i> [Asteraceae, Heliantheae] from Colombia). <i>Santiago Díaz-Piedrahita & Paola Pedraza</i>	11
Una nueva Eupatorieae (Asteraceae) del género <i>Condylopodium</i> R.M. King & H. Robinson. (A new species of Eupatorieae [Asteraceae] of the genus <i>Condylopodium</i> R.M. King & H. Robinson). <i>Santiago Díaz-Piedrahita & Gina Paola Méndez-Ramírez</i>	17
El género <i>Eubrachion</i> Hook. F. (Eremolepidaceae) en Colombia. (The genus <i>Eubrachion</i> Hook. F. [Eremolepidaceae] in Colombia). <i>José Luis Fernández-Alonso, Mateo Hernández & Francisco Roldán</i>	21
Ciencias de la Tierra (Earth Sciences). Consideraciones geocronológicas e isotópicas del batolito antioqueño (Geochronological and isotopic considerations of the Antioquian batholith). <i>Oswaldo Ordóñez Carmona & Mauricio Pimentel</i>	27
El Senosiano de la barrera de Girardot-Guataquí, valle Alto del Magdalena, Colombia: precisiones sobre la estratigrafía y establecimiento de una zonación micropaleontológica. (The Senonian of the Barrera de Girardot-Guataquí, Upper Magdalena Valley, Colombia: Stratigraphic limits and the establishment of a micropaleontological zonation). <i>Nadejda Tchegliakova & Jairo Mojica</i>	37
Entomología Médica (Medical Entomology) Obtención y caracterización de un novel alérgeno mediante la tecnología del DNA recombinante. (Acquisition and characterization of a new allergen using recombinant DNA technology). <i>Leonardo Puerta</i>	77
Historia de la Ciencia (History of Science). Los asertos o conclusiones públicas en el Colegio del Rosario durante la época de la Universidad Central, 1826-1842. (The assertions of public conclusions in the Colegio del Rosario during the epoch of the Universidad Central [1826-1842]). <i>Marfa Clara Guillén de Iriarte</i>	89
Micología (Mycology) En búsqueda del hábitat de <i>Cryptococcus neoformans</i> varo <i>gattii</i> en Colombia. (On search of the habitat of <i>Cryptococcus neoformans</i> varo <i>gattii</i> in Colombia). <i>Elizabeth Castañeda</i>	105
Química (Chemistry) Aportación de la química verde a la gran farmacia de la naturaleza. (Green Chemistry: filling nature's Pharmacy). <i>Jaime Bermejo Barrera</i>	115
Zoología (Zoology) Four osteological synapomorphies within <i>Eleutherodactylus</i> (Amphibia: Leptodactylidae) and their bearing on subgeneric classifications. (Cuatro sinapomorfias osteológicas de <i>Eleutherodactylus</i> [Amphibia: Leptodactylidae] y su relevancia en las clasificaciones subgenéricas). <i>John D. Lynch</i>	127
Vida Académica (Academic Life).....	137
Constitución de la Academia (Members of the Academy)	147

LUIS DUQUE GOMEZ, ACADÉMICO INTEGRAL



El 27 de diciembre de 2000, a la edad de 83 años, falleció en Bogotá el doctor Luis Duque Gómez, miembro destacado de varias de las corporaciones que conforman el Colegio Máximo de las Academias de Colombia y uno de los intelectuales más importantes del país. Con su muerte, la nación perdió un verdadero maestro, caracterizado por una extraordinaria erudición, un

vasto talento, y una marcada vocación de servicio. Su ausencia, priva a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, a la Academia Colombiana de Historia, a la Academia Colombiana de la Lengua, a la Sociedad Geográfica de Colombia y a otras importantes entidades culturales del concurso de su sabiduría y del vigor de sus facultades.

Gracias a su devoción por la lectura, a una férrea disciplina intelectual y a una memoria más que privilegiada, desde temprana edad, el doctor Duque se convirtió en un verdadero erudito que dominaba los campos de la antropología y de la historia, terrenos en los que, que con admirable sencillez y sin hacer gala de sus conocimientos, iba sentando cátedra como si se le escaparan los conceptos. Aparte de los méritos de orden científico, poseía los de caballero integral, amigo leal y excelente miembro de familia, motivos por los que disfrutó siempre de sincera estimación.

Desde su ingreso como individuo correspondiente, fue el doctor Duque uno de los miembros más distinguidos de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y

Naturales, entidad a la que sirvió como vicepresidente y como director de la Revista, cargo que ocupó entre 1962 y 1970. Como editor desarrolló una interesante actividad, siempre con la meta de la excelencia, prestando igual cuidado, tanto a la presentación como a la calidad de los contenidos. En 1996 la Corporación le distinguió promoviéndolo a la categoría de miembro honorario.

Académica y profesionalmente el doctor Duque se formó en la Escuela Normal Superior de Bogotá, entonces un centro de excelencia, donde tuvo la fortuna de contar con catedráticos de la talla de Justus Schottelius, José Urbano de la Calle, Luis de Zulueta, José Francisco Socarrás y Paul Rivet, quienes influyeron notablemente en su formación intelectual y en su férrea disciplina de trabajo. Allí obtuvo, tanto la licenciatura como el doctorado en Ciencias Sociales, títulos que complementó con el de Etnólogo.

Fue catedrático, tanto en el Instituto Etnológico, institución que presidió durante ocho años fijándole importantes derroteros, como en la Escuela Normal Superior, en la Universidad La Gran Colombia, en el Instituto Superior de Historia de Colombia y en la Universidad Nacional. De esta última entidad fue rector entre 1972 y 1974. Aunque las intenciones gubernamentales eran las de clausurar este importante centro docente, el doctor Duque asumió sus funciones, no como un liquidador, sino como un administrador, que, con tino admirable, mantuvo la normalidad académica e impidió una medida extrema que habría causado un enorme retroceso. Su vocación de investigador se desarrolló en el Servicio Nacional de Arqueología, en el Instituto Etnológico Nacional, y en el Instituto Colombiano de Antropología. Fue además director del Museo del Oro del Banco de la República y tuvo a su cargo la Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, entidad en la que adelantó un impor-

tante programa editorial a través del cual impulsó a numerosos antropólogos, mediante estímulos que incluían desde los fondos para realizar las investigaciones hasta partidas para la publicación de los resultados. Mención aparte merecen sus contribuciones al desarrollo e innovación de la metodología aplicada a los estudios arqueológicos en nuestro medio. En muchos campos fue pionero y su obra se destaca por la originalidad y por la profundidad con que trató los diversos temas; por ello, sus escritos han contribuido verdaderamente al avance del conocimiento. Su labor prioritaria giró alrededor de la investigación, la docencia y el desarrollo cultural.¹ Esta consagración a la ciencia y la cultura le fue reconocida con numerosas distinciones, premios y condecoraciones que enaltecen la fecundidad de su obra, sus profundos conocimientos y su dominio del lenguaje.

Las investigaciones del Dr. Duque sobre las culturas aborígenes en el período comprendido entre 3300 y 1100 años antes del presente resultaron decisivas para el conocimiento de los grupos que habitaron el área de San Agustín. Allí estableció la cronología de las distintas etapas de poblamiento, que incluyen un período arcaico, durante el cual comenzó la evolución cultural de ese pueblo de recolectores, un período formativo, logrado merced al desarrollo de la agricultura, la cerámica, la escultura y la orfebrería, y un período clásico, durante el cual se alcanzó el máximo desarrollo de la escultura, el cual fue relacionado con el culto a los muertos, el mito, la leyenda y la representación religiosa como centro de sus actividades. En desarrollo de este trabajo, realizado con la colaboración de Julio César Cubillos, se descubrieron nuevas características de la escultura, la cerámica, la orfebrería y el lenguaje religioso, a la vez que fueron definidos numerosos elementos de la cultura material de los pueblos que habitaron dicha área. En este campo, su máxima obra es la titulada "*Exploraciones arqueológicas de San Agustín*", publicada en 1966 y recientemente reeditada. No menos importante es el tratado titulado "*Colombia: monumen-*

tos históricos y arqueológicos" publicada en México en 1955 y actualmente en proceso de reedición.

En el campo de la historia quedan como legados, sus tratados sobre prehistoria y etnohistoria y sobre tribus indígenas, y sitios arqueológicos, publicados en la "*Historia Extensa de Colombia*", uno de los grandes proyectos que ayudó a promover, y que marca un hito en la historiografía nacional, así como numerosos artículos y capítulos dedicados a los grupos indígenas, a su comercio, su orfebrería, su cerámica, sus mitos, sus lenguas y sus costumbres. Igualmente quedan importantes trabajos sobre los antecedentes del desarrollo arquitectónico en el Nuevo Reino de Granada, el minifundio, el poblamiento, las artesanías y el folclore, así como un interesante tratado sobre el descubrimiento de la tumba de José Celestino Mutis, además de eruditos escritos sobre las heroínas de la Independencia, la esclavitud y la museología en nuestro medio.

Como legado, Luis Duque Gómez nos dejó numerosas enseñanzas. Entre ellas, quiero destacar la esencia de su pensamiento de antropólogo e historiador. Para él, era posible, mediante la lente de la historia, hacer un análisis integral del origen y la evolución del comportamiento humano; en más de una oportunidad hizo tal análisis y vio con claridad la parábola del hombre sobre la tierra. Por ello, miraba con optimismo el futuro de Colombia; un futuro forjado por sucesivas generaciones, sobre la paradoja del difícil aprovechamiento de los recursos naturales y marcado por recurrentes brotes de violencia, que, aunque generan desesperanza, no deben desalentar los propósitos de engrandecimiento patrio, justicia y concordia nacional.

La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales honra su memoria, y junto con las numerosas corporaciones culturales y científicas a las que perteneció, deplora profundamente su fallecimiento, y comparte solidariamente el duelo que afecta, tanto a su familia como al ámbito académico nacional.

¹ Una relación casi completa de su bibliografía puede ser consultada en Medina, L. R. 2000. *Tradición Académica. Diccionario Biográfico y Bibliográfico de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, páginas 26-30.

***TOSTIMONTIA*, UN NUEVO GÉNERO DE ASTERACEAE (MUTISIEAE) ORIGINARIO DE COLOMBIA**

por

Santiago Díaz-Piedrahita *

Resumen

Díaz-Piedrahita, S.: *Tostimontia*, un nuevo género de Asteraceae (Mutisieae) originario de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25**(94): 7-10, 2001. ISSN 0370-3908.

Bajo el nombre *Tostimontia* Díaz, se propone un nuevo género de Asteraceae (Mutisieae), hasta ahora conocido del Macizo de San Lorenzo en el flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. La nueva entidad muestra afinidad con *Jungia* L.f. y se caracteriza, entre otras particularidades, por el hábito herbáceo y cespitoso, así como por la posesión de capítulos terminales solitarios y homógamos y de hojas alternas, largamente pecioladas, orbiculares, peltadas, siempre subtendidas por grandes brácteas foliáceas sésiles.

Palabras clave: Asteraceae, Mutisieae, *Tostimontia*, Colombia, Botánica Sistemática.

Abstract

A new genus of Asteraceae (Mutisieae) is proposed, known to date from the Macizo de San Lorenzo on the northwestern flank of the Sierra Nevada de Santa Marta. The new taxon shows affinity to *Jungia* L.f. and is characterized by its herbaceous and cespitose habit as well the presence of solitary and homogamous terminal capitula, alternating leaves largely petiolate, orbicular, hairy, always subtended by large sessil foliaceous bracts.

Key words: Asteraceae, Mutisieae, *Tostimontia*, Colombia, Systematic Botany.

La tribu Mutisieae está representada en la flora colombiana por cuarenta especies ubicadas en nueve géneros (*Stenopadus*, *Lycoseris*, *Onoseris*, *Gongylolepis*, *Chaptalia*, *Mutisia*, *Jungia*, *Trixis* y *Perezia*) (Díaz-

Piedrahita & Vélez-Nauer, 1993). A estos taxones se agrega una nueva e interesante especie, afín en muchas de sus características a las del género *Jungia* L.f., pero que, por no pocas particularidades, amerita ser considerada como

* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Apartado Aéreo 44763, Bogotá D.C. Colombia. revista@accefy.org.co

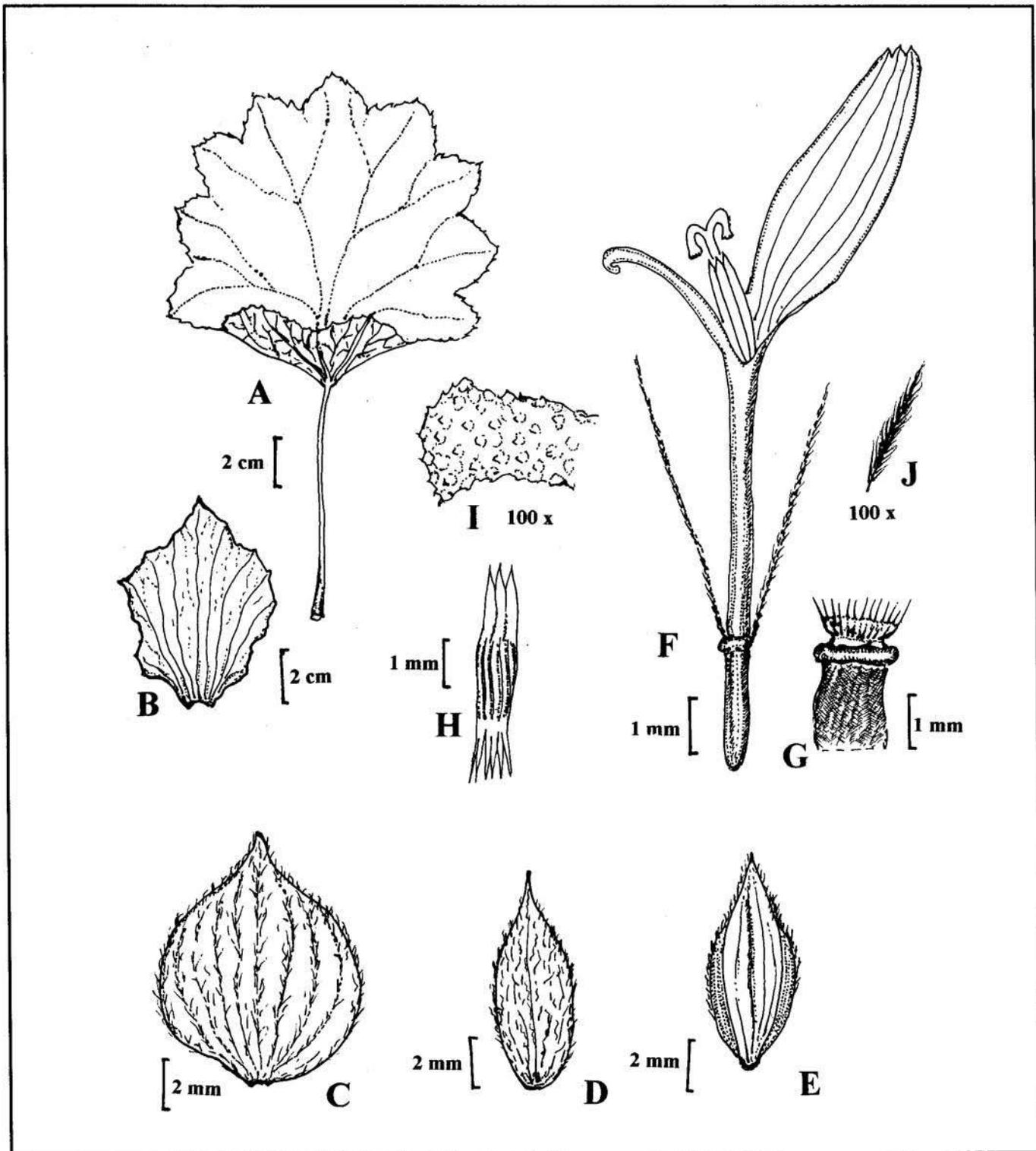


Figura 1. *Tostimontia gunnerifolia* S. Díaz. A. Hoja; B. Bráctea foliácea; C. Filaria externa; D. Filaria interna; E. Palea; F. Flor; G. Detalle de la parte superior del aquenio; H. Anteras; I. Detalle de la rama estigmática; J. Detalle de una seta del pappus. Tomado del ejemplar tipo: R. Romero-Castañeda & S. Llinás 11288 (COL).

un género diferente, hasta ahora monotípico, y endémico del Macizo de San Lorenzo en el flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Tostimontia gunnerifolia S. Díaz, genus novum et species nova Figs. 1-2

Plantae herbaceae caespitosae pauce ramosae usque ad 50 cm alta; caules teretes breviter fistulosi villosi; folia alterna petiolata (petiolis longis tantum ut lamina sed minoribus); stipulis foliaceis sessilibus basi amplexantibus ovatis vel late ovatis breviter lobulatis irregulariter dentatis usque ad 15 cm longis x 12 cm latis; laminis chartaceis peltatis orbiculatis lobulatis (lobis triangularibus usque ad 2 cm longis x 3 cm latis) irregulariter dentatis supra pilosis subtus glabrescentis; nervis palmatis supra impressis subtus prominentis reticulo venulorum prominulo.

Ramis floriferi monocephali terminales erecti puberuli bracteati, bracteis foliaceis ovatis breviter lobulatis

irregulariter dentatis basi amplexantibus sursum gradatim minoribus, foliis parvis proximalibus ipsis minoribus. Involucrum plus minusve cupulatum; phyllaria circa 7 in capitulo herbacea imbricata breviter cuspidata viridea margine scarioso eroso ciliato dorso laxe pilosa, exteriora late-ovata usque ad 10 mm longa x 8 mm lata, interiora angustiora subscariosa usque ad 10 mm longa x 3 mm lata. Receptaculum leviter convexum paleaceum; paleis 8.5 mm longis x 3 mm latis anguste-ovatis membranaceis marginibus amplexantibus. Flores omnes hermaphroditi polygami circa 50 in capitulo; corolla albida tubo angusto circa 5 mm longo glabro; lamina bilabiata, labio ventraliter elongato tenui incurvo 2-denticulato circa 3.5 mm longo; ligula glabra anguste elliptica 3-denticulata circa 6 mm longa x 2 mm lata, 4-nervata. Antherae circa 4 mm longae basi caudatae appendice apicali acuta. Stylus circa 17 mm longus ramis incurvatis circa 1 mm longis apice truncato dense papilloso hispidulis papillis punctatis. Achaenia cylindrica 2.5 – 3.0 mm longa glabra apice obtusa truncata

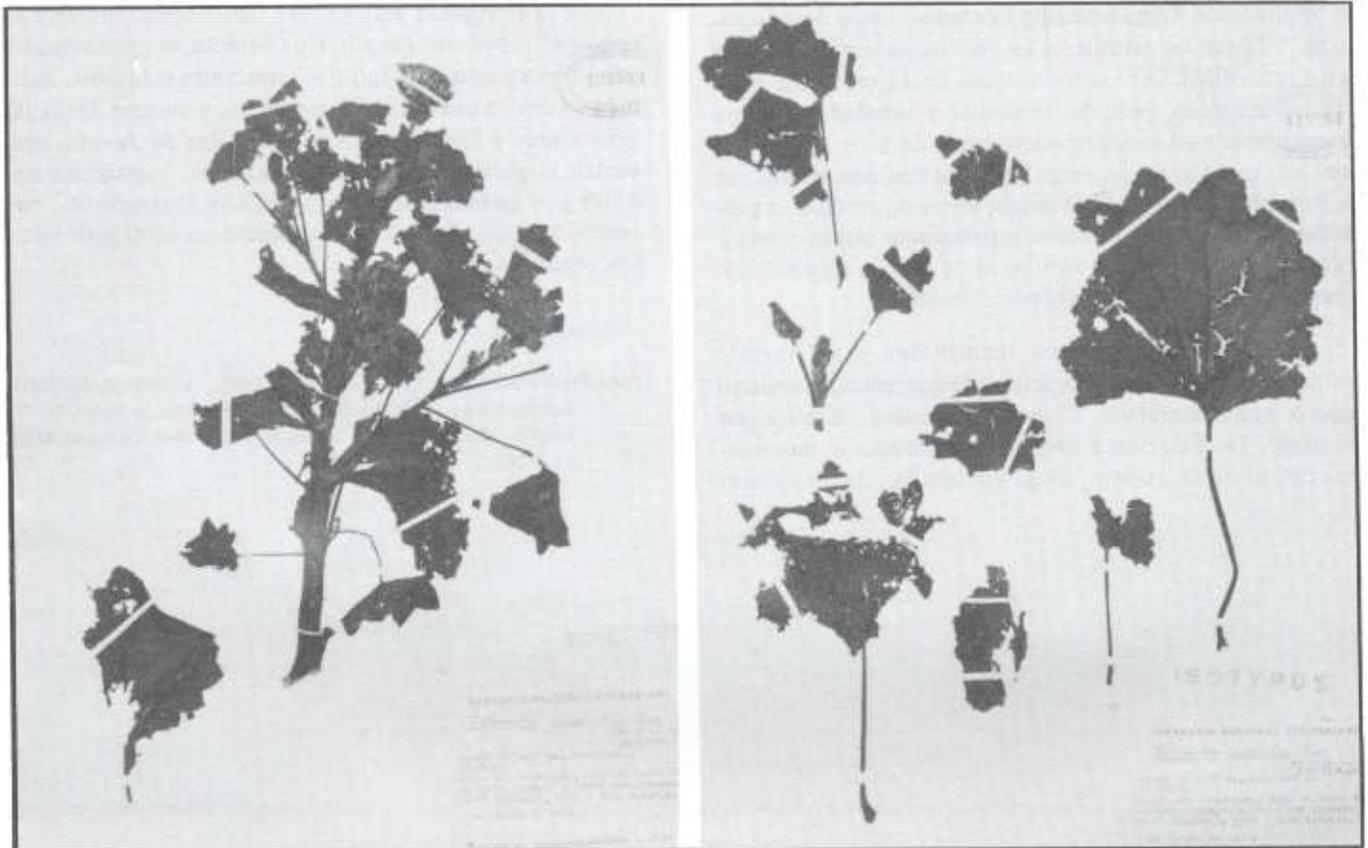


Figura 2. *Tostimontia gunnerifolia* S. Díaz. Pliegos de herbario correspondientes a la colección típica, R. Romero-Castañeda & S. Llinás 11288 (COL). Fotografías de Alejandra Correa

cum annulo pappifero incrassato. Pappus albus circa 8 mm longus setis uniseriatis basi coalitis striguloso-plumosis acutis.

Typus: COLOMBIA, Departamento de Magdalena, Municipio de Santa Marta: de Cerro Quemado a Cerro San Lorenzo (hoy Cerro Kennedy), 2600 – 3000 m.s.n.m., 9 – Agosto- 1971. *Rafael Romero-Castañeda & Saúl Llinás 11288*. Holotypus COL (124.504) Isotypus COL (448.761).

El nombre genérico alude a la localidad típica “*Cerro Quemado*” y el epíteto específico destaca el parecido de las hojas a las de algunas especies de *Gunnera*, e incluso la similitud de las brácteas foliáceas con los lepidófilos propios de este género de Haloragaceae.

Plantas herbáceas cespitosas hasta de 50 cm alt.; tallos cilíndricos, más o menos huecos, moderadamente ramificados y pilosos; hojas alternas, estipuladas y largamente pecioladas, pecíolos hasta de 11 cm. long, ligeramente ensanchados en la base, estípulas foliáceas sésiles y amplexantes, ovadas a anchamente ovadas, tenuemente lobuladas e irregularmente dentadas, hasta de 15 cm. long. x 12 cm lat., similares en consistencia e indumento a los nomófilos; lámina foliar hasta de 11 cm. long. x 13 cm lat, cartácea, peltada, orbicular y lobulada, lóbulos triangulares casi siempre once, hasta de 2 cm. long. x 3 cm. lat., margen foliar irregularmente dentada, pilosa por la haz, glabrescente por el envés, nervios principales palmeados, impresos por la haz, prominentes por el envés y cubiertos de indumento similar al de la haz, retículo impreso por la haz, prominulo por el envés.

Capítulos homógamos, terminales y solitarios, subtendidos por hojas y brácteas decrecientes, involucro más o menos cupulado, filarias imbricadas, ca. siete por capítulo, las exteriores anchamente ovadas y membráceas, hasta de 10 mm. long. x 8 mm lat., las interiores

ovadas, algo esclerificadas y escariosas en los bordes, todas ligeramente cuspidadas y agudas en el ápice, villosas en el dorso y en las márgenes y con nervios más o menos palmeados; receptáculo ligeramente convexo y paleáceo, paleas tantas como las flores, ovadas, abrazadoras y con el ápice cuspidado, esclerificadas en el lomo, membranosas en las márgenes laterales y ligeramente fimbriadas en la mitad superior. Flores hermafroditas, fértiles, ca. 50 por capítulo, corola glabra, aparentemente blanquecina y fuertemente bilabiada; porción tubular de ca. 5 mm. long., labio ventral delgado, bidentado e incurvado, de ca. 3.5 mm long, labio dorsal ligulado, tridentado, lígula de 6 mm long. x 2 mm. lat., y con cuatro nervios; anteras singenésicas de ca. 4 mm. long., apéndice apical agudo, caudas de ca. 0.8 mm. long, estilo tenuemente ensanchado en la base, estigma bífido, ramas estigmáticas truncadas, hispídulas e incurvadas, de ca. 1 mm. long.; aquenios cilíndricos de 2.5 – 3.0 mm long, ensanchados anularmente en su extremo superior, glabros, pappus uniseriado, cerdas unidas en la base, piloso-estrigosas, agudas y de ca. 0.8 mm. long.

Por la estructura del capítulo, *Tostimontia* muestra su mayor afinidad con *Jungia*. No obstante, se aparta de este género por presentar capítulos terminales solitarios. También se separa por el hábito cespitoso, y aunque las hojas orbiculares y lobuladas recuerdan a las de *Jungia*, presentan la particularidad de ser peltadas y estar subtendidas por grandes brácteas foliáceas abrazadoras, que también subtienden las ramas y aparecen en el pedúnculo los capítulos.

Bibliografía

- Díaz-Piedrahita, S. & C. Vélez-Nauer 1993. Revisión de las tribus Barnadesieae y Mutisieae (Asteraceae) para la Flora de Colombia. Monografías del Jardín Botánico José Celestino Mutis 1: 1-163.

DOS NUEVAS ESPECIES DE *ESPELETIA* (ASTERACEAE – HELIANTHEAE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* & Paola Pedraza**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & P. Pedraza: Dos nuevas especies de *Espeletia* (Asteraceae – Heliantheae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25**(94): 11-15, 2001. ISSN 0370 – 3908.

Se describen e ilustran dos nuevas especies de *Espeletia* Mutis ex Humb. & Bonpl. pertenecientes a la sección *Espeletia*. Los nuevos taxones provienen de páramos de las cordilleras Oriental y Occidental colombiana.

Palabras clave: Asteraceae, Boyacá, Cauca, Colombia, *Espeletia*, Espeletiinae, taxonomía.

Abstract

Two new species of *Espeletia* Mutis ex Humb. & Bonpl. from the section *Espeletia* are described and illustrated. These new taxa were recorded from the Colombian Cordillera Oriental and Cordillera Occidental.

Key words: Asteraceae, Boyacá, Cauca, Colombia, *Espeletia*, Espeletiinae, taxonomía.

La subtribu Espeletiinae (Heliantheae) está conformada por ocho géneros, *Carramboa* Cuatrec., *Coespeletia* Cuatrec., *Espeletia* Mutis ex Humb. & Bonpl., *Espelettiopsis* Cuatrec., *Libanothamnus* Ernst, *Paramiflos* Cuatrec., *Tamania* Cuatrec. y *Ruilopezia* Cuatrec., los cuales reúnen cerca de 130 especies altamente adaptadas a las drásticas condiciones de las tierras altas del norte de los Andes. De los géneros que conforman ésta tribu, *Espeletia*, es el más diversificado y se conoce por ser uno

de los elementos más representativos de la flora de los páramos debido a su abundancia y aspecto general, donde la planta tiene forma de crecimiento arrosetada, hojas tomentosas, tallo subterráneo o de varios metros de altura cubierto frecuentemente por las hojas secas (Cuatrecasas, 1976, 1986, 1995).

Espeletia se extiende desde el occidente de los Andes de Venezuela, a través de las tres cordilleras de Colom-

* Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, revista@accefyfyn.org.co

** Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, bog13423@neutel.com.co

bia, hasta el Ecuador en donde se encuentra en el Páramo del Angel, Provincia de Carchi, y en los Llanganates, Provincia de Tungurahua. Para Colombia se reconocen cerca de 45 especies de acuerdo con la revisión, aún inédita elaborada por don José Cuatrecasas, el más reconocido especialista del grupo, y quién infortunadamente no pudo concluir tan importante monografía. Por ello, el status de algunas especies aún no es claro. Desde entonces se han descubierto nuevas poblaciones, algunas de las cuales corresponden a especies indescritas, tal como ocurre con las tratadas en este escrito, las cuales pertenecen a la sección Espeletia, caracterizada por la presencia de abundante indumento lanado en las hojas, filarias anchas (ovadas, elípticas u oblongo ovadas) y receptáculo glabro a subglabro, entre otras características.

Espeletia paipana S. Díaz & Pedraza sp. nov.

Fig. 1 y 2

Espeletiae brassicoideae affinis a qua differt majore longitudine filiarum et floribus ligulatis et numerosioribus; in super tubus florum ligularum praeditus est corona characteristica.

Typus: COLOMBIA, BOYACÁ: Municipio de Paipa, Cuchilla El Páramo. 3300 m de altitud. 3-4 Dic. 1998. *D. Stáncik 1507* (Holotypus COL [454570]; Isotypy: COL [423470], FMB, PRC) "Páramo-matorral en la parte media y en la cima. Domina algún bambusoide (no *Chusquea*), *Macleania* sp., Ericaceae, *Festuca* sp., etc. Solo 5-6 plantas observadas. Rosetas de 1.2 m de altura y 70 cm de diámetro".

Caulirrósula de hasta 1.2 m de altura y 0.7 m de diámetro. Hojas con vaina de cerca de 7 cm de ancho, triangular, dorsalmente cubierta por abundante indumento lanoso amarillento; pseudopéciole muy corto de 2-2.5 X 1-1.5 cm, oculto por el indumento; lámina foliar de 28-30 X 10.5-12 cm, elíptica, subcoriácea, cubierta en ambas superficies por denso tomento adpreso y amarillento, compuesto de pelos crispados pluricelulares, base de la hoja atenuada, margen sinuoso, ligeramente revuelto y oculto por el indumento, ápice agudo, nervios secundarios en ángulo de 50°, prácticamente inconspicuos por ambas caras.

Inflorescencia de cerca de 52 cm de largo total, cubierta por tomento flocoso y pelos lanosos amarillos; pedúnculo de la inflorescencia de cerca de 24 cm de largo; brácteas estériles ausentes; brácteas florales más largas que los entrenudos y con indumento lanado-tomentoso; pedúnculos florales de 4-15.5 cm de largo, monocéfalos. Capítulos ca. 8-9 por inflorescencia, de cerca de 4-4.5 cm de diámetro. Involucro hemisférico, amarillo; filarias dis-

puestas en tres series, las más externas de 2.7-3.5 X 0.9-1.3 cm, las intermedias de 1.6-2.4 X 0.44-0.95 cm y las internas de 1.1-1.6 X 0.3-0.4 cm, todas ellas ovadas, caudadas a acuminadas y densamente lanadas, excepto por las exteriores y medias que tienen la base de la cara adaxial glabra, y las internas que adaxialmente son completamente glabras y tienen el ápice agudo. Pálea de los flósculos de 7.1-10.3 X 1.2-2.4 mm, angosto obovadas, externamente vellosas y con ápice agudo; pálea de las lígulas de 9.5-13.5 X 1.6-4 mm, angosto-obovadas o a veces elípticas, abaxialmente vellosas (especialmente hacia el ápice) y con ápice agudo. Flores liguladas 91 por capítulo, 1.7-2.1 cm de largo total, amarillas; tubo (1.2) 1.6-2.4 mm de largo, tubo con pelos cortos que en la base forman una corona; limbo 1.6-2 mm de ancho, angostamente oblongo, adaxialmente diminutamente papiloso, abaxialmente con pelos cortos y escasos sobre las nerviaciones, ápice con tres dientes profundos, lanceolados y generalmente agudos; ramas estigmáticas cortas, lanceoladas, aplanadas, con líneas estigmáticas marginales y ápice agudo. Aquenio de 3.2-4 mm de largo, obovado, trígono, glabro, con tres costas prominentes y una o dos menos definidas. Flósculos 214-216 por capítulo, de 7.5-9.5 mm de largo total, infundibuliformes y amarillos; tubo de 2.4-4.4 mm de largo, con algunos pelos pluricelulares; lóbulos de la corola profundos, lanceolados, con escasos pelos y agudos; anteras con el apéndice apical prominente, ovado y agudo.

Por la forma y dimensiones de las hojas, *Espeletia paipana* recuerda a *E. brassicoidea*, especie propia de los páramos de Fontibón y Tamá, en Norte de Santander y en la zona limítrofe con Venezuela. Sin embargo, se diferencia claramente por: la mayor longitud de las filarias y de las flores liguladas las cuales son más numerosas (91 vs. 50) y alcanzan hasta 2 cm de largo; además, el tubo es más corto y presenta en su base una corona de pelos característica. Finalmente, la longitud de las ramas floríferas no alcanza a duplicar la longitud de las hojas.

Espeletia marnixiana S. Díaz & Pedraza sp. nov.

Fig. 3 y 4

Espeletiae pycnophyllae affinis, a qua imprimis differt habito minore (acaulirrosuleto vs caulirrosuleto) et axibus inflorescentiarum bracteatis (rami floriferi cum duobus bracteis sterilibus vs. nullis in varietate typica).

Typus: COLOMBIA, CAUCA: Municipio de Argelia, Vereda El Naranjal, río Plateado, nacimiento del río Micay, Páramo de la Soledad. 3250 m de altitud. 19 Jun. 1993. *Marnix L. Becking 1042* (Holotypus COL [356212]) "Acaulirrósula, lígulas amarillas".



Figura 1. *Espeletia paipana* S. Díaz & Pedraza. Ejemplar típico, D. Stâncick 1507 (Holotypus COL [454570]); Isotypus: COL [423470], FMB). Fotografías de Alejandra Correa.

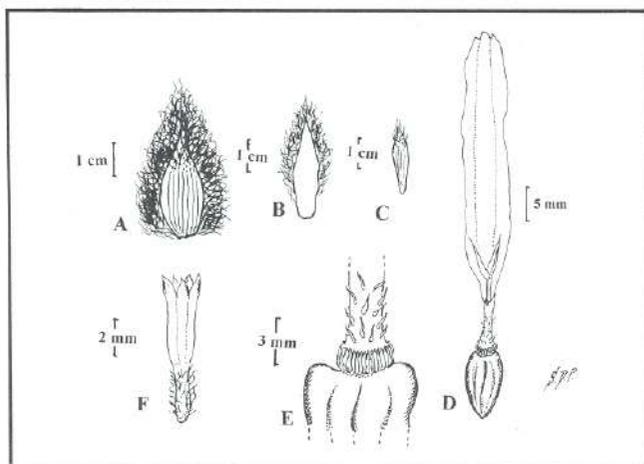


Figura 2. *Espeletia paipana* S. Díaz & Pedraza. A. Filaria exterior, vista ventral. B. Filaria interior, vista ventral. C. Pálea. D. Flor ligulada. E. Aquenio. F. Flor del disco. Tomado del ejemplar tipo D. Stâncick 1507 (COL).

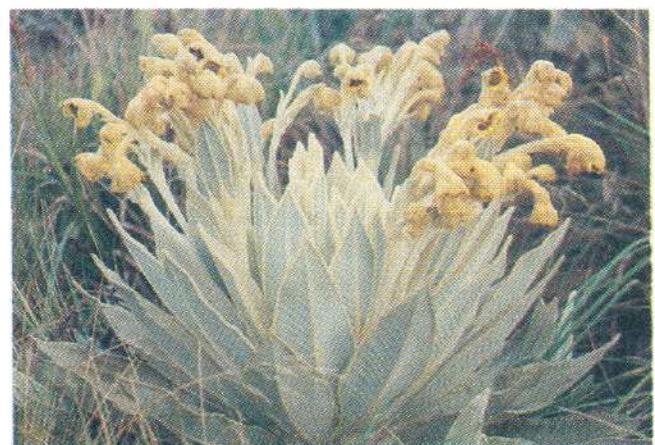


Figura 3. *Espeletia marnixiana* S. Díaz & Pedraza. *Marnix L. Becking 1042* (Holotypus: COL [356212]). Fotografía de Marnix L. Becking.

Plantas arrosietadas con tallo subterráneo. Hojas sésiles; vaina incompleta, dorsalmente cubierta por abundante indumento lanoso; lámina foliar de 32 X 8-9 cm, angosto elíptica a angosto obovada, cubierta por tomento adpreso y blanquecino por la haz y por tomento y mechones lanosos blanquecinos por el envés, base atenuda y 2 cm de ancho en su parte más angosta, margen ligeramente sinuoso e inconspicuamente revoluto hacia el ápice, ápice foliar agudo, nervios secundarios en ángulo de 50° a 65°, ligeramente marcados por el envés.

Inflorescencias 7-8 coetáneas, de cerca de 59 cm de largo total, cubierta por indumento tomentoso y pelos lanosos largos; pedúnculo de la inflorescencia de cerca de 27 cm de largo, con indumento blanquecino; brácteas estériles un par; brácteas florales más largas que los entrenudos, con indumento lanado-tomentoso; ramas florales con 1-3 capítulos; pedúnculos florales de cerca de 4.5-9.5 cm de largo, con indumento amarillo. Capítulos ca. 11 por inflorescencia, de cerca de 3-3.8 cm de diámetro. Involucro hemisférico, amarillo; filarias 10, dispuestas en 2 series, las externas de 1.4-2 X 0.7-0.9 cm, elípticas u obovadas, abaxialmente tomentosas y adaxialmente con escaso tomento hacia el ápice, ápice foliar agudo y a veces ligeramente mucronado; filarias internas de 9-12 X 3.6-6.8 mm, obovadas, abaxialmente tomentosas, adaxialmente glabrescentes, con el ápice agudo. Páleas de los flósculos de 5.9-7.9 X 1.6-3.2 mm, obovadas a oblanceoladas, membranosas o ligeramente endurecidas hacia la parte media, abaxialmente vellosas, adaxialmente glabras, con el ápice agudo y oscurecido; páleas de las lígulas de 6.3-7.9 X 1.6-3.6 mm, oblanceoladas, abaxialmente glabrescentes a tomentosas, adaxialmente glabras, con el ápice agudo. Flores liguladas 56 por capítulo, de 7.1-10 mm de largo total, amarillas, con un lóbulo ventral de -0.8-2.4 X -0.4 mm, ovado a linear, excéntrico, glabro y con el ápice obtuso; tubo de 0.8-1.2 mm de largo, pubescente; limbo de 2-3.6 mm de ancho, oblongo, adaxialmente papiloso y abaxialmente glabro, ápice con 3 o 4 dientes pequeños, redondeados u ovados, apicalmente obtusos; ramas estigmáticas cortas, lanceoladas, aplanadas, con líneas estigmáticas marginales y ápice agudo. Ovario de 2.8-3.6 mm de largo, oblongo a obovado, glabro, sin costas visibles ya que está inmaduro. Flósculos 118 (± 11) por capítulo, de 7.1-8.3 mm de largo total, crateriformes y amarillos; tubo de 3.2-3.6 mm de largo, glabro o glabrescente hacia la garganta; lóbulos de la corola no muy profundos, ovados, glabrescentes y a veces con pocas glándulas pedunculadas, ápice agudo; anteras con el apéndice apical prominente, ovado, agudo u obtuso.

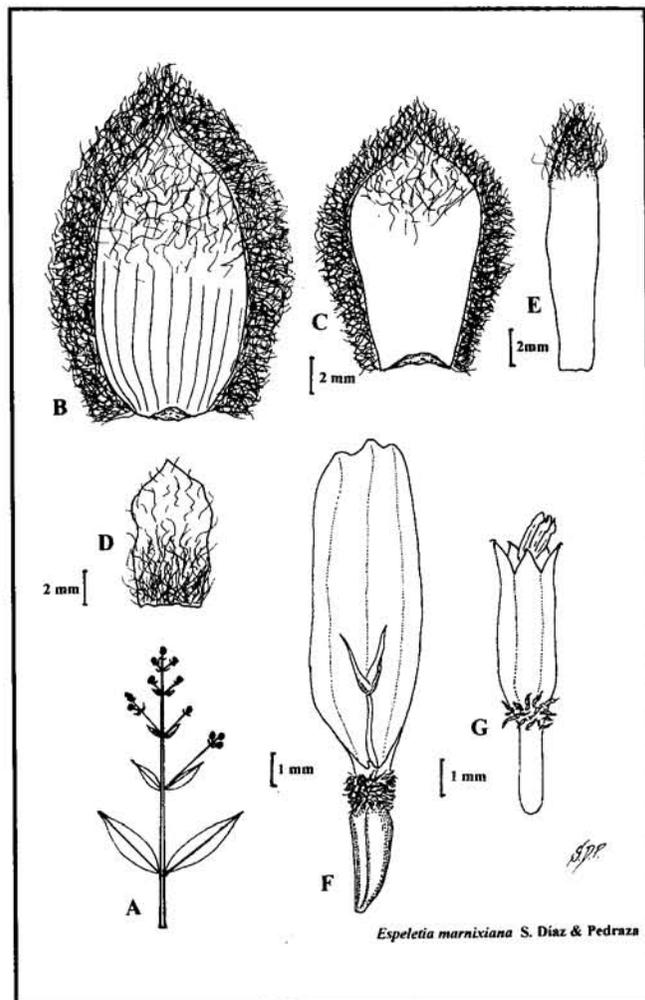


Figura 4. *Espeletia marnixiana* S. Díaz & Pedraza.

A. Esquema de una inflorescencia. B. Filaria exterior, vista ventral. C. Filaria intermedia, vista ventral. D. Filaria interna, vista ventral. E. Pálea. F. Flor ligulada. G. Flósculo. Tomado del ejemplar tipo *Marnix* L. Becking 1042 (COL).

Aunque ha primera vista *Espeletia marnixiana* S. Díaz & Pedraza y *E. pycnophylla* Cuatrec., son similares, muestran diferencias importantes: *E. marnixiana* presenta tallo subterráneo y la roseta se desarrolla a ras del suelo, en tanto que el tallo de *E. pycnophylla* puede superar los 4 m de altura. De otra parte, la rama florífera presenta un par de brácteas proximales estériles notablemente desarrolladas que no se forman en *E. pycnophylla*, aunque la subespecie *angelensis* si porta brácteas estériles pero en posición distal y que corresponden a la porción fértil de la inflorescencia, que de alguna forma han quedado estériles, por lo cual podrían confundirse con el par de brácteas

estériles proximales de *E. marnixiana*. Un punto notable por destacar es que *E. marnixiana* es la especie que crece más al sur en la Cordillera Occidental colombiana y que sus poblaciones están separadas del Macizo Central por la depresión del río Patía, en tanto que *E. pycnophylla* prospera tanto en el Nudo de los Pastos, en la Cordillera Central colombiana, como en el norte de Ecuador. Las otras especies del género que crecen en la Cordillera Occidental son: *E. occidentalis*, *E. occidentalis* var. *antioquensis*, *E. frontinoensis*, *E. hartwegiana* y *E. praefrontina*.

Bibliografía

- Cuatrecasas, J. 1976. A new subtribe in the Heliantheae (Compositae): Espeletiinae. *Phytologia* 35 (1): 43-61.
- Cuatrecasas, J. 1986. Speciation and radiation of the Espeletiinae in the Andes. Págs. 267-303. En: Vuilleumier, F. & M., Monasterio (Eds.). High altitude tropical biogeography. Oxford University Press, Oxford.
- Cuatrecasas, J. 1995. A new genus of the Compositae: *Paramiflos* (Espeletiinae). *Proceedings of the biological society of Washington* 108 (4): 748-750.

UNA NUEVA EUPATORIEAE (ASTERACEAE) DEL GÉNERO *CONDYLOPODIUM* R.M. KING & H. ROBINSON

por

Santiago Díaz-Piedrahita * & Gina Paola Méndez-Ramírez **

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & G. P. Méndez-Ramírez: Una nueva Eupatorieae (Asteraceae) del género *Condylopodium* R. M. King & H. Robinson. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25**(94): 17-19, 2001. ISSN: 0370-3908.

Se propone e ilustra una nueva especie de *Condylopodium* afín a *C. fuliginosum* (H.B.K.) R. M. King & H. Robinson, especie de la cual se separa por presentar el indumento de la haz únicamente sobre los nervios, y por el envés apenas pubérulo. Se presenta una clave actualizada para el género.

Palabras clave: Asteraceae, Eupatorieae, *Condylopodium*, Colombia, Taxonomía Vegetal.

Abstract

A new species of *Condylopodium* is described and illustrated. A key for the entire genus is provided.

Key words: Asteraceae, Eupatorieae, *Condylopodium*, Colombia, Systematic Botany.

Recientemente, y bajo el título de “Una nueva especie de *Condylopodium* (Asteraceae-Eupatorieae) de Colombia”, apareció en esta revista (Vol. **24**(90): 45-49, marzo de 2000) una revisión de este género, propuesto por **R. M. King & H. Robinson** en 1972 y endémico para Colombia. Con posterioridad a la publicación, y como resultado del trabajo curatorial adelantado en el Herbario Nacional

Colombiano (COL), hemos encontrado material adicional que corresponde a una especie indescrita, afín a *Condylopodium fuliginosum* (H.B.K.) R. M. King & H. Robinson, entidad de la que se diferencia por presentar hojas ovadas, de menor tamaño, con apenas 6 nervios por lado, la haz más o menos brillante y con indumento pubérulo restringido a los nervios principales, y el envés

* Miembro de Número Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, revista@accefy.org.co

** Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, A.A. 7495, Bogotá, Colombia, gmendez@ciencias.ciencias.unal.edu.co

pubérulo en toda su superficie. Para facilitar su identificación, se presenta una clave actualizada.

Clave para las especies de *Condylopodium*

1. Hojas concóloras glabras, translúcidas y brillantes, flores amarillas *C. hyalinifolium*
- 1'. Hojas discóloras 2
2. Haz foliar brillante, con indumento concentrado sobre los nervios, envés apenas pubérulo, nervios laterales generalmente 6 por lado *C. gachalanum*
- 2'. Haz foliar opaca, con indumento sobre toda su superficie, envés densamente seríceo o viloso; nervios 12-14 por lado 3
3. Tomento aterciopelado cinamómeo a rojizo, lóbulos de la corola sólo con glándulas en la superficie externa, flores amarillentas *C. fuliginosum*
- 3'. Tomento viloso ocráceo, lóbulos de la corola con escasos pelos y glándulas en su superficie externa, flores verde pálido *C. cuatrecasasii*

Condylopodium gachalanum S. Díaz & G. Méndez sp. nov. Figs. 1-2

Frutices scandentes laxo ramosi flexuosi. Caules teretes; cortice cinnamomea dense puberula (pilis pluricellularibus). Folia opposita petiolata; petiolis teretibus puberulis 8-12 mm longis; lamina 5-9 cm longa x 3-6 cm lata ovata vel late-ovata apice acuta basi obtusa inaequalia margine plana sparse dentata dentibus mucronatis;

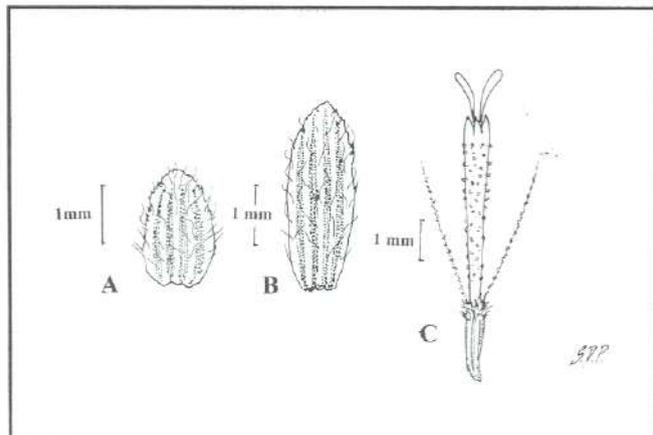


Figura 1. *Condylopodium gachalanum* S. Díaz & G. Méndez. A. Filaria exterior. B. Filaria interior. C. Flósculo. Tomado del ejemplar tipo *O. Rangel et al.* 2007 (COL).

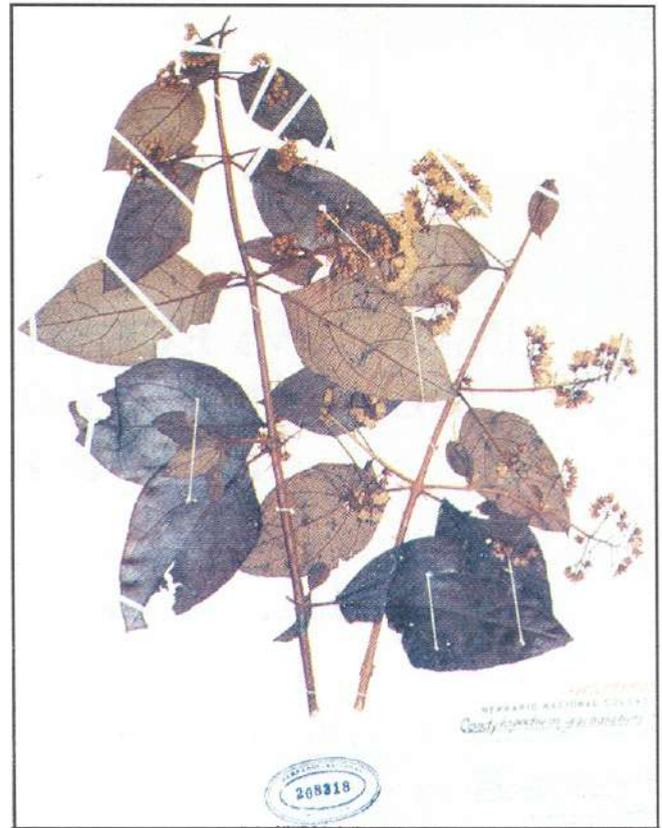


Figura 2. *Condylopodium gachalanum* S. Díaz & G. Méndez. Ejemplar tipo. Fotografía de Alejandra Correa.

adaxiale tabacina viridula costa impressa nervis lateralibus parum notatis; abaxiale costa prominente, nervis secundariis circa 6 utroque latere puberulis prominentibus ascendentibus prope marginem arcuato-anastomosantibus venulis minoribus in reticulum anastomosatis.

Inflorescentiae terminales paniculatae usque ad 20 cm altae x 20 cm latae; pedicellis primariis longis 70°-80° divergentibus, pedicellis ultimis brevibus congestis. Capitula campanulata circa 7 mm alta; involucri squamae 16 subimbricatae valde inaequilongae extus pilosae striatae bicoloribus, pilis cinnamomeis, externis late-ovatis 1.0-2.0 mm longis x 1.0 mm latis, internis anguste-ellipticis 3.5-3.8 mm longis x 1.0-1.5 mm latis. Receptacula hemisphaerica puberula foveolata. Flores 10 in capitulo. Corollae circa 4.5 mm altae anguste infundibulares extus piloso-glanduliferae intus glabrae 5 lobatae, lobis triangularibus; filamenta antherarum in parte superiore distincta, thecae 1.5 mm longae base rotundate, appendicibus ovato-triangularibus; styli inferne nodulosi

hirsuti, ramis appendicibus clavatis 2.5-3.0 mm longis; achaenia circa 2 mm longa prismatica 5 costata superne setifera; carpopodia asymmetrica; pappus setiformis uniseriatus seti basi coalitis stramineis scabris inaequalis ad apicem distinctae dilatatis.

Typus: COLOMBIA, CUNDINAMARCA: Municipio de Gachalá, vereda Los Alpes, 2000 m, 27 Ene 1979, O. Rangel et al. 2007 (Holotypus COL 208318).

Frútices con ramas escandentes, abiertas y flexuosas. Tallo cilíndrico, corteza cinamómea, densamente pubérula (pelos pluricelulares). Hojas discóloras, opuestas, pecioladas, pecíolos cilíndricos de 8-12 mm long, pubérulos; lámina foliar papirácea, ovada a anchamente ovada, de 5-11 cm long x 3-6 cm lat, ápice agudo, a veces ligeramente acuminado, base obtusa, generalmente asimétrica, margen sinuado-dentada, dientes diminutos, escasos y espaciados; superficie adaxial glabra, nitídula, nervios impresos pubérulos; superficie abaxial pubérula, brillante en seco; nervios prominentes, los secundarios ascendentes, arqueados y unidos hacia los márgenes, ca. 6 por lado, los inferiores divergiendo en ángulos de ca. 30°, los superiores en ángulo de ca. 50°.

Inflorescencias terminales tirsoideas, de ca. 20 cm alt x 20 cm lat, pedúnculos cilíndricos, pubescentes, hasta de 3.5 cm long, decrecientes hacia el ápice, pedicelos cilíndricos, pubescentes, hasta de 1.5 cm long. Involucro acampanado de 4 cm de altura, filarias 16 por capítulo,

dispuestas en 4 series, las exteriores anchamente ovadas, de 1.0-2.0 mm long x 1.0 mm lat, pilosas en la superficie adaxial, con la margen ciliada; las intermedias ovadas, de 2.2-3.0 mm long x 1.0 mm lat, con cinco estrías, dorsalmente pubescentes, las internas angosto-elípticas, de 3.5-3.8 mm long x 1.0-1.5 mm lat, con cinco estrías longitudinales de color crema, pilosas en el dorso, indumento acanelado. Receptáculo hemisférico, de 1 mm alt, foveolado y pubescente; flósculos 10 por capítulo, corola infundibuliforme, de 4.5 mm alt, lóbulos triangulares, glanduloso-pilosa en la superficie externa, filamentos de las anteras soldados en la porción tubular de la corola y libres en la porción superior, anteras con la base redondeada, tecas de 1.5 mm long, apéndice apical triangular-ovado; estilo con un nódulo basal hirsuto, ramas estigmáticas alargadas y claviformes, de 2.5-3.0 mm long. Aquenios prismáticos ahusados, de ca. 2 mm long, con sétulas dispersas, con 5 costillas y carpopodio asimétrico; setas unidas en la base, escábridas, desiguales, las más largas engrosadas en el ápice, uniseriadas y de color pajizo.

Bibliografía

- Díaz P., S. & G. P. Méndez. 2000. Una nueva especie de *Condylopodium* (Asteraceae-Eupatorieae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(90): 45-49.
- King, R. M. & H. Robinson. 1972. Studies in the Eupatorieae (Asteraceae), CVIII. A new genus, *Condylopodium*. Phytologia 24(5): 397-400.

EL GENERO *EUBRACHION* HOOK. F. (EREMOLEPIDACEAE) EN COLOMBIA

por

Jose Luis Fernández-Alonso* Mateo Hernández Schmidt *
& Francisco Javier Roldán **

Resumen

Fernández-Alonso, J. L. , Hernández Schmidt M. & F. J. Roldán. El género *Eubrachion* Hook f. (Eremolepidaceae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 25(94): 21-26, 2001. ISSN 0370-3908.

Se documenta la presencia de *Eubrachion ambiguum* (Hook. & Arnott) Engl. (Eremolepidaceae) en la Cordillera Oriental de Colombia, primer registro conocido de ésta especie en el Norte de Sudamérica y género nuevo para el territorio colombiano. Se incluye documentación gráfica, una descripción sucinta y algunas notas sobre hospederos y dispersión de semillas.

Palabras clave: *Eubrachion*, Eremolepidaceae, Distribución, Colombia, Sudamérica

Abstract

The presence of *Eubrachion ambiguum* (Hook. & Arnott) Engl. (Eremolepidaceae) in the Eastern Cordillera of Colombia, the first notice of the species in Northern of Southamerica, and of the genus in Colombia, are documented. Graphic documentation, a brief description, and some notes on the host plants and the seed dispersion are included.

Key words: *Eubrachion*, Eremolepidaceae, Distribution, Colombia, Southamerica

Introducción

Una de las tres familias de plantas parásitas comúnmente conocidas en Colombia como muérdagos, matapalos o pajaritos, es la de las Eremolepidaceae, constituida por tres géneros y unas

doce especies con distribución enteramente americana (Kuijt, 1988). De Colombia, se conocían hasta la fecha únicamente dos especies del género *Antidapne* Poepp. & Endl.: *A. andina* Kuijt y *A. viscoidea* Poepp. & Endl., que parasitan árboles del bosque andino, pertenecientes a varias familias de dicotiledóneas.

* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Bogotá, D. C. Colombia. Correo electrónico: jlfern@ciencias.ciencias.unal.edu.co; ffernandez@latinonet.co

** Herbario HUA, Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Apartado 1226, Medellín. Correo electrónico: jroldan@matematicas.udea.co

El género *Eubrachion* Hook. f., en su concepción actual (Kuijt, 1988), cuenta con dos especies; *E. gracile* Kuijt, endémica del norte de Venezuela y *E. ambiguum* (Hook. & Arnott) Engl. con distribución disyunta en las Antillas y el sur de Brasil (fig. 3). El reciente hallazgo de ésta especie en el centro de Colombia, representa una posición intermedia entre las dos poblaciones de *E. ambiguum* anteriormente conocidas, distantes unos 4500 Km.

Eubrachion se separa con facilidad de los otros dos géneros de eremolepidáceas: *Antidapne* y *Lepidoceras* Hook. f., por presentar *Eubrachion* hojas escuamiformes peltadas (en las plantas adultas). Los otros dos géneros tienen hojas foliáceas, generalmente pecioladas.

Eubrachion ambiguum (Hook. & Arnott) Engl., Nat. Pflanzenfam. 3: 192. 1889. fig. 1 A-D.

= *Viscum ambiguum* Hook. & Arnott, Bot. Misc. 3: 356. 1933.

(para sinonimia completa, cf. Kuijt, 1988)

Parásita sobre árboles o arbustos de la familia Myrtaceae (*Myrcianthes*), que crece generalmente en las ramas terminales o subterminales de las copas. Planta fruticosa, con tallos verde-oliváceos de hasta 50-60 cm de longitud, erectos, cilíndricos, varias veces ramificados. Ejes de primer y segundo orden de 3-5 (6) mm de grosor, los de último orden de 1.5-2.5 mm de grosor (fig. 1A). Hojas esparcidas, escuamiformes, de 2-2.5 mm de longitud y 1.5-2 mm de anchura, peltadas en los tallos, pardo-negruczas en el margen. Inflorescencias espiciformes agrupadas al final de los tallos, en posición terminal y subterminal; por lo general la espiga terminal es femenina o cuenta con flores de ambos sexos, raramente solo masculina y las inflorescencias laterales, masculinas o con flores igualmente de ambos sexos. Espigas de 10-20 (50) mm longitud, las terminales de hasta 60-100 mm, con floración escalonada y 3-3.5 (4.5) mm de ancho; raquis excavado, con concavidades notorias al desprenderse los frutos maduros. Flores sésiles, cada una dispuesta en la axila de una bráctea, 3-(4) partidas, las flores estaminadas de c. 2 mm de longitud, con 3 estambres subsésiles; las flores femeninas 3-(4) partidas, con estigma muy corto. Fruto ovoide de 2.5-3 mm de longitud x 2 mm de anchura, bacciforme, monospermo. Semilla globular-obcónica, con su cara dorsal convexo-discoide, lisa y con un disco mucilaginoso muy notorio en la base (porción estrecha), tan ancho o mas que la semilla (fig. 2 a-b).

Distribución

De acuerdo con Kuijt (1988), *E. ambiguum* presentaba una distribución disyunta anfitropical, -única dentro

del grupo de familias de muérdagos-, con poblaciones en el Hemisferio Norte (Jamaica, La Española y Puerto Rico) y otras en el Hemisferio Sur (desde Sao Paulo -Brasil- hasta Salta -Argentina-), en altitudes entre 500 y 2200 m. El presente registro que ocupa una posición intermedia, está ubicado unos 800 km por encima del Ecuador. (fig. 3) y las altitudes encontradas (2650-2950), son las mas elevadas hasta ahora para el género.

Aunque la distribución conocida en Colombia es hoy muy puntual, pensamos que se trata de plantas nativas propias de los bosques relicticos de la Sabana de Bogotá y no de plantas de reciente introducción o establecimiento. La presencia de éstas poblaciones colombianas, plantea nuevos interrogantes, tanto sobre la distribución de *E. ambiguum* y la vía de dispersión de sus semillas, como sobre la variabilidad de ésta especie y su relación con la especie venezolana *E. gracile*.

Material examinado

COLOMBIA. CUNDINAMARCA. Mpio. de Facatativá, 3 Km adelante del desvío El Rosal-Faca, 2650 m, 23 jul 2000, J.L. Fernández-A. & A. R. Castillo 19023 (COL 448089, HUA, MEXU, MO, NY); ibídem, El Vino, Tramo El Rosal-Facatativá, árboles de *Myrcianthes*, 2650 m, J.L. Fernández-A. & A. R. Castillo 19024 (COL 448086, HUA, JBB, K, MA, MEDEL, MEXU, MO, RB, SALA, VEN); Desvío Facatativá-El Rosal, 400 m después del desvío, en la copa de un árbol viejo de *Myrcianthes*, 3 sep 2000, J.L. Fernández-A. & R. Castillo 19211 (CAUP, COL 448307, HUA, K, MA, MO, NY, PSO, SALA, US, VEN); ibídem, antes de El Vino, J.L. Fernández-A. & R. Castillo 19212 (COL 448302, MA, MEDEL); ibídem Km 9-10 en la vía a Facatativá, El Vino-San José, 2650 m, J.L. Fernández-A. & R. Castillo 19213 (COL 448305, K, JAUM, MA, MEXU, MO, P, RJ, TOLI, TULV, UTMC). Mpio. de Subachoque, Finca El Cerro (vereda El Tobal), 2930 m. Junto a bosque de *Weinmannia tomentosa*, 12 oct 1998, M. Hernández S. 343 (COL, "Herbario-MH"); ibídem, 2940 m, sobre arbolito de *Myrcianthes*, 1 jun 1999, M. Hernández S. 461 (BOG, CAUP, COL 437979, CTES, CUVC, F, FMB, GH, JBB, HUA, K, LPB, M, MA, MEDEL, MER, MEXU, MO NY, P, PMA, PSO, QCA, QCNE, RB, SALA, SEV, UIS, UPTC, US, VALLE, VEN); ibídem, 461a (COL, HUA, MA, MEDEL, MERF, MEXU, MO NY, QCA, SP, TULV, US, VEN); Entre el pueblo de Subachoque y La Pradera, 2700 m, parasitando arrayán (*Myrcianthes leucoxylla*), 14 jul 1999, M. Hernández S. 462 (COL, "Herb-MH"); ibídem, Finca El Cerro, 2950, frútice de hasta 60 cm, parasitando *M. cf. rhopaloides*, junto a bosque de *Weimannia* y *Myrsine*, 24 jul 2000, M. Hernández S. 484 (CAUP, COL 448077, 448078, HUQ, MA, MO, NY,

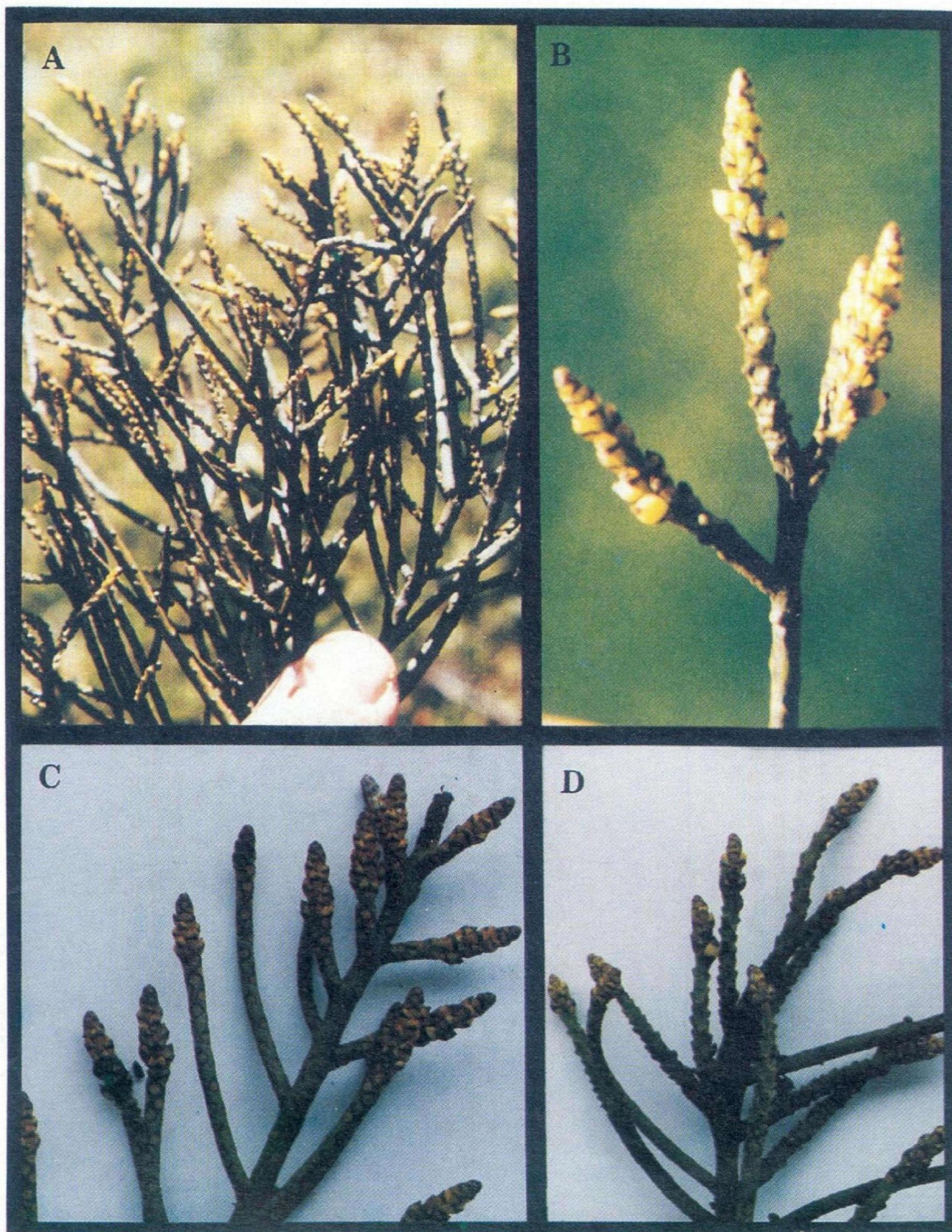


Figura 1. *Eubrachion ambiguum* (Hook. & Arnott) Engl. A.- Hábito de una planta joven. B.- Detalle de los frutos maduros en espigas terminales y subterminales. C.- Apice de una rama con espigas jóvenes. D.- Espigas viejas con crecimiento "indefinido", mostrando el raquis excavado en la porción donde se han perdido las brácteas y los frutos. (Fotografías J. L. Fernández- A.).

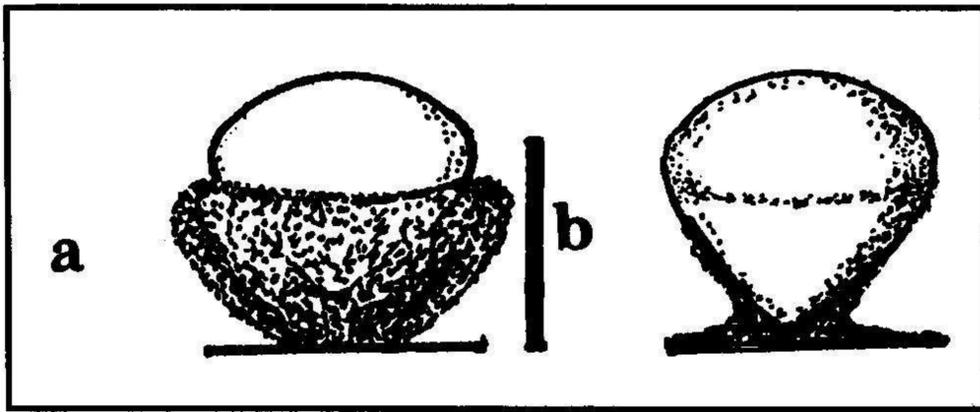


Figura 2. A. Detalle de la semilla de *E. ambiguum*. a-. Semilla al desprenderse del fruto, provista de disco mucilaginoso. b- Semilla seca, de contorno obcónico, adherida a la superficie de la rama.
Escala = 1 mm.

P, UTMC), ibídem, 485 (AFP, CAUP, COL 448074, FAUC, HUA, K, MA, MO, NY, PSO, SALA, UPTC, US); ibídem, vereda El Tobal, 9 sep 2000, M. Hernández S. 487 (COL 448083, F, MA, NY, SALA).

Notas taxonómicas

El género *Eubracion*, cuenta con una especie en Venezuela, *E. gracile*, que crece entre 1400-1700 m en el estado de Lara, apenas 800 km al NE de las localidades colombianas ahora registradas para *Eubracion ambiguum*. En las plantas colombianas, el porte y el grosor de los tallos de último orden, coinciden plenamente con *E. ambiguum*. En

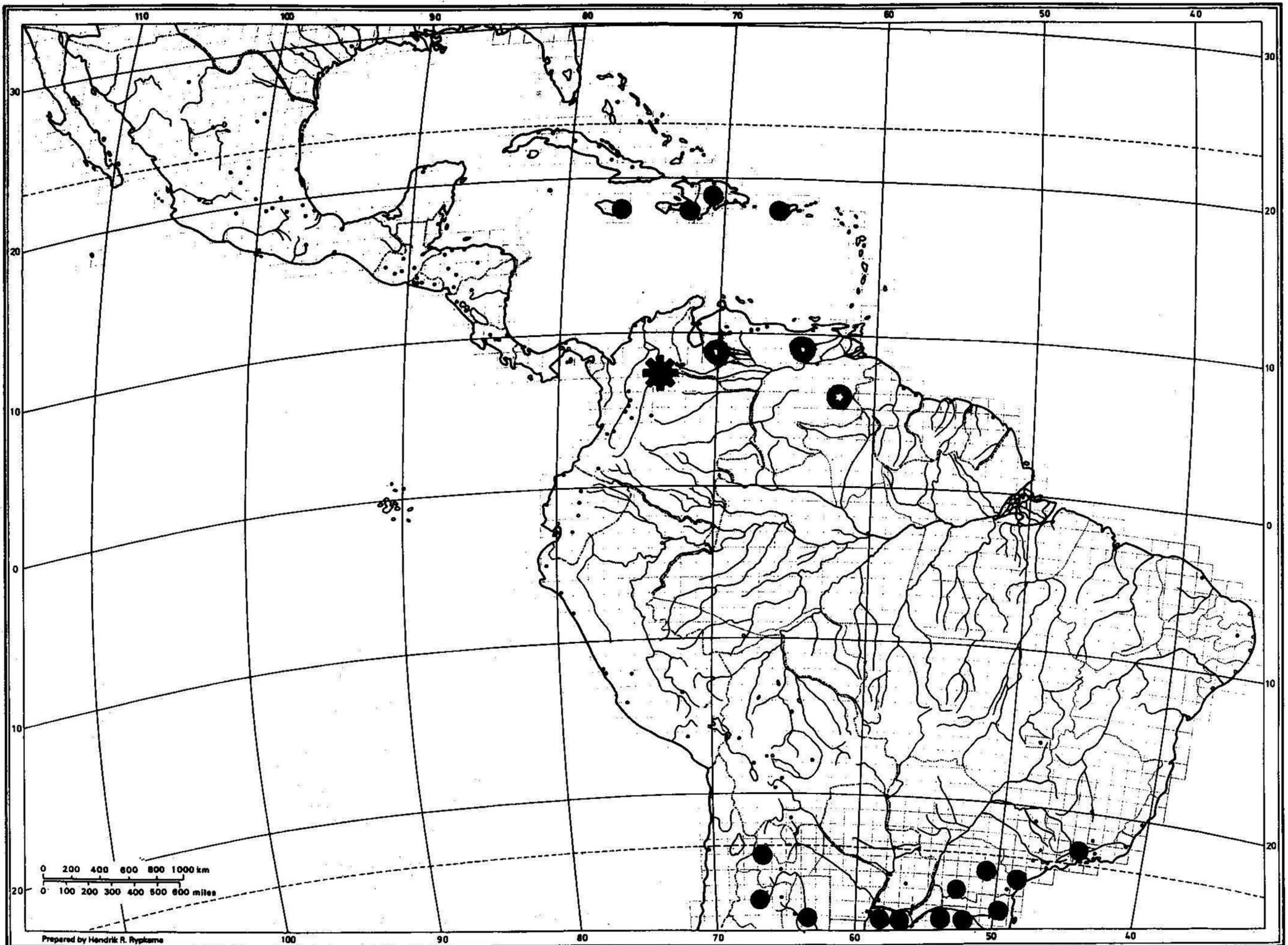


Figura 3. Mapa de distribución de *Eubracion ambiguum* (Hook. & Arnott) Engl. Distribución previamente conocida (puntos negros). Nuevo registro (asterisco) y *Eubracion gracile* Kuijt (estrella).

lo que respecta a la disposición y sexualidad de las espigas, se encontró un patrón que consideramos intermedio entre las dos especies, aunque quizás más cercano a *E. gracile*, por presentar espigas terminales y subterminales (fig. 1), pero con mayor variación en la distribución de los sexos (flores), que en dicha especie.

Otro aspecto que nos parece importante señalar, es la presencia de algunos individuos con espigas terminales o subterminales de crecimiento "indefinido" (fig. 1D), que se prolonga por largos períodos, resultando espigas de hasta 6-10 (12) cm, constituidas en su mayor parte por un raquis excavado, desnudo y con algunas flores y frutos en posición terminal (cf. pliegos Fernández- 19211, 19212).

Hábitat y ecología

Confirmando lo dicho para el género *Eubrachion*, *E. ambiguum* solo se observó parasitando plantas de la familia Myrtaceae, mas concretamente, dos especies del género *Myrcianthes*: *M. leucoxylla* (Ortega) McVaugh (Fernández & al. 19023a) y *M. rhopaloides* (Kunth) McVaugh (Hernández- 484a, 485a). Crece tanto en árboles del borde de bosque, -relictos de bosque de *Weinmannia*-, como en árboles aislados en zonas cultivadas. En la región es también frecuente *Dendrophthora clavata* (Benth.) Urb., especie común, que parasita arbolitos de *Viburnum triphyllum* Benth., *Vallea stipularis* Mutis ex L.f. y varias especies del género *Miconia*. Por lo general, es fácil reconocer a distancia las matas de *E. ambiguum* por su color pardo-oliváceo, a diferencia de *Dendrophthora clavata*, que es de un amarillo vistoso.

En las manchas de bosque de *Weinmannia* son también frecuentes arbolitos de *Myrsine guianensis* (Aubl.) Ktze. (cucharo), *Gaiadendron punctatum* (R. & P.) G. Don (tagua), *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult. (cucharo), *Oreopanax floribundum* (H.B.K.) Ktze. (mano de oso), *Vallea stipularis* Mutis ex L. f. (raque) y *Rhamnus goudottiana* Triana & Planch. En el estrato arbustivo: *Diplostegium rosmarinifolium* (Benth.) Wedd. (romero de páramo), *Ageratina asclepiadea* R.M. King. & H. Rob., *Cavendishia nitida* (Kunth) A. C. Sm., *Macleania rupestris* (Kunth) A. C. Sm. (uva de monte), *Miconia ligustrina* Triana (tuno), *Viburnum triphyllum* Benth. (chucua) y *Baccharis bogotensis* Kunth. Se encuentran individuos jóvenes aislados de especies como: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. (cedro), *Persea mutisii* Kunth. (aguacatillo) o *Prumnopitys montana* (Humb. & Bonpl. ex Willd) de Laub. (pino hayuelo), propias del bosque maduro altoandino.

Entre las especies trepadoras habituales en este tipo de bosque están: *Smilax tomentosa* H.B.K. (zarzaparrilla), *Pentacalia americana* (L. f.) Cuatrec., *Mutisia clematis* L. (clavellino), *Oligactis sessiliflora* (H.B.K.) H. Rob. & Brett., *Bidens rubifolia* Kunth., *Llerasia lindenii* Triana (colmenero), *Valeriana* sp., *Galium* sp. y *Matelea* cf. *mutisiana* Morillo.

Dispersión de semillas y herbivorismo

Aunque se ha estudiado en detalle la estructura del ovario y la morfología de la semilla en el género *Eubrachion* (Bahandari & Indira, 1969; Kuijt, 1982) y también se han hecho estudios sobre dispersión de semillas por aves en algunas especies de muérdagos de Colombia (Restrepo, 1985), no conocemos información concreta publicada sobre este aspecto en *Eubrachion*. En la región de Subchoque no se han detectado aves consumidoras de sus frutos, aunque si se ha visto a *Anisognathus igniventris*, como regular consumidor de los frutos de *Dendrophthora clavata* en la región. Los frutos de *Dendrophthora*, son mas carnosos y de mayor tamaño que los de *Eubrachion*.

En varias de las plantas recolectadas de *E. ambiguum*, se observó una curiosa ubicación de semillas en los tallos. Es frecuente que los tallos de tercer o cuarto orden presenten totalmente fijadas algunas semillas, por lo general en las axilas de las ramificaciones o en zonas intermedias de las ramas. La fijación y anclaje de las semillas se da al disgregarse los frutos maduros y descender la semilla con las gotas de agua, a lo largo de las ramas. En éste estado, un grueso anillo mucilaginoso presente en la parte más angosta de la semilla (fig 2a), da a ésta un aspecto globoso. El anclaje de la semilla se da al secarse el mucílago, adquiriendo la semilla aspecto cónico-globoso, con su parte más estrecha en posición inferior (figura 2b). Nos llamó la atención que éstas semillas tenían una coloración amarillo-grisácea, brillante y eran muy visibles en las plantas. Su aspecto es muy similar al de algunos huevos de mariposas o escarabajos, por lo que interpretamos que ésta disposición probablemente no sea casual y represente algún tipo de imitación, para evitar la predación, como ocurre con las manchas y glándulas miméticas en las hojas de *Passiflora* (Gilbert, 1975).

En el ambiente en donde fue recolectada *Eubrachion* y en general en este sector altoandino de la Cordillera Oriental, viven varias especies de piéridos que se alimentan de Loranthaceae y Eremolepidaceae (géneros *Catasticta* Butler, *Leodonta* Butler y *Pereute* Herrsch-Schaffer). No obstante, la disposición de las posturas de

este tipo de piéridos, generalmente gregaria (Devries, 1987), difiere de la encontrada en las semillas "miméticas" de *Eubrachion*.

Bibliografía

- Bhandari, N.N. & K. Indira.** 1969. Studies on Viscaceae. IV. Embriology of *Eubrachion* (Hook. et Arn.) Engl. Bot. Notiser 122: 183-203.
- Devries, P.J.** 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Princeton Univ. Press. New Jersey.
- Gilbert, L.E.** 1975. Ecological consequences of a coevolved mutualism between butterflies and plants. pp 210-240, in: E. Gilbert & P. H. Raven (eds.), Coevolution of animals and plants. University Texas Press.
- Kuijt, J.** 1982. Seeding morphology and its significance in Loranthaceae of the New World, with supplementary comments on Eremolepidaceae. Bot. Jahrb. Syst. 103: 305-342.
- . 1988. Monograph of the Eremolepidaceae. Syst. Bot. monographs 18.
- . 1988. Eremolepidaceae. pp. 731-734, in: P. Berry & al. (eds.) Flora of the Venezuela Guyana 4. Missouri Bot. Gard. Press.
- Restrepo, C.** 1985. Aspectos ecológicos de la diseminación de cinco especies de muérdagos por aves. Tesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

CONSIDERACIONES GEOCRONOLÓGICAS E ISOTÓPICAS DEL BATOLITO ANTIOQUEÑO

por

Oswaldo Ordóñez Carmona^{1,2}, Márcio M. Pimentel²

Resumen

Ordóñez C. O. & M. M. Pimentel: Consideraciones geocronológicas e isotópicas del batolito antioqueño. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25**(94): 27-35, 2001. ISSN 0370-3908.

El Batolito Antioqueño cubre una área aproximada de 8000 km², y constituye la mayor intrusión calco-alcalina en la parte norte de la Cordillera Central de los Andes Colombianos. Básicamente, consiste de granodioritas y tonalitas. Localmente, se reconocen gabros y facies dioríticas. La facies más común es de grano medio a grueso, con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, hornblenda, biotita y minerales accesorios.

Los valores de $\epsilon_{Nd}(T)$ obtenidos están entre -2.40 y +2.66, y las edades modelo T_{DM} se encuentran en el intervalo 603 Ma a 1035 Ma. En roca total se obtuvo una edad isocrónica Rb-Sr de 98 ± 27 Ma, interpretada como la mejor estimada para la edad de cristalización del magma original.

Palabras clave: Batolito Antioqueño, Cordillera Central, Andes Colombianos

Abstract

The Antioquian batholith underlies an area of ca. 8000 km² being the largest calc-alkaline batholith in the Central Cordillera of the Colombian Andes. The batholith is made mainly of granodiorite and tonalite. Gabbroic and dioritic facies are recognized locally. The most widespread facies consists of a medium to coarse-grained granodiorite with quartz, k feldspar, plagioclase, hornblende, biotite, and accessory minerals.

Nd isotopic compositions indicate $\epsilon_{Nd}(T)$ values between -2.40 and +2.66 and T_{DM} model ages ranging from 603 Ma to 1035 Ma. A whole-rock Rb-Sr isochron yielded an age of 98 ± 27 Ma, which is interpreted as the best estimate for age for of crystallization of the original magmas.

Key words: Antioquian Batholith, Central Cordillera, Colombian Andes.

1 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. AA 1027 Medellín

2 Instituto de Geociencias - Universidad de Brasilia - Brasil. CEP 70910-900. e-mail: osorca@latinmail.com

Introducción

La presencia de grandes batolitos calco-alcalinos es una de las características más distintivas de la Cordillera de los Andes. En los Andes Colombianos la actividad magmática se ha dado en varios períodos y la presencia de batolitos y "stocks" calco-alcalinos no deja de ser una característica marcante, en especial en la Cordillera Central. En Colombia, este tipo de actividad fue muy significativa durante el Mesozoico, cuando se generaron varias intrusiones y rocas volcánicas.

El Batolito Antioqueño, ubicado en la parte norte de la Cordillera Central es el mayor cuerpo plutónico generado en este período. En su totalidad, se localiza en terrenos del Departamento de Antioquia, al oriente de la ciudad de Medellín.

En su mayor parte, las rocas encajantes son las que constituyen el núcleo metamórfico de la Cordillera Central. El origen y ambiente de formación se considera asociado con los procesos inherentes a la subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo de la placa Suramericana.

Sin embargo, la presencia de algunas características de este batolito como son: forma, tamaño, amplio rango de edades K-Ar (entre 63 y 90 Ma) y composición, sugieren que bien puede existir una complejidad en los procesos que participaron en el origen de este batolito.

En este trabajo se presentan datos geocronológicos e isotópicos que pretenden abordar parte de los asuntos antes mencionados, en especial lo referente a la edad de cristalización y la fuente del magma original.

Geología regional

Durante el Mesozoico, la esquina noroeste de América del Sur experimentó múltiples procesos geológicos, que son en gran parte los principales responsables de las características especiales que se dan en esta región. A partir de datos y estudios geocronológicos, estructurales, petrológicos y dinámicos (Alvarez 1983; McCourt *et al.*, 1984; Etayo & Laverde, 1985; Aspden *et al.*, 1987; Restrepo *et al.*, 1991; Macía 1995; Mojica *et al.*, 1996; Toussaint 1995, 1996; Kerr *et al.*, 1997), se deduce que ciertamente fue durante este período en que los Andes colombianos adquirieron buena parte de su constitución actual, ya que los principales y mayores eventos ígneos, sedimentarios y deformacionales, identificados a lo largo del territorio colombiano, son mesozoicos.

Los Andes colombianos constituyen una compleja e interesante asociación de rocas, estructuras y procesos que son interpretados dentro de modelos moviendistas, enteramente acordes con la dinámica de la tectónica de placas. Según Toussaint & Restrepo (1994), el territorio colombiano está compuesto por cinco diferentes terrenos que fueron adheridos a la placa Suramericana desde el Precámbrico hasta el Cenozoico. En este modelo, la región septentrional de la Cordillera Central hace parte del denominado terreno Tahami, el cual fue acrecionado al territorio colombiano durante el Cretácico Superior.

Este terreno está constituido por un basamento polimetamórfico precámbrico y paleozoico, el cual es intruido por plutones mesozoicos, entre los que se destacan los Batolitos Antioqueño y de Sonsón. En otros sitios, el basamento está cubierto por rocas volcánicas y sedimentarias, mesozoicas y cenozoicas.

El Batolito Antioqueño es la mayor intrusión presente en este terreno cubriendo una área aproximada de 8000 km² (Fig. 1). Las rocas encajantes son predominantemente metamórficas regionales de medio a bajo grado (gneises, anfibolitas, esquistos y filitas sugeridas como de edad Paleozoica o Precámbrica); además de rocas sedimentarias y volcánicas del Cretácico Inferior y un cuerpo de dunita serpentinizada aflorante en cercanías a Medellín. El contacto del batolito con estas rocas es discordante y tajante. Igualmente, el batolito intruye plutones cretácicos que varían en composición de gabro a cuarzomonzonitas. La intrusión del batolito ha causado, en algunos lugares, modificaciones significativas en las rocas encajantes, destacándose la sobreimposición de un metamorfismo térmico en el regional.

Aspectos geológicos del batolito antioqueño

El estudio petrográfico más completo realizado en el batolito es el de Feininger & Botero (1982). Estos autores analizaron petrográficamente 214 muestras de la facies predominante, determinando una composición media de carácter tonalítico (Tabla 1). Igualmente, se destaca el estudio realizado por Alvarez (1983), quien promedió los análisis de 131 muestras (Tabla 1), obteniendo los siguientes porcentajes para los diversos tipos de roca:

Granodioritas	64%
Tonalitas	25%
Cuarzodioritas	5 %
Monzogranitos	4 %
Cuarzo-Monzodioritas	2 %

Tabla 1. Composición mineralógica modal media de muestras de la facies predominante del Batolito Antioqueño.

	Feininger & Botero (1982)	Alvarez (1983)
Minerales	Media	Media
Cuarzo	23.9	25.5
Feldespato potásico	6.7	8.6
Plagioclasa	48.4	48.7
Biotita	9.3	7.9
Hornblenda	9.3	7.6
Clinopiroxeno	0.1	
Clorita	1.6	
Accesorios	0.7	

El Batolito Antioqueño es un cuerpo composicionalmente homogéneo en más del 97% de su área expuesta, la facies predominante es granodiorítica y tonalítica. Localmente, afloran facies gabróicas y dioríticas.

La facies litológica más común en el batolito es una roca masiva, hipidiomórfica equigranular de grano medio a grueso, compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, hornblenda, biotita y minerales accesorios.

Es muy común la presencia de enclaves microgranulares intermedios y máficos, que indican, en principio, una mezcla incompleta de magmas ácidos y básicos responsables de la formación de rocas híbridas, lo que sugiere a su vez la presencia de, al menos, dos componentes distintos durante la génesis y evolución del magma.

Las muestras analizadas en este estudio pertenecen a la facies predominante del batolito y fueron colectadas en diferentes afloramientos, especialmente en aquellos lugares en donde se han realizado estudios de petrografía, geoquímica o geocronología (Fig. 1). Son rocas macizas con textura hipidiomórfica granular, de grano medio. Están constituidas por cuarzo anhedral, andesina subhedral a euhedral generalmente zonada y maclada, biotita subhedral de color rojo con inclusiones de circón, hornblenda euhedral verde, a veces con núcleos de piroxeno y ortoclasa intersticial; como accesorios se dan apatito, circón, esfena y opacos. Se presenta clorita como producto de alteración a partir de biotita y hornblenda.

En general, los batolitos cordilleranos se presentan con una dimensión mayor y paralela a la tendencia estructural regional de la cadena. En el caso del Batolito Antioqueño su forma trapezoidal, poco característica para este tipo de intrusiones, se constituye en un interrogante frente a las condiciones geodinámicas bajo las cuales estuvo sometido el territorio colombiano durante el proceso de cristalización de este magma. Esta característica

sumada a la escasa deformación asociada con la intrusión (exceptuando los límites norte y noroccidental), permite sugerir condiciones preferencialmente no compresionales al momento del emplazamiento. Lo anterior hace necesario identificar en el tiempo el momento de este comportamiento, ya que, durante el Cretácico, las condiciones geodinámicas para esta región de la Cordillera Central, reflejan en su mayor parte condiciones compresionales (Toussaint, 1996).

Por otro lado, la homogeneidad petrográfica y petroquímica (Alvarez 1983, Feininger & Botero 1982, Ordóñez 1997), sugiere condiciones especiales para su formación, ya que los plutones cordilleranos son por lo general compuestos.

Análisis K-Ar en biotitas describen un intervalo de edades, entre 63 Ma y 90 Ma. (Pérez, 1967; Botero 1963, Feininger *et al.*, 1972; Restrepo *et al.*, 1991), lo que permite enmarcar el momento de la intrusión durante todo el Cretácico Superior. Considerando que las edades K-Ar solo representan edades de enfriamiento y no necesariamente valores asociados al tiempo de cristalización del magma granodiorítico se hace conveniente determinar el momento de este proceso. Adicionalmente, en regiones como los Andes son muchos los procesos geológicos que pueden darse en este intervalo de tiempo, haciéndose por ello necesario el definir con mayor confiabilidad la edad misma de la cristalización, caso sea posible.

Son pocas las apófisis del Batolito, en principio similares en composición a la facies predominante, pero por ahora no existen datos o estudios que permitan establecer una correlación definitiva. Otros cuerpos que por su asociación espacial y temporal, como los Stocks de San Diego y Altavista, en cercanías a Medellín, así como el Gabro de La Tolda, en jurisdicción de Yarumal, pueden ser correlacionados genéticamente al evento ígneo que originó el batolito. En este trabajo, se presentan datos Sr-Nd de estas intrusiones con el objetivo determinar la relación isotópica entre ellas.

Geocronología y geoquímica isotópica

Los datos isotópicos obtenidos para las muestras del Batolito fueron determinados utilizando los métodos Rb-Sr y Sm-Nd. Con los análisis Rb-Sr se obtuvo la edad por el método de isócrona en roca total. Los valores de Sm-Nd, sirvieron para calcular las edades modelo (T_{DM}), así como los valores respectivos de ϵ_{Nd} .

Los análisis isotópicos Sr, Sm y Nd fueron realizados en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de

Brasilia (Brasil), después de obtener concentrados de Sr, Sm y Nd por cromatografía de cambio iónico. Las concentraciones de Sm y Nd se obtuvieron por dilución isotópica usando un "spike" ^{149}Sm - ^{150}Nd . Los valores de las razones isotópicas se adquirieron utilizando un espectrómetro de masa multi-colector **Finnigan MAT-262**. Las razones isotópicas de Sr y Nd fueron normalizadas con los valores de $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ y $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$. Las incertidumbres 1s para las razones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ son menores que 0.05% y 0.005%, respectivamente.

Las constantes de decaimiento usadas son las recomendadas por Steiger & Jäger (1977) y las edades obtenidas presentan un intervalo de confianza del 95%. Durante el período en que se realizaron los análisis el patrón NBS-987 de Sr presentó valores entre 0.71024 y 0.71029 y el patrón LaJolla de Nd valores entre 0.511828 y 0.511842.

Método Rb-Sr

La razón $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ para todas las muestras de este estudio fue calculada a partir de la razón Rb/Sr determinada en el laboratorio de geocronología de la Universidad de São Paulo-USP (Brasil), por fluorescencia de Rayos-X, en general con incertidumbre $2\sigma < 2\%$.

Las ocho muestras analizadas fueron colectadas y están distribuidas irregularmente en todo el cuerpo. Se tomaron preferencialmente muestras en los sitios con afloramientos que poseen estudios previos y en donde se han obtenido datos geoquímicos, petrográficos o geocronológicos. Esto garantiza, en lo posible, el estar trabajando con rocas de la facies típica y que ciertamente hacen parte del Batolito.

Los análisis presentan valores de Rb entre 31 a 158 ppm y de Sr entre 57 a 316 ppm (Tabla 2). Los valores de las razones isotópicas $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, fueron utilizados para calcular, por el método de la isócrona, la posible edad de cristalización del Batolito.

Utilizando los 8 datos disponibles se obtiene una edad isocrónica Rb-Sr de 82 ± 8 Ma, con una razón inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.70473 (Fig. 2). Preliminarmente, con 6 de estas muestras **Ordóñez et al.** (1997), obtuvieron una edad isocrónica Rb-Sr de 83 ± 4 Ma, la cual es semejante a la presentada en este trabajo. Esta edad campaniana (82 ± 8 Ma), bien puede representar la edad de cristalización del Batolito y es correlacionable con parte de las edades K-Ar obtenidas con anterioridad (**Pérez 1967**, **Botero 1963**, **Restrepo et al.** 1991). Sin embargo, la muestra BA-4, la cual tiene los valores más altos de las razones $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (8.02) y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.71394) y que a su vez define en gran parte la isócrona, es un dique de aplita, valores que son

Tabla 2. Resultado de los análisis Rb-Sr del Batolito Antioqueño, rocas asociadas y encajantes. Incertidumbres 1 σ en la razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ son menores que 0.01% y para las razones $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ menores que 1%.

Muestra	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$
Bat. Antioqueño				
BA-2	37	255	0.70488 ± 5	0.414
BA-4	158	57	0.71394 ± 6	8.025
BA-6	109	215	0.70593 ± 5	1.467
BA-7	31	270	0.70494 ± 5	0.332
BA-9	67	287	0.70588 ± 5	0.675
BA-12	134	156	0.70805 ± 6	2.485
BA-31	95	215	0.70678 ± 5	1.278
BA-32	72	316	0.70528 ± 5	0.659
Gabro de La Tolda				
GT-1	13	129	0.70359 ± 5	0.291
GT-2	9	124	0.70356 ± 5	0.233
Stock de San Diego				
SSD-1	15	298	0.70350 ± 6	0.146
SSD-3	19	296	0.70357 ± 7	0.186
Stock de Altavista				
SAL-1	18	376	0.70311 ± 6	0.138
Neis de Samaná				
GS-1	131	193	0.71478 ± 4	1.965
Grupo El Retiro				
R-1B	146	185	0.71832 ± 5	2.29

extremadamente diferentes a los obtenidos para las otras 7 muestras. Este, al igual que otros cientos de diques aplíticos que aparecen comúnmente en el batolito, pueden representar líquidos tardíos muy seguramente del magma granodiorítico, los cuales son productos diferenciados, o bien contaminados significativamente; o igualmente pueden pertenecer a un evento ígneo más joven e isotópicamente diferente al del magma granodiorítico. Adicionalmente, la cristalización e intrusión de estos líquidos se dio cuando buena parte del Batolito estaba solidificado; así la muestra BA-4 no cumpliría con uno de los requisitos básicos de la geocronología, que es el de ser muestras cronocorrelacionables. Por ello, la edad ob-

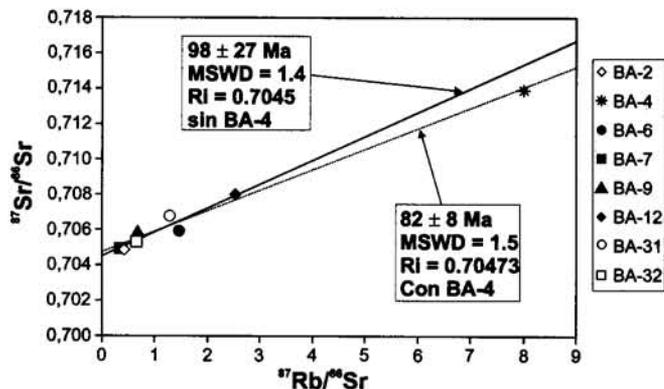


Figura 2. Isocronas Rb-Sr del Batolito Antioqueño

tenida con todas las 8 muestras no se propone como representativa de la edad de cristalización.

Considerando lo anterior, se obtuvo una isócrona Rb-Sr, sin la muestra BA-4, la cual arroja una edad de 98 ± 27 Ma, con una razón inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.7045 (Fig. 2). La baja razón inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sugiere la presencia de un importante componente mantélico en el origen del magma parental.

La edad obtenida es cenomaniense y es un poco más antigua que la anterior y se interpreta en este trabajo como siendo la edad de cristalización del Batolito Antioqueño. Sin embargo, el "error" de ± 27 , hace que la edad pueda estar entre 71 y 125 Ma. En el caso del intervalo entre 71 y 98 Ma, se estaría abarcando un rango de edad semejante al ya determinado por el método K-Ar. Por otro lado, el intervalo entre 98 a 125 Ma, o parte de éste, no es compatible con las evidencias de campo, ya que rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior son intruidas por esta masa ígnea.

Método Sm-Nd

Se realizaron análisis isotópicos Sm-Nd para 6 muestras del Batolito Antioqueño (Tabla 3).

La edad modelo T_{DM} , interpretada como siendo la edad de residencia cortical para un material, se obtuvo gráficamente, utilizándose el intercepto con la curva de evolución del manto empobrecido, propuesta por DePaolo (1981):

Evolución del manto empobrecido - DM (*Depleted Mantle*) = $0.25T^2 - 3T + 8.5$, siendo T el tiempo.

El valor de Epsilon de Neodimio (ϵ_{Nd}) en el tiempo "t" se obtuvo utilizando la ecuación de DePaolo & Wasserburg (1976):

$$\epsilon_{Nd} = [\{ (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{im}} / (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR-t}} \} - 1] \times 10^4,$$

con valores para el CHUR (*chondritic uniform reservoir*) de: $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.512638$ y $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.1967$.

Los datos Sm-Nd obtenidos para estas 6 muestras del Batolito Antioqueño arrojan edades T_{DM} , de entre 603 Ma (BA-6) hasta 1035 Ma (BA-31). Los valores de ϵ_{Nd} , calculados para $T = 98$ Ma, están entre -2.4 (BA-31) y +2.66 (BA-6). Exceptuando las muestras BA-9 y BA-31, los valores de ϵ_{Nd} , son positivos ($> +1.78$), lo que es compatible con una fuente primordialmente de carácter mantélico para el Batolito Antioqueño. Ahora las muestras con valores ϵ_{Nd} negativos, sugieren una substancial asimilación de material cortical por el magma batolítico al momento de su emplazamiento. A este respecto y considerando las edades T_{DM} , la corteza asimilada puede ser tan antigua, isotópicamente, como 1035 Ma.

Combinación del par isotópico Sr-Nd

La combinación de los datos isotópicos de Nd y Sr es de mucha importancia en la discriminación de rocas derivadas del manto y aquellas que fueron formadas por fusión de la corteza o que presentan evidencias de contaminación con material cortical. Con los valores de ϵ_{Nd} y la razón inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ se construye un diagrama en donde también se presentan las composiciones isotópicas del CHUR y del Bulk Earth (BE).

Adicional a las muestras del Batolito, fueron realizados 5 análisis sobre rocas que hipotéticamente pueden ser consideradas como asociadas al megaevento que generó el Batolito, y que por su composición pueden representar la facies más primitiva del magmatismo cenomaniense (Tabla 2 y 3). Son rocas gabríticas a dioríticas de los plutones de San Diego, Altavista y La Tolda. Igualmente, y considerando la posibilidad de asimilación cortical por parte del magma, se presentan los datos de algunas unidades encajantes como son: Neis de Samaná y rocas del Grupo El Retiro (Tabla 3).

Para el Batolito Antioqueño (Fig. 3) los valores están muy próximos al intercepto de los valores del CHUR y BE (razón $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del BE = 0.7045), y son ciertamente bien diferentes de los valores presentados por algunas de las rocas encajantes (Neis de Samaná y granitoides de El Retiro).

Las muestras de los plutones asociados presentan valores ϵ_{Nd} ($T = 98$ Ma) altamente positivos ($> +5.67$) y con razones iniciales $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.7045$. Estos datos discriminan a estos cuerpos en el campo de las rocas manto derivadas en el diagrama de la figura 3; lo cual es compatible con la composición básica de estas unidades.

Tabla 3. Datos Sm-Nd del Batolito Antioqueño, rocas asociadas y encajantes. Incertidumbres 1s en la razón $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ son menores que 0.005% y para la razón $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ menor que 0.1%. El valor $\epsilon_{\text{Nd}(T)}$ fue calculado utilizando la edad isocrónica Rb-Sr de 98 Ma.

Muestra	Sm	Nd	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}(98)}$	$T_{\text{DM}}(\text{Ma})$
Bat. Antioqueño						
BA-2	3.21	13.39	0.512738 ± 18	0.1450	2.60	689
BA-6	4.51	20.42	0.512734 ± 16	0.1336	2.66	603
BA-7	5.82	24.14	0.512723 ± 14	0.1458	2.30	728
BA-9	7.56	31.17	0.512592 ± 15	0.1460	-0.26	1012
BA-31	4.04	18.80	0.512472 ± 19	0.1299	-2.40	1035
BA-32	4.40	14.85	0.512718 ± 13	0.1790	1.78	*
Gabro de La Tolda						
GT-1	2.92	8.21	0.513133 ± 13	0.2152	9.43	*
GT-2	2.60	7.04	0.513177 ± 14	0.2231	10.19	*
Stock de San Diego						
SSD-1	2.81	10.32	0.512908 ± 13	0.1649	5.67	*
SSD-3	2.52	9.48	0.512931 ± 19	0.1608	6.17	*
Stock de Altavista						
SAL-1	2.57	9.58	0.512993 ± 15	0.1620	7.36	*
Neis de Samaná						
GS-1	5.95	29.23	0.512224 ± 22	0.1230	-7.16	1365
Grupo El Retiro						
R-1B	7.91	39.40	0.512180 ± 17	0.1210	-7.99	1407

* Edad T_{DM} no calculada. debido al alto valor en la razón $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$

El conjunto de datos permite postular que el Batolito Antioqueño es el producto de la mezcla de, al menos, dos componentes con características isotópicas contrastantes: (i) un miembro derivado del manto empobrecido-DM, enriquecido en neodimio radiogénico, el cual puede ser representado aquí por las rocas gabroicas y dioríticas de los cuerpos asociados y (ii) un miembro félsico derivado de materiales corticales con constituyentes isotópicos precámbricos, aquí representados por las rocas encajantes del Grupo El Retiro y el Neis de Samaná. A manera de ilustración, este resultado puede ser observado gráfica-

mente (Fig.3), en donde las rocas granodioríticas del Batolito Antioqueño, bien pueden ser el resultado de la mezcla de dos miembros extremos (*end members*), siendo ellos el Gabro de La Tolda y las rocas del Grupo El Retiro respectivamente. La curva de mezcla originada por estos dos miembros indica que el magma manto derivado (representado por el Gabro de La Tolda) asimiló, o se contaminó con entre 10 y 20% de materiales corticales (rocas encajantes), representados aquí por las rocas del Grupo El Retiro, material que finalmente cristalizó y formó el Batolito Antioqueño.

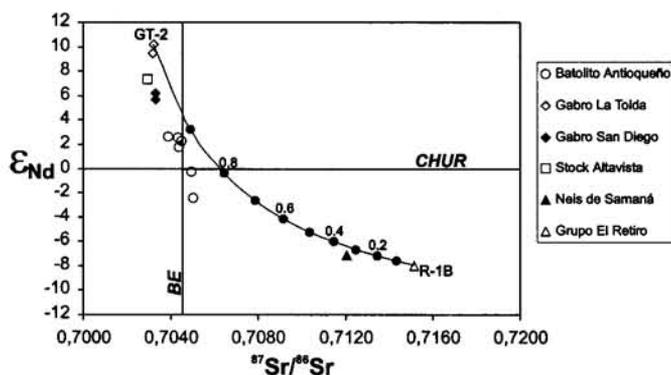


Figura 3. Diagrama ϵ_{Nd} X $^{87}Sr/^{86}Sr$ (i) del Batolito Antioqueño, cuerpos asociados y rocas encajantes. Valores calculados para 98 Ma. también se presenta la curva de mezcla entre A y B, construida utilizando como miembros extremos, A= GT-2, B = R-1B. Los números indican el valor de la porción del componente A en la mezcla. Para el BE, $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7045$. Para el CHUR, $^{143}Nd/^{144}Nd = 0.512638$ y $^{147}Sm/^{144}Nd = 0.1967$

Discusión y conclusiones

El valor MSWD para las edades isocrónicas de 98 y 82 Ma, es de 1.4 y 1.5 respectivamente, garantizando de forma general que los puntos (muestras) se ajustan muy próximos a las rectas que determinan tales isócronas, siendo rectas matemática y paramétricamente semejantes. La diferencia fundamental entre estas dos isócronas está dada por las altas razones $^{87}Sr/^{86}Sr$ y $^{87}Rb/^{86}Sr$ que la muestra BA-4 presenta, la cual es la que prácticamente define la inclinación de la recta en la figura 2, en otras palabras la que determina la edad de 82 ± 8 Ma.

La edad isocrónica Rb-Sr de 82 ± 8 Ma, considerando la muestra de aplita, bien que puede representar la edad de cristalización y tanto el valor de 82 Ma, así como el "error" de ± 8 Ma son compatibles con las propuestas y resultados presentados por los varios geólogos que han realizado trabajos en el batolito, sin embargo, el desconocimiento que se tiene sobre la verdadera fuente de estos diques no permite, en principio, asumir esta edad como la de cristalización del batolito, ya que ellos bien pueden representar los líquidos tardíos (diferenciados o contaminados con material cortical) o bien pertenecer a otro evento ígneo isotópicamente diferente. Serán los estudios posteriores sobre las aplitas que podrán resolver esta duda y tal vez, confirmar la validez de esta edad.

Siendo conservadores con uno de los postulados básicos de la geocronología para materiales a ser datados, esto es: el de tener la propiedad de ser muestras cronoco-

rrrelacionables y cogenéticas; la edad isocrónica Rb-Sr de 98 ± 27 Ma, se sugiere aquí como la mejor estimación para la edad de cristalización del Batolito Antioqueño. Esta edad, es marcadora en lo que respecta a considerar las condiciones que prevalecieron durante este período en la parte septentrional de la Cordillera Central. En otras palabras, el límite Cretácico Inferior - Superior en Colombia es significativo, ya que, las condiciones no compresionales bajo las cuales fue instruido el Batolito Antioqueño, deben responder a un proceso geodinámico más regional, el cual pudo estar influenciando la zona en donde se generó y emplazó el magma granodiorítico.

Son varios los trabajos que citan la intensa actividad de plumas y generación importante de material oceánico para el período entre 120 y 90 Ma en especial para la zona del pacífico (Kerr *et al.* 1997, Kerr 1999). Por otro lado, la deformación y acreción de terrenos es igualmente citada como prevaleciente durante buena parte del Mesozoico (Toussaint & Restrepo 1994, Toussaint 1996, Moores, 1998). Es en este marco geotectónico regional fue en donde se dieron las condiciones propicias para la génesis y cristalización del magma granodiorítico. Estos dos ambientes antagónicos, no impiden que pueda postularse un modelo simplificado para el origen del Batolito.

En el Cretácico Inferior, la génesis de abundante corteza, representada por el Plateau Colombia-Caribe (Kerr *et al.* 1997, Kerr 1999), imprimió una dinámica singular para la región Caribe y Pacífica de Sur América, esto se tradujo entre otras cosas en la acreción de terrenos oceánicos y las deformaciones y esfuerzos compresionales asociados. En este marco hipotético, es factible que la velocidad de subducción de la placa oceánica, que en aquel momento subducía por debajo de la región en donde se generó el Batolito Antioqueño, fuese dos o tres veces mayor a la que hoy tiene la placa de Nazca (actualmente es de 6-7 cm/a), esto ciertamente puede condicionar un ambiente apropiado para la abundante actividad magmática. Una velocidad de subducción > 15 cm/a, facilita la entrada continua y abundante de corteza hidratada al manto, la deshidratación de esta, a profundidad, permitió la fusión de una cantidad significativa de la cuña del manto litósferico, siendo la mayor parte del magma emplazado - cristalizado al momento de la disminución radical en la velocidad de subducción, en donde puede darse igualmente condiciones no compresionales. Esta disminución está asociada a la culminación de la actividad misma de la pluma que generó el Plateau oceánico, hace entre 100 y 90 Ma.

Los primeros pulsos de este magmatismo, bien pueden ser los magmas básicos asociados con la formación de los

Stocks de San Diego, Altavista y el Gabro de La Tolda, todos ellos de características isotópicas (Sr-Nd) manto-derivadas. Ya el Batolito Antioqueño, presenta características isotópicas Sr y Nd que indican ser el producto de la mezcla de, en lo mínimo, dos componentes, uno derivado del manto empobrecido - DM, con razones iniciales $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.7045$ y valores de ϵ_{Nd} positivos, y el otro representado por las rocas encajantes con edades hasta precámbricas y de carácter cortical.

Agradecimientos

Para la realización de este estudio se contó con la colaboración, del Instituto de Geociencias de la Universidad de Brasilia (laboratorio de Geocronología), de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, del laboratorio de Geocronología de la Universidad de São Paulo (por los análisis de fluorescencia de rayos-X) y el apoyo financiero del CNPq y CAPES de Brasil.

Referencias

- Alvarez J. 1983. Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides Mesocenoicos. *Boletín Geológico de Ingeominas*, **26**(2): 1-175.
- Aspden J. A., McCourt W. J., Brook M. 1987. Geometrical control of subduction - related magmatism: the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of western Colombia. *Journal of the Geological Society, London*, **144**: 893-905.
- Botero A. G. 1963. Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia. *Anales Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín*, **57**: 1-101.
- Depaolo, D. J. 1981. Neodymium isotopes in The Colorado Front Range and crust-mantle evolution in the Proterozoic, *Nature*, **291**: 193-196.
- _____ & Wasserburg, G. J. 1976. Nd isotopic variations and petrogenetic models. *Geophy. Res. Lett.* **3**(5): 249-252
- Etayo F. & Laverde F. 1985. Proyecto Cretácico. *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas* **16**, Cap. I a XXX.
- Feininger, T.; Barrero, D., Castro, Q. N. 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-zona II-B). *Boletín Geológico de Ingeominas*, **20**(2): 1-173.
- _____ & Botero, G. 1982. The Antioquian Batholith, Colombia. *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas* **12**: 1-50.
- Kerr A. C. 1999. Oceanic Plateau Formation: a cause of mass extinction and black shale deposition around the Cenomanian-Turonian boundary. *Journal Geology Society of London*, **155**: 619-626
- _____, Marriner G. F., Tarney J., Nivia A., Saunders A. D., Thirlwall M. F., Sinton C. W. 1997. Cretaceous basaltic terranes in Western Colombia: elemental, chronological and Sr-Nd isotopic constraints on petrogenesis. *Journal of Petrology*, **38**(6): 677-702.
- Macía C. 1995. El magmatismo Triásico Superior - Jurásico en Colombia. Breve síntesis. *Geología Colombiana*, **20**: 163-164.
- McCourt W. J., Aspden J. A., Brook M. (1984). New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. *Journal Geology Society of London*, **141**: 831-845.
- Mojica J., Kammer A., Ujueta G. 1996. El Jurásico del sector noroccidental de Suramérica y guía de la excursión al Valle Superior del Magdalena (Nov. 1-4/95), regiones de Payandé y Prado, Departamento del Tolima, Colombia. *Geología Colombiana*, **21**: 3-40.
- Moore E. M. 1998. Ophiolites, the Sierra Nevada, "Cordillera", and orogeny along the Pacific and Caribbean margins of North and South America. *International Geology Review*, **40**: 40- 54.
- Ordóñez, C. O. 1997. O Pré-Cambriano na parte norte da Cordilheira Central dos Andes colombianos (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-Brasil, 99p.
- _____, Pimentel, M.m., Celino, J.J., Gioia, S., Restrepo, J.J., Saenz, E., Paucar, C. 1997. Age and Sr-Nd isotopic characteristics of the Antioquian Batholith; Cordillera Central, Colombian Andes. *The South-American Symposium on Isotope Geology, Brazil*. p. 216-218.
- Pérez, G., 1967. Determinación de la edad absoluta de algunas rocas de Antioquia por métodos radioactivos. *Dyna, Univ Nacional, Medellín*. **84**: 27-31.
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., González, H., Cordani, U., Kawashita, K., Linares, E., Parica, C. 1991. Precisiones geocronológicas sobre el Occidente colombiano. *Simp. sobre Magm. And. y su marco Tect.*, Manizales, Colombia. p. 1-21.
- Steiger, R. H. & Jäger, E. 1977. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo - and cosmochronology. *Earth and Planetary Sciences Letters*, **36**: 359-362.
- Toussaint J. F. 1995. *Evolución Geológica de Colombia durante el Triásico y Jurásico*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 94 p.
- _____ 1996. *Evolución Geológica de Colombia durante el Cretácico*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 277 p.
- _____ & Restrepo J. J. 1994. The Colombian Andes during Cretaceous times. In: *Cretaceous tectonics of the Andes*. Ed. Vieweg & Sohn, Wiesbaden: 61-100.

EL SENONIANO DE LA BARRERA DE GIRARDOT-GUATAQUÍ, VALLE ALTO DEL MAGDALENA, COLOMBIA: PRECISIONES SOBRE LA ESTRATIGRAFÍA Y ESTABLECIMIENTO DE UNA ZONACIÓN MICROPALAEONTOLÓGICA

por

Nadejda Tchegliakova & Jairo Mojica*

Resumen

Nadejda Tchegliakova & J. Mojica: El Senoniano de la Barrera de Girardot-Guataquí, Valle Alto del Magdalena, Colombia: Precisiones sobre la estratigrafía y establecimiento de una zonación micropaleontológica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **25**(94): 37-75, 2001. ISSN 0370-3908.

Se describen las características litoestratigráficas de los sedimentos del Senoniano (Coniaciano-Maastrichtiano) expuestos en el ámbito de la Barrera de Girardot-Guataquí (sector septentrional del Valle Alto del Magdalena) y se establecen seis biozonas de foraminíferos planctónicos y se reconocen dos de nanoplankton calcáreo. La sucesión estratigráfica tratada incluye: a), el Grupo Olini (= dos niveles de limolitas, silíceas separados por un conjunto limoso, que a veces contiene varias decenas de metros de areniscas cuarzosas, denominadas "Areniscas del Cobre"); b) la Formación Buscavidas (= shales negros calcáreos y no calcáreos con intercapas de calizas margosas); c) las Formaciones Arenisca Tierna, en el oriente del valle, y la Formación La Tabla en el centro y occidente del mismo.

Palabras clave: Cretácico Superior, Senoniano, Foraminíferos, Nanoplankton, Biozonación, Grupo Olini, Fm. Buscavidas, Fm La Tabla, Fm. Arenisca Tierna, Valle Alto del Magdalena, Colombia.

Abstract

This work describes the lithostratigraphic characteristics of the Senonian (Coniacian-Maastrichtian) sediments exposed in the sector of the Barrera de Girardot-Guataquí (northern portion of the Upper Magdalena Valley, Colombia). Additionally and based on the microfossil

* (Departamento de Geociencias, Universidad Nacional, Apartado 14490, Bogotá). Email: ntchegliakova@telefonica.net.co
jmojica@ciencias.ciencias.unal.edu.co

contents, six foraminifer-biozones are established and two biozones of calcareous nannoplankton are recognized. The stratigraphic succession comprises: A), the Olini Group composed of two cherty units separated by several meters of black, calcareous shales that locally include thick beds of white-gray quartz-sandstones informally named "Areniscas del Cobre". B), The Buscavidas Formation, made up of black calcareous shales and micritic limestones. C) The Arenisca Tierna Formation in the eastern border of the Magdalena Valley and the La Tabla Formation in the central and western side of the same.

Key words. Upper Cretaceous, Senonian, Foraminifera, Nannoplankton, Biozonation, Olini Group, Buscavidas Formation, La Tabla Formation, Arenisca Tierna, Upper Magdalena Valley, Colombia.

Introducción

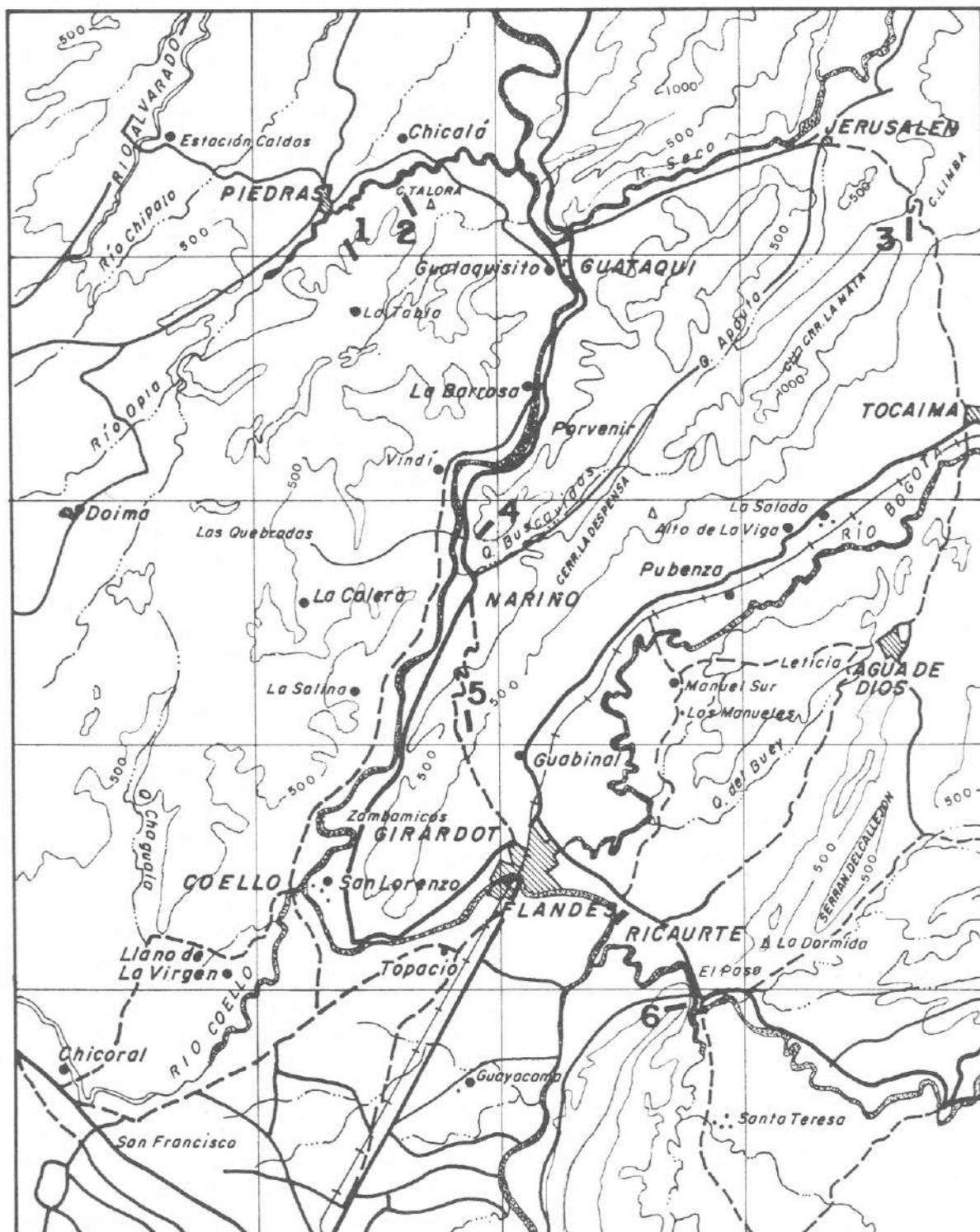
Debido a la ocurrencia y notable producción de hidrocarburos, el Valle del Magdalena ha sido objeto de numerosos estudios geológicos por parte de entidades estatales y privadas, nacionales y extranjeras, que han conducido a numerosas publicaciones e informes internos. En el caso del Valle Alto del Magdalena (VAM), la investigación se ha concentrado tradicionalmente a las áreas en donde la cobertera meso-cenozoica es más completa y en las que se tiene, o ha tenido producción de petróleo, es decir de la región de Ortega hacia el sur. En cambio, en el sector septentrional (= región de Girardot-Tocaima-Guataquí-Piedras), dominado por exposiciones de la cobertera cretácica, la casi totalidad de los prospectos, que han llevado a la perforación de más de 10 pozos para hidrocarburos, sólo dos de los cuales han resultado escasamente productores.

Por otra parte, la geología del polígono mostrado en la Fig. 1 resulta de gran interés académico y científico, ya que allí se presentan rasgos estructurales y estratigráficos relativamente diferentes de los de otras áreas del VAM. Lo anterior se debe seguramente, a que, como se ilustra en la Fig. 2, hacia este sector convergen fallas regionales como las de Ibagué, Cambao, Alto del Trigo, Bituima y del Magdalena, rumbo-deslizante la primera, de cabalgamiento hacia el occidente las demás. La interacción de las fracturas antedichas, conjuntamente con la tectónica gravitacional postulada por **Kammer & Mojica** (1996), ha generado una zona de plegamientos estrechos, con longitud de onda de menos de cinco km, por lo general fallados en ambos flancos. Los procesos de plegamiento-fallamiento han conducido a la dislocación de las secuencias litológicas y a la aparición de locales estructuras de inversión. Esas circunstancias y la ocurrencia de asociaciones faciales relativamente semejantes en diferentes alturas de la secuencia estratigráfica dificultan a veces la identificación de las formaciones, y por ende la labor cartográfica, lo que ha llevado a resultados que difieren bastante entre unos y otros

autores. En consecuencia, la solución a los interrogantes sobre la posición estratigráfica en muchos afloramientos, sólo puede resolverse mediante la investigación del contenido micropaleontológico, lo cual a su vez supone la existencia de una biozonación rigurosa, como la que aquí se establece o presenta.

Algunas fallas y lineamientos NW-SE parecen haber jugado un control decisivo en la sedimentación cretácica, en particular en tiempos pre-apitanos, que se traduce en variación de espesores, acuñaientos, interdigitaciones y distribución restringida de unidades. Como ejemplos se pueden citar: a) las Fallas de Bituima y Apulo que limitan la extensión hacia el occidente del Cretácico Inferior, de la región entre Apulo, Villeta, Pacho y La Palma, descrito en primer término por **Bürgl** (1955), luego por **Thompson** (1979), **Champetier de Ribes et. al.** (1961) y por **Moreno** (1993); b) la Falla Oriental del Magdalena (**Fajardo & Llinás** 1976: 458) que parece marcar el límite occidental de las ocurrencias del Grupo Guadalupe *sensu stricto*. Un papel semejante, pero en tiempos cenozoicos, es el de la Falla de Quininí, que limita la extensión de la Formación Bogotá, al oriente y el Grupo Gualanday al occidente (**Fajardo & Llinás**, 1976), y el de la Falla de Cambao, que delimita la extensión oriental del Grupo Honda. Más aún, **Porta** (1965:11) considera que la Falla de Cambrás (=F. de Cambao) pudo haber sido activa desde finales del Cretácico.

La inexistencia de una biozonación precisa y de alcance global, así como la falta de columnas estratigráficas detalladas, como las aquí propuestas, se ha prestado para repetidas e infructuosas discusiones sobre la edad y comparación regional de las unidades estratigráficas senonianas del VAM y del flanco occidental de la Cordillera Oriental. Por ello, los resultados obtenidos esta vez permiten dirimir algunas de esas discusiones, establecer con certeza la edad de las unidades especialmente investigadas, y fijar así la base para comparaciones temporales más confiables. Así mismo, los métodos utilizados abren nuevos caminos para el análisis de otros sectores



Dibujo José Miguel R.B. D.G.U.N.

Figura 1. Mapa de localización del área estudiada y de las secciones especialmente investigadas: 1), Camino Piedras- Cerro La Tabla y Q. La Hondita; 2), Q. Coloradas; 3), Cerro Limba; 4), Vía Nariño-Guataquí; 5), Vía antigua Girardot-Nariño; 6), Sitio El Paso.

del VAM. Las precisiones aquí transmitidas han de servir también para una mejor preparación o planeación de proyectos de prospección geológica y de obras de infraestructura.

Objetivos

Aún cuando en el sector considerado afloran unidades cretácicas más antiguas (Formaciones Hondita y Loma Gorda), esta nota tiene como objetivo principal el análisis de las unidades cretácicas superiores con rango entre el Coniaciano- Maastrichtiano (= Senoniano, *sensu* Harland et al. 1982), que constituyen una "mezcla" o transición entre las unidades propias del Valle del Magdalena y de la Cordillera Oriental en esta parte del país, y que incluyen:

- 1) El Grupo Olini, definido por Porta (1965) y compuesto por dos conjuntos de limolitas silíceas (que el autor llamó Niveles de Lidita Inferior y Lidita Superior), separados por uno de lititas oscuras (que Porta denominó "Nivel de Lutitas"), en las que se intercalan localmente importantes espesores de areniscas cuarzosas medio-granulares conocidas informalmente como "Areniscas del Cobre". Por las razones expuestas más adelante, en el presente trabajo se propone elevar al rango de formaciones las unidades del Grupo Olini, que quedaría integrado por las Formaciones Lidita Inferior, Formación de Lutitas y Areniscas y Formación de Lidita Superior.
- 2) La Formación Buscavidas, definida también en esta ocasión, que está constituida en la localidad tipo por una sucesión de unos 145 m, en promedio, de margas negruzcas, con interbancos de calizas impuras, micríticas y ocasionales areniscas cuarzosas.
- 3) Unidades arenosas cuarzosas de grano medio a conglomeráticas, que constituyen la Formación Arenisca Tierna (=parte alta del Grupo Guadalupe) en el costado oriental del Valle del Magdalena, la Formación La Tabla en el centro y occidente, y la Formación Cimarrona en el nor-oriente del mismo.

Por cuestiones de espacio, la descripción pormenorizada de las columnas estratigráficas de las unidades antedichas se deja para una publicación posterior.

Trabajos previos

Las bases y avances del conocimiento geológico de la región investigada se encuentran en los trabajos de Scheibe (1934), Bürgl & Dumit (1954), Bürgl (1955), Raasveldt (1956), Porta (1966 y 1968), Corrigan (1979), Martínez

(1990) y Kammer & Mojica (1996). Así mismo, la prospección de hidrocarburos en el área ha llevado a la preparación de numerosos informes no abiertos al público, y a la perforación, a partir de los años 30, de los pozos indicados en la Fig. 2 (Guataquí-1, Guataquí-2, Raspe-1, Jerusalén-1, Piedras-1, Conchitas-1, Tocaima-1, Chawina 1, 2 y 3, Bunde 1 a 4, La Lucha-1, Campo Abanico).

La información que permitió la publicación de esta nota es producto de la experiencia adquirida por los autores en trabajos individuales realizados durante la década de los 90, así como en el marco de varias prácticas de campo con profesores y alumnos del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional. De esta manera se logró recorrer gran parte del área, adelantar la cartografía en escala 1:25.000, levantar columnas estratigráficas detalladas y recolectar abundantes muestras de roca para micropaleontología.

Metodología

Las precisiones a la armazón estratigráfica aquí descritas tienen como base la obtención de columnas estratigráficas representativas que muestren las variaciones observadas en el sector estudiado. El levantamiento de dichas columnas se llevó a cabo por medio de poligonales con cinta y brújula (o con teodolito), en las que se ubicaron sistemáticamente las muestras para micropaleontología y los datos estructurales, con el fin de establecer la continuidad de las secuencias estudiadas, o la presencia de complicaciones (fallas y pliegues) que pudieran alterar los espesores originales. En todos los casos el levantamiento de las columnas se complementó con la elaboración de un mapa geológico local.

En concreto, las columnas investigadas, cuya localización se muestra en la Fig. 1, son las expuestas en: 1) El sector sur de la población de Piedras, en la Q. La Hondita y del camino al Cerró de la Tabla. 2) La Quebrada Coloradas (también denominada Q. Talora en mapas recientes), al NE de Piedras. 3) El costado oriental del Cerro Limba en la vía Tocaima-Jerusalén. 4) La vía Nariño-Guataquí, en las proximidades del puente sobre la Q. Buscavidas. 5) La sección a lo largo de la antigua carretera entre Girardot y Nariño, descrita e ilustrada por Bürgl & Dumit (1954). 6) El sitio El Paso, en el costado occidental del Río Sumapaz y el triángulo comprendido entre la desviación a Carmen de Apicalá y la bifurcación de la vía Melgar-Girardot y la nueva vía Melgar-Espinal. Por cuestiones de espacio, la descripción pormenorizada de las columnas estratigráficas de las unidades antedichas se dejan para una publicación posterior.

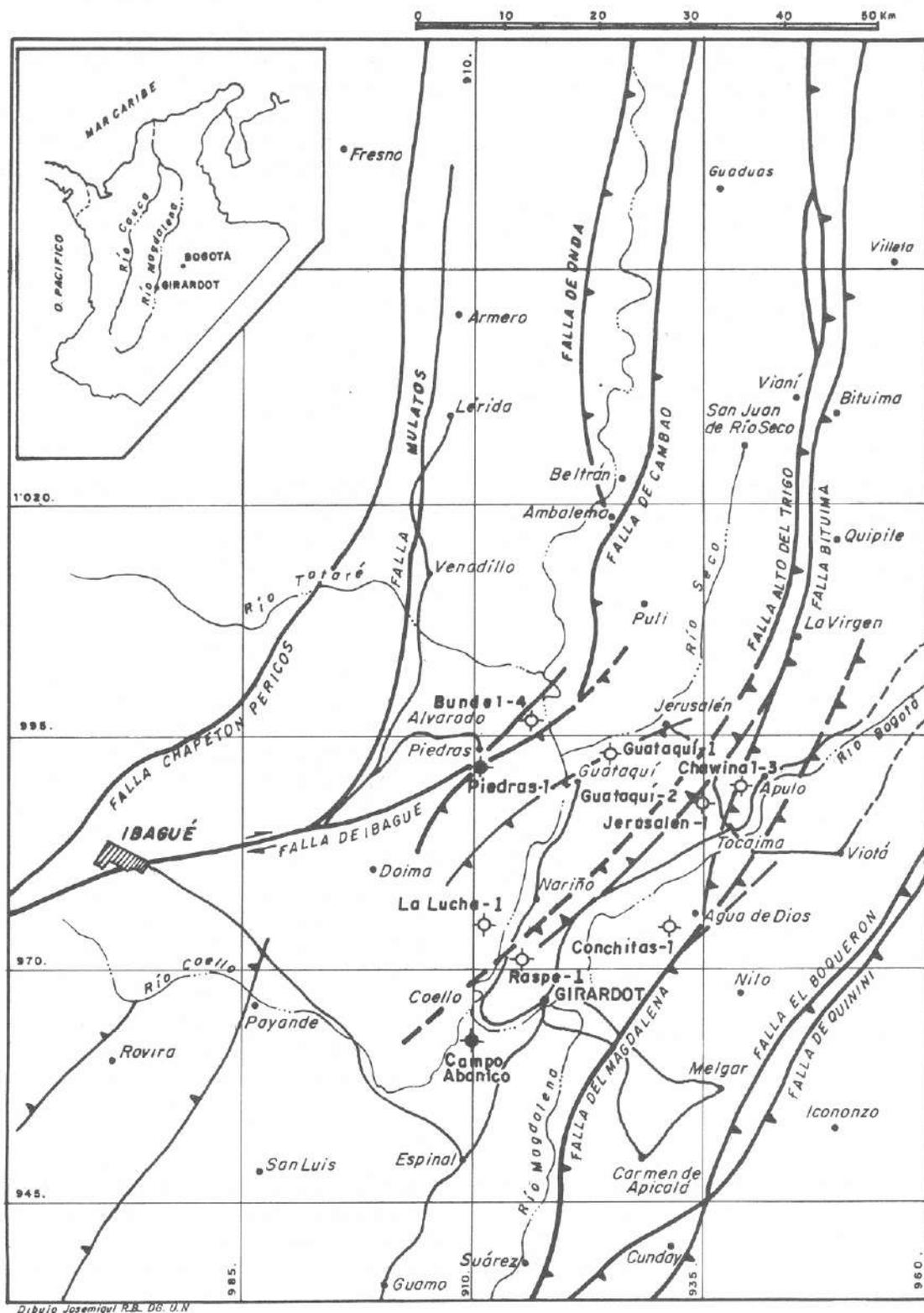


Figura 2. Localización de las principales fallas en el sector de la Barrera de Girardot-Guataquí y el extremo meridional del Valle Medio del Magdalena, con la localización de los pozos petroleros perforados en el sector correspondiente.

En las seis secciones antedichas se colectaron unas 600 muestras, de las cuales únicamente cerca de 150 están representadas en las tablas 3, 4, 5 y 6 y en la Fig. 7, correspondientes a las secciones estudiadas. En las láminas I y II se ilustran las especies con mayor valor bioestratigráfico.

Las determinaciones de las asociaciones de foraminíferos fueron realizadas por N. Tchegliakova, con la revisión y seguimiento del Grupo de Trabajo Europeo sobre la Bioestratigrafía y Taxonomía de los Foraminíferos Planctónicos del Mar de Tetis, dirigido por F. Robaszinsky, L. Kopaevich, A. Alekseev y T. Gorbachik, entre otros. El material de nannoplancton calcáreo fue procesado y taxonómicamente determinado en el Laboratorio de Micropaleontología del Instituto Paleontológico de la Academia de Ciencias de Rusia.

Para la localización geográfica y la toponimia de los lugares se utilizaron los mapas oficiales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a escala 1:200.000, 1:100.000 y 1:25.000, en sus versiones más recientes (década de los 90) y anteriores (décadas de los 70 y 80. En todos los casos la toponimia presente en los mapas del IGAC fue confrontada con los nombres usados por los moradores, lo cual permitió aclarar algunas inconsistencias encontradas en diferentes versiones de los mapas topográficos.

A falta de una publicación colombiana específica, en la discusión de la nomenclatura estratigráfica se tuvieron en cuenta las normas y recomendaciones de las Guías Estratigráficas Internacionales (**Hedberg 1976, Salvador 1994**), el Código Norteamericano de Estratigrafía (1983), el Código Argentino de Estratigrafía (**Comité Argentino de Estratigrafía 1992**) y el Léxico Estratigráfico de Venezuela (2ª Edición, **Soc. Venez. Geol. 1970**). Los nombres de las unidades colombianas se revisaron en **Julivert (1968)**. Para el uso de la nomenclatura cronoestratigráfica se observaron las definiciones de **Harland et al. (1982)**. Para la calibración de los límites entre los pisos del Cretácico se empleó la propuesta por **Obradovich (1993)**.

Marco geológico

A diferencia del sector al sur, en la región estudiada, el VAM presenta un predominio de las rocas de la cobertera cretácico-terciaria. Unidades más antiguas se encuentran sólo de Payandé hacia el sur, donde se tienen exposiciones del Triásico-Jurásico, del Paleozoico y del Precámbrico (**Nelson 1957, Barrero 1968, Forero 1973, Macía et al. 1985, Mojica et al 1989, Diederix & Gómez 1991, Restrepo-Pace 1997**).

En el costado oriental de la Cordillera Central aparecen metamorfitas de bajo grado (principalmente filitas y esquistos) consideradas como paleozoicas (Formación Santa Teresa de **Barrero & Vesga 1978**; Gr. Cajamarca de **Nelson 1959**), o definitivamente precámbricas (Anfibolitas y Neises de Tierra Adentro de **Barrero & Vesga (1978)**), todas ellas cortadas por intrusiones granodioríticas con edades radiométricas K/Ar entre 140 y 120 Ma, que conforman el Batolito de Ibagué cuyos afloramientos se prolongan hasta la localidad de Piedras. Con excepción de algunos retazos del Terciario Superior, la cobertera sedimentaria es inexistente en el flanco E de la Cordillera Central. Por el contrario, en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, hacia el límite con el VAM, se observa un total predominio de la cobertera, compuesta por sedimentitas cretácicas en la parte alta y cenozoicas.

La región aquí considerada constituye una parte del sector septentrional de la "Cuenca del Alto Magdalena", conocida como la "Subcuenca de Girardot", separada al sur de la "Subcuenca de Neiva" por el Arco o Umbral de Natagaima (**Corrigan 1968, Beltrán & Gallo 1968**). Se trata, a la vez, del sector conocido como la Barrera de Girardot-Guataquí (**Porta 1965:11**), donde el Río Magdalena atraviesa una cadena montañosa con alturas de hasta 500 por encima del nivel del cauce, y corre por un modesto cañón, encajado exclusivamente por sedimentos del Cretácico Superior, a los que el río corta de manera oblicua. **Porta (op. cit.)**, luego de un extenso recuento histórico y con base en una idea expuesta por Etherington (1942, en **Porta 1965**) propuso establecer el límite entre el VAM y el Valle Medio del Magdalena (VMM) a la altura de Guataquí, donde la Falla de Cambrás, ahora llamada Falla de Cambao, "al tomar una dirección francamente NE-SW corta todas las estructuras cretácicas de la Barrera de Girardot-Guataquí, limitando perfectamente dos cuencas (terciarias) al N y al Sur de dicha barrera". La propuesta de **Porta** fue acogida por **Julivert (1968)** y por **Corrigan (1968)**. Este último insinúa que el límite entre el VAM y VAM en Guataquí resulta de la conjunción de las Fallas de Cambao e Ibagué, que en conjunto separan dos dominios estructurales diferentes: el del VAM, bordeado en ambos costados por fallas inversas (o de cabalgamiento), y el del VMM enmarcado entre fallas normales al W y fallas de cabalgamiento al oriente. Por su parte **Mojica & Bayer (1984)** opinan que dicho límite debe encontrarse a la altura de Honda, donde desaparece el "Basamento Económico" propio del VAM, o sea la Fm. Saldaña. Además, es en esta región en donde se forman los Rápidos o Saltos de Honda, que restringían, años atrás, la navegación fluvial hasta este antiguo puerto.

Como lo indican los títulos de sus trabajos y las menciones en el texto, **Corrigan** (1968) y **Beltrán & Gallo** (1968) diferencian entre lo que ellos denominan el "Upper Magdalena Valley", es decir, el valle en sentido geomorfológico, del "Upper Magdalena Basin", es decir, la "Cuenca del Valle Alto", en sentido geológico, mejor tecto-sedimentario. Así, por ejemplo, Corrigan considera que el límite oriental de la "Subcuenca de Girardot" va más allá de la extensión del Valle del Magdalena, hasta las Fallas de Quinín-Boquerón, que pasan justo al oriente de Melgar, quedando en la "Cuenca del Valle Superior" el Sinclinal de Carmen de Apicalá.

En cuanto a la región entre Guataquí y Honda hay que decir que algunos autores la consideran como la "Subcuenca de Honda", dado que al norte de la Falla de Ibagué y hasta la población de Honda la cobertera es esencialmente neógena (Gr. Honda y Formaciones Mesa y Gualí) y reposa, en forma directa, sobre basamento económico pre-Cretácico o más antiguo. Lo anterior, y la ausencia de sedimentos cretácicos y paleógenos parece indicar que este tramo del Valle del Magdalena se comportó como un paleoalto durante el Eoceno.

Con respecto a la discusión anterior es de anotar aquí, que el uso del término cuenca para denominar los diferentes ámbitos geográficos de afloramiento de las rocas mesozoicas en Colombia ha sido común y tradicional en el lenguaje petrolero, ya que se trata de una forma sencilla, rápida y práctica de referirse a una región dada. Así, es normal hablar, por ejemplo, de las Cuencas del VAM, del VMM, de César-Ranchería, etc. Sin embargo, en sentido estricto, en el caso del Cretácico, es claro que en ese tiempo existieron en el ámbito colombiano sólo dos cuencas. Una en la mitad oriental del país, donde a partir del Títoniano tardío-Berriasiano, por fracturación de la corteza continental, se desarrolló un depocentro suprasialico (conocido como la "Cuenca de Cundinamarca", **Bürgl** 1961) que se fue ampliando en etapas sucesivas, según lo ilustran **Bürgl** (1968), **Etayo et al** (1969) y **Fabre** (1983 y 1985), comenzando por un corredor con alta subsidencia en el centro del país, con avances paulatinos del mar hacia el norte y sur. Al occidente de la actual Cordillera Central existió una segunda cuenca, de mar abierto y profundo con cara hacia el Paleopacífico, hasta ahora poca estudiada, que permitió la acumulación de grandes volúmenes de sedimentos y lavas submarinas sobre corteza oceánica. Entonces, en el caso de las rocas cretácicas aquí descritas, debe entenderse que su depósito ocurrió hacia el borde occidental de la cuenca cretácica supracratónica, desarrollada al oriente del umbral constituido por la Cordillera Central (**Bürgl** 1961), es decir en el ámbito del

Oriente Andino, *sensu* **Hubach & Alvarado** (1934). En el caso del Terciario, la cuestión es diferente, ya que el levantamiento acelerado de la Cordillera Central durante el Paleoceno -Mioceno y de la Cordillera Oriental durante el Mioceno Tardío, dio lugar a la aparición de verdaderas cuencas intra e intermontanas, que pueden ser denominadas con nombres propios.

Litoestratigrafía

A pesar de que en algunas publicaciones previas se lo considera más o menos equivalente con los Grupos Villeta y Guadalupe de la Sabana de Bogotá, el Cretácico aquí descrito muestra importantes diferencias en la sucesión litológica y los espesores, que hacen pensar en variaciones laterales de facies, condicionadas por la posición marginal del área de acumulación con respecto a la geometría y extensión general de la Cuenca Cretácica Supracratónica y de las zonas de aporte. Así, mientras que en la Sabana de Bogotá y en el borde E del Valle del Magdalena, el Senoniano está representado en las secuencias ante todos arenosas (Grupo Guadalupe), en el centro y norte del VAM muestra un alto contenido pelítico-calcareo. Así mismo, la porción baja, el Cretácico Superior incluye también afloramientos de las Formaciones Hondita y Loma Gorda, que según algunos autores hacen parte de un "Grupo Villeta", no coincidente con el Grupo Villeta de la Cordillera Oriental. Además, en el dominio del VAM ocurren las Formaciones Caballos y Yaví (**Corrigan** 1968, **Mojica & Macía** 1984), o Formaciones Yaví, Alpujarra, El Ocal y Caballos de **Flórez & Carrillo** (1994), sin contraparte clara en la Cordillera Oriental.

Teniendo en cuenta la nomenclatura básica establecida por **Porta** (1965 y 1966), y los cambios aquí introducidos, se acepta que en el área comprendida entre Girardot Tocaima-Guataquí-Piedras, en superficie y de base a techo, se tienen las unidades tratadas a continuación y expuestas en su totalidad sólo en el sector al Oriente de Piedras, por el camino al Cerro La Tabla y en la Q. La Hondita (Fig. 3). Esta sección se ha tomado desde tiempo atrás como la sección de referencia para la zona de la Barrera Girardot-Guataquí. Sin embargo, las columnas aquí mostradas muestran notables variaciones laterales de espesores y de facies.

I. La secuencia pre-senoniana

En la parte más baja, la secuencia cretácica pre-senoniana de la Barrera de Girardot-Guataquí muestra un espeso conjunto pelítico-calcareo, en el que **Porta** (1965 y 1966), con base en los afloramientos a lo largo del camino de Piedras al Caserío de La Tabla, diferenció dos

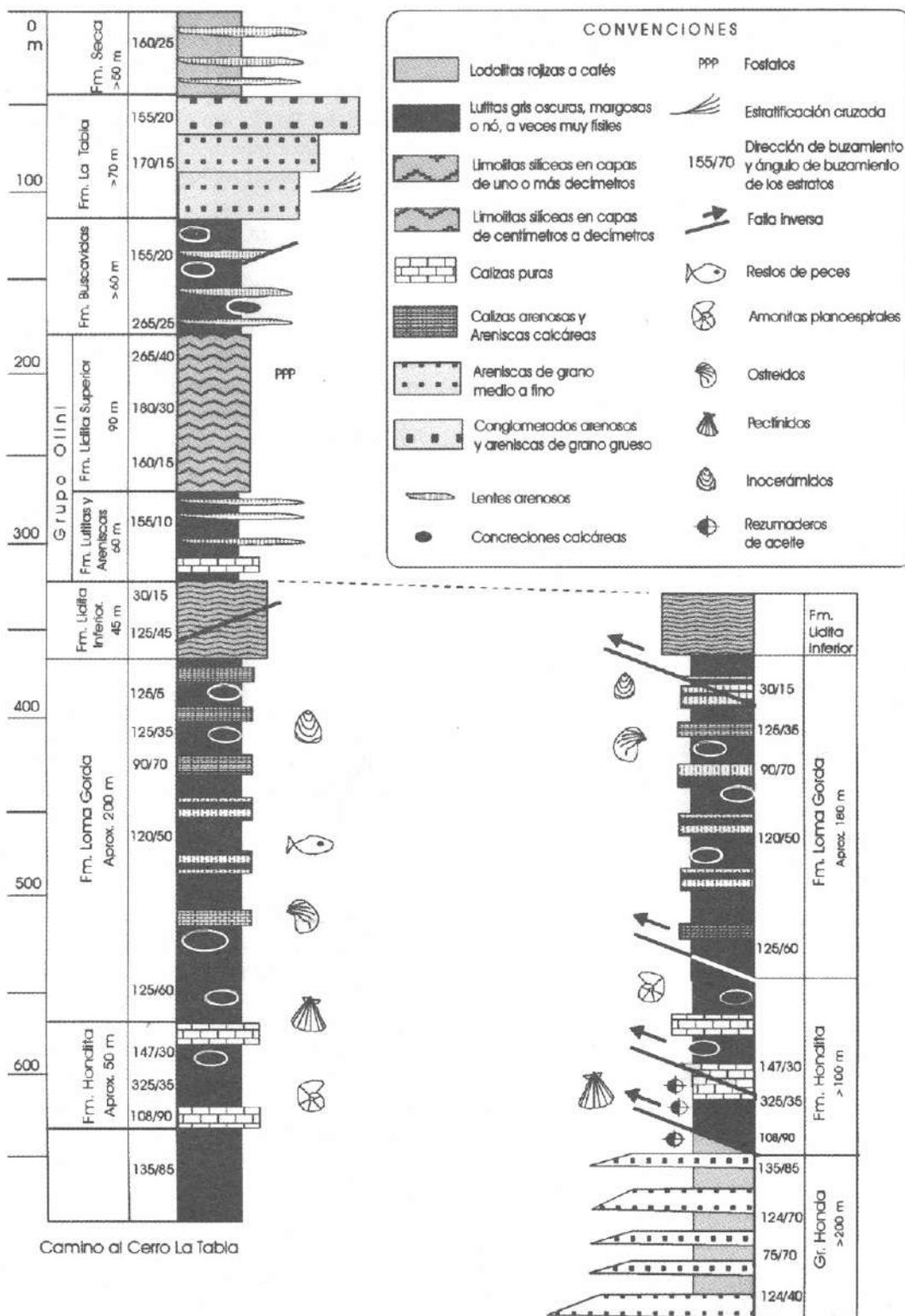


Figura 3. Columnas estratigráficas del Cretácico Superior en el camino al Cerro de La Tabla y en la Q. La Hondita.

unidades: la Fm. Hondita, abajo, y la Fm. Loma Gorda, arriba.

Según Porta, dicha sección se encuentra libre de complicaciones estructurales que afecten la continuidad de las secuencias por él observadas; sin embargo, las exposiciones en la Q. La Hondita (como aparece denominada en los mapas topográficos 1:25.000 del IGAC), que complementan y aclaran las del camino a La Tabla, muestran la existencia de pliegues estrechos y fallas inversas, indicativos de una zona de escamación tectónica marcada, que perturban notablemente la sucesión original, de modo que los espesores indicados por dicho autor pueden diferir bastante de los conservados en otros lugares. Vale la pena recalcar aquí que las descripciones de **Porta** (1965 y 1966) se refieren exclusivamente a los afloramientos por el camino de Piedras a La Tabla, ya que en ninguno de sus artículos hace mención específica a la sección de la Q. La Hondita, y más bien enfatiza, por ejemplo, que como sección tipo de la Fm. Hondita se ha "tomado la sucesión que aflora en el camino a La Tabla".

Formación Hondita.- En el sentido de **Porta** (1965:12), esta unidad consiste de unos 90 m de calizas oscuras y arenosas, en capas de centímetros a un metro, con concreciones calcáreas de hasta un metro de diámetro, "que reposan sobre unas lutitas negras". En la sección tipo en el camino al Cerro de La Tabla, los afloramientos son aislados y de regular calidad, por la cubierta vegetal y lo avanzado de la meteorización. Por el contrario, en la Q. La Hondita se tienen rocas frescas y afloramientos bastante continuos, en tanto que los datos estructurales permiten establecer que las calizas se encuentran afectadas por pliegues apretados, internamente fallados, que las dislocan y posiblemente las repiten. La Fm. Hondita corresponde en parte con el Conjunto K7 de **Raasveldt** (1956), descrito sucintamente por él como "calizas alternando con esquistos calcáreos negros y bituminosos". La descripción de la Fm. Hondita es ampliada por **Porta** (1966:32), que según él se compone de tres conjuntos principales: Abajo, 25 m de "calizas arenosas con intercapas de shales, a veces muy laminadas que se vuelven shales calcáreos. Las calizas son lajos y presentan nódulos calcáreos pequeños". En el medio, "50 m de lutitas con intercapas de caliza arenosa, en capas de 30 a 50 cm, a veces de 1 cm y de 1 m. Las lutitas son claras, pero hacia la base son rojizas. Hay nódulos con diámetro entre 20 cm y 2m". Arriba, "un conjunto de 15 m de alternancia de calizas en capas delgadas y lutitas con pocos nódulos calcáreos y de tamaño pequeño". **Porta** expresa, además, que el conjunto superior le recuerda al inferior; una apreciación compartida por nosotros.

El espesor estimado aquí para la Fm. Hondita, en los afloramientos de la Q. La Hondita, luego de las correcciones por los plegamientos y las fallas, es de unos 50 m; el contenido fosilífero se restringe a ocasionales moldes de *Inoceramus ssp.* y a impresiones de amonitas a. La comparación regional indica que la Fm. Hondita es un elemento local, ausente o de difícil identificación en otros sectores del VAM, cuya extensión segura, como lo indica el mismo **Porta** (1965 y 1966), continúa restringida sólo a los afloramientos en las cuencas altas de las Quebradas La Hondita y Cafuche, y el camino de Piedras a La Tabla. Las comparaciones más allá del área tipo se tornan difíciles, ya que, por ejemplo, la confrontación de las secuencias observadas en el camino a La Tabla y por la Q. La Hondita (Fig. 3) con la columna presentada por **Bürgl & Dumit** (1954: plancha 3) plantea incertidumbre en cuanto a la presencia, o no, de La Fm. Hondita en la sección Girardot-Nariño. Así, lo que podría considerarse allí como Fm. Hondita, sería el Conjunto K7a de **Bürgl & Dumit**, con espesor de 28 m, que ellos consideran de edad turoniana y describen como "margas arenosas con liditas y calizas", que descansan sobre un Conjunto K7b compuesto por "esquistos margosos oscuros". No obstante, para el suprayacente Conjunto K6b **Bürgl & Dumit** dan una descripción idéntica a la anterior ("margas arenosas con liditas y calizas", con 14 m de espesor), pero que consideran ya del Coniaciano (tabla 1).

Formación Loma Gorda. Como la describe **Porta** (1965 y 1966), consiste ante todo de shales (= lutitas oscuras fisiles) con interposiciones de areniscas cuarzosas finogranulares, en capas de centímetros a metros, que hacia la parte alta presentan delgadas capas de chert o lidita, con un espesor total indicado por el autor de 167 m. El estratotipo aparece también en el camino Piedras-La Tabla y el nombre se deriva del Cerro Loma Gorda, una colina relativamente baja y chata al N de la Q. La Hondita, entre los caminos al sitio Loma Gorda y a La Tabla. El contenido fósil es pobre y se refiere a escasos moldes de *Inoceramus* y foraminíferos. Así mismo, **Hernández & Porta** (1962) reportan la presencia de una mandíbula de ictiosaurio en la Q. Luní, un afluente de la Q. Chipaná, al S de Guataquí. La Fm. Loma Gorda corresponde aproximadamente con la parte alta del Conjunto K6 de **Raasveldt** (1956), caracterizado según dicho autor por la presencia de "un nivel de ruedas de carreta", y con los Conjuntos K6a y K6b de **Bürgl & Dumit** (1954), que ellos asignan al Coniaciano Inferior, expuestos y cartografiados por dichos autores en el núcleo y el flanco occidental del Anticlinal de Girardot. **Porta** plantea la equivalencia de la Fm. Loma Gorda con los conjuntos antedichos del Anticlinal de Girardot, y a falta de datos propios acepta,

Tabla 1. Comparación de la nomenclatura estratigráfica en el sector de la Barrera de Girardot-Guataquí.

Litología	Bürgl & Dumit (1954)	Raasveldt (1956)	Porta (1965;1966)	Contigán (1968:229)	Este Trabajo		
	Maestrichtiano	K2a	Maestrichtiano	Fm. Seca	Fm. Guaduas	Fm. Guaduas	
						Fm. Seca	
	Maestrichtiano	K2b	K2	Maestrichtiense	Fm. La Tabla (área al W. De Tocaima)	Fm. Arenisca Tierna (Oriente)	Fm. Arenisca Tierna (Oriente)
							Fm. La Tabla (Occidente)
							Fm. Buscavidas
	Campaniano	Superior	K3	Campaniano	Nivel de Lutitas y Arenas	Campaniano Tarallo	Fm. Buscavidas
		Medio					
	Campaniano	Inferior	K3	Campaniano	Nivel de Lutita Superior	Campaniano Tarallo	Fm. Lutita Superior
	Santoniano	K3-4	K4	Santoniano	Nivel de Lutitas	Santoniano	Formación de Lutitas y "Areniscas del Cobre"
K4a							
K4b							
Coniaciano	Superior	K5	Coniaciano	Nivel de Lutita Inferior	Coniaciano	Fm. Lutita Inferior	
	K6a						
Coniaciano	Inferior	K6 (Ruedas de carretera)	Coniaciano	Fm. Loma Gorda	Coniaciano	Fm. Loma Gorda	
	K6b						
Turoniano	K7a	K7	Turoniano	Fm. Hondita	Turoniano	Fm. Hondita	
	K7b						

aunque no sin reservas, la edad coniaciana propuesta por **Bürgl & Dumit** (op. cit.). Como se observa en la Fig. 3, las sucesiones de la Fm. Loma Gorda en la Q. La Hondita y el camino a La Tabla son bastante semejantes, pero en la Q. La Hondita se identificaron dos fallas inversas hacia la parte media y alta. Además, los afloramientos frescos en el cauce permiten establecer que las areniscas mencionadas por Porta son en gran parte calcáreas y podrían corresponder con el Conjunto K7a de **Bürgl & Dumit**, descrito por ellos también como "margas arenosas con liditas y calizas". El espesor obtenido por nosotros para la Fm. Loma Gorda en la Q. La Hondita quebrada es de unos 180 m. Al igual que la Fm. Hondita, parece ser que la Fm. Loma Gorda sólo es reconocible en la Barrera de Girardot-Guataquí. En el VAM, la Fm. Loma Gorda, aunque no con las mismas características, debe estar representada en o ser equivalente con parte de los sedimentos que subyacen al Grupo Olini.

II. La secuencia senoniana

En la parte alta la secuencia cretácica, aparecen las rocas marinas senonianas que dominan las exposiciones en la Barrera de Girardot-Guataquí, constituidas de abajo hacia arriba por: el Grupo Olini, la Fm. Buscavidas, la Fm. La Tabla al occidente y la Fm. Arenisca Tierna al oriente. Las dos últimas representan el fin de las unidades cretácicas con características francamente marinas, depositadas en un ambiente de regresión. La Fm. Seca de **Porta** (1965), o Fm. Guaduas de **Corrigan** (1968) puede incluir el tope de Senoniano, pero su contenido micropaleontológico no ha permitido reconocer biozonas con resolución suficiente para definir en el terreno el límite Cretácico-Terciario.

Grupo Olini.- Definido por **Porta** (1965 y 1966), que denominó así a un conjunto litológico tripartita, compuesto por dos paquetes de limolitas silíceas (denominadas por el Nivel de Lidita Inferior y Nivel de Lidita Superior), separados por un conjunto intermedio, allí ante todo pelítico, que **Porta** denominó "Nivel de Lutitas". La historia de esta unidad se remonta a **Petters** (1955) quien, sin citar una localidad tipo, ni presentar una columna característica, indica que el término Gr. Olini se debe a geólogos de Intercol, y que está compuesto de base a techo por tres elementos: "Lower Chert, Upper Sandstone member, Upper Chert". Aunque ni **Porta**, ni **Petters** hacen mención a la toponimia, parece ser que el nombre proviene de la Quebrada Olini, registrada en la plancha topográfica 192-II-C, 1:25.000 del IGAC y en la plancha geológica M8 "Ataco" 1:200.000 de **Raasveldt & Carvajal** (1956). La Q. Olini es un afluente importante del Río Saldaña, que en su cauce más bajo, a unos 21 km al E

de Chaparral, presenta afloramientos de los conjuntos K5, K4 y K3 de **Raasveldt & Carvajal**, descritos en la leyenda de la Plancha M8, de base a techo, como "Liditas amarillentas en capas delgadas; margas y arcillas calcáreas; y liditas negras gris-azulosas en capas gruesas en la parte superior", lo cual corresponde bien con las descripciones del actual Gr. Olini. En la plancha 292 del IGAC, de 1973, la Q. Olini aparece, erróneamente, con el nombre de Q. Onili.

Es claro que la nomenclatura existente para el Gr. Olini *sensu* **Porta** (1965) no cumple con las normas de las guías y los códigos estratigráficos internacionales, que especifican que las subdivisiones de los grupos deben tener el rango de formaciones con un componente toponímico o litológico (poco aconsejado) y que la toponimia del grupo y sus constituyentes se deriven del área tipo. Por lo anterior, pero teniendo en cuenta el principio de prioridad y de la tradición en las publicaciones anteriores, se propone aquí elevar las subdivisiones del Gr. Olini al rango de formaciones, así: 1) Fm. Lidita Inferior; 2) Fm. de Lutitas y Areniscas, dado que el conjunto intermedio tiene composición muy variable, entre lutitas predominantes con alternancia de areniscas, cintas de chert y calizas, o bancos de areniscas cuarzosas grises, medio a fino granulares que, donde existen, como se detalla más adelante, han recibido el nombre de "Areniscas del Cobre"; 3) Fm. Lidita Superior.

Por otra parte, existe una disparidad grande en la identificación y caracterización de las limolitas silíceas del Gr. Olini, que son consideradas en los diferentes trabajos como verdaderos cherts, liditas, o porcelanitas. Al respecto debe anotarse que, por lo común, se trata de capas con estratificación ondulosa no paralela, con fractura plana a concoidea en la que se desarrollan con frecuencia estilolitos horizontales. Así mismo, estas son rocas a menudo calcáreas y fosfáticas (sobre todo en la Lidita Superior), que en muestra fresca presentan tonos gris oscuros a negruzcos, pero que cuando están alteradas aparecen grises a blancuzcas o crema, a veces bien laminadas. Lo que se puede llamar chert propiamente dicho ocurre en formas nodulares, de tonos gris oscuro y con fractura concoidea, que indican procesos de silicificación diagenética. En este sentido se expresa también **Terraza** (2000), quien sostiene que: "análisis petrográficos de la Lidita Superior e Inferior (Gr. Olini) en las secciones estratigráficas levantadas al sur del municipio de San Luis, sugieren que varios niveles de porcelanitas (liditas calcáreas y/o cherts calcáreos) se originaron por reemplazamiento de carbonato preexistente a partir de biomicrocristas esparcidas y/o microcristas fosilíferas (wackestones y/o mudstones). En un estado

avanzado de reemplazamiento las conchas de foraminíferos calcáreos llegan a silicificarse totalmente”.

El Gr. Olini se extiende por gran parte de la mitad N del costado occidental del VAM (vale decir desde el S de Ataco hasta la barrera de Girardot-Guataquí). Además, en el sector de Jerusalén se desprende un ramal hacia el NE, que se adentra en la Cordillera Oriental en dirección a La Virgen, donde se tiene también exposiciones del Gr. Olini, estudiadas en detalle por **Martínez** (1990). En la región de Coyaima, **Jaramillo & Yepes** (1992) presentan una columna detallada del Gr. Olini, que ellos denominan “Olini”.

Según **Porta** (1965 1966), en la sección tipo el Gr. Olini tiene un espesor de 155 m y se describe como sigue:

Formación Lidita Inferior. También llamada Segunda Lidita por **Bürgl & Dumit** (1954), alcanza por lo común, entre 30 y 40 m de espesor, y en casos aislados hasta 70. Se compone ante todo de capas delgadas (2 a 8 cm) de limolitas silíceas con fractura concoidea en las que se intercalan delgadas lutitas negras. **Porta** describe las rocas silíceas como porcelanitas carbonáceas (léase calcáreas) y de capas más puras, cercanas en su composición al chert. El contenido fosilífero indicado por dicho autor es bien escaso. De la sección en la vía Girardot-Nariño, **Bürgl & Dumit** (1954) citan *Texanites sp.* y varios géneros de foraminíferos (*Globigerina*, *Anomalina* y *Planomalina*) que ellos identifican como propios del Coniaciano Superior.

Formación Lutitas y Areniscas. Denominado “Nivel de Lutitas” por **Porta** (1965), con un espesor cercano a 65 m la sección tipo y compuesto esencialmente por “un conjunto de lutitas grisáceas con intercalaciones de arenas que se encuentran entre la Lidita Inferior y la Lidita Superior”. Según **Porta** (1966:38) este conjunto se puede dividir en tres partes: abajo 10 m de lutitas en las que se intercalan capitas arenosas; en el centro 40 m de lutitas con intercapas de chert y arenas delgadas; arriba 10 m de lutitas en capas de 2 a 5 cm.

Aún cuando **Porta** (1965 y 1966) se refiere al “Nivel de Lutitas” como una unidad uniforme, en la Q. Coloradas (Fig. 4) dicho nivel está representado por un paquete de más de 100 m de areniscas grises fino a medio granulares, con abundante bioturbación, algunas amonitas plano-espaciales y abundante microfauna (v. Capítulo de Bioestratigrafía). La presencia de estas areniscas dentro del “Nivel de Lutitas” constituye una variación local, implícita en el trabajo de **Petterson** (1955), que se refiere a este conjunto central del Gr. Olini como “Upper Sandstone

member”. Al respecto, **Barrio & Coffield** (1992) indican que en la región de San Luis, al S de Payandé, la “Unidad entre los dos Cherts” tiene una potencia de 380 m y está compuesta de calizas micríticas finamente laminadas, así como areniscas calcáreas con concreciones, bivalvos y amonitas, que termina con 15 a 20 m de areniscas amarillentas a grisáceas pobremente seleccionadas, conocidas como “La Arenisca del Cobre”, un término tomado del lenguaje petrolero informal. Un conjunto arenoso similar, con 110 m de espesor, se encuentra igualmente por debajo de la Lidita Superior en el sitio El Paso (Fig. 5), pero allí con una litología finogranular muy cementada, en mucho semejante a la Fm. Arenisca Dura del Grupo Guadalupe. De acuerdo con **Bürgl & Dumit** (1954), en la sección Girardot-Nariño, la sucesión correspondiente al “Nivel de Lutitas” representaría el Santoniano, pero **Porta** las asigna al Coniaciano-Santoniano? En el presente estudio, la Fm. Lutitas y Areniscas proporcionó fauna que indica, ante todo, una edad santoniana (tabla 2).

Formación Lidita Superior. Con alrededor de 60 m en la sección tipo, pero con hasta 140 m en la región al norte de Tocaima. Según **Porta**, en la Lidita Superior predominan los cherts sobre las liditas, que en este caso presentan capas de 10 a 20 cm de espesor, pero que alcanzan a veces 40 cm, en las cuales son frecuentes también láminas y capitas de yeso con maclas en flecha. En la Lidita Superior, denominada Primera Lidita por **Bürgl & Dumit** (1954), se encuentra una abundante fauna de microfósiles en especial foraminíferos bentónicos, amonitas y bivalvos, indicativos, según ellos, del Campaniano Inferior. De acuerdo con nuestras observaciones en la sección por el camino a La Tabla, la Fm. Lidita Superior incluye, además, un importante conjunto lutítico, de unos 20 m de espesor, con intercapas arenosas. Según nuestras observaciones, una situación semejante se observa en la región de Ataco.

Formación Buscavidas. En el presente trabajo se denomina así a la unidad informal “Nivel de Lutitas y Arenas” de **Porta** (1965 y 1966), que suprayace a la Lidita Superior y que dicho autor describe, como una secuencia de unos 75 m de espesor, compuesta por un conjunto inferior de 40 m predominantemente lutítico, con escasas intercalaciones arenosas y un conjunto superior de 35 m, también lutítico, pero con mayor proporción de capas delgadas de arenisca. **Porta** no cita contenido fósil alguno en la sección del camino a La Tabla, pero recuerda que en la sección de Girardot a Nariño **Bürgl & Dumit** (1954) describen una abundante fauna de micro y macro fósiles, con base en la cual ubican este conjunto en el “Campaniense Medio a Superior”; no obstante, **Porta** opina que “aún considerando la fauna citada por estos autores, evi-

Tabla 2. Biozonación de Caron (1985), Petters (1955, interpretación gráfica) y la propuesta en el presente estudio.

Piso (Ma)	Subpiso	BIOZONAS						
		Caron 1985	Este trabajo 2001	Unidad litoestratigr.		Litología	Petters 1955. Oriente de Colombia y Occidente de Venezuela	
				Grupo	Formación		Microfauna	Macrofauna (Cephalopoda)
71	Superior	<i>Abathom. mayaroensis</i>	<i>Abathom. mayaroensis</i>	La Tabla	Buscavidas		<i>Ammobaculites colombianus</i>	<i>Coahuilites</i> sp. <i>Sphenodiscus</i> sp.
		<i>Gansserina gansseri</i>	<i>Gansserina gansseri</i>				<i>Siphogenerinoides bramiettel</i>	<i>Coahuilites arynskii</i> <i>Solenoceras meeckanum</i> <i>Sphenodiscus</i> sp. <i>Helicoceras navarroensis</i>
	<i>Globotrunc. aegyptiaca</i>	<i>Globotrunc. aegyptiaca</i>	Lidita Superior				<i>Siphogenerinoides cretacea</i> (=Zona <i>Pullenia cretacea</i>)	
	<i>Globotrunc. havanensis</i>	??						
Superior	<i>Globotrunc. calcarata</i>	<i>Globigerinellites multispinus</i>	Lidita Superior	<i>Siphogenerinoides cretacea</i> (=Zona <i>Pullenia cretacea</i>)				
	<i>Globotrunc. ventricosa</i>							
Inferior	<i>Globotrunc. elevata</i>	<i>Globotrunc. elevata</i>	Luffitas y Arentiscas	Según la fauna de Globotruncanas (=Diacrinellas)				
	<i>Globotrunc. elevata</i>	<i>Globotrunc. elevada</i>						
83,5	SANTO-NIANO	<i>Diacrinella asymetrica</i>	<i>Diacrinella concavata</i>	Luffitas y Arentiscas	Según la fauna de Globotruncanas (=Diacrinellas)			
		<i>Diacrinella concavata</i>						
86,3	CONIA-CIANO	<i>Diacrinella concavata</i>	<i>Diacrinella concavata</i>	Lidita Inferior	<i>M. curvisepta</i>			
		<i>Diacrinella. Primitiwa</i>						
88,7	Superior			Lidita Inferior	<i>B. explicata</i> + <i>A. reidmond</i>	<i>Barroisoceras</i> sp. <i>Peroniceras</i> sp. <i>Texanites</i> sp.		
TURONIANO	Superior			Loma Gorda	<i>Globigerina</i> <i>Guembellina</i> <i>Radiolita</i>	<i>Fagesia</i> sp. <i>Marrites</i> sp. <i>Metacoceras</i> sp. <i>Neophychites</i> sp. <i>Vasoceras</i> sp. <i>Calloporoceras</i> sp. <i>Pryonotropsis</i> sp. <i>Baculites</i> ssp. <i>Barroisoceras</i> sp. <i>Prionocyloceras</i> sp.		

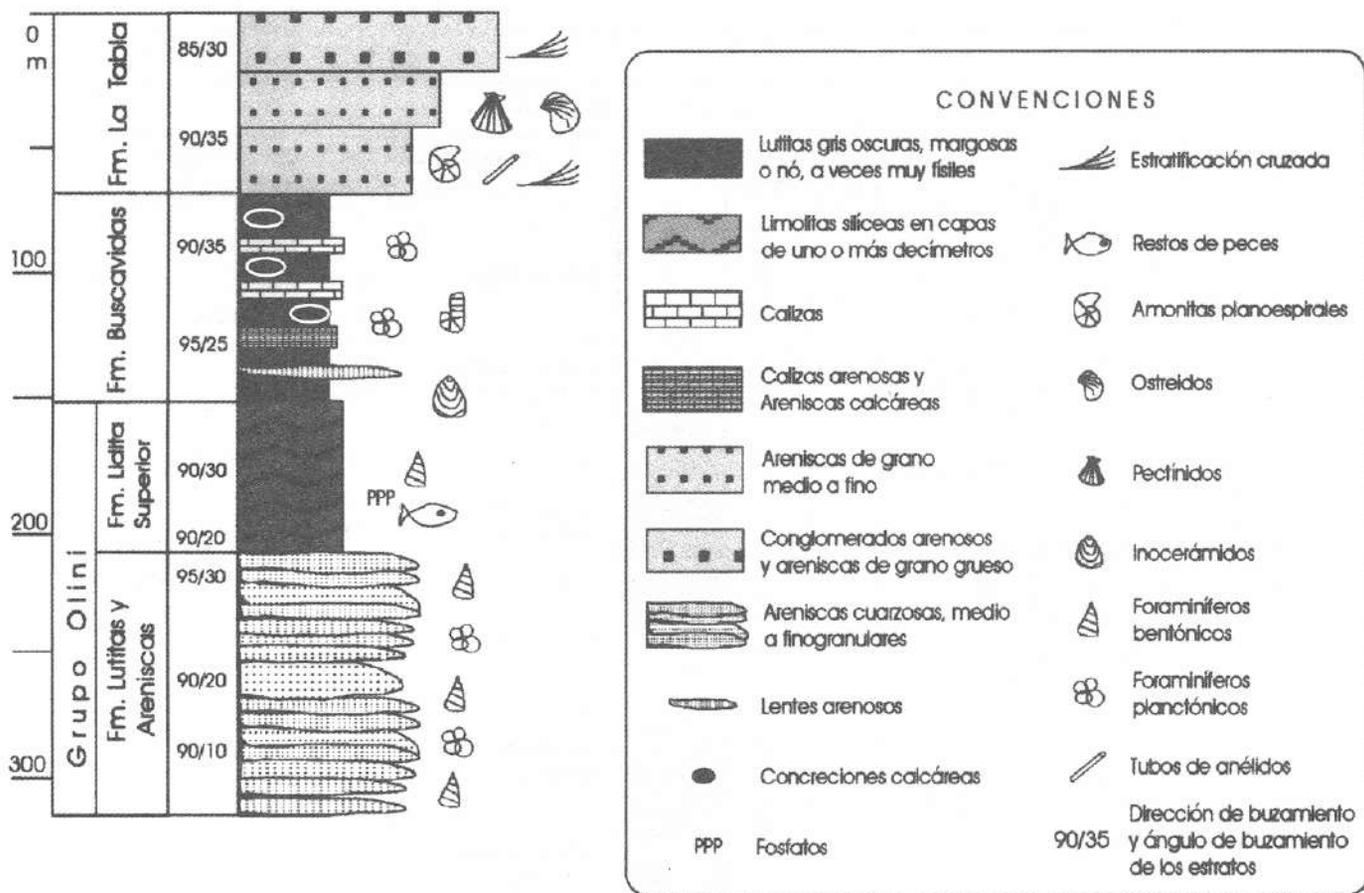


Figura 4. Columna estratigráfica en la Quebrada Coloradas, al noreste de Piedras.

dentamente no es suficiente para establecer divisiones tan detalladas dentro del Campaniense”.

Se trata de la unidad denominada “Buscavida Shale” por **Corrigan** (1968: 233-234) que en el presente trabajo se define como la Fm. Buscavidas. Corrigan sólo hizo mención del nombre en los siguientes términos: “The Buscavida Shale is derived from the area north-west of Tocaima, along the Tocaima-Jerusalén road and was first used by Intercol geologists. The term is suggested as facies change worthy of formation rank that is clearly distinct from either the Guadalupe and Umir”. Al respecto debe anotarse que dado que Corrigan no expresa la intención de definir la unidad, que la descripción no incluye columna estratigráfica tipo, y que en la localidad a considerar como área tipo, los afloramientos son de mala calidad, sin que se puedan localizar fácilmente la base (cubierta) y el techo (erosionado), se propone aquí como columna tipo la secuencia expuesta en el sitio El Paso, en la vía Girardot-Melgar (Fig. 5), que cuenta con excelente

acceso y que no presenta complicaciones tectónicas evidentes que la fragmenten o repitan. Otras secciones completas son escasas, a no ser la del cauce medio de la Q. Coloradas, donde se tiene una exposición casi ininterrumpida de la Fm. Buscavidas, con la Fm. Lidita Superior en la base y la Fm. La Tabla en el techo.

Como se la define acá, la Fm. Buscavidas es una secuencia predominantemente lutítica, con intercapas de calizas fosilíferas gris oscuras, compactas e impuras, e intercalaciones esporádicas de areniscas cuarzosas, finogranulares. Los shales son siempre margosos y ricos en microfósiles. El espesor en la sección tipo es de 145 m. La Fm. Buscavidas corresponde al Conjunto K2 de **Raasveldt** (1956), que él describe simplemente como “arcillas esquistasas, a menudo calcáreas, margas”. Así mismo la Fm. Buscavidas equivale a los Conjuntos K2b (arriba) y K2c (abajo) de **Bürgli & Dumit** (1956, Tabla 2), el primero con unos 65 m, el segundo con unos 80 m de espesor.

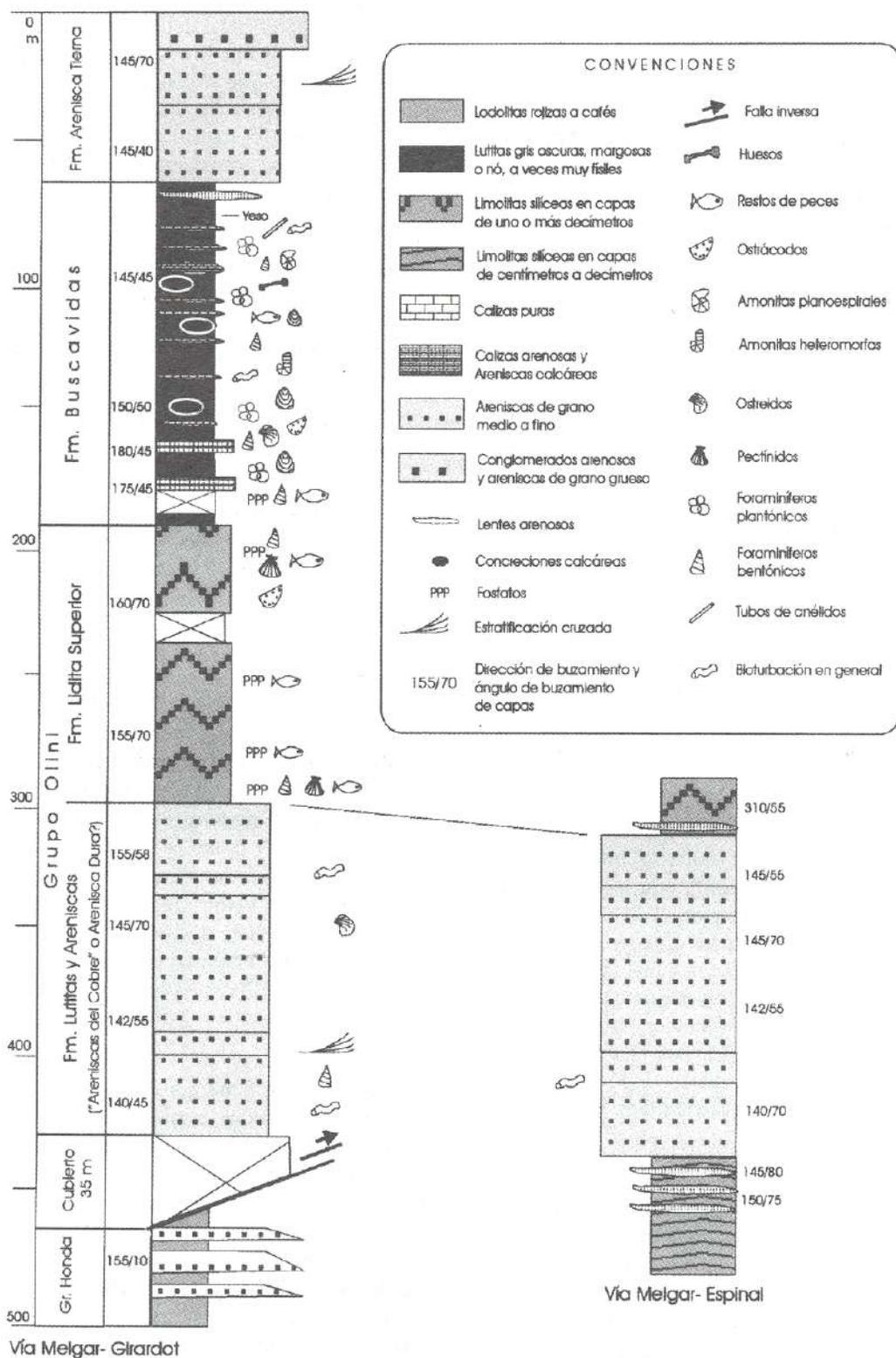


Figura 5. Sucesión estratigráfica del Senoniano, en el sitio El Paso, al noreste de Girardot.

Contenido paleontológico y edad. La Fm. Buscavidas es especialmente rica en microfósiles y en particular en foraminíferos bentónicos y planctónicos, así como nanoplancton calcáreo (reportado aquí por primera vez), que la hacen ideal para los estudios micropaleontológicos. Se tienen además amonitas heteromorfas, restos de peces, ostreidos, inocerámidos, pectínidos, erizos y, en algunos bancos calcáreos, madrigueras, y tubos de anélidos. Del conjunto K2b, **Bürgl & Dumit** citan *Siphogenerinoides plummeri*, *S. bermudezi*, *S. clarki*, *Griphaostrea vomer grande*, *Vaginulina yadei*, *Robulus münsteri*, *Epistoma caracola*; del conjunto K2c citan *Siphogenerinoides sp.*, *Griphaostrea vomer grande*, *Nostoceras sp.*, *Stantonoceras sp. div. espec.* y restos de peces. Con base en esa fauna Bürgl & Dumit asignan los conjuntos K2b y K2c al Campaniano Medio y Superior, respectivamente. El contenido faunístico aquí presentado en el Capítulo de Bioestratigrafía indica una edad maastrichtiana. La columna presentada por **Bürgl & Dumit** (1956, Plancha 4) de la sección Girardot-Melgar en el puente sobre el Río "Fusagasugá" (ahora Río Sumapaz), es decir en el sector del sitio El Paso, no corresponde exactamente con la aquí ilustrada, seguramente porque los afloramientos visitados no fueron los mismos, y porque las nuevas carreteras han destapado secciones más completas. La misma localidad fue estudiada por **Vergara** (1997:123-124), que presenta una columna estratigráfica en la que de base a techo, diferencia: a) una parte del Gr. Olini, compuesto por un "Nivel de Arenitas" con unos 20 m de espesor, y una Lidita Superior con unos 65 m; b) un "Nivel de Lutitas y Arenas" con apenas 20 m de espesor; c) un conjunto arenoso, denominado "La Tabla Formation", con más de 20 m expuestos. De la Lidita Superior y del "Nivel de Lutitas y Arenas" analiza cinco muestras, que proporcionan foraminíferos indicativos de edad campaniana tardía para la Lidita superior y maastrichtiana temprana para el "Nivel de Lutitas y Arenas". Efectivamente, los resultados obtenidos esta vez, presentados en el capítulo de bioestratigrafía, comprueban que el depósito la Fm. Buscavidas ocurrió entre el Maastrichtiano temprano y el Maastrichtiano tardío.

Ambiente Sedimentario. Las litologías presentes, ante todo pelitas margosas y calizas impuras, y el contenido micropaleontológico (rico en bentos y plancton) sugieren que la Fm. Buscavidas se depositó en un ambiente marino con una columna de agua relativamente alta, semejante a la de una "plataforma media". El color original, gris oscuro a negruzco de las pelitas margosas, indica un medio de aguas calmas, con circulación restringida de oxígeno y depositación predominante por decantación.

Contactos. Como puede verse bien en los afloramientos del costado oriental del Cerro Limba (Fig. 6), el contacto inferior de la Fm. Buscavidas con Fm. Lidita Superior es neto, en tanto que el contacto superior contra las Formaciones La Tabla y Arenisca Tierna incluye una zona de transición de varios metros de espesor, con mezcla de areniscas y margas, colocándose el límite donde aparecen bancos masivos y continuos de areniscas cuarzosas.

Expresión Morfológica. Por su carácter margoso, las rocas de la Fm. Buscavidas son muy sensibles a la meteorización química y a la remoción en masa, lo cual produce formas bajas y vallecitos longitudinales, o remanentes en forma de puntas de plancha sobre la Lidita Superior.

Toponimia. Aún cuando **Corrigan** (1968) utiliza el término "Buscavida" para esta unidad, la inspección de los diferentes mapas topográficos del IGAC permite constatar que en la mayoría de ellos aparece una quebrada al W de la población de Nariño con el nombre de "Quebrada Buscavidas o Apauta" (Plancha 4, 1:200.000 de 1983; Plancha 2-068, 1:200.000 de 1977; Mapa de Cundinamarca, 1:400.000 de 1985; Hoja 245-IV-A, 1:25.000 de 1982). Sin embargo, en la Plancha 245, 1:100.000 de 1994, y en las Hojas 245-II-C y 245-IV-A, 1:25.000 de 1994, se lee "Quebrada Buscavida o Apauta". En la última se indica, por primera vez una "Vereda Buscavida". Es claro que aquí se presente una inconsistencia a resolver mediante la consulta a la comunidad del lugar, que en este caso, por tradición, usa el nombre Buscavidas, tanto para la quebrada en cuestión, como para la vereda, a la entrada de la cual, en un aviso se lee "Bienvenido a la Vereda Buscavidas". En conclusión, dado que el "Buscavida Shale" de **Corrigan** (1968) no llegó a ser una unidad formal, aquí se propone enmendar el error de toponimia y designarla Formación Buscavidas, que quedaría así definida como lo aconsejan las guías y códigos estratigráficos internacionales.

Extensión. Aunque por el momento no se tiene estudios específicos que permitan una correlación segura, teniendo en cuenta la posición estratigráfica y las características litológicas de los sedimentos que suprayacen a la Fm. Lidita Superior, se postula aquí que la Fm. Buscavidas se extiende por el costado occidental del VAM, desde la Barrera de Girardot-Guataquí hasta, por lo menos, el sur de Ataco. Así, **Barrio & Coffield** (1992: Figs. 2 y 18) señalan en sus tablas de correlación la presencia de un "Buscavida Shale" en la región de Ortega, al que no hacen mención en el texto, en tanto que de acuerdo con nuestras observaciones, en la región de Ataco, se tiene

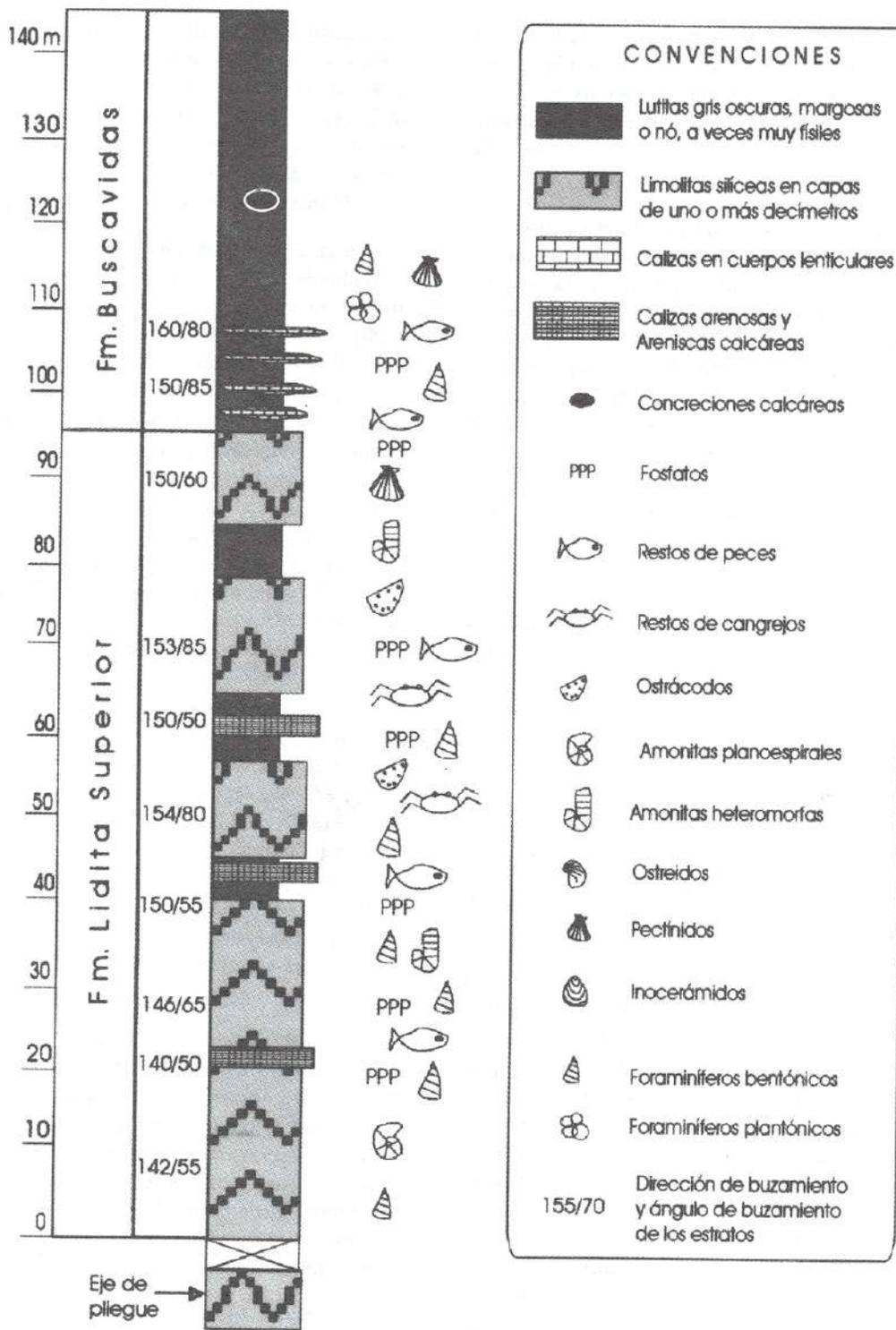


Figura 6. Columna estratigráfica en el límite entre las Formaciones Lidita Superior y Buscavidas, costado oriental del Cerro Limba, en la vía Tocaima-Jerusalén.

una secuencia de unos 150 m de espesor, a todas luces semejante o correspondiente con la Fm. Buscavidas, compuesta por margas con intercalaciones de areniscas y calizas, que reposan sobre la Fm. Lidita Superior y bajo un potente conjunto de areniscas cuarzosas, semejantes a la Fm. Arenisca Tierna.

Formación La Tabla. Definida por **Porta** (1965:20-22). Constituye la unidad terminal del Cretácico francamente marino de la mitad occidental de la Barrera de Girardot-Guataquí, más precisamente desde el occidente de la línea Suárez-Tocaima. Se trata de una secuencia arenosa-conglomerática, que localmente puede ser brechosa y aparecer cementada por carbonato de calcio y óxidos de hierro. Por lo general los afloramientos completos de la Fm. La Tabla son escasos, siendo los mejores los del camino de Piedras a La Tabla y los de la Q. Coloradas (Figs. 3 y 4). El espesor promedio es de unos 65 a 70 m. En algunos sectores el contenido fósil puede ser importante, con abundantes ostreidos completos o fragmentados, escasas amonitas plano-espaciales de concha lisa, pectínidos, briozoos, tubos de anélidos, erizos y foraminíferos bentónicos, todos ellos indicativos de un ambiente sedimentario, somero y regresivo, pero que no permiten definir biozonas micropaleontológicas.

Sucesión Litológica. La Fm. La Tabla es una sucesión grano-creciente en la que, en términos amplios, se reconocen tres segmentos: A), uno inferior con areniscas cuarzosas, blanco-amarillentas, que en la base son macizas o con laminación ondulosa, a veces muy bioturbadas, con abundantes *Thalassinoides sp.*, depositadas tal vez bajo el nivel de oleaje fuerte o de tormentas. A este conjunto sigue otro de unos 15 m con areniscas de grano medio, bien seleccionadas, con estratificación cruzada en artesa, de mediana a grande escala, a veces calcáreas y con abundantes concreciones semi-esféricas con diámetros entre 1 y 2 decímetros. Hay esporádicos restos de ostreas intactas. B), uno intermedio con unos 30 m de espesor, que presenta areniscas de grano medio a grueso granulares, niveles conglomeráticos y bancos de brechas conglomeráticas con clastos angulosos a subredondeados de varios centímetros de largo. Se trata de capas gruesas de 1 a 3 m, de aspecto masivo, pero internamente bastante bioturbadas. Este segmento contiene localmente abundantes restos de ostreas, pectínidos, briozoos, tubos de anélidos y foraminíferos robustos, así como ocasionales amonitas de concha lisa. C), uno superior, compuesto por unos 35 m de areniscas cuarzosas, grueso-granulares, y bancos de conglomerados matriz-soportados, con abundantes gránulos de cuarzo rosado y lechoso, así como clastos silíceos negros y amarillentos y frecuentes

intraclastos de lodolita. En algunos puntos se observa imbricación difusa de los clastos tabulares. Según **Porta** (1966:48) en las gravas de la parte superior, la proporción de los gránulos de cuarzo es de un 85%, contra un 15% de los de liditas y chert. Ello puede ser un indicio de aportes cercanos, desde la Cordillera Central, como lo han indicado **Gómez & Pedraza** (1994).

En ambos costados del Cerro de Limba, en las proximidades de la vía Tocaima-Jerusalén, unos 40 m por encima de la Fm. Buscavidas y entre capas de areniscas compactas, gris claras, con intercalaciones de limolitas y arcillolitas gris oscuras, se encuentran dos o más capas de carbones, explotados artesanalmente desde comienzos de siglo y estudiados por **Scheibe** (1934). Se trata de una secuencia depositada en un costero-lagunar, que **Porta** (1966) entiende como una facies local de la Fm. La Tabla, y que nosotros consideramos como una secuencia depositada en un pequeño umbral (o isla), ubicado hacia la divisoria de los medios sedimentarios de las Formaciones La Tabla al occidente y la Arenisca Tierna al oriente. Así mismo, en el sector de Ambucal (Vereda Copó) en el cierre N del Sinclinal por el que corre la Q. Seca al norte de Tocaima, aparecen unos 40 m de areniscas conglomeráticas, hasta con un 5% de glauconita, a veces con cemento calcáreo y ferruginoso, y con cantos de cuarzo, chert y liditas, que corroboran la presencia de la Fm. La Tabla en este sector. De los carbones Solé de **Porta** (en **Porta** 1966:49) identificó polen, con "*Monolites fernandi* (v. der Hammen), *Trilites tequendamae* (v. der Hammen) y *Trilites cf. microverrugatus* (v. der Hammen)". **Porta** anota también que "hacia el techo se encuentra una intercalación de lutitas con restos de *Ostrea sp.* y una gran cantidad de *Siphogenerinoides bramlettei*."

Contactos. Como ya se dijo, el contacto inferior de la Fm. La Tabla con la Fm. Buscavidas puede considerarse transicional y está bien expuesto en la sección de la Q. Coloradas y algunos afloramientos del sector entre Nariño y Guataquí (Fig. 7). El contacto superior con la Fm. Seca es neto y se ve claramente en la parte alta del camino al Cerro La Tabla, en donde, en contacto fallado contra calizas tabulares de la Fm. Loma Gorda, afloran unos 50 m de arcillolitas y limolitas rojizas, con intercalaciones de areniscas lodosas gris-rojizas.

Extensión. Más allá de los afloramientos aquí mencionados, la Fm. La Tabla se reconoce bien en el sector entre Coello y Chicoral, con buenas exposiciones en la Q. Chagualá, también visitados por nosotros, y descritos por **Télez & Navas** (1962). Así mismo, **Barrio & Coffield** (1992:133) describen una "Fm. Monserrate" compuesta

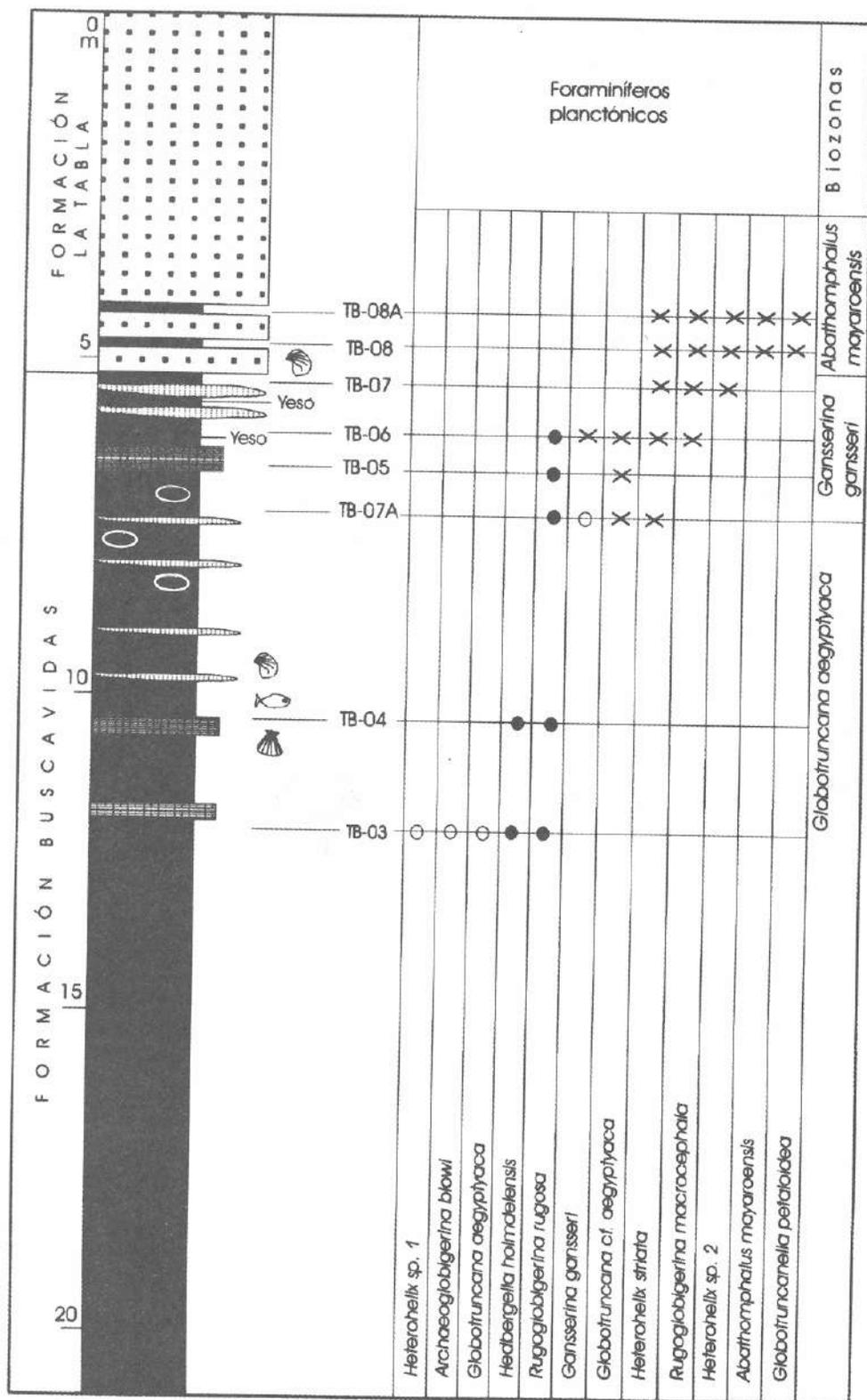


Figura 7. Columnas estratigráficas en el contacto entre las Formaciones Buscavidas y La Tabla en la vía Nariño-Guatemala, 200 m al W del puente sobre la Q. Buscavidas. Convenciones: v. fig. 6

por unos 150 m de calizas arenosas café y areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, que en la región de Ortega presenta abundantes clastos de cuarzo lechoso. Por sus características litológicas, esta secuencia podría corresponder también con la Fm. La Tabla, lo cual por ahora no es claro.

Formación Arenisca Tierna.- Expuesta en el sector al oriente de la línea Suárez- Tocaima. La mejor sección expuesta es la del sitio El Paso, donde aparecen más de 65 m. Allí, el contacto inferior con la Fm. Buscavidas presenta una transición de varios metros, en tanto que el superior es erosivo o cubierto por sedimentos cuaternarios. La Fm. Arenisca Tierna, que representa el elemento superior del Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá, aparece aquí como una sucesión grano-creciente de areniscas cuarzosas en capas métricas, que hacia el tope contienen gránulos de cuarzo lechoso y granos de cuarzo azulado. Hacia la base las areniscas son masivas, en tanto que en la parte alta se tornan cada vez más friables. En la mitad superior es común la estratificación cruzada de mediana a grande escala, acompañada de frecuentes ondulitas asimétricas.

La secuencia arenosa aquí entendida como Fm. Arenisca Tierna se diferencia claramente de la Fm. La Tabla en algunos aspectos claves, que justifican el cambio de nomenclatura, entre los que se destacan: a) la ausencia de cemento calcáreo en las areniscas; b) la no presencia de los microfósiles comunes en la Fm. La Tabla; c) la falta de clastos de cuarzo rosado, chert y liditas; d) la ausencia de los niveles brechosos típicos de la parte alta de la Fm. La Tabla; e) la presencia de areniscas friables (tiernas) con granos de cuarzo azulado, en la parte alta de la secuencia, conocidos de las Sienitas de San José del Guaviare, en la Orinoquia Colombiana (Bürgl 1961); f) su pertenencia al tren de afloramientos que se extienden por el costado oriental del Río Magdalena, al este de la falla del mismo nombre, desde el Sur de Prado, pasando por Suárez, hasta Agua de Dios-Tocaima donde, aunque algo más delgado que en la Sabana de Bogotá, el Grupo Guadalupe se encuentra aún representado.

Bioestratigrafía

En la región de estudio, la secuencia sedimentaria del Senoniano tiene un espesor cercano a los 450 m, que en la mayor parte corresponde a rocas siliciclásticas de grano fino y calizas con abundantes restos de microfauna (foraminíferos planctónicos, bentónicos, restos de peces fosfatizados, fibras de *Inoceramus*, espículas de esponjas y ostrácodos), además de bivalvos, amonitas y restos de

peces. Como ya se anotó, en la porción francamente marina, esta sucesión comprende las Formaciones del Grupo Olini y la Fm. Buscavidas. En el techo se presentan secuencias preferencialmente conglomeráticas (arenitas de grano grueso a muy grueso con intercalaciones de niveles conglomeráticos), depositadas en ambientes costeros infra y supralitorales, correspondientes a las Formaciones La Tabla y Arenisca Tierna.

Características Generales de las Asociaciones de Foraminíferos

En las muestras investigadas se nota una generalizada baja variedad taxonómica con abundancia relativa de representantes de la familia *Heterohelicidae*, menor proporción de los de *Planomalinae* y *Globotruncanidae* no quillados y con la ocurrencia más baja de los de *Globotruncanidae* quillados. Esta situación podría deberse a las variaciones en el nivel eustático y el desarrollo de corrientes de surgencia, que controlaron la sedimentación senoniana en la Cuenca Marina Cretácica Oriental de Colombia. Estas condiciones especiales pueden haber favorecido las explosiones temporales de especies "oportunistas", la proliferación de morfotipos cosmopolitas de pequeño tamaño y el crecimiento de poblaciones de foraminíferos propios de aguas más superficiales, en detrimento de las asociaciones de foraminíferos planctónicos quillados de gran porte (Caron & Homewood 1983). De todos modos, la sucesión de asociaciones microfaunísticas encontradas, y en especial las de foraminíferos planctónicos, permite precisar la edad de las rocas que las contienen y establecer una detallada zonación bioestratigráfica.

Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos

La fundamentación bioestratigráfica para la definición de los límites y las subdivisiones de los pisos del Cretácico Superior son bien diferentes para los dominios tético y boreal. Así, mientras en el dominio boreal los marcadores fósiles "tradicionales", utilizados para identificar este subsistema son los belemnites y los "pequeños" foraminíferos bentónicos, en el reino del Mar de Tetis, en ausencia de éstos, se usan de preferencia los foraminíferos planctónicos y los bentónicos de gran talla (Robaszynski *et al.* 1985; Jandebol *et al.* 1998).

En Colombia, las secuencias sedimentarias representativas del Cretácico más alto, y en especial del tramo Campaniano-Maastrichtiano parecen recrear esta problemática, es decir un claro dominio de los foraminíferos bentónicos y escasez de macrofauna con valor bioes-

tratigráfico¹. Quizás por esta razón durante los años cuarenta y cincuenta se propusieron biozonaciones basadas ante todo en foraminíferos bentónicos (**Cushman & Hedberg** 1941, **Petters** 1955), que permitieron el esclarecimiento de algunas secuencias locales del Cretácico más alto. Sin embargo, en la actualidad se observa que dichas zonaciones presentan inconsistencias con respecto a las apariciones, extinciones y biocronos de las especies utilizadas dentro de estas sucesiones microfósiles, especialmente cuando se les compara en diferentes lugares de Colombia (**Porta** 1966, **Etayo** 1964).

No fue sino hasta finales de los años ochenta (**Martínez** 1989a; 1989b) cuando se intentó una calibración del rango temporal de los foraminíferos bentónicos con el de los planctónicos; se trata de investigaciones que han suministrado valiosos aportes en cuanto al esclarecimiento de la distribución bioestratigráfica de dichos microfósiles, especialmente en el Maastrichtiano. Aún así, y a pesar de la información reportada hasta ahora, se mantienen fuertes controversias con respecto a la bondad de las zonaciones originales de **Cushman & Hedberg** (*op. cit.*) y **Petters** (1955), en Colombia, y de **Cruzado** (1980), en el Perú, situación que se ha ahondado por la pobre recuperación de microfauna con valor bioestratigráfico para el Coniaciano, Santoniano, Campaniano Tardío y el Maastrichtiano Temprano.

Para la presente zonificación bioestratigráfica se prefirió tomar formas de gran dispersión y con valor biocronológico en el dominio del Tetis, lo cual se fundamenta en las claras afinidades que presenta la microfauna bentónica y planctónica con esta bioprovincia durante el Cretácico (**Martínez** 1989, **Tchegliakova** 1993, 1995, 1996, 1999 y **Vergara** 1994).

Con base en la distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos y sus asociaciones reconocidas en el área de estudio, la secuencia sedimentaria del Senoniano pudo ser dividida en seis biozonas de foraminíferos, las cuales hacen parte de la biozonación planteada por **Tchegliakova** (1999 y en prensa). El establecimiento de los rangos verticales de las diferentes especies encontradas se fundamentó no sólo en las cinco secciones presentadas en este artículo, sino también en comparaciones regionales con asociaciones de foraminíferos planctónicos identificadas en la parte meridional del VMM (sección Guaduas–Puerto Bogotá y

Cordoba–Cambrás; **Tchegliakova** 1.996 y 1999) y en la parte central de la Cordillera Oriental (Sección Cucaita–Sora) investigada por **Tchegliakova**, 1995 y 1999).

La diferenciación biozonal se realizó teniendo en cuenta la distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos, a partir de los cuales se logró identificar siete asociaciones, las cuales difieren en su composición sistemática y variedad taxonómica. Dentro de estas asociaciones los representantes de la familia *Globotruncanidae* fueron la base para la caracterización bioestratigráfica, mientras que los representantes de los *Planomaliniidae* y *Heterohelicidae* jugaron un papel secundario. En los intervalos en los que la asociación de *Globotruncanidae* fue pobre, la biozonificación se basó en los representantes de las familias *Planomaliniidae* y *Heterohelicidae*. La distribución vertical de las diversas especies de foraminíferos planctónicos encontrados en las secciones estudiadas se presenta en la Fig. 7 y tablas 3 a 6.

Asociaciones de Foraminíferos Planctónicos

La primera asociación identificada en el presente estudio se encuentra en la Formación Lidita Inferior, en la sección Girardot–Nariño, y comprende las asociaciones 2 y 3 encontradas por **Tchegliakova** (1999) en el flanco oriental de la Cordillera Oriental. En esta asociación se reporta la presencia de *Marginotruncana angusticarinata*, *Marginotruncana sigali*, *Hedbergella planispira*, *Dicarinella concavata*, *Laeviheterohelix pulchra*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Contusotruncana fornicata*, *Heterohelix globulosa* (morfotipo *H. globulosa*, *sensu Nederbragt* 1991), *Archaeoglobigerina blowi* y *Dicarinella primitiva*. En dicha asociación resalta la presencia del grupo de las dicarinellas dentro de los *Globotruncanidae*, así como de *Laeviheterohelix pulchra* y *Heterohelix globulosa*, entre los *Heterohelicidae*.

La segunda asociación ocurre en la parte inferior de la Formación de Lutitas y Areniscas en las secciones Q. Coloradas y Girardot–Nariño. Exceptuando las marginotruncanas, la segunda asociación está compuesta de todas las especies presentes en la anterior asociación más *Hedbergella delrioensis*, *Concavotruncana canaliculata*, *Heterohelix globulosa* (morfotipo *H. reussi*, *sensu Nederbragt* 1991), *Whiteinella inornata* y *W. cf. baltica*. La principal característica de la segunda asociación es la desaparición de todas las especies del género *Marginotruncana*, en su límite inferior, y de *Dicarinella primitiva* y *D. concavata*, en su límite superior.

La tercera asociación se identificó en la parte superior de la Formación de Lutitas y Areniscas, en las secciones

¹ A pesar de esta tendencia, cabe destacar el trabajo sintético de **Etayo** (1994) sobre la sucesión de amonitas en el Cretácico del Valle Superior del Magdalena.

Q. Coloradas y Girardot-Nariño, y correlativamente, por la posición estratigráfica, en la Sección El Paso. Además, de la ausencia de los géneros *Dicarinella* y *Whiteinella*, una de las principales características de la tercera asociación es el incremento repentino de la diversidad taxonómica de *Globotruncanidae* quillados hacia la base de la misma. La mayor parte del complejo de microfauna está compuesta por *Archaeoglobigerina cretacea*, *A. blowi*, *Heterohelix globulosa* (morfortipo *H. reussi*, sensu **Nederbragt** 1991), *H. globulosa* y *Laeviheterohelix pulchra*. Así mismo, en esta asociación se registra la ocurrencia de dos importantes eventos: a) la aparición de los primeros representantes del género *Rugoglobigerina* (entre ellos *R. rugosa* y *R. ornata*); y b), la aparición de *Laeviheterohelix glabrans*. Si bien la dispersión vertical de esta especie no pudo ser constatada en las secuencias descritas en el presente artículo, se la involucra en esta asociación por comparación con hallazgos en otras columnas estratigráficas levantadas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental y el VAM (**Tchegliakova** 1999).

La cuarta asociación de foraminíferos planctónicos cubre una amplia extensión geográfica. Se la encuentra en las secciones Girardot-Nariño, El Paso, Cerro Limba, Q. Coloradas y otros sectores del VAM y el flanco occidental de la Cordillera Oriental. En las secciones aquí descritas, esta asociación abarca la totalidad de la Formación Lidita Superior y se distingue por la abrupta aparición de una serie de especies de amplia distribución mundial y fácilmente identificables, pertenecientes a la familia *Planomaliniidae*, entre ellas *Globigerinelloides multispinus* y *G. prairiehillensis*. Adicionalmente, se identificó el primer registro de *Pseudoguembelina costulata*, una forma con ornamentación imponente, propia del grupo de los *Heterohelicidae*.

La quinta asociación tiene una distribución geográfica aún más amplia que su precedente. Se la identificó en las secciones de Girardot-Nariño, El Paso, Q. Coloradas, Cerro Limba y en varios sectores del flanco occidental de la parte central de la Cordillera Oriental (**Tchegliakova** 1999). En el área de estudio, se la encuentra siempre en la parte inferior de la Formación Buscavidas. El límite inferior es abrupto, y está marcado por la aparición de nuevos y abundantes representantes de los *Globotruncanidae*, entre ellas *Globotruncana aegyptiaca*, *Globotruncanita tuarti* y *Rugoglobigerina hexacamerata*. Otras como *Rugotruncana ellisi*, *Rugoglobigerina pennyi* y *R. scotti* aparecen un poco más arriba.

La sexta asociación, tiene también amplia distribución geográfica, y está presente, en todas las secciones estudiadas, en los tramos altos de la Fm. Buscavidas. Con-

tiene gran parte de los mismos representantes de la asociación precedente, junto con *Gansserina gansseri*, *Globotruncanella petaloidea* y *G. havanensis*. Algunas especies de *Heterohelicidae* se presentan estratigráficamente un poco más arriba del límite inferior, entre ellas las formas ornamentadas de *Pseudotextularia elegans* y *Racemiguembelina fructicosa*.

La séptima asociación tiene una estrecha distribución geográfica y se presenta plenamente en la sección Puerto Bogotá-Guaduas (**Tchegliakova** 1996 y en prensa), donde las Formaciones Cimarrona y Umir contienen *Abathomphalus mayaroensis* asociado a *A. intermedius*. En la sección de la Q. Coloradas se encuentra asociado *Abathomphalus intermedius* con *A. cf. mayaroensis*. Este complejo de foraminíferos se caracteriza por una disminución sensible en las formas planctónicas, lo cual se puede explicar por la significativa somerización y colmatación del medio sedimentario. Dentro de las especies reportadas en esta asociación se encuentran *Gansserina gansseri*, *Rugoglobigerina rugosa*, *R. macrocephala*, *Globotruncanella petaloidea*, *Heterohelix globulosa*, *Laeviheterohelix glabrans* y *Abathomphalus intermedius* junto con *A. mayaroensis*; esta última es la especie más importante desde el punto de vista bioestratigráfico.

Subdivisión zonal y correlación de las secciones estudiadas

Como ya se indicó, con base en la identificación de las siete asociaciones arriba descritas, se logró distinguir seis biozonas de foraminíferos planctónicos. Estas zonas son de tres tipos: a) Zonas de Rango Total (e. g. Zona de *Dicarinella concavata*), b) Zonas de Rango Parcial (e. g. Zona de *Gansserina gansseri* y c) Zonas de Asociación (e. g. Zona de *Globotruncanita elevata*).

Cada zona posee su propia asociación microfaunística, en la cual la distribución de las especies puede tener alguna de las siguientes características:

- a. Especies cuya distribución es exclusiva y total de una única zona.
- b. Especies que aparecen en una zona dada y pasan a la siguiente superior.
- c. Especies que se presentan en una zona dada y en la zona precedente.
- d. Especies transitorias, cuya distribución no sólo se presenta en una zona dada sino en la superior y la precedente.
- e. Especies cuya distribución es exclusiva y parcial de una única zona.

Tabla 4. Distribución de la microfauna estudiada en la sección Girardot - Nariño.

MESOZÓICO						Era		
CRETÁCICO						Sistema		
Coniaciano	santoniano	Campaniano		Maastrichtiano		Piso		
Diacrinella concavata		Tempiano	Taralo	Tempiano	Taralo	Subpiso		
G. elevata		Globigerinella multispinus		G. aegypti G. ganseri ?		Biozona		
Lidita inferior	Lutitas y Areniscas		Lidita Superior	Buscavidas		Formación		
Litología						Espesor		
Muestras								
							<i>Marginotruncana angusticarinata</i>	P L O S E L E M E N T Í C O S
							<i>Marginotruncana sigali</i>	
							<i>Hebergella defrisensis</i>	
							<i>Diacrinella primitiva</i>	
							<i>Contusotruncana formicata</i>	
							<i>Archaeoglobigerina biowi</i>	
							<i>Archaeoglobigerina cretacea</i>	
							<i>Laeviheterohelix pulchra</i>	
							<i>Heterohelix globulosa</i>	
							<i>Diacrinella canaliculata</i>	
							<i>Diacrinella concavata</i>	
							<i>Rugoglobigerina rugosa</i>	
							<i>Rugoglobigerina spp.</i>	
							<i>Hebergella holmaelensis</i>	
							<i>Rugoglobigerina ornata</i>	
							<i>Globigerinelloides multispinus</i>	
							<i>Globotruncana aegyptiaca</i>	
							<i>Globigerinelloides prairichillensis</i>	
							<i>Pseudoguembellina costulata</i>	
							<i>Rugoglobigerina macrocephala</i>	
							<i>Guembellina cretacea</i>	
							<i>Gansserina ganseri</i>	
							<i>Pullenia cretacea</i>	
							<i>Praebullmina carseyae</i>	
							<i>Praebullmina reussi</i>	
							<i>Gavellina redmondii</i>	
							<i>Loxostomum clavatum</i>	
							<i>Neobullmina canadensis</i>	
							<i>Ammobaculites coprolithiformis</i>	
							<i>Haplophragmoides exavatus</i>	
							<i>Gyralinoides depressus</i>	
							<i>Praebullmina colonensis</i>	
							<i>Anomalinoides subcarinatus</i>	
							<i>Praebullmina kickapooensis</i>	
							<i>Praebullmina petroleana</i>	
							<i>Praebullmina trihedra</i>	
							<i>Pyramidina proluxa</i>	
							<i>Cibicides correctus</i>	
							<i>Gavellina sandiagel</i>	
							<i>Bollina explicata</i>	
							<i>Osanguatia cordieriana</i>	
							<i>Bollina cf. explicata</i>	
							<i>Ammobaculites colombianus</i>	
							<i>Sporobullimina perforata</i>	
							<i>Wheelerella magdalenaensis</i>	
							<i>Siphogenerinoides cretacea</i>	
							<i>Siphogenerinoides plummeri</i>	
							<i>Siphogenerinoides uhl</i>	
							<i>Siphogenerinoides bramletti</i>	

Teniendo en cuenta el ya comprobado valor bioestratigráfico de los *Globotruncanidae* en zonaciones de carácter mundial (Maslakova 1978, Caron 1985, Sliter 1989, Robaszinsky *et al.* 1998), cuando fue posible, se escogieron representantes de este grupo para definir el alcance de las diferentes biozonas. Debido a que no siempre se contó con asociaciones de especies de foraminíferos cosmopolitas, en ciertos tramos estratigráficos la distinción de zonas se basó en especies de amplia distribución geográfica, con rasgos morfológicos y taxonómicos claramente definidos, pero cuyo valor geográfico regional.

De más antigua a más joven, las biozonas reconocidas, cuya descripción detallada se encuentra en Tchegliakova (1999 y en prensa), son:

1. Zona de *Dicarinella concavata* (Rango Total)
2. Zona de *Globotruncanita elevata* (Asociación)
3. Zona de *Globigerinelloides multispinus*. (Rango Parcial)
4. Zona de *Globotruncana aegyptiaca* (Rango Parcial)
5. Zona de *Gansserina gansseri* (Rango Parcial)
6. Zona de *Abathomphalus mayaroensis* (Rango Total)

Zona de *Dicarinella concavata*. Se define como el rango estratigráfico entre la primera y última aparición de la especie nominal. Por la composición sistemática, los conjuntos microfaunísticos 1 y 2 corresponden a la asociación de la Zona de *Dicarinella concavata*. A nivel mundial el rasgo distintivo de esta zona es la aparición de *Dicarinella concavata* y *D. asymetrica*, que hasta ahora no había sido reportada ni el VAM, ni en el resto de Colombia. Por esta razón, el límite superior de la biozona puede trazarse únicamente por la desaparición de *Dicarinella concavata*, evento que es contemporáneo con la extinción de *D. asymetrica*. (Robaszinsky *et al.* 1998, Caron 1985).

De acuerdo con el conocimiento actual, esta biozona representa el intervalo Turoniano Superior-Santoniano Superior (Robaszinsky *et al.* 1998, Robaszinsky, en prensa). Sin embargo, dentro de esta zona bioestratigráfica se presentan dos importantes eventos, que permiten precisar la existencia del Coniaciano y el Santoniano. Ellos son: la aparición de *Contusotruncana fornicata*, que permite definir el límite Turoniano-Coniaciano (*sensu* Caron 1985) dentro de la Formación Loma Gorda, y la desaparición de las últimas marginotruncanas, que marca el límite Coniaciano-Santoniano (en las Formaciones Lidita Infe-

rior y de Lutitas y Areniscas del Gr. Olini). El último evento también coincide con un fuerte cambio en las asociaciones de foraminíferos bentónicos en los intervalos con *Gavelinella redmondi* y *Siphogenerinoides cretacea*.

Zona *Globotruncanita elevata*.- Intervalo estratigráfico comprendido entre la desaparición de las *Dicarinellas* y la primera aparición de *Globigerinelloides multispinus*. Un rasgo distintivo de la asociación 3 es la aparición dentro de su composición taxonómica de los primeros representantes del género *Rugoglobigerina* (*R. rugosa* y *R. ornata*), evento que es simultáneo con las últimas apariciones en el registro sedimentario de las *dicarinellas*; éstos dos eventos coinciden con la base de la Zona *Globotruncanita elevata*, la cual define el Campaniano más temprano (Caron 1985). La zona queda delimitada en su parte inferior por la aparición de *Globigerinelloides multispinus*. De esta manera la Zona *Globotruncanita elevata* quedaría definida como el rango estratigráfico en que se presenta la asociación 3 de foraminíferos planctónicos en ausencia de la especie nominal.

Zona de *Globigerinelloides multispinus*.- Está definida por el intervalo comprendido entre la primera aparición de la especie nominal y la primera aparición de *Rugoglobigerina hexacamerata* (*sensu* Peryt 1980). Por lo tanto, la asociación 4, caracterizada por la aparición de *Globigerinelloides multispinus* correspondería a la zona del mismo nombre. Esta especie tiene una amplia dispersión geográfica en el dominio del Tetis, no aparece en sedimentos más jóvenes que el Campaniano, ha sido reportada en el Campaniano Superior de la región del Golfo de México (Pessagno 1967) y también en otras regiones de latitudes medias y altas (Peryt 1980). Las Zonas de *Globotruncana ventricosa* y *G. calcarata* son equiparables a la Zona *G. multispinus* en las regiones de latitudes bajas; sin embargo, al no encontrarse representantes de la misma en la sucesión cretácica colombiana del flanco occidental de la Cordillera Oriental (parte central) y en el VAM, se plantea la biozona de *Globigerinelloides multispinus* como una zona de carácter regional colombiano. El límite inferior de la misma coincide con un repentino incremento de los *Buliminidae* en la comunidad de los foraminíferos bentónicos.

En la región estudiada, el límite superior de la Zona *Globigerinelloides multispinus* está relacionado con la aparición de los típicos ejemplares marcadamente espiralados del género *Globotruncana* (*G. aegyptiaca* y *G. gagnebini*), una asociación claramente asignable al Maastrichtiano. En Colombia este límite es muy abrupto debido a que no se conocen sedimentos atribuibles a la zona *Globotruncanella havanensis* (Maastrichtiano más Inferior).

Tabla 5. Distribución de la microfauna estudiada en la sección El Paso – Dormida.

MESOZOICO					ERA	
CRETÁCICO					SISTEMA	
campaniano		Maastrichtiano			PISO	
Temprano	Tardío	Temprano	Tardío	?	SUBPISO	
	<i>G. multispinus</i>	<i>G. aegyptiacus</i>	<i>G. gansseri</i>		BIOZONA	
Lutitas y Areniscas	Lidita Superior	Buscavidas		A.Tierna	FORMACIÓN	
LITOLOGÍA					ESPESOR (metros)	
MUESTRAS						
					<i>Globigerinelloides multispinus</i>	Planctónicos
					<i>Rugoglobigerina rugosa</i>	
					<i>Rugoglobigerina macrocephala</i>	Planctónicos
					<i>Rugoglobigerina ornata</i>	
					<i>Globotruncanella petaloides</i>	
					<i>Globotruncanella aegyptiaca</i>	
					<i>Pseudotextularia elegans</i>	
					<i>Heterohelix globulosa</i>	
					<i>Pseudoguembelina costulata</i>	
					<i>Guembelitia cretacea</i>	
					<i>Gansserina gansseri</i>	
					<i>Hedbergella holmdelensis</i>	
					<i>Archaeoglobigerina bowli</i>	Planctónicos
					<i>Siphogenerinoides cretacea</i>	
					<i>Siphogenerinoides plummeri</i>	
					<i>Siphogenerinoides bramletti</i>	
					<i>Gavelinella redmondii</i>	
					<i>Praeulmina colonensis</i>	
					<i>Ammobaculites alexanderi</i>	
					<i>Ammobaculites coprolithiformis</i>	
					<i>Dentalina lomelana</i>	
					<i>Bolivina explicata</i>	
					<i>Praeulmina carseyae</i>	Bentónicos
					<i>Praeulmina reussi</i>	
					<i>Praeulmina kikapoensis</i>	
					<i>Praeulmina trihedra</i>	
					<i>Gavelinella sandtgei</i>	
					<i>Haplophragmoides excavatus</i>	
					<i>Praeulmina petroleana</i>	
					<i>Osangulatia carderiana</i>	
					<i>Neobulmina canadensis</i>	
					<i>Ammobaculites colombianus</i>	
					<i>Pyramidina proluxa</i>	Nannoplancton
					<i>Straneria crenulata</i>	
					<i>Reinhardtites levis</i>	
					<i>Reinhardtites anthophorus</i>	
					<i>Miava deoussata</i>	
					<i>Watznaueria barnesae</i>	
					<i>Thoracosphaera sp.</i>	
					<i>Prediscosphaera cretacea</i>	
					<i>Eiffelitus turseffelli</i>	
					<i>Cibrosphaerella ehrenbergi</i>	
					<i>Ankhangelskella cymbiformis</i>	
					<i>Quadratum gothicum</i>	
					<i>Chiastozygus platyrhethus</i>	
					<i>Zeugmabodius pseudanthophorus</i>	
					Zonas de Nannoplancton	

Ejemplares X 1-5 06-10 ● 11-20 □ >20

Zona de *Globotruncana aegyptiaca*.- Corresponde al intervalo estratigráfico definido entre la primera aparición de *Globotruncana aegyptica* y la primera aparición de *Gansserina gansseri*. Esta zona tiene un carácter cosmopolita y en áreas cercanas a la zona de estudio ya ha sido reconocida (Bolli 1966 y Martínez 1989). En la Barrera de Girardot-Guataquí aparece en todas las secciones estudiadas. Desde el punto de vista de asociación se puede equiparar con la identificada bajo el número 5, cuya principal característica es la presencia de la especie nominal a lo largo de todo el intervalo.

Zona *Gansserina gansseri*.- Corresponde al intervalo estratigráfico definido entre la primera aparición de *Gansserina gansseri* y la primera aparición de *Abathomphalus mayaroensis*. Igual que la anterior, tiene carácter cosmopolita y ha sido identificada en el norte de Colombia (Martínez 1989), en el sector meridional del VMM (Tchegliakova 1996) y en el dominio del Caribe (Bolli 1966). Al igual que la Zona *Globotruncana aegyptiaca*, la Zona *Gansserina gansseri* se logró identificar en las cuatro secciones de estudio y corresponde con la asociación 6.

Zona *Abathomphalus mayaroensis*. Se define entre la primera y la última aparición de la especie nominal y corresponde a la asociación 7 de foraminíferos planctónicos. Esta zona, de gran valor bioestratigráfico ha sido reconocida previamente en otras diversas regiones del mundo (Maslakova 1978, Bolli 1966, Caron 1985, Martínez 1989). El límite inferior se identificó en la sección Q. Coloradas, pero el límite superior permanece incierto, pues la litología pasa a rocas propias de ámbitos muy someros a subaéreos, que obstaculizan el registro de microfauna de mar abierto. En todas las zonaciones de carácter mundial, la zona de *Abathomphalus mayaroensis* corresponde al Maastrichtiano más alto (Handerbol et al. 1998).

Edades de las formaciones

El establecimiento de las biozonas arriba listadas permite definir las edades de las unidades litoestratigráficas estudiadas, así:

Formación Lidita Inferior. Comprende la parte "media inferior" de la zona de *Dicarinella concavata*, ya que según Tchegliakova (1999), esta unidad bioestratigráfica se extiende desde la Fm. Loma Gorda hasta la Fm. de Lutitas y Areniscas del Gr. Olini.

En ausencia de elementos micropaleontológicos que sugieran la presencia del Turoniano Superior, se plantea una edad coniaciana para la Fm. Lidita Inferior, definida

principalmente por la asociación *Dicarinella primitiva* y *Archaeoglobigerina cretacea* (Caron 1985 y Robaszinsky 1998).

El límite Coniaciano-Santoniano está marcado por la última aparición de *Dicarinella primitiva* y el primer registro de *Archaeoglobigerina blowi* (Caron 1985). La ausencia de elementos mediterráneos téticos en la secuencia sedimentaria estudiada, entre ellos *Sigalia deflaensis* (Sigal), *S. carphática* Salaj y *Dicarinella asymetrica* (Sigal), propuestos internacionalmente para definir este límite (Lamolda & Hanckoc 1996, Robaszinsky 1999) no permite hacer mayores precisiones.

Previamente la documentación macro y micropaleontológica de la Lidita Inferior en la Sección Girardot-Nariño sugería una edad coniaciana superior (Bürgl & Dumit 1954). Vergara (1994), basado en la asociación *Contusotruncana cf. fornicata* y *Globotruncana (=Concavatotrunca) canaliculata* (esta última especie reportada en el trabajo de Bürgl & Dumit 1954), asigna una edad santoniana, más que coniaciana a la Lidita Inferior en el ámbito del VAM.

Adicionalmente a las razones arriba mencionadas, hemos adoptado el Coniaciano como la edad más probable de la Lidita Inferior, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- El pleno desarrollo de formas del grupo *Dicarinella primitiva*- *D. concavata* es propio de este piso (Birelund 1984, Manles 1984), lo cual se refleja con gran claridad en nuestra sucesión de asociaciones micropaleontológicas.
- La presencia de formas transicionales, similares a la línea evolutiva *Whiteinella archaeocretacea* - ¿*Archaeoglobigerina cretacea*? - *Dicarinella concavata* - *Dicarinella primitiva*, ha sido previamente identificada en rocas presantonianas a nivel mundial (Robaszinsky et al. 1990) y en el Coniaciano de la Cordillera Oriental Colombiana (Tchegliakova & Pérez 1993).
- En el esquema bioestratigráfico propuesto por Bürgl & Dumit (1954) para esta unidad en la sección Girardot-Nariño se menciona *Texanites aff. serratomarginatus*, de tal forma que de ser cierta esta identificación, se comprobaría la existencia del Coniaciano Superior dentro de la Fm. Lidita Superior, de acuerdo al esquema global propuesto por Thierry (en Handerbol et al. 1998).
- Dentro de la sucesión sedimentaria del Cretácico Superior en el VAM, en la Fm. Lidita Inferior, Etayo

(1994) encontró *Paratexanites aff. serratmarginatus*, que él asigna al Coniaciano Tardío.

Formación Lutitas y Areniscas. Los aproximadamente dos tercios inferiores de esta unidad litoestratigráfica comprenden la parte superior de la Zona *Dicarinella concavata*, mientras que el tercio superior está cubierto por la Zona *Globotruncanita elevata* (ver Tablas 3 y 4), lo cual permite reconocer el Santoniano y el Campaniano Temprano, respectivamente (**Robaszinsky en Handerbol et al.** 1998). En este sentido seguimos la propuesta de **Hanconck & Gale** (1996) y **Marks** (1984), de establecer el límite entre el Santoniano y el Campaniano en el punto de desaparición del grupo de *Dicarinella* y la primera aparición de formas no quilladas de cámaras globosas, con fuerte ornamentación superficial del grupo de *Rugoglobigerina* (**Caron** 1985). Este límite se encuentra en el tercio superior de la Fm. Lutitas y Areniscas, y se logró identificar en las secciones Q. Coloradas y Girardot-Nariño.

En ausencia de foraminíferos planctónicos restringidos exclusivamente al Santoniano (e. g. *Dicarinella asymetrica*), fue necesario trazar el nivel superior de la Zona *Dicarinella concavata* (forma turoniana superior-santoniana) en el límite Santoniano-Campaniano (**Tchegliakova** 1999), el cual está definido por la extinción de las especies del grupo *Dicarinella* (entre ellas *D. concavata*) y la aparición de formas fuertemente ornamentadas del grupo *Rugoglobigerina*. Estos dos bioeventos se consideran válidos para definir la base de la Zona *Globotruncanita elevata*, en ausencia de *Dicarinella asymetrica* (**Caron** 1985).

Bürgl & Dumit (*op. cit.*) plantean una edad santoniana para las lutitas que separan las dos liditas en el área de Girardot-Nariño. Sin embargo, en la revisión detallada de **Porta** (1965) a los trabajos sobre estas unidades litoestratigráficas, señala las fuertes inconsistencias de las faunas reportadas, la falta de claridad en su ubicación en la sucesión sedimentaria y en la asignación de edad; también critica "la tendencia a supeditar la fauna y los límites entre unidades tiempo, a los cambios litológicos nítidos". Por lo anterior, según dicho autor, "lo único que podría decirse del Grupo Olini, con respecto a su edad, es que por debajo de la Lidita Superior predominan faunas del Coniacense".

Vergara (1994) basado en las asociaciones de foraminíferos bentónicos propuestas por **Petters** (1955), y teniendo en cuenta la presencia de *Globigerinelloides prairiehillensis*, sugiere una edad campaniana para la unidad intermedia del Gr. Olini. En nuestro concepto, la

presencia de una sola especie en la parte media alta (?) de esta unidad no es argumento sólido para asignarle una edad campaniana a la totalidad de la Fm. de Lutitas y Areniscas. **Etayo** (1994) y **Jaramillo & Yepes** (1994) con base en amonitas y palinomorfos, respectivamente, le asignan al "Nivel de Lutitas" la edad entre Santoniano superior y Campaniano inferior, similar a la aquí planteada. Sin embargo, es claro que nuestras asociaciones micropaleontológicas señalan que, temporalmente, la base de la Fm. de Lutitas y Areniscas se extiende hasta el límite Coniaciano - Santoniano, mientras que para los autores antedichos este límite se encontraría estratigráficamente más arriba, es decir, en el Santoniano Superior. La composición sistemática de la asociación 3 de foraminíferos planctónicos, que define la zona *Globotruncanita elevata*, sugiere que la Formación Lutitas y Areniscas abarca el lapso Santoniano-Campaniano Inferior.

Formación Lidita Superior. La totalidad de esta unidad comprende la Zona de *Globigerinelloides multispinus*. Con base en la dispersión geográfica planteada por primera vez en el Golfo de México (**Pessagno** 1967) y reconocida, en segunda instancia en Europa Central (**Peryt** 1980), se sabe que esta biozona corresponde al Campaniano Superior. En las secciones litológicas de Colombia la especie nominal se presenta asociada con *Laeviheterohelix pulchra*, que ha sido reportada también en el dominio del Caribe (**Premoli Silva & Bolli** 1973) en sedimentos asignados al Campaniano Superior y el Maastrichtiano más Inferior. De acuerdo a **Nederbragt** (1990:107) *Pseudoguembelina costulata* se encuentra ampliamente dispersa en sedimentos del Campaniano y Maastrichtiano, aunque "it is especially often found in Upper Campanian". La composición es muy similar al complejo microfaunístico de la Zona de *Globotruncana ventricosa* propuesta por **Sliter** (1989) en la región del Pacífico, caracterizada por el incremento en la proporción de grandes heterohelícidos, lo cual indica el Campaniano Tardío.

Vergara (1994), considerando más la posición estratigráfica relativa del "Nivel de Lutitas" que el contenido microfaunístico encontrado, asignó una edad campaniana tardía a la Fm. Lidita Superior del VAM, considerada como del Campaniano Medio por **Jaramillo & Yepes** (1994). Como se puede observar, las edades precedentes varían muy poco con respecto a las propuestas en el presente estudio para el Gr. Olini.

Formación Buscavidas. Las diferentes secciones estudiadas permitieron definir las características bioestratigráficas de esta unidad, y se pudo establecer que en todas ellas, en la parte media inferior (y más exacta-

mente sus primeros 30 a 80 m, ver Tablas 3 a 6), aparece la Zona *Globo truncana aegyptiaca*, la cual está representada por una abundante y prolífica asociación de foraminíferos, que indica la parte media del Maastrichtiano Temprano. Asociada con la especie nominal, entre los *Globo truncanidae*, se presentan *Globo truncana stuarti*, *Rugoglobigerina hexacamerata*, *R. pennyi*, *R. scotti* y *Rugotruncana ellisi*.

En los sitios donde el muestreo resultó positivo, en la mitad superior de la Fm. Buscavidas, aparece la Zona de *Gansserina gansseri*, que según Caron (1985) representa la parte superior del Maastrichtiano temprano y la parte más baja del Maastrichtiano Tardío.

La ausencia de asociaciones que soporten la existencia del Maastrichtiano más Temprano (Zona de *Globo truncanella havanensis*) sugiere la presencia de un hiato estratigráfico, o un evento de condensación hasta ahora no identificado. Vale la pena resaltar aquí, que la forma *Globo truncanella havanensis* fue encontrada en varias de nuestras secciones, pero no aislada como es propio de la biozona del mismo nombre, sino asociada con especies de foraminíferos planctónicos indicadoras de biozonas superiores.

Para esclarecer la distribución de asociaciones de foraminíferos planctónicos entre la parte superior de la Fm. Lidita Superior y la parte más inferior de la Fm. Buscavidas, se realizó un muestreo sistemático y detallado con el fin de extraer e identificar nannoplacton calcáreo, y así poder establecer una posible falta del registro sedimentario.

Gracias a su gran potencial para contener restos de microflora, debido a que corresponde a una secuencia significativamente calcárea, se escogió la sección El Paso para caracterizar la microfauna de este tramo estratigráfico. Los resultados taxonómicos y bioestratigráficos se muestran en la tabla 5. Con base en la recuperación e identificación de una variada y prolífica asociación de nannoplacton calcáreo, se pudo llegar a las siguientes conclusiones con respecto a la edad del tope de la Fm. Lidita Superior y la base de la Fm. Buscavidas:

El intervalo estratigráfico en el que coexisten *Reinhardtites levis* y *R. anthophorus* (muestras LD 259, LD 260A, LD 260B y LD 270 de la Fm. Lidita Superior) corresponde a la zona de nannoplacton calcáreo CC 22B (*sensu* Sissingh 1977 y Perch-Nielsen 1985), lo cual indica claramente el Campaniano más Tardío.

La asociación constituida por *Reinhardtites levis*, *Quadrum gothicum* y *Arkhangelskiella cymbiformis*, pre-

sente en el tramo estratigráfico comprendido entre las muestras LD 280 a LD 350, corresponde a las biozonas de nannoplacton calcáreo CC 24A - CC 25, lo cual indica que este intervalo, ya de la Fm. Buscavidas, representa la parte media y alta del Maastrichtiano Inferior y la parte inferior del Maastrichtiano Superior.

Lo anterior sugiere que, efectivamente, el intervalo inferior del Maastrichtiano Temprano no se encuentra dentro del registro sedimentario, y que desde el punto de vista de los foraminíferos planctónicos, comprueba la ausencia de la Zona de *Globo truncanella havanensis*.

Previamente el tramo litológico correspondiente a la Fm. Buscavidas en otros sectores de VAM, había sido asignado al Maastrichtiano Temprano por Vergara (1994) y al Campaniano Tardío-Maastrichtiano por Etayo (1994). En ninguno de los estudios previos se menciona la ausencia bioestratigráfica del Maastrichtiano más temprano. Sin embargo, los resultados aquí obtenidos indican que la Fm. Buscavidas representa la parte media y alta del Maastrichtiano Temprano y la parte inferior del Maastrichtiano Tardío.

Formación La Tabla. Las secciones estratigráficas donde se logró recuperar microfauna dentro de esta unidad fueron la Q. Coloradas y Nariño - Guataquí (ver fig. 7 y tabla 3). En un intervalo, no muy espeso, de la parte baja de esta unidad, se logró reconocer la Zona de *Abathomphalus mayaroensis*. La especie nominal de esta biozona se encontró en asociación con *Abathomphalus*. *cf. mayaroensis*, *A. intermedius* y *Globo truncana arca*, lo cual indica, sin duda alguna, el Maastrichtiano Tardío. Esta misma biozona se extiende hacia el norte de la región de estudio y se pudo reconocer en las Formaciones Umir y Cimarrona (Tchegliakova 1996, 1999). Con base en las secciones levantadas en la parte media del VAM, Vergara (1994), previamente había asignado a la Formación La Tabla al Maastrichtiano más alto, más por su posición estratigráfica que por su contenido micropaleontológico. Bürgl & Dumit (1954) consideraban que esta secuencia conglomerático-arenosa representa la totalidad del Maastrichtiano, también sin mayores soportes paleontológicos. Como conclusión, con respecto a la Fm. La Tabla puede afirmarse que se depositó durante la parte media del Maastrichtiano Tardío, sin que se puedan dar mayores precisiones.

A pesar de un intenso muestreo en la parte media y alta de la Fm. La Tabla, y en la totalidad de la Fm. Arenisca Tierna (sección El Paso), no fue posible recuperar microfauna con valor estratigráfico. Lo anterior indica que no existe, por ahora, forma de precisar la existencia

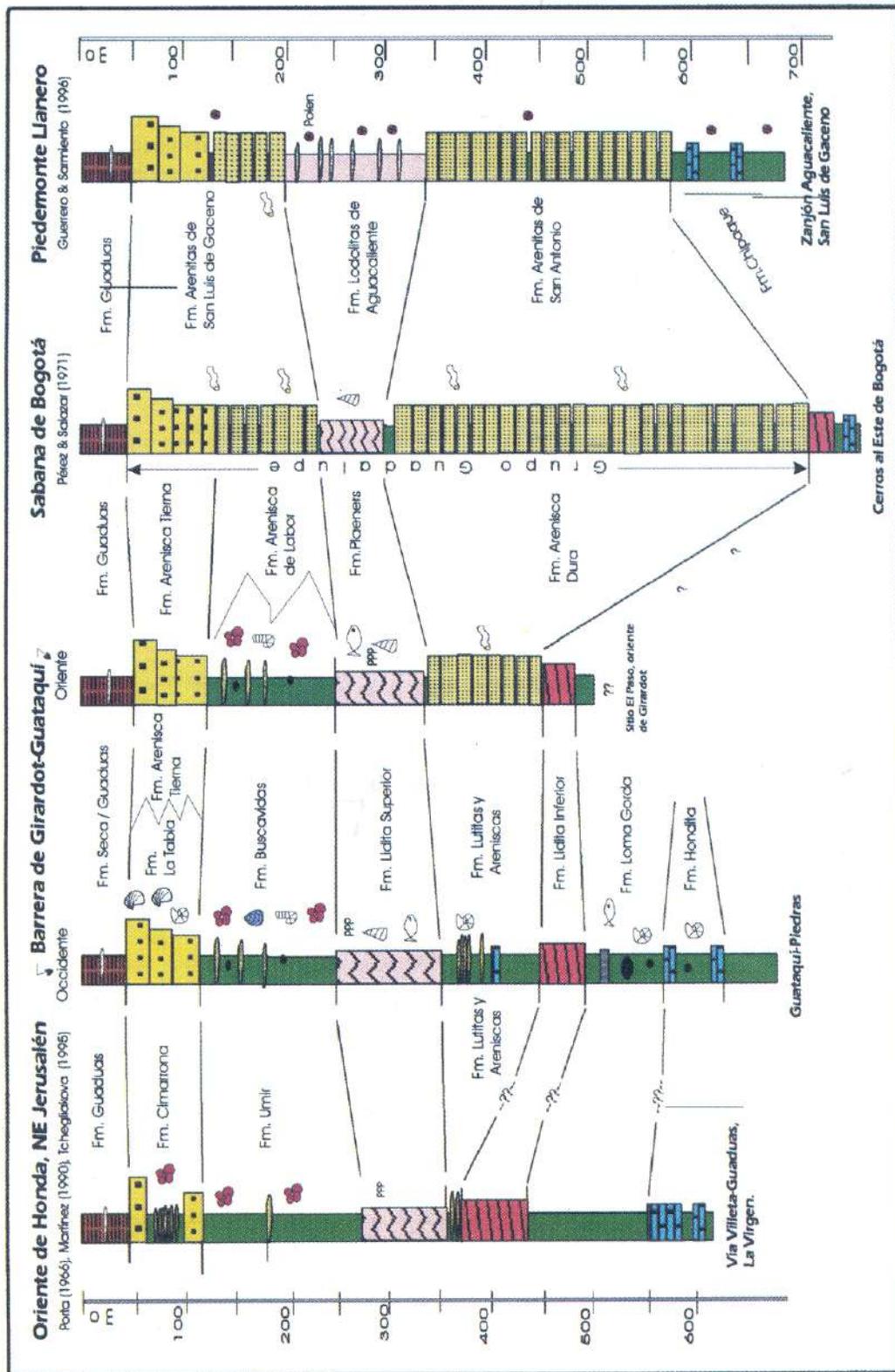


Figura 8. Posibles correspondencias espacio-temporales de las formaciones del Senoniano en el Valle Alto del Magdalena y la Cordillera Oriental.

de la parte más alta del Maastrichtiano Tardío y mucho menos de definir el límite Cretácico-Terciario.

En la tabla 2 se realiza una comparación entre las biozonaciones con base en foraminíferos planctónicos y bentónicos propuestas por Caron (1.985), a nivel mundial, la regional erigida en los años cincuenta por Petters (1955, interpretación gráfica) y única hasta la actualidad a nivel de Colombia, y la establecida en el presente artículo, demostrando el valor práctico y de bioresolución, de ésta última, especialmente para los futuros trabajos estratigráficos relacionados con el Cretácico Superior en la parte norte de Suramérica.

Conclusiones

Como se muestra en la Fig. 8, la comparación de las secuencias investigadas en la Barrera de Girardot-Guataquí, con las de sectores aledaños y con las de la Cordillera Oriental, muestra cambios laterales, especialmente notorios en las unidades altas del Cretácico Superior. Tales variaciones laterales son también evidentes en las secuencias del Cretácico Inferior y en las del Cenozoico.

La riqueza microfaunística de la secuencia senoniana estudiada permitió establecer una biozonación con validez supra-regional, comparable con la usada mundialmente, la cual ha servido para definir con precisión, hasta nivel biozonal, las edades de las unidades del Grupo Olini y de las Formaciones Buscavidas y La Tabla.

A diferencia de la Sabana de Bogotá, donde el Senoniano es ante todo arenoso y estéril en microfauna determinante, en la región aquí estudiada tiene un marcado carácter pelítico-margoso, con abundante contenido de microfauna planctónica con alta resolución bioestratigráfica, lo cual la convierte en pieza clave para el entendimiento de la evolución geológica del VAM y las cordilleras colindantes a finales del Cretácico.

En términos amplios, las secuencias litológicas y el contenido micropaleontológico del Senoniano de la región aquí tratada indican un medio sedimentario próximo, pero algo más profundo, que el de la extensa plataforma siliciclástica localizada al oriente del Valle del Magdalena, la cual es bien conocida por los registros representados por las Formaciones del Grupo Guadalupe (Pérez & Salazar 1978, Julivert 1968). Por el occidente, el área de sedimentación estuvo limitada por un emergente y discontinuo umbral, en la posición de la actual Cordillera Central (Bürgl 1961), el que, a fines del cretácico, se convirtió en una fuente secundaria de aportes que alimentó el depósito local de unidades arenoso-conglomeradas,

como las Formaciones La Tabla y Cimarrona (Gómez & Pedraza 1994), acumuladas en aguas marinas someras, durante el Maastrichtiano más tardío (Zona de *Abathomphalus mayaroensis*).

La microfauna planctónica encontrada hacia el techo de la Fm. Buscavidas, representa la biozona de *Gansserina gansseri*, que corresponde a la parte baja del Maastrichtiano tardío. Ello sugiere que las suprayacentes Formaciones Arenisca Tierna (que sólo es "tierna" hacia el tope) y La Tabla se depositaron durante el Maastrichtiano más tardío, es decir en el lapso de la Zona de *Abathomphalus mayaroensis*.

Referencias

- Comité Argentino de Estratigrafía. 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asoc. Geol. Argentina, Serie B (didáctica y complementaria) 20, 64p.
- Barrero, D. 1969. Petrografía del "Stock de Payandé" y metamorfitas asociadas.-Bol. Geol. 17:113-144.
- Barrio, C. A. & Coffield, D. Q. 1992. Late Cretaceous Stratigraphy of the Upper Magdalena Basin, in the Payandé-Chaparral Segment (Western Girardot Sub-Basin), Colombia. J. South Am. Earth Sc. 5(2): 123/139.
- Beltrán, N. & Gallo, J. 1968. The Geology of the Neiva Sub-Basin. Southern Portion. 9th. Ann. Field Conf, May 31-June 1 (1968). Colombian Soc. Petrol. Geol. Geoph. In. Geol. Field Trips Colombia 1959-1978, Ed. Geotec, 1979, Bogotá.
- Birkelund, T., Hancock, J.M., Hart, M. B., Rawson, P.F., Remane, J., Robaszynski, F., Schmid, F. & Surlyk, F. 1984. Cretaceous stage boundaries Proposals. Bull. Geol. Soc. Denmark, 33: 3-20.
- Bolli, H. M. 1966. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geol. Minería y Petróleo 9:32
- Bürgl, H. 1955. El Anticlinal de Apulo. Bol. Geol. 3(2):2-22.
- Bürgl, H. & Dumit, Y. 1954. El Cretácico Superior en la región de Girardot. Bol. Geol. II (1):23-48.
- Bürgl, H. 1961. Historia Geológica de Colombia.-Rev. Acad. Col. Cienc. Exac. Fis.- Nat, 9(43):137-191.
- Cáceres, C. Etayo, F. 1969. Bosquejo geológico de la región del Tequendama. Opusc. Guía Exc. pre I Congr. Colombiano Geol. Univ. Nal. Depto. Geol. 23 p.
- Caron, M. 1985. Cretaceous Planktic Foraminifera. En Bolli, H. et al. (Eds.). Plankton Stratigraphy. Cambridge Earth Sciences Series. 17-86.
- Caron, M. & Homewood, P. 1983. Evolution of early planktic foraminifers. Marie Micropalontology, 7: 453-463
- Corrigan, H. 1979. Geology of the Upper Magdalena Basin (Northern Portion). 8th. Ann. Field Conf, May (1967), Colombian Soc. Petrol. Geol. Geoph. In. Geol. Field-Trip Colombia 1959-1978. Ed. Geotec, 1979, Bogotá.

- Cruzado, J.** 1980. Zonación del Campaniano, Maestrichtiano y Daniano en el Nordeste del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú.* 65:67-76.
- Cushman, J. A. & Hedberg, H. D.** 1941. Upper Cretaceous foraminifera from Santander del Norte, Colombia, S.A. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Contributions*, 17(4):79-102.
- Champetier de Ribes, G., Weecksteen, G. & Quintero, R.** 1961. Mapa geológico de la Plancha K-10 Villeta, Escala 1:200.000, *Serv. Geol. Nal. Bogotá*.
- Diederix, H. & Gómez, H.** 1991. Mapa geológico del Departamento del Huila, escala 1, 100.000. *Publ. Esp. Rev. CIAF*, 13(2).
- Etayo, F.** 1964. Posición de las faunas en los depósitos cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. *Bol. Geol. UIS*. 16-17: 5-142.
- Etayo F.** 1994. The Aptian Santonian Ammonite Sucession in Upper Magdalena Valley, Colombia. Capítulo XIX. 1-3, *Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Etayo, F., Barrero, D. & Renzoni, G.** 1969 Contornos sucesivos del mar cretácico. *Mem. I Congr. Colombiano Geol.* 217-252, *Univ. Nal. Bogotá*.
- Fajardo, I. & Llinás, R. D.** 1976. The geology of the Eastern Cordillera. Bogotá-La Mesa-Girardot-Fusagasugá. *Publ. Geol. Field-Trips 1959-1078 Colombia*. *Colomb. Soc. Petrol. Geol. Geoph.* 453-470, Ed. Geotec, 1979, Bogotá.
- Fabre, A.** 1983. La subsidencia de la Cuenca del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia), durante el Cretácico y el Terciario. Segunda parte: esquema de evolución tectónica. *Geol. Norandina* 8:20-27.
- Fabre, A.** 1985. Dinámica de la sedimentación cretácica en la región de la Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia). Proyecto Cretácico. *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas* 16 (XIX) 1-20.
- Flórez, J. M. & Carrillo, G. A.** 1994 Estratigrafía de la sucesión litológica basal del cretácico del Valle Superior del Magdalena.-*Estud. Geol. Valle Sup.Magd.* II:1-26, *Univ. Nal. Bogotá*
- Guerrero, J., & Sarmiento, G.** 1996 Estratigrafía, Física, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. *Implicaciones en Explicación Petrolera*. *Geol. Colombiana* 20:3-66.
- Forero, A.** 1973 El Paleozoico Superior del flanco oriental de la Cordillera Central.-*Geol. Colombiana* 7:139-144.
- Gómez, E & Pedraza, P. E.** 1994. El Maestrichtiano de la región Honda-Guaduas, límite N del Valle Superior del Magdalena. Registro sedimentario de un delta dominado por río trenzados. *Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*, Capítulo III. 19. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Hanconck, J. M. & Gale, A. S.** 1996 The Campanian Stage. *Bull. de l'Institut Royal Sciences Nat. Belgique, Sciences de la Terre*, 66 Supp. 103-109.
- Handerbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Pierry, T, de Graciansky, P. & Vail, P.** 1998. Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins. De Graciansky, P. & Others, Eds. *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Publication 60.
- Harland, W. B., Cox, A. V., Llevellin, P.P., Pickton, C. A. G., Smith, A. G. & Walters, B.** 1982. A geological time scale. *Cambridge Univ. Pres.* 131 p.
- Hedberg, H. D. (Ed.)**. 1976. *International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. International Subcommittee on Stratigraphy Classification of IUGS Commission on Stratigraphy.* John Wiley and Sons, New York. 200 pp.
- Hernández, J. & Porta, J.** 1963. El primer ictiosaurio de Colombia. *Boletín de Geol. UIS* 12: 77-83.
- Hubach, E.** 1931 Exploración de la región de Apulo San Antonio Viotá. *Bol. Min. Petrol.* T4, (25-27), 41-60..
- Hubach, E. & Alvarado, B.** 1934. Geología de los Departamentos del Valle Cauca, en especial del carbón.-*Serv. Geol. Nal. Inf.* 224, 1-467 (Mscr.). Bogotá.
- Jaramillo & Yepes, O.** 1994. Palinoestratigrafía del Grupo Olini (Coniaciano Campaniano), Valle Superior del Magdalena, Colombia. *Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena*. Capítulo XVII 1-18. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Julivert, M.** 1968. *Lexique Stratigraphique International*, Vol. V, Fasc. 4a, *Colombie. Centr. Nat. Rech. Sc.* 651 pp.
- Kammer, A. & Mojica, J.** 1995. Los pliegues de la Barrera Guataquí-Girardot. Producto de un despegue de la cobertera cretácica de la Cordillera Oriental? - *Geol. Colombiana* 19:33-43.
- Llamolda, A. & Hancock, M.** 1996. The Santonian Stage and substages. *Bull. de l'Institut Royal des Sc. Nat. Belgique, Sciences Terre*, 66- Supp. 95-102.
- Macía, C. Mojica, J. & Colmenares, F.** 1985. Consideraciones sobre la importancia de la Paleogeografía y las áreas de aporte precretácicas en la prospección de hidrocarburos en el Valle Superior del Magdalena, Colombia. *Geol. Colombiana* 14:49-70.
- Marks, P.** 1984. Proposal for the recognition of boundaries between Cretaceous stages by means of planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Bull. Geol. Soc. Denmark* 33:163-169.
- Martínez, J. I.** 1989a. *Siphogenerinoides spp.* y el límite Campaniano-Maastrichtiano en el norte de Suramérica", V Congreso colombiano de Geología, Bucaramanga, Memoria 1:50-60.
- Martínez, J. I.** 1989b. Foraminiferal biostratigraphy and paleoenvironments of the Maastrichtian Colon mudstones of northern South America. *Micropaleontology*, 35(2): 97-113.
- Martínez, J. I.** 1990. Estratigrafía de la Plancha 227. *Inéd. Inf. Ingeominas Bogotá*, 120 p.
- Maslakova, N. I.** 1978. *Globotruncanidae* del Sur de la Plataforma Europa de la URSS. Editorial NAUKA, 168 p, Moscú. (en ruso).
- Mojica, J. & Macía, C.** 1983. Características estratigráficas y edad de la Formación Yaví, Mesozoico de la región entre Prado y Dolores, Tolima, Colombia. *Geol. Colombiana* 12:7-32.

- Mojica, J. & Bayer, K. J.** 1987. Características esenciales del Valle Superior del Magdalena, una cuenca cretácica interandina de Colombia.- Mem. 3er. Simp. Proyecto PICG 242, Cretácico de América Latina, 11-15, Tucumán
- Mojica, J. & Villarroel, C. & Macía, C.** 1989. Nuevos afloramientos fosilíferos del Ordovícico Medio (Fm. El Hígado) al oeste de Tarquí, Valle Superior del Magdalena (Huila, Colombia).-Geol. Colombiana 16:89-94.
- Moreno, J. M.** 1993. Contribución al conocimiento de las unidades del Cretácico Inferior, parte central de la Cordillera Oriental. Mem. VI Congr. Colombiano Geol., Tl: 235-247, Medellín.
- Nederbragt, A. J.** 1990. Biostratigraphy and paleoceanographic potential of the Cretaceous planktic foraminifera Heterohelicidae. Vrije Universiteit Amsterdam, 204 p, Amsterdam.
- Nederbragt, A. J.** 1991. Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelicidae (planktic foraminifera). Micropaleontology 37 (4):329-372.
- Nelson, H. W.** 1959: Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali.- Leidsche Geol. Meded. 22, 1-75.
- North American Commission on Stratigraphic Nomenclature.** 1982. North American Stratigraphic Code. Am. Assoc. Petrol Geol. Bull. 76 (5): 841-875.
- Obradovich, J. D.** 1993. A Cretaceous Time Scale. In Caldwell, W.G.E. & Kauffman, E. G. (Eds.). Evolución of the Western Interior Basin. Geological Association of Canada, Special Paper 39:379-396.
- Perch-Nielsen, K.** 1985. Mesozoic calcareous nannofossils. En. Bolli, H. et al. (Eds.). Plankton Stratigraphy. Cambridge Earth Sciences Series, p. 329-426.
- Pérez, G. & Salazar, A.** 1978. Estratigrafía y facies del Grupo Guadalupe.-Geología Colombiana 10:7-86.
- Peryt, D.** 1980. Planktic Foraminifera Zonation of the Upper Cretaceous in the Middle Vistula River Valley, Poland. Palaeontologia Polonica 3, 101 p. Warszawa.
- Pessagno, E. A.** 1967. Upper Cretaceous planktonic foraminifera of the Western Gulf Coastal Plain. Paleontogr. Amer. 5:259-441.
- Petters, V.** 1955. Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia. Jour.Paleont. 29(2): 212-225.
- Porta, J.** 1965. La estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el extremo S del Valle Medio del Magdalena. Bol. Geología UIS 19:5-50.
- Porta, J.** 1966. La geología del extremo Sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia). Boletín de Geología de la UIS, 22-23:5-347.
- Premoli Silva I. & Bolli, H.** 1973. Late Cretaceous to Eocene planktonic foraminifera and stratigraphy of Leg 15 sites in the Caribbean Sea. Initial Reports Deep Sea Drilling Project. 15:499-547.
- Raasveldt, H. C.** 1956. Mapa Geológico de la República de Colombia, Plancha L9 Girardot, Escala. 1:200.000. Inst. Geol. Nal. Bogotá.
- Raasveldt, H. C. & Carvajal, J.M.** 1957. Mapa Geológico de la República de Colombia, Plancha M8 "Ataco" Escala. 1:200.000. Inst. Geol. Nal. Bogotá.
- Robaszynski, F., Bless, M.J.M., Felder, J.P., Foucher, J.C., Legoux, O., Manivit, H., Meessen, J.P.M. TH. & Van Der Tuuk, L.** 1985. The Campanian- Maastrichtian boundary in the chalky facies close to the type Maastrichtian area. Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine 9 (01):1 113.
- Restrepo-Pace, P., Ruiz, J., Gehrels, G. & Cosca, M.** 1997. Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleo-continental reconstructions of the Americas.- Earth Planet. Sci. Lett. 150:427-441.
- Robaszynski, F., Caron, M., Dupuis, C., Amedro, F., González Donoso, J. M., Linares, D., Hardebol, J., Gartner, S., Calandara F. & Deloffre, R. A.** 1990. A tentative integrated stratigraphy in the Turonian of Central Tunisia. formations, zones and sequential stratigraphy in the Kalaat Senean area. Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine 14 (01):213-384.
- Robaszynski, F.** 1999. Cretaceous Stages Boundaries in central Tunisia. how to follow the Brussels 1995 Symposium Recommendations. Bull. de l'Institut Royal Sci. Nat. Belgique, Sci.Terre, 69- Supp. A:161-165.
- Robaszynski, F., Bless, M., Felder, P. J., Foucher, J. C., Legoux, O., Manivit, H., Meessen, P. M. & Van der Tuuk, L. A.** 1985. The Campanian-Maastrichtian boundary in the Chalky facies close to the type-Maastrichtian area. Bull. Centr. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine, 9 (1):1-113.
- Robaszynski, F., González Donoso, J. M., Linares, D., Amedro, F., Caron, M., Dupuis, C., Dhondt, A. V. & Gartner, S.** (in press). Le Crétacé supérieur de la région de Kallata Senan, Tunisie centrale. itho-biostratigraphie intégrée. zones d'ammonites, de foraminifères planctoniques et de nannoplacton du Turonien supérieur au Maastrichtien. Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine
- Salvador, A.** (Ed.). 1994. International Stratigraphic Guide. a guide to stratigraphic classification, terminology and procedure, Sec. Ed. International Subcommission on Stratigraphy Classification of IUGS Commission on Stratigraphy. Geol. Soc. Am. 214 pp.
- Scheibe, R.** 1934. Informe sobre la veta de carbón en la Hacienda La Alsacia al norte de Tocaima(Cundinamarca). CEGOC, 1:315-329.
- Sissingh, W.** 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. Geol. Mijnb. 57:37 65.
- Sliter, W.** 1989. Biostratigraphic Zonation for Cretaceous Planktonic Foraminifers examined in thin section. Journal of Foraminiferal Research, 19(01), 1-19.
- Sociedad Venezolana de Geología.** 1970. Léxico Estratigráfico de Venezuela (2ª Edic.). Bol. Geol. Publ. Esp. 4, 756 pp.
- Tchegliakova, N** 1993. Los Foraminíferos y Minerales Autigénicos de la Formación Umir (sección Quebrada La Julia, Valle Medio del Magdalena). Registro de una laguna costera a finales del Cretácico Superior (Maastrichtiano). Geología Colombiana 18:107-117, Bogotá.

- Tchegliakova, N.** 1995. Los Foraminíferos de la Formación Umir (Sección Quebrada la Julia). Registro del Cretácico Superior cuspidal (Maastrichtiano) en el Valle Medio del Magdalena, Colombia. *Geología Colombiana* 19:109-130.
- Tchegliakova, N.** 1996. Registro de las biozonas de Foraminíferos Planctónicos *Gansserina gansseri* y *Abathomphalus mayaroensis* (Maastrichtiano Medio y Superior) en el extremo meridional del Valle Medio del Magdalena (Colombia, Sur América). *Geología Colombiana* 20:67-80, Bogotá.
- Tchegliakova, N.** 1999. Bioestratigrafía y Foraminíferos del Cretácico Superior en el Valle Alto del Río Magdalena y flanco occidental de la región central de la Cordillera Oriental (Colombia, Sur América). 235 p. Tesis Ph. D. Universidad Estatal de Moscú (Rusia). (en ruso).
- Tchegliakova, N.** 2001. (Submitted). Foraminiferal Zonation of the Upper Cretaceous of Central Colombia (South America). Special Paper Moscow State University Press. Submitted.
- Tchegliakova, N. & Pérez, V.** 1993. Distribución bioestratigráfica de los foraminíferos en la Formación Conejo (Cretácico Superior) en los alrededores de Villa de Leiva (Boyacá). Informe Final Proyecto de Investigación CINDEC-Univ. Nac. 1-110.
- Tchegliakova, N. & Pérez, V.** 1995. Registro de la zona bioestratigráfica *Dicarinella concavata* (Foraminiferida) en el extremo noroccidental de Suramerica (Colombia). *Geología Colombiana* 19:131-143.
- Téllez, N. & Navas, J.** 1962. Interferencia de direcciones en los pliegues terciarios entre Coello y Gualanday. *Bol. Geol. UIS*, 9: 45-61
- Terraza, R.** 2000. Origen secundario de porcelanitas correspondientes a la Lidita Inferior y Lidita Superior, al sur de San Luis (Tolima), Valle Superior del Magdalena. Mem. Primera Conv. Téc. ACGGP "Geología y Petróleo en Colombia", Bogotá.
- Thompson, A. V.** 1979. A geological Section from Bogotá to the Central Cordillera. 7th. Ann. Field Conf., June 24-25 (1966), Colombian Soc. Petrol. Geol. Geoph. in Geol. Field Trips Colombia 1959-1978, Ed. Geotec 1979, Bogotá.
- Vergara, L.** 1994. Stratigraphy, micropaleontology and organic relations in the Cretaceous of the Upper Magdalena Valley, Colombia. *Giessener Geol. Schrift.* 50:1-179.
- Vergara, L.** 1997. Paleontological Notes on same Foraminifera from the Cretaceous of the Upper Magdalena Valley, Colombia. *Geol. Colombiana*, 22:121-133.
- Vesga, C. J. & Barrero, D.** 1978. Edades K/Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica. II Congr. Colombiano Geol. Resúmenes.

LÁMINA I

Familia *Heterohelicidae*

- Fig. 1. *Heterohelix globulosa* (Ehrenberg), Sección Q. Coloradas, m. No. 22, Fm. Lidita Superior, X 100, Campaniano Superior.
- Fig. 2. *Heterohelix reussi* (Cushman), Q. Coloradas, m. No. 9, Fm. Lutitas y Areniscas, X 100, Coniaciano? - Santoniano.
- Fig. 3. *Heterohelix pulchra* (Brotzen), Sección Girardot - Nariño, m. No. 40, Fm. Lidita Superior, X 150, Campaniano Superior.
- Fig. 4. *Laeviheterohelix glabrans* (Cushman), Sección Q. Coloradas, m. No. 26, Fm. Buscavidas, X 140, Maastrichtiano Inferior.
- Fig. 5. *Pseudoguembelina costulata* (Cushman), Sección El Paso, m. No. LD- 330, Fm. Buscavidas, X 150, Maastrichtiano Superior.
- Fig. 6- 7. *Pseudotextularia elegans* (Rzehak), Sección La Limba, m. No. LL-22, Fm. Buscavidas, X 200, Maastrichtiano Inferior.
- Fig. 8. *Racemiguembelina fruticosa* (Egger), Sección Nariño - Guataquí, m. No. TB - 06, Fm. Buscavidas, X 90, Maastrichtiano Superior. Familia Globotruncanidae
- Fig. 9-10. *Dicarinella concavata* (Brotzen), 9- posición ventral, 10- posición dorsal. Sección Q. Coloradas, m. No. 14A, Fm. Lutitas y Arenas, X 100, Santoniano.
- Fig. 11. *Dicarinella primitiva* (Dalbiez), posición ventral. Sección Q. Coloradas, m. No. 6, Fm. de Lutitas y Areniscas, X 90, Coniaciano? - Santoniano.
- Fig. 12-13. *Concavatotruncana (=Dicarinella) canaliculata* (Reuss), 12- posición ventral, 13- posición periférica, Sección Girardot - Nariño, m. No. 03, Fm. Lidita Inferior, X 80; X90, Coniaciano.
- Fig. 14-15 *Marginotruncana sigali* (Reichel), 14- posición ventral, 15- posición dorsal. Sección Girardot - Nariño, m. No. 01. Fm. Lidita Inferior, X 100; X90, Coniaciano.
- Fig. 16. *Whiteinella archaeocretacea* Pessango, posición ventral. Sección Girardot - Nariño, m. No. 01. Fm. Lidita Inferior, X 130, Coniaciano.
- Fig. 17 *Whiteinella inornata* (Bolli), posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 15. Fm. Lutitas y Areniscas, X 110, Santoniano.
- Fig. 18-20. *Archaeoglobigerina blowi* Pessagno, 18- posición ventral, 19- posición dorsal, 20- posición periférica, Sección La Limba, m. No. LL-11, Fm. Lidita Superior, X 110, Campaniano Superior.
- Fig. 21-22 *Archaeoglobigerina cretacea* (d'Orbigny), 21- posición ventral, 22- posición dorsal, Sección Girardot - Nariño, m. No. 06, Fm. Lidita Inferior, X 110, Coniaciano.
- Fig. 23-25. *Rugoglobigerina rugosa* (Plummer), 23- posición ventral, 24- posición dorsal, 25- posición periférica, Sección El Paso, m. No. LD-360, Fm. Buscavidas, X 140, Maastrichtiano Superior.

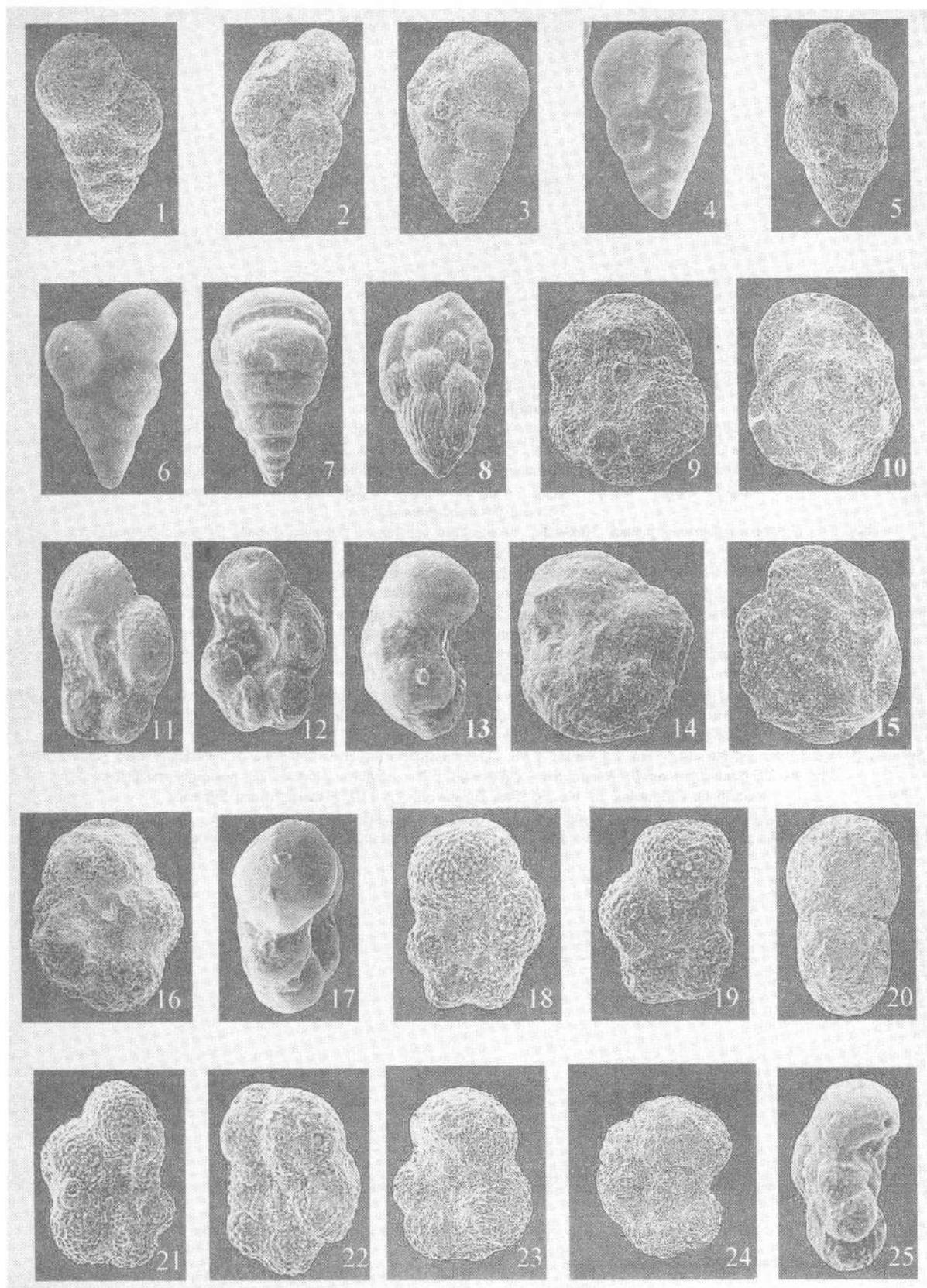


LÁMINA II

Familia *Planomalinidae*

Fig. 1-2. *Globigerinelloides multispinus* (Lalicker), 1- posición lateral, 2- posición Periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 24A, Fm. Lidita Superior, X 230, Campaniano Superior.

Fig. 3-4. *Globigerinelloides prairiehillensis* Pessagno, 3- posición lateral, 4- posición periférica, Sección La Limba, m. No. LL-28, Fm. Buscavidas, X 200, Maastrichtiano Superior.

Familia *Globotruncanidae*

Fig. 5-7. *Globotruncana aegyptiaca* Nakkady, 5- posición ventral, 6- posición dorsal, 7- posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 26, Fm. Buscavidas X 100, Maastrichtiano Superior.

Fig. 8-9. *Globotruncanita stuarti* (de Lapparent) 8- posición ventral, 9- posición dorsal, Sección Nariño - Guataquí, m. No. TB-06, Fm. Buscavidas, X 80, Maastrichtiano Superior.

Fig. 10-12. *Rugoglobigerina hexacamerata* Brönnimann, 10- posición ventral, 11- posición dorsal, 12- posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 25, Fm. Buscavidas, X 110, Maastrichtiano Superior.

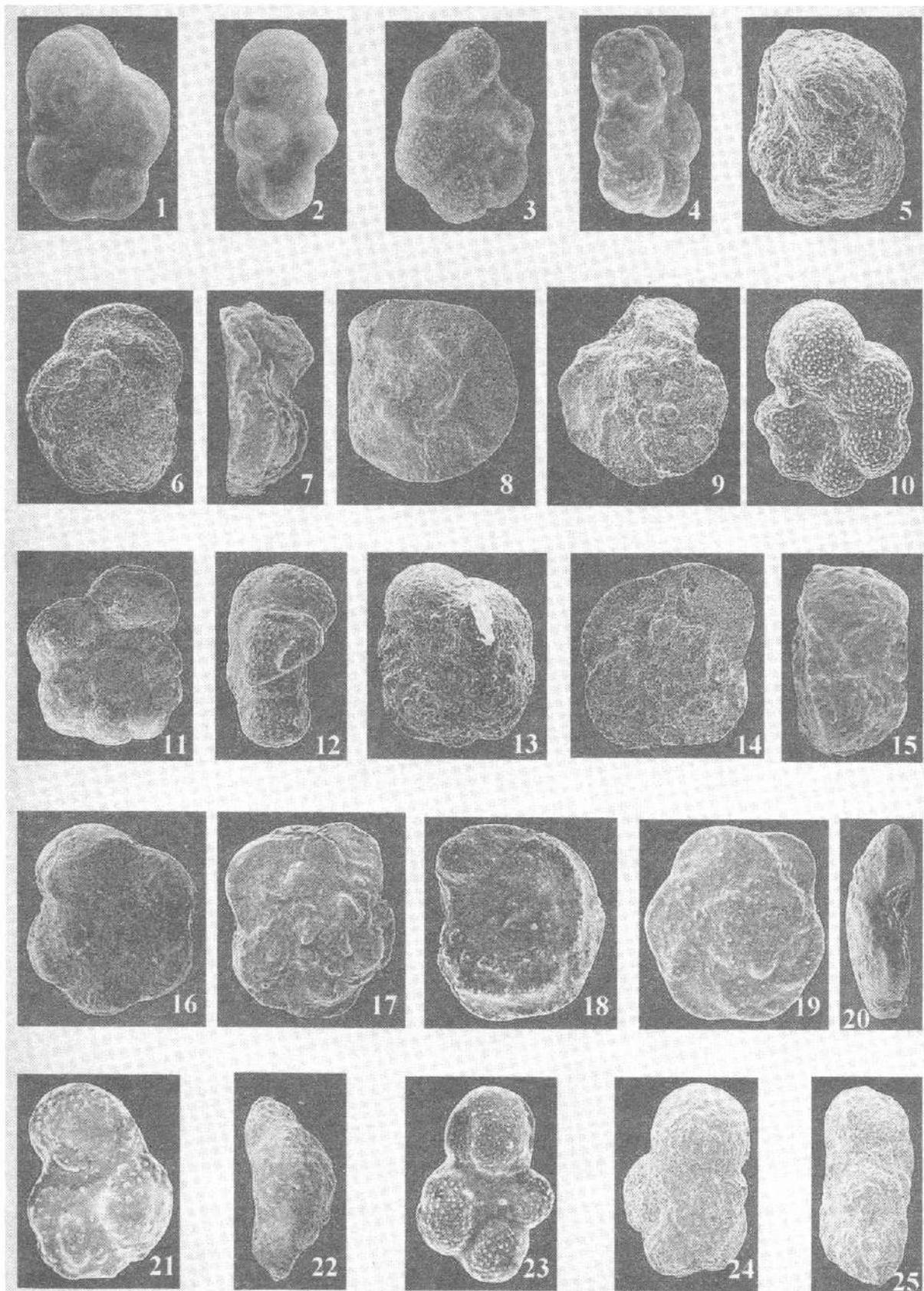
Fig. 13-15. *Gansserina gansseri* (Bolli), 13- posición ventral, 14- posición dorsal, 15- posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 29, Fm. Buscavidas, X 110, Maastrichtiano Superior.

Fig. 16-17. *Abathomphalus intermedius* (Bolli) 16- posición ventral, 17- posición dorsal, Sección Q. Coloradas, m. No. 21, Fm. Buscavidas, X 60, Maastrichtiano Superior (Biozona de *Gansserina gansseri*).

Fig. 18-20. *Abathomphalus mayaroensis* (Bolli), 18- posición ventral, 19- posición dorsal, 20- posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 34, Fm. La Tabla, X 90, Maastrichtiano Superior (Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*).

Fig. 21-22. *Globotruncanella havanensis* (Voorwijk) 21- posición ventral, 22- posición periférica, Sección Q. Coloradas, m. No. 28, Fm. Buscavidas, X 110, Maastrichtiano Superior.

Fig. 23-25. *Globotruncanella petaloidea* (Gandolfi), 23- posición ventral, 24- posición dorsal, 25- posición periférica, Sección Nariño - Guataquí, m. No. TB-08a, Fm. La Tabla, X 100, Maastrichtiano Superior (Biozona de *Abathomphalus mayaroensis*).



OBTENCION Y CARACTERIZACION DE UN NOVEL ALERGENO MEDIANTE LA TECNOLOGIA DEL DNA RECOMBINANTE

por

Leonardo Puerta*

Resumen

Puerta, L.: Obtención y caracterización de un novel alergeno mediante la tecnología del DNA recombinante. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25** (94): 77-87, 2001. ISSN 0370-3908.

Los alergenicos como agentes inductores de las alergias han motivado su obtención y caracterización como vía para el conocimiento de sus propiedades y de un mejor manejo de las alergias. Mediante la tecnología del DNA recombinante un nuevo alergeno, (Blot 13) fue identificado y agregado a la lista de los alergenicos caracterizados de la Organización Mundial de la Salud. Este trabajo muestra la vía de obtención de dicho alergeno recombinante, sus características estructurales y la determinación de su actividad de unión a ácidos grasos. El alergeno fue producido en dos sistemas de expresión; la bacteria *Eschericia coli* y la levadura *Pichia pastoris*. Se analizan las propiedades alérgicas y la actividad biológica de la proteína recombinante obtenida en los dos sistemas.

Palabras clave: Alergeno recombinante, alergia, proteínas de unión a ácidos grasos, IgE, ácaros.

Abstract

Production and characterization of allergens are important to study their properties and improve the handling of allergic diseases. By using DNA recombinant technology a novel allergen, Blot 13, was identified and added to the list of characterized allergens from the World Health Organization. The production, structural features and fatty acid binding activity of this allergen are described. The allergen recombinant was expressed in *Eschericia coli* and the yeast *Pichia pastoris*. The allergenic properties and biological activity of the recombinant protein obtained in the bacteria and in the yeast are analyzed.

Key words: recombinant allergens, allergy, fatty acid binding roteins, IgE, mites.

* Instituto de Investigaciones Inmunológicas. Universidad de Cartagena, Apartado Aéreo 4610 Cartagena, Colombia. Fax:6698491, E-mail: lpuerta@cartagena.cetcol.net.co

Introducción

Los alérgenos se originan en diversas fuentes como insectos, polenes, mamíferos y alimentos. Tienen en común la propiedad de inducir una respuesta inmunológica mediada por anticuerpos tipo IgE y producir alergia. Sin embargo, esta peculiar propiedad no parece estar dada por alguna característica estructural especial común entre ellos.

La caracterización de un alérgeno implica inicialmente establecer su presencia en el medio ambiente y confirmar su alergenicidad hasta llegar a definir su estructura molecular y probable función biológica. Lo anterior demanda la obtención de cantidades apreciables de la fuente original del alérgeno. Ante las dificultades de extraer el componente activo de la fuente natural o el agotamiento de ésta, la aplicación de la tecnología del DNA recombinante ha promovido el auge de la purificación y caracterización de alérgenos en los últimos años. La utilización de alérgenos recombinantes como reactivos para diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades alérgicas es considerada actualmente una estrategia avanzada para ayudar a controlar estas enfermedades (Valenta R, et al. 1999). En consecuencia, en los últimos años se ha observado un auge en la aplicación de la biotecnología en la producción de alérgenos.

Para producir los recombinantes en cantidades apreciables es importante contar con sistemas de alta eficiencia de expresión. La expresión de alérgenos en *Escherichia coli*, utilizando vectores de la serie pGEX (Pharmacia) ha sido eficiente y práctica para la producción de alérgenos de ácaros (Lynch NR, et al. 1997). Por otro lado, la expresión de los recombinantes en levadura o en otros sistemas eucariotes permite un mayor procesamiento de la proteína obteniéndola con las modificaciones post-traducción que ocurren en los sistemas eucarióticos y con una conformación más parecida a la nativa. Lo cual es determinante para que la proteína recombinante preserve la actividad biológica demostrada por la proteína nativa.

Los avances en la tecnología del DNA recombinante y la disponibilidad de programas y base de datos para comparar secuencias de aminoácidos y estructuras moleculares han permitido caracterizar y obtener nuevos alérgenos, como también sugerir y asignar funciones biológicas a muchos de ellos. El modelaje molecular también es una herramienta útil para descubrir funciones biológicas y para estudiar la relación estructura molecular/función biológica. El hallazgo de diversas funciones en los alérgenos ha tenido repercusiones importantes sobre: 1) un mejor conocimiento de su potencial alérgico o proinflamato-

torio, 2) el entendimiento de la reactividad cruzada entre alérgenos de orígenes muy diferentes, 3) la valoración del impacto alérgico de los alimentos modificados genéticamente y 4) la identificación y caracterización de nuevos alérgenos.

En una misma fuente de alérgeno se pueden encontrar alérgenos con las más diversas actividades biológicas. Por ejemplo, en los ácaros del género *Dermatophagoides* se han caracterizado más de una docena de alérgenos, la mayoría de ellos con actividad enzimática con diferentes especificidades por sustrato, otros probablemente ejercen una función reguladora como la tropomiosina (Thomas WR & Smith W, et al. 1998). La caracterización bioquímica de los alérgenos y su patrón de expresión en diferentes tejidos y organismos ha contribuido a un mejor diagnóstico de las enfermedades alérgicas; el concepto de pan-alérgeno, inicialmente propuesto por Valenta y su grupo en Austria para describir la reactividad cruzada presentada entre las profilinas presentes en polenes de diferentes especies de plantas, frutas y el humano, se ha planteado más recientemente para alérgenos presentes en distintas fuentes pero que tienen alguna función biológica común como las tropomiosinas y las proteínas que confieren resistencia a enfermedades en las plantas (Salcedo G, et al. 1999).

Los alérgenos recombinantes se han usado para estudiar las propiedades alérgicas de las fuentes de origen y para explorar su uso potencial en el tratamiento y diagnóstico de las alergias. Una de las líneas de investigación del Instituto de Investigaciones Inmunológicas de la Universidad de Cartagena es la obtención y caracterización de alérgenos recombinantes. Especialmente se investiga sobre el ácaro *Blomia tropicalis* dada la abundancia de este ácaro y de sus alérgenos en nuestro medio (Fernández-Caldas E, et al. 1993; Puerta L, et al. 1996). Esta especie de ácaro es un importante agente inductor de alergia en el trópico y subtropico (Puerta L, et al. 1993; Tsai J, et al. 1998).

En este artículo se presentan los trabajos de investigación que llevaron a describir por primera vez un alérgeno con propiedades de unión a ácidos grasos en un arácnido. También se presenta la obtención del recombinante en dos sistemas de expresión (bacteria y levadura) y los trabajos en curso tendiente a dilucidar la estructura antigénica de Blo t 13.

Metodología

Construcción de la biblioteca de cDNA. La biblioteca de cDNA se construyó, según se describe en (Caraballo

L, et al. 1996). En resumen; a partir de 1 gm de ácaros de *Blomia tropicalis* congelados se aislaron 1.9 mg de RNA total utilizando RNazol-B, del cual se obtuvieron 10 ug de RNA mensajero mediante adsorción a una columna de poli(dT). El cDNA fue sintetizado a partir de 5 mg de mRNA mediante el método de clonaje direccional. La primera cadena se sintetizó usando el primer Not I-dT18 y después de agregar los adaptadores para Eco R I, el cDNA con extremos Eco R I/Not I se ligó al fago lambda gt11D digerido con Eco R I/Not I. El DNA ligado se empacó en *E. coli* Y1090 y se sembró para producir una biblioteca de 3.5×10^4 recombinantes.

Aislamiento del clon de cDNA. La selección del clon reactivo se hizo por radioinmunoensayo de placas usando una mezcla de sueros de pacientes asmáticos adsorbidos con *E. coli*/Y1090. Los fagos se sembraron en cajas de petri, las placas de lisis se adhirieron a filtros de nitrocelulosa humedecidos en isopropyl-b-D-thiogalactopyranoside (IPTG). Luego los filtros se bloquearon con una solución al 10% de leche en polvo descremada y se lavaron en PBS/0,1%Tween-20 (PBST). Posteriormente se incubaron con la mezcla de sueros por la noche a temperatura ambiente. Luego de varios lavados en PBST e incubación con anti-IgE humana marcada con ^{125}I y se lavaron con PBST. Finalmente, los filtros se revelaron previa exposición a placa radiográfica durante 24 horas a -70°C . Los fagos con placas positivas se amplificaron mediante el método de lisado líquido (Sambrook J, et al. 1989).

Subclonaje del fago lambda gt11/inserto en un plásmido. Los insertos resultantes de digerir con las enzimas Eco R I y Not I el DNA del fago lambda correspondiente al clon identificado como Bt6 previamente purificado, se ligaron al vector pBlueScript (Stratagene), con este vector se transformó la *E. coli* XL1-Blue (Stratagene) de acuerdo a (Sambrook J, et al. 1989). Los clones fueron seleccionadas según el color en placas con medio LB (Luria-Bertani) conteniendo ampicilina/tetraciclina/X-gal/IPTG. Los clones recombinantes se confirmaron mediante análisis de restricción.

Secuenciación y análisis del DNA. La secuencia del cDNA del clon Bt6 subclonadas en pBlueScript, fue determinada secuenciando las dos cadenas por la metodología de PCR-dideoxy, basado en el método de terminación de cadenas por dideoxinucleótidos de Sanger (Murray V. 1989), con "Primer" internos y los "Primers" universales T3 y T7. La búsqueda de homologías con otras secuencias registradas en bases de datos se realizó usando los programas BLASTX, BLASTP y FASTA (Altschul SF, et

al. 1990), accedendo a National Center for Biotechnology Institute, vía internet.

Expresión en *E. coli*. Para la expresión en bacteria se usó el vector pGEX-4T3 (Pharmacia) según se describe en (Caraballo L, et al. 1997). En resumen; el inserto resultante de digerir con Eco R I y Not I el DNA del fago lambda correspondiente al clon Bt6 se ligó al vector pGEX-4T-3 y se transformó en *E. coli* BL21. La expresión de Bt6 como una proteína de fusión con la glutation S-transferasa (GST) se indujo con IPTG y la purificación de los lisados bacterianos se hizo en columna de glutation sepharosa siguiendo las indicaciones del Módulo de Purificación GST (Pharmacia Biotech). La digestión con trombina biberó la proteína recombinante Bt6 de 17 KD, la cual se recolectó de la columna después de elución. La producción de la proteína de fusión fue de 0,8 mg/l.

Reactividad contra IgE. La unión de la IgE a la proteína de fusión GST-Bt6 y a Bt6 se determinó por "immunoblotting", Radio Allergo Sorbent Test (RAST), radio-inmuno análisis de placa y dot-blot usando sueros de alérgicos. La GST obtenida a partir de la *E. coli* BL21 transformada con pGEX-4T-3 se usó como control negativo. Para el radio-inmuno análisis de placa el fago recombinante lambda gt11/Bt6 se sembró densamente y las placas se pasaron a filtros de nitrocelulosa previamente saturados con IPTG. Posteriormente se cortó el papel en pedacitos y cada uno de ellos se incubó con sueros individuales de 100 pacientes alérgicos a *B. tropicalis*. La IgE unida al alérgeno se detectó con anti-IgE humana marcada con ^{125}I (Kallestad Diagnostics Inc). El RAST se realizó en placas de microtitulación recubiertas con el recombinante, las cuales se incubaron con 100 ul de suero de alérgicos, con posterior incubación con 100 ul de anti-IgE humana marcada con ^{125}I . La radioactividad en cada pozo se determino en un contador gamma y los resultados se expresaron como la media del porcentaje de cuentas totales unidas (TCB). El RAST se consideró positivo cuando un suero mostraba más de 1% de las cuentas totales unidas (TCB).

La capacidad de unión a la IgE del recombinante en relación con el extracto nativo de *Blomia tropicalis* se evaluó mediante prueba de inhibición del RAST con *B. tropicalis* en la fase sólida y usando un suero con altos niveles de IgE específica contra *B. tropicalis* y Bt6. Las Placas de microtitulación recubiertas con extracto de *B. tropicalis* se incubaron con el suero previamente adsorbido con diferentes concentraciones de recombinantes, durante la noche. Como control negativo se usó GST en remplazo del recombinante. Después de varios lavados, la presen-

cia de IgE específica se detectó como se señaló arriba para el RAST. El porcentaje de inhibición se calculó así: % inhibición = cpm sin inhibidor - cpm con inhibidor / cpm sin inhibidor.

Determinación de la estructura secundaria. Usando concentraciones del recombinante de 1.0 mg/ml, se registró el espectro del Dicroísmo Circular de la proteína recombinante a 20° C en un espectropolarímetro JASCO J-600 en celdas de cuarzo. Para el análisis de la estructura secundaria se utilizó el programa CONTIN (Provencher SW. & Glockner J. 1981), sobre datos registrados en el rango de 240-200 nm.

Modelaje molecular. Se realizó una predicción de la estructura secundaria usando el programa Profile Network Prediction HeiDelBerg (PHD basado en el alineamiento de varias secuencias homólogas (Rost B. & Sander C. 1994). La estructura fue modelada generando una composición estructural a partir de estructuras con alto parentesco a la secuencia del clon Bt6 según el alineamiento generado con el programa SWISSMODEL (Guex N, & Peitsch MC. 1997); FABP muscular de la *Schistocerca gregaria* (código PDB: 1FTP), proteína de unión a lípidos del adiposo del ratón (1ACD), FABP muscular del humano (1HMR), la proteína de unión a lípidos del adiocito del ratón (1ABO) y una mutante de ésta (1ADL). El modelo fue analizado usando PROCHECK (Laskowski RA, et al. 1993).

Análisis de unión a ácidos grasos. Se realizó mediante espectro-fluorometría de unión a ligandos como se describe en (Puerta L, et al. 1999). Los espectros de emisión de fluorescencia fueron registrados a 20° C en un espectrofluorómetro (SPEX FluorMAX) en celdas de sílica de 2 ml. Como ligandos se usaron: ácido cis-Parinámico, ácido trans- Parinámico y los análogos de ácidos grasos fluorescentes: derivado dimetil amino naftalen sulfónico del ácido undecanoico (DAUDA), el derivado dansilado del ácido amino caprílico (DACA) y el derivado antroxilado del ácido esteárico (12AS). Además de trans-retinol, colesterol, dehidroergosterol y ácido oleico. La estequiometría de unión fue determinada por titulación con diferentes concentraciones de ácido cis-Parinámico o titulación competitiva entre la unión del ácido oleico y del ácido cis-Parinámico por el recombinante.

Expresión en *Pichia pastoris*. El clon Bt6, fue modificado mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para eliminar la secuencia 5' no codificadora. El producto de amplificación fue clonado en el vector para expresión en levadura pPIC9 (Invitrogen) y se obtuvo el plásmido pPIC9/Blo t 13. Luego, la cepa *E. coli* JM105

fue transformada con este plásmido. Las colonias transformadas fueron secuenciadas con los "Primers" alfa-factor (5'-TACTATTGCCAGCATTGCTGC-3') y 3' AOX1 (5'-GCAAATGGCATTCTGACATCC-3') usando el estuche de Sequenasa (Amersham Life Sciences).

El plásmido pPIC9/Blo t 13 fue linealizado por digestión con Sac I, el cual fue usado para transformar la cepa GS115 (his 4) de *Pichia pastoris* por el método de esferoplasto (*Pichia* Expression kit Version E). Las levaduras transformadas se analizaron por fenotipo de utilización del metanol en platos de medio mínimo en metanol (MM) y medio mínimo en dextrosa (MD). Varias colonias His⁺ Mut^s y His⁺ Mut^t fueron analizadas por PCR para confirmar la presencia del inserto de Blo t 13 y por electroforesis en poliacrilamida (SDS-PAGE) para la expresión del recombinante.

Para la obtención del recombinante Blo t 13, una colonia con el fenotipo His⁺ Mut^s fue seleccionada para la expresión en cultivo inducidos con metanol a 30° C por seis días en medio BMM según protocolo (*Pichia* expression Kit. Version E). La proteína fue purificada a partir del sobrenadante del cultivo, el cual fue dializado usando bolsa de diálisis de 8000 Da cutt of y separada en columna de Sephadex G-75, C25/100 eluida con PBS. Las fracciones de interés fueron mezcladas y la mezcla dializada y liofilizada. La concentración de proteína se determinó por el método de Bradford usando el estuche de Bio-Rad.

La reactividad contra IgE del recombinante expresado en levadura fue determinada mediante inmunoblotting y RAST como se describió arriba. La unión a ácidos grasos fue determinada mediante espectrofluorometría como se describió arriba usando los siguientes ligandos; DAUDA, ácido cis-Parinámico, ácido oleico y ácido anilinaftalen sulfónico (ANS). Se realizó un ensayo de competición por la unión al alergeno entre el monoclonal 5G3 específico para Blo t 13 y el ácido cis-Parinámico, para lo cual se realizó incubación del alergeno con diferentes concentraciones del monoclonal seguida de la determinación de la capacidad de unión al ácido cis-Parinámico y ácido oleico, mediante espectrofluorometría.

Producción de anticuerpos monoclonales. Se inmunizaron por vía subcutánea ratones hembras BALB/c con Blo t 13 producido en la levadura *P. pastoris*. Tres días antes de la fusión los ratones con los títulos más altos de anticuerpo se les administró vía intraperitoneal una nueva dosis del alergeno. Las células del bazo se fusionaron con células de mieloma usando polietilén glicol. Los híbridos productores de anticuerpos se clonaron me-

diante dilución limitante. Los anticuerpos del líquido ascítico se purificaron usando columna de Proteína A. El "screening" de los clones positivos se realizó mediante ELISA, con el recombinante pegado a placas de microtitulación. Los anticuerpos en los sobrenadantes de los híbridos se detectaron usando anti IgG de ratón conjugada a peroxidasa y reacción con OPD (orto-phenilen diamina). Se realizó inmunoblotting con Blo t 13 transferido sobre tiras de nitrocelulosa, las cuales se incubaron con los monoclonales purificados. Las bandas se detectaron usando anti-IgG de ratón conjugada con peroxidasa, el revelado se realizó con Diaminobenzidina (DAB).

Se analizó la unión de los monoclonales a Blo t 13 expresado en *Pichia pastoris* y expresado en *E. coli* mediante ELISA en placas de microtitulación cubiertas con el recombinante y usando anti IgG de ratón conjugada a peroxidasa.

Mutagénesis dirigida. Para analizar la estructura antigénica de Blo t 13 se diseñó generar mutantes con sustituciones de bases dirigida a alterar los codones codificadores de residuos de aminoácidos críticos para los perfiles hidropáticos, accesibilidad de residuos y movilidad de la molécula. Se identificaron usando el programa ProtScale a través de ExpASy Molecular Biology Server via Internet, los aminoácidos que al ser reemplazados provocaran cambios drásticos en dichos parámetros de tal manera que existiera una alta probabilidad de modificar potenciales sitios antigénicos (Bordo D, & Argos P. 1991; Jameson BA, & Wolf H. 1988). Para generar las mutantes se siguió el método de Mega Primer (Sarkar G, & Sommer S. 1990). Se diseñaron cinco "Primers" mutagénicos dirigidos a introducir sustituciones en los codones que llevaran a los siguientes cambios en la secuencia de aminoácidos: Mutante 1 (M1), reemplazo de K₆ por I₆ y reemplazo de K₈ por I₈; M 2, reemplazo de K₇₇ por M₇₇; M 3, reemplazo de K₈₅ por M₈₅; M 4, reemplazo de K₉₉ por I₉₉; y M 5, reemplazo de R₁₀₅ por I₁₀₅. El Primer externo 5' fue el alfa-factor y el 3' fue diseñado con sitio de restricción para Not 1. En cada ronda inicial de amplificación se usó un "Primer" externo y un "Primer" mutagénico. En la segunda ronda de amplificación se usó un fragmento amplificado en la primera reacción (Mega "Primer") y un "Primer" externo. En ambos casos el AND plantilla fue pPIC9/Blo t 13.

Los productos de la segunda amplificación fueron digeridos con Eco R 1 y Not 1 y subclonados en pGEX 4T3-1 digerido con Eco R 1 y Not 1, como se describió anteriormente. Este producto se utilizó para transformar la cepa de *E. coli* JM105.

Resultados y discusión

Secuencia de un nuevo alergeno. El análisis de la secuencia del clon Bt6, reveló un fragmento de 934 pb con una secuencia codificadora de 390 pb, un codón de iniciación ATG en la posición 38-40, un codón de terminación TAG en las posición 428-430, y una región no traducida de 505 pb en el extremo 3', con una señal de poliadenilación en los residuos 892 a 897. La proteína inferida de la secuencia codificadora reveló una molécula de 130 aminoácidos con peso molecular estimado de 14,8 KD. Se identificó una señal propia de las proteínas citosólicas que se unen a los ácidos grasos (FABP) en los residuos de aminoácidos 5-22. (Caraballo L, et al. 1996). La proteína codificada mostró una alta similitud con la secuencia de aminoácidos de unas proteínas de la familia de las FABP de diferentes orígenes (Tabla 1).

Este hallazgo constituyó la primera descripción de una proteína perteneciente a la familia de proteínas citosólicas que se unen a los ácidos grasos en arácnidos. Esta secuencia no mostró similitud con ninguna secuencia de alergeno descrita previamente. Fue registrada en la base de datos GeneBank en 1996 con el número de entrada U58106. Las proteínas intracelulares que se unen a ácidos grasos son proteínas con peso molecular de 14 a 16 KD y con una estructura bastante conservada. Participan en el depósito, transporte y metabolismo de los ácidos grasos y muestran un relativo grado de especificidad por tejidos. Dada la importancia biológica de esta familia de proteínas en la fuente de origen, quedó planteado el interrogante

Tabla 1. Similitud en la secuencia de aminoácidos entre Blo t 13 y otras proteínas citosólicas que se unen a los ácidos grasos. Según los resultados consultando alineamiento de secuencias con BASTPX.....

Proteína	% a.a	
	idénticos	positivos
FABP <i>Schistosoma mansoni</i>	40	58
FABM <i>Schistocerca gregaria</i>	40	62
FABP <i>Gallus galus</i>	40	61
FABP <i>Mus musculus</i>	42	58
H-FABP <i>Rattus norvegicus</i>	49	60
FABH <i>Bos taurus</i>	38	59
AFABP <i>Homo sapiens</i>	40	57

de la presencia de homólogos a Blo t 13 en otros ácaros y fuentes de alérgenos.

Alergenicidad de la proteína recombinante. La capacidad de unión a IgE determinada mediante análisis de placa del clon Bt6 con 100 sueros de alérgicos reveló que el 11% de los sueros reaccionaron con el recombinante expresado por el fago. Usando el recombinante expresado en *E. coli* como proteína de fusión a GST o el recombinante expresado en la levadura *Pichia pastoris* mediante RAST en un grupo de 86 alérgicos se obtuvo una frecuencia de 10.4 % con ambos productos. Usando sueros de asmáticos, identificamos previamente unos 25 componentes alérgicos en el extracto natural de *Blomia tropicalis* (Caraballo L, et al. 1994), los identificados en la región de 14-17 KD mostraron frecuencia de unión a IgE de 37-38 %. Aunque todavía no se ha logrado el aislamiento y purificación de alérgeno natural alguno de *B. tropicalis*, el clonaje molecular ha permitido identificar, además de Blo 13, dos alérgenos con un peso molecular en este rango, los cuales han mostrado una mayor frecuencia de unión a IgE que Blo t 13. (Arruda et al. 1996; Caraballo et al. 1998; Puerta L, et al. 1996). El aislamiento y purificación del equivalente nativo de dichos recombinantes ayudaría a clarificar estos resultados.

Estudios funcionales. La capacidad de unión a los ácidos grasos se puede determinar experimentalmente mediante análisis espectrofluorométricos de unión a ligandos usando como sondas ácidos grasos con capacidad de fluorescencia. Estas sondas muestran un aumento en la intensidad de fluorescencia y desplazamiento de la longitud de máxima intensidad de fluorescencia al acoplarse a la proteína.

El ácido cis-Parinarico, ácido graso poli-insaturado y fluorescente, experimentó un aumento en la intensidad de fluorescencia al agregarse el alérgeno Blo t 13. Efecto que fue revertido competitivamente por adición del ácido oleico, un ácido graso no fluorescente. Un hallazgo curioso fue que Blo t 13 mostró una especificidad por ácidos grasos un poco restringida dirigida solamente al ácido cis-Parinarico, trans-Parinarico y ácido oleico. El recombinante expresado en *E. coli* no fue capaz de unirse al ácido retinoico, retinol, colesterol, ácido dimetilaminonaptalen sulfónico undecanoico (DAUDA), al derivado dansilado del ácido aminocaprílico (DACA) ni al derivado 12-(9-antrhroyloxy) del ácido esteárico (12AS), (Tabla 2). Los experimentos de titulación revelaron que Blo t 13 se une con alta afinidad con el ácido cis-Parinarico y el ácido oleico con constantes de disociación (Kd) de 1.31×10^{-6} y 4.6×10^{-8} M respectivamente. Igualmente, la relación molar proteína/ligando fue de 1:1, como en la mayoría de las FABPs (Banazack et al. 1994).

Tabla 2. Especificidad por ácidos grasos del alérgeno Blo t 13, FABP muscular y hepática de ratón (Banazack L, et al 1994) y el alérgeno del *Ascaris suum*, ABA 1 (Kennedy M, et al. 1995).

Especificidad por ácidos grasos del alérgeno Blo t 13				
LIGANDO	Blo t 13	A-FABP	L-FABP	ABA-1
A. Cis- Parinarico	+	+	+	
Acido oleico	+	+	+	+
DAUDA	-	-	-	+
DACA	-	-	-	+
Retinol	-	-	+	+
Dehidroergosterol	-			
Colesterol	-			
A. grasos antroxilados	-	+	+	+
A. retinoico	-	+	+	+

No sabemos si esta especificidad restringida es indicativa de diferencias de especie debido a diferencias en el metabolismo de los lípidos en diferentes tejidos y órganos como resultado de diversidad ecológica. Puede ser también que la cavidad que alberga el ácido graso no sea lo suficientemente abierta para acomodar derivados antroxilados ni dansilados.

Análisis estructural. El espectro del DC del recombinante Blo t 13 mostró un mínimo a 217 nm y un máximo a 198 nm, lo cual es consistente con la presencia de componentes en pliegues β y α -hélices (Figura 1). El

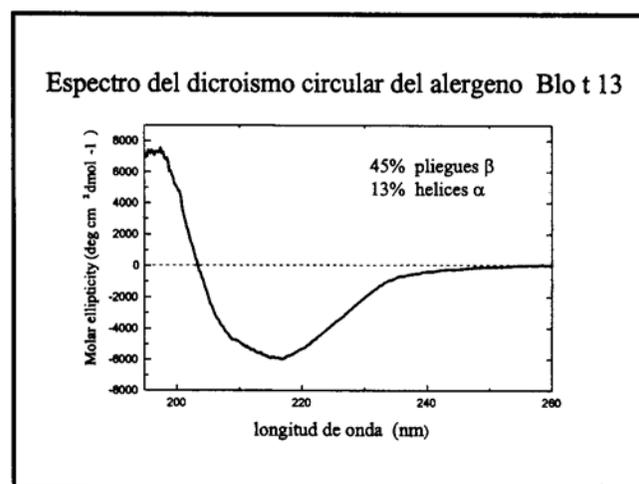


Figura 1. La determinación de la estructura secundaria del alérgeno Blo t 13 mediante dicroísmo circular, mostró un espectro característico de una molécula con estructura mayormente beta y algo de composición en alfa hélices

análisis de los resultados experimentales usando el programa CONTIN suministró un estimado de 13 % en alfa-hélices y 45 % en pliegues beta valores similares a los arrojados en la predicción con el programa PHD y común en la familia de proteínas que se unen a los lípidos (Banaszack L, et al. 1994).

Con base en las coordenadas atómicas obtenidas experimentalmente de las estructuras tridimensionales de FABPs del humano, insecto y ratón similares a Blo t 13, se construyó un modelo de la estructura tridimensional del Blo t 13, el cual se ajusta bastante a la estructura característica de las FABP; 10 cadenas β organizadas en dos pliegues β conformando un barril y dos α hélices cortas ubicadas en la puerta de entrada a la cavidad (Figura 2). El mejor modelo de la estructura tridimensional de Blo t 13 modelada con SwissModel fue chequeado por PROCHECK, el cual arrojó un 90.5 % de los residuos de aminoácidos en la región más favorecida, 8.6 % en regiones adicionales permitidas y 0.9 en regiones no permitidas, la cual correspondió al aminoácido Asp 120, el cual en el modelo reside en un loops de tal manera que es improbable que afecte la fidelidad de la estructura predicha.

El parentesco estructural de Blo t 13 con otras proteínas citosólicas que transportan lípidos es alto. Sin embargo, la capacidad alergénica de FABP de insectos, humano y ratón no ha sido examinada. Por lo tanto, Blo t 13 es un buen modelo para estudiar la relación estructura molecular/ alergenicidad. En el nemátodo *Ascaris suum* se conoce un alergen que tiene la propiedad de unirse a

los ácidos grasos y al retinol. Este alergen presenta un espectro de especificidad por ligandos lípidos más amplio que el de Blo t 13, no comparte homología en las secuencias con Blo t 13 y estructuralmente no es homólogo a las FABP (Kennedy M W, et al. 1995).

La Organización Mundial de Salud, a través del comité de nomenclatura de alérgenos, le asignó al alergen expresado por el clon Bt6 la denominación de Blo t 13. Este alergen junto con el alergen Blo t 12 (Puerta L, et al. 1996) también registrado por el grupo del Instituto de Investigaciones Inmunológicas, ampliaron el abanico de nuevos alérgenos de ácaros caracterizados y disponibles a la comunidad científica. Blo t 12 no tiene función biológica conocida y todavía no se le ha hallado un homólogo en otras especies de ácaros, por lo cual sigue siendo el único representante del grupo 12 de los alérgenos de los ácaros. De otra parte, la tecnología del DNA recombinante ha permitido encontrar recientemente un alergen homólogo a Blo t 13, en las especies *Acarus siro* y *Lepidoglyphus destructor*. Estos homólogos tienen 65 y 78 % de identidad en la secuencia de aminoácidos con el alergen identificado en *B. tropicalis*, respectivamente. (Eriksson T, et al. 1999; Erikson T, et al. 2000). Resultados preliminares con un monoclonal específico para Blo t 13 indican que un antígeno homólogo a este también está presente en el ácaro *Dermatophagoides siboney* (Alexis Labrada, Biocen-Cuba, comunicación personal), (Tabla 3). Teniendo en cuenta la función que representan las FABPs en la fuente de origen y que tienen una estructura molecular bastante conservada, es de esperar que alérgenos homólogos a Blo t 13 se encuentren no solo en otras especies de ácaros sino también en otras fuentes animales de alérgenos. También es probable que las FABP representen una familia de alérgenos, como las lipocalinas y tropomiosinas. Su identificación y caracterización ayudaría además, a explicar muchos casos de reactividad cruzada.

Producción en diferentes sistemas de expresión. Al obtener alérgenos recombinantes, siempre se plantea el interrogante de qué tan representativo es del alergen nativo desde el punto de vista estructural y funcional. Para alérgenos con alguna función biológica su conformación espacial y grado de enrollamiento es muy importante. La expresión de recombinantes en eucariotas ofrece la posibilidad de obtener la proteína en una conformación más parecida a la que tendría la equivalente natural, y por lo tanto una mayor posibilidad que refleje realmente la función biológica de la proteína natural. La anterior razón y la búsqueda de sistemas de expresión más eficientes para obtener cantidades apropiadas del alergen para

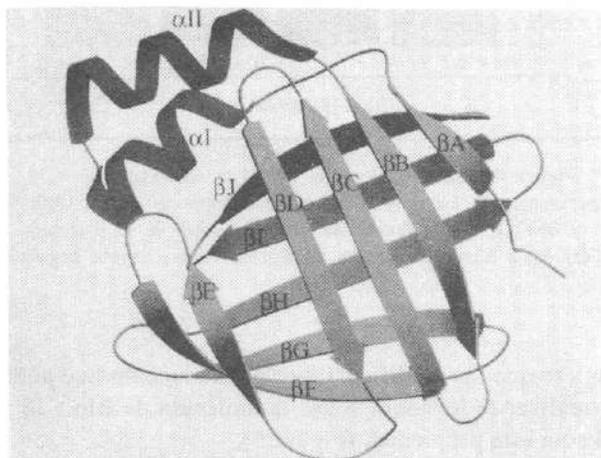


Figura 2. Modelo estructural de Blo t 13. Creado usando SwissModel, basado en una composición generado con cinco estructuras con alta similitud a Blo t 13. Tomado con permiso de Puerta et al 1999.

Tabla 3. Los alérgenos de los ácaros del grupo 13 pertenecen a la familia de proteínas citosólicas que unen ácidos grasos. Gracias al clonaje molecular, se han podido caracterizar tres de ellos. E del *Dermatophagoides siboney* se ha identificado en inmunoblott mediante el uso de un monoclonal contra Blo t 13.

ALERGENOS HOMOLOGOS CON LAS PROTEINAS QUE UNEN ACIDOS GRASOS				
alergeno	KD	reactividad	unión a ácidos grasos	descrito
Blo t 13	14.8	11 % (10/87)	+	Int Arch Allergy Immunol 1997;112:341-347
Aca s 13	15	23% (3/13)	ND	Int Arch Allergy Immunol 1999;119:275-281
Lep d 13	14.7	ND	ND	J Allergy Clin Immunol 2000;105:S229
<i>D. siboney</i>	16	ND	ND	comunicación personal (CUBA)

futuras investigaciones nos llevó a clonar Blo t 13 en la levadura *Pichia pastoris* (Puerta L, et al. 1999).

Con el plásmido pPIC9/Blo t 13 se logró una eficiencia de transformación de 40 colonias/ μ g de DNA. Se obtuvieron varias colonias con el fenotipo His⁺ Mut^s y His⁺ Mut⁺. El recombinante fue secretado al medio de cultivo, con pocas proteínas propias de la levadura y se logró la producción más alta al sexto día del cultivo inducido con metanol (Figura 3). El rendimiento en la producción fue de 60 mg de proteína por litro de cultivo. Nosotros hemos encontrado este sistema de expresión también eficiente para producir el alérgeno Blo t 12 (Sanjuan H, et al. 1998). Al comparar el patrón de reactividad del recombinante producido en *E. coli* con el producido en *P. pastoris* usando sueros de pacientes alérgicos a *Blomia tropicalis*, el recombinante expresado en *Pichia* mostró la misma frecuencia de unión a IgE que el recombinante expresado en *E. coli* (10.4 %). Los niveles de IgE del recombinante expresado en *P. pastoris* fueron significativamente mayores a los niveles de IgE con el recombinante expresado en *E. coli* después de la eliminación de la GST (Figura 4). Lo cual sugiere una mayor afinidad del alérgeno obtenido en *Pichia pastoris*.

Análisis de unión a ligandos mostró que Blo t 13 expresado en *P. pastoris* se unió al ácido cis-Parinárico y al ácido oleico, no se unió a DAUDA. Esto indica que el recombinante obtenido en los dos sistemas de expresión tienen las mismas propiedades de unión a ácidos grasos y

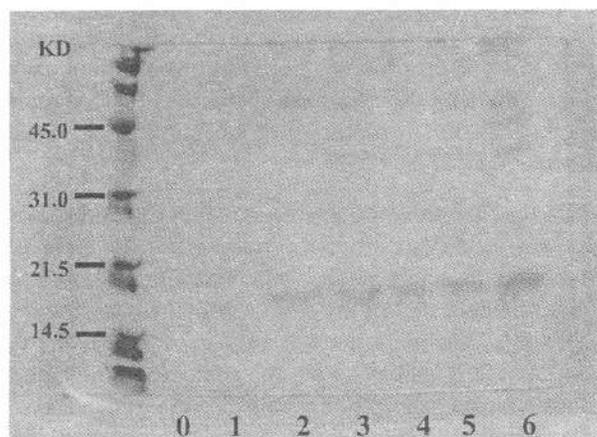


Figura 3. Gel de poliacrilamida. Muestras de sobrenadante recogidas antes (0) y al 1, 2, 3, 4, 5 y 6 día de inducción de un cultivo de *Pichia pastoris* Mut^s transformada con pPIC9/Blo t 13. La mayor producción del alérgeno recombinante (16KD) se logró al sexto día de inducción con metanol.

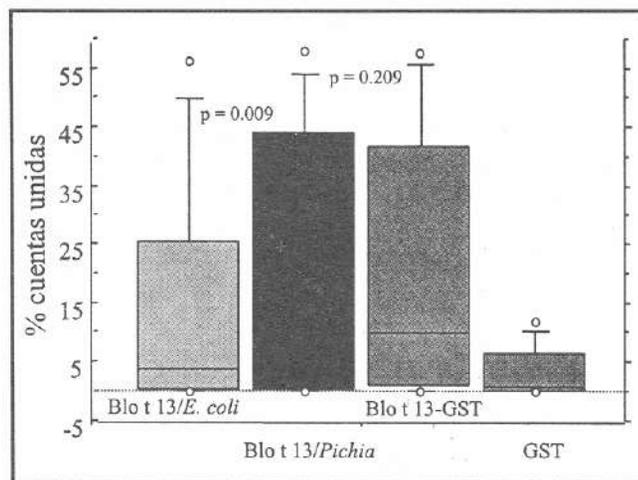


Figura 4. Reactividad contra IgE el recombinante Blo t 13 expresado en *Pichia pastoris* y en *Escherichia coli* (Blo t 13/*E. coli* y Blo t 13-GST). Prueba de RAST en suero de 12 pacientes alérgicos a *Blomia tropicalis*. GST usado como control negativo.

sugiere que las modificaciones postraduccion que pudiera realizar la levadura sobre la molécula de Blo t 13 no afectan esta propiedad. (Figura 5).

El alérgeno Blo t 13 presenta una frecuencia de reactividad del 11 % y Aca s 13 del 23 %. Aunque esta frecuencia es baja, para el caso de Blo t 13 algunos pacientes responden fuertemente a este alérgeno (Caraballo

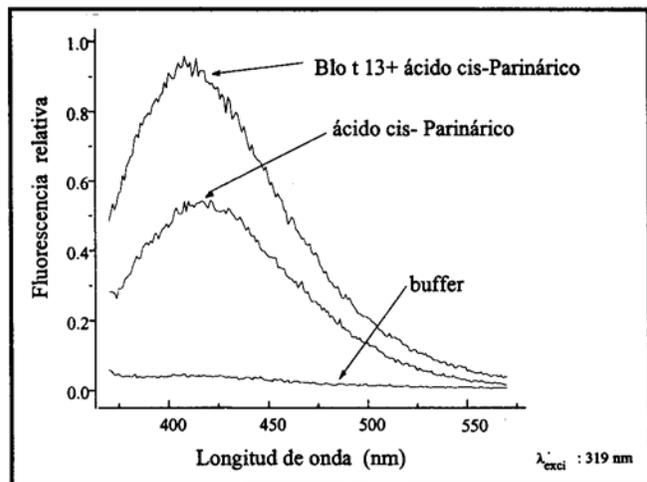


Figura 5. Espectro de fluorometría del experimento de unión a ligando. La unión del alergeno está indicada por el incremento en la intensidad de fluorescencia del ácido cis-Parinámico al mezclarlo con Blo t 13.

L, et al. 1996). La baja frecuencia de reactividad en estos alérgenos merece algunas consideraciones; a) probablemente el equivalente natural del alergeno homólogo a las FABPs no se encuentra en grandes cantidades en el extracto alérgico lo que no ha facilitado su detección y aislamiento en otras especies de ácaros y pudiera explicar en parte, la baja frecuencia de sensibilización hasta ahora conocida; b) el hecho que estas proteínas estén limitadas al espacio intracelular también pudiera estar influyendo en esto, por ejemplo, la ubicación en el espacio extracelular y presencia en los fluidos de secreción de las lipocalinas, otras proteínas que unen ligandos lipídicos, ha sido señalada como uno de los factores contribuyentes a su alta frecuencia de sensibilización en alérgicos a los mamíferos (Arruda LK, et. al. 1995); y c) también hay que considerar el papel que juega la unión al ligando lipídico el cual pudiera estar influenciando en su capacidad atigénica. Por ejemplo, en los alérgenos que se unen al calcio la unión a éste es importante para la actividad alérgica, y la molécula unida al calcio adopta una conformación bastante diferente (Valenta R, et. al. 1998).

Estudios con los monoclonales. Dos anticuerpos monoclonales específicos contra Blo t 13 fueron generados, 5G3 y 3G4, los cuales reconocieron en immunoblotting con el material usado como antígeno, el componente de 16 KD correspondiente al alergeno recombinante. En los ensayos de ELISA el alergeno expresado en *P. pastoris* mostró una gran reactividad. Sin embargo, la reactividad con el recombinante producido

en *E. coli* fue solo ligeramente superior a la obtenida con el control ligativo.

Con el fin de evaluar si el sitio de unión a ligandos lípidos hace parte de los sitios antigénicos, se usó el anticuerpo monoclonal 5G3 específico contra Blo t 13, en un análisis competitivo de unión con el ácido cis-Parinámico. El monoclonal no inhibió la unión del ácido cis-Parinámico ni del ácido oleico al alergeno Blo t 13, lo cual sugiere que los sitios antigénicos no hacen parte ni interfieren con el sitio de unión a ligandos (Figura 6). Hay que realizar estudios de inhibición de unión a ligandos con IgE específica a Blo t 13, lo cual informaría si la unión a los lípidos es incompatible con la unión a la IgE.

La disponibilidad de los dos anticuerpos monoclonales es de gran utilidad para estudios inmunológicos y su relación con otras moléculas de función similar o relacionada. En efecto, datos preliminares indican que el monoclonal 5G3 es capaz de reconocer un componente de 16 Kd en el extracto natural del ácaro *Dermatophagoides siboney*.

Mutagénesis dirigida. Mediante la mutagénesis se pueden generar modificaciones en la estructura de los recombinantes y probar la actividad antigénica de los mutantes frente a sueros de pacientes alérgicos, Clonas de Linfocitos T y anticuerpos monoclonales. Por esta vía se puede llegar a establecer, los requisitos estructurales (epitopes T y B) de la molécula de alergeno, para su participación en la respuesta alérgica. Los experimentos de mutagénesis llevan más específicamente a la determina-

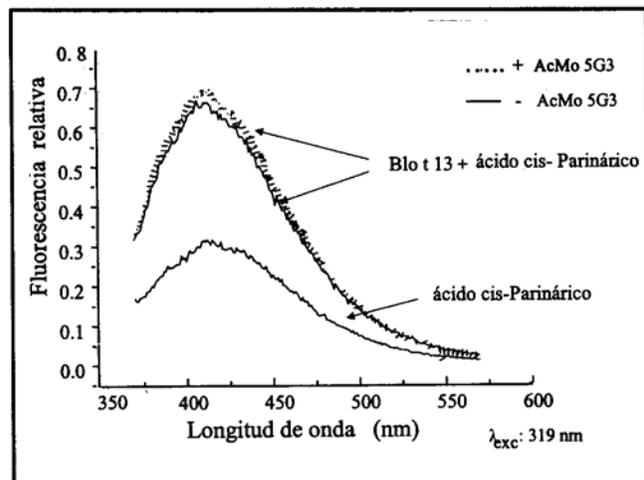


Figura 6. Espectro de fluorescencia del análisis competitivo por unión a ligando. El patrón de fluorescencia del alergeno unido al ácido cis-Parinámico no se modifica cuando ha sido incubado previamente con el monoclonal 5G3.

ción de residuos críticos para el reconocimiento de los epitopes y a la obtención de nuevos recombinantes con propiedades inmunogénicas distintas a la molécula original. Siguiendo el método de "Megaprimer", se han obtenido tres clones de Blo t 13 con probables modificaciones en residuos críticos para la conformación y actividad antigénica del alérgeno. Uno de los clones mutantes ha sido expresada en *E. coli* usando el vector pGEX 4T3-1.

En cultivo líquido inducido con IPTG el producto de la mutante M3 se ha obtenido como proteína de fusión unida a GST en rendimiento comparable al clon silvestre (Figura 7). Están en curso análisis de secuenciación para confirmar la modificación introducida, inmunoblotting para confirmar la reactividad contra IgE y pruebas de RAST para estimar su potencia alérgica frente a una batería de sueros de pacientes alérgicos.

En conclusión, Un alérgeno del ácaro *Blomia tropicalis*, Blo t 13, obtenido mediante clonaje del DNA complementario tiene una alta similitud con proteínas que se unen a ácidos grasos (FABP) de diferentes orígenes como rata, ratón, insecto y el humano. El hallazgo de Blo t 13, en *Blomia tropicalis* fue la primera descripción de una proteína de ésta naturaleza en arácnidos y con propiedades alérgicas. Recientemente, alérgenos homólogos a Blo t 13 han sido identificados mediante clonaje molecular, en otras especies de ácaros. La expresión del recombinante en la levadura *P. pastoris* resultó

apropiada para obtener una molécula con sus propiedades biológicas y aumentar el rendimiento de la producción. Los alérgenos con actividad de unión a ácidos grasos probablemente representan una familia de alérgenos con propiedades biológicas bien definidas cuya identificación y caracterización en otras fuentes ayudaría a explicar las bases moleculares de las alergias.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo y colaboración de: Colciencias, Asthma and Allergy Center (John Hopkins University -USA), Division of Infection and Immunity (University of Glasgow- Escocia), Centro Nacional de Biopreparados (BIOCEN, Cuba) e Instituto de Investigaciones Inmunológicas de la Universidad de Cartagena, Colombia.

Referencias

- Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, & Lipman DJ. 1990. Basic Local Alignment Search Tool. *Mol. Biol.* 215, 403-410.
- Arruda LK, Vailes LD, Hayden ML, Benjamn DC, & Chapman MD. 1995 Cloning of cockroach allergen, Bla g 4, identifies ligand binding proteins (or calycins) as a cause of IgE Antibody responses. *J Biol Chemistry* 270:31196-31201.
- Arruda LK, Vailes L, Platts-Mills T, Fernández-Caldas E, Montealegre F, Lin K, Chua KY, Rizzo M, Nasplitz C & Chapman M. 1997. Sensitization to *Blomia tropicalis* in patients with asthma and identification of allergen Blo t 5. *Am J Resp Crit Care Med* 155:342-350.
- Banaszak L, Winter N, Xu Z, Benlohr DA, Cowan, S, & Jones, TA. 1994. Lipid-Binding proteins: A family of fatty acid and retinoid transport proteins. *Adv. Protein. Chem.* 45, 89-151.
- Bordo D. & Argos P. 1991 Suggestions for "Safe" residue substitutions in site-directed mutagenesis. *J. Mol Biol* 217:721-729.
- Caraballo L, Avjioglu A, Marrugo J, Puerta L, & Marsh D. 1996. Cloning and expression of complementary DNA coding for an allergen with common antibody binding specificities with three allergens of the house dust mite *Blomia tropicalis*. *J Allergy Clin Immunol.* 98:573-579.
- Caraballo L, Mercado D, Jimenez S, Moreno L, Puerta L, & Chua KY. 1998 Analysis of the cross-reactivity between BtM and Der p 5, two group 5 recombinant allergens from *Blomia tropicalis* and *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Int Arch Allergy Immunol.* 117:38-45.
- Caraballo L. Puerta L, Jiménez S, Martínez B, Mercado D, Avjoiglu A, & Marsh D. 1997. Cloning and IgE Binding of a Recombinant Allergen from the Mite *Blomia tropicalis*, Homologous with Fatty Acid-Binding Proteins. *Int Arch Allergy Immunol.* 112:341-347.
- Caraballo L, Puerta L, Martínez B, & Moreno L. 1994. Identification of allergens from the mite *Blomia tropicalis*. *Clon Exp Allergy* 24:1056-1060.

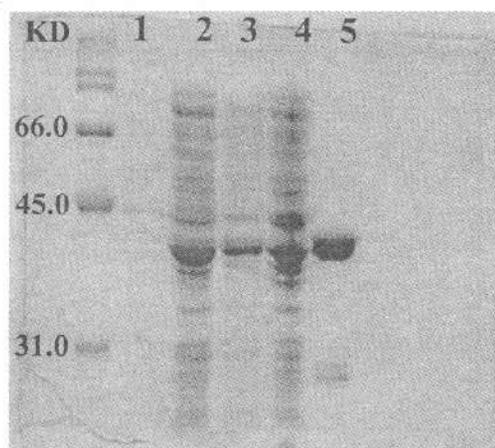


Figura 7. Electroferis en poliacrilamina. Análisis de la expresión de proteína de la mutante M3 de Blo t 13 expresado como proteína de fusión unida a GST. 1. muestra no inducida; 2 y 3. Sobrenadante de primer sonicado de cultivo inducido con IPTG; 3 Sobrenadante de segundo sonicado; 4. Pellet del sonicado del inducido; 5. Blo t 13/GST no mutado.

- Creg JM, Vedvick TS, & Raschke WC. 1993 Recent advances in the expression of foreign genes in *Pichia pastoris*. *Bio/Technology* 1993;11:905-910.
- Eriksson T, Whitley P, Johansson E, van Hage-Hamsten M, & Gafvelin G. 1999. Identificación and Characterization of two allergens from the dust mite *Acarus siro*, homologous with fatty acid-binding proteins. *Int Arch Allergy Immunol* 119:275-281.
- Erikson T, Rasool O, Whitley P, Cramer R, & van Hage-Hamsten M. 2000. Cloning of two allergens from the dust mite *lepidoglyphus destructor* using phage display technology. *J Allergy Clin Immunol* 105: S229
- Fernández-Caldas E, Puerta L, Mercado D, Lockey RF, & Caraballo L. 1993. Mite fauna, Der p 1, Der f 1, and *Blomia tropicalis* allergens levels in a tropical environment. *Clin Exp Allergy* 23:292-297.
- Guex N, & Peitsch MC. 1997. SWISS-MODEL and the Swiss-PdbViewer: An environment for comparative modelinling. *Electrophoresis* 18:2714-2723.
- Jameson BA & Wolf H. 1988 The antigenic index: a novel algorithm for predicting antigenic determinants *Cabios* 4:181-186.
- Kennedy M W, Brass A, McCrudden BA., Price NC, Kelly SM, & Cooper A. 1995. The ABA-1 allergen of the parasitic nematode *Ascaris suum*: Fatty acid and retinoid binding function and structures characterization. *Biochemistry*. 34:6700-6710.
- Laskowski RA, MacArthur MW, Moss DS, & Thornton JM. 1993. PROCHECK: A program to check the stereochemical quality of protein structures. *J Appl Cryst*:26:283-291.
- Lynch NR, Thomas WR, Garcia NM, Di Prisco MC, Puccio FA, Lopez R, Hazell L, Shen HD, Lind KL, & Chua KY. 1997. Biological activity of recombinant Der p 2, der p 5 and Der p 7 allergens of the house-dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Int Arch Allergy Immunol* 114:59-67.
- Murray V. 1989. Improved double-stranded DNA sequencing using the linear polymerase chain reaction. *Nucleic Acids Res.* 17:8889
- Provencher SW, & Glockner J. 1981. Estimation of globular protein secondary structure from circular dichroism, *Biochemistry* 20: 33-37.
- Puerta L, Fernández-Caldas E, Lockey RF, & Caraballo L. 1993. IgE to six mites species in Cartagena Colombia. *J. Invest Allergology Clin Immunol* .3:198-204.
- Puerta L, Fernández-Caldas E, Mercado D, Lockey R, & Caraballo L. 1996. Sequential determinations of *Blomia tropicalis* allergens in mattress and floor dust samples in a tropical city. *J. Allergy Clin Immunol.* 97:689-691.
- Puerta L, Caraballo L, Fernández-Caldas E, Avjioglu A, Marsh D, Lockey R, & Dao M. 1996. Nucleotide sequence analysis of a cDNA coding for a *Blomia tropicalis* allergen. *Allergy Clin Immunol.* 98:932-937.
- Puerta L, Malcolm K, Jimenez S, & Caraballo L. 1999. Structural and Ligand Binding Analysis of Recombinant Blot 13 allergen from *Blomia tropicalis* mites, a Fatty Acid Binding Protein *Int Arch Allergy Immunol.*:119:181-184.
- Puerta L, Jimenez S, Lagares A, & Caraballo L, 1999. High-level expression of the *Blomia tropicalis* allergen Blo t 13 in *Pichia pastoris*. *J. Allergy Clin Immunol*;103:S185)
- Rost B, & Sander C. 1994. Combining evolutionary information and natural network to predict protein secondary structure. *Proteins.* 19:55-72
- Sander C, & Schneider R. 1991. Database of homology-derived proteins structure and the structure meaning of sequence alignment, *Proteins.* 9, 56-68.
- Salcedo G, Diaz-Perales A. & Sanchez-Monge R. 1999. Fruit allergy: plant defence proteins as novel potential panallergens. *Clin Exp Allergy.* 29:1158-1160.
- Sambrook J, Fritsch F, & Maniatis T. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory 2:67-98.
- Sanjuan H, Puerta L, & Caraballo L. 1998. Expression of a *Blomia tropicalis* allergen in the yeast *Pichia pastoris*. *J Allergy Clin Immunol* 101:S155.
- Thomas WR, & Smith W. 1998. An update on allergens. House-dust-mite allergens. *Allergy* 1998;53:821-832.
- Tsai J, Wu H, Shen H, Hsu E, & Wang AS. 1998. Sensitization to *Blomia tropicalis* among asthmatic patients in Taiwan. *Int Arch Allergy Immunol* 115:144-149.
- Sakar G, & Sommer S. 1990. The "mega" Primer method of site-directed mutagenesis. *Biotechniques* 8:404-407.
- Valenta R, Hayek B, Seiberler S, Bugajaska-Schretter, Niederberger V, Twardosza, Natter S, Vangelista L, Pastore A, Spitzauer S, & Kraft D. 1998. Calcium-Binding Allergens: From Plants to man. *Int Arch Allergy Immunol.* 117:160-166.
- Valenta R, Lidholm J, Niederberger V, Hayek B, Kraft D, & Gronlund H. 1999 The recombinant allergen-based concept of component-resolved diagnostics and immunotherapy (CRD and CRIT) *Clin Exp Allergy* 29:896-904.

LOS ASERTOS DE CONCLUSIONES PÚBLICAS EN EL COLEGIO DEL ROSARIO DURANTE LA ÉPOCA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL 1826-1842*

por

María Clara Guillén de Iriarte**

Resumen

Guillén de Iriarte, M.C.: Los asertos de conclusiones públicas en el Colegio del Rosario durante la época de la Universidad Central, 1826-1842. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 25(94): 89-104, 2001. ISSN 0370-3908.

La Universidad Central de Cundinamarca, fundada en 1826 por el vicepresidente Francisco de Paula Santander, con base en el plan de estudios elaborado por don Francisco Antonio Moreno y Escandón a finales del siglo XVIII, fue el primer intento por crear y consolidar la universidad pública en Colombia. Sin embargo, esto no se hizo realidad, dado que las clases universitarias se siguieron dictando en los colegios y la universidad pública se redujo a una oficina encargada de otorgar títulos, tal como había sido en la época colonial la Universidad de Santo Tomás. Se dan a conocer aspectos desconocidos sobre lo que fue el sistema universitario en torno de los grados y de los asertos de conclusiones públicas.

Palabras clave: Colombia, Universidad Pública, Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Asertos.

Abstract

The Central University of Cundinamarca, founded in 1826 by Vicepresident Francisco de Paula Santander, based on the plan of studies developed by Don Francisco Antonio Moreno y Escandón at the end of the 18th century, was the first attempt to form a public university in Colombia. However, this proved unsuccessful because university classes continued to be taught by high schools and the public university was reduced to an office granting titles, as had been the fate of Santo Tomás University in the colonial era. This paper brings to light unknown aspects of what was the university system in this era.

Key words: Colombia, Public University, Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, assertions.

* Este trabajo forma parte una investigación que se está llevando a cabo sobre la Universidad Central y fue presentado en el Séptimo Congreso Internacional sobre Universidades Hispánicas en la sede de la Universidad Carlos III celebrado del 16-18 de noviembre de 2000 en Madrid. España.

** Miembro correspondiente de la Academia Colombiana de Historia.

La Colonia

Durante la época colonial el territorio correspondiente al Nuevo Reino de Granada no contó con una universidad pública de estudios generales como sí tuvieron otras ciudades en el denominado Nuevo Mundo, tales como Santo Domingo, México y Lima.

Sin embargo, la corona española concedió el permiso de ser universidad, es decir facultad para otorgar grados en facultades mayores en la ciudad de Santafé capital del Nuevo Reino de Granada, a las comunidades de Dominicos y Jesuitas "*se dio el nombre de universidad en ambas religiones a este permiso, formando claustro los que en cada uno se graduaban, gozando por declaración real estos grados los mismos privilegios que los concedidos en las universidades mayores de España*"¹

El convento de los Dominicos, fundado en 1580 fue declarado universidad particular a partir de 1626 y la Academia Javeriana de los Jesuitas fundada en 1623 ostentó el derecho de ser universidad a partir de 1707.

Esta categoría de universidad particular les daba el derecho a estas dos órdenes religiosas de graduar, no solamente a los miembros de las respectivas comunidades sino además a los alumnos de los colegios seculares que tuvieran facultades mayores. Los grados que otorgaban tenían la misma validez que los títulos otorgados en España, Santo Domingo, México, o Lima, de bachiller, licenciado, maestro y doctor.

Pero "*Faltaría tiempo aún para apuntar los graves daños, fatales consecuencias y lamentables perjuicios que al Estado, bien del reino y causa pública se ocasionan con este método.*"² como anotó el 9 de mayo de 1768 el Fiscal Protector de Indios de la Real Audiencia del Nuevo Reino de Granada don Francisco Antonio Moreno y Escandón, cuando elaboró el primer proyecto para la creación de la universidad pública de estudios generales³ el cual había presentado a la Junta General de Aplicaciones.

Propuso entonces la creación en Santafé de una Real Universidad Pública de Estudios Generales "*con prerrogativas de Mayor, bajo las mismas reglas con que se criaron las universidades de Lima y México.*"⁴

Porque hasta la fecha, las facultades mayores de filosofía, teología, los dos derechos y medicina, se enseñaban en los dos colegios de Santafé, la capital. Los colegios eran, en primer lugar el Colegio Seminario de San Bartolomé fundado por el Arzobispo Bartolomé Lobo Guerrero en 1605, el cual estuvo bajo la dirección de los Jesuitas hasta el año de 1767, cuando Carlos III de España expulsó a la comunidad de los reinos españoles. De ahí en adelante fue declarado colegio real.

En segundo lugar el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario fundado por el arzobispo Don Cristóbal de Torres y Motones en 1653, hijo del Colegio Mayor del Arzobispo en Salamanca, puesto que tenía su propia autonomía, no pertenecía ni a la corona ni a la iglesia y era regido por sus propias constituciones.

Los bartolinos concurrían a graduarse a la Universidad Javeriana y los rosaristas a la Universidad de Santo Tomás de Aquino. A partir de 1767 después de la expulsión de los Jesuitas la Universidad Tomista fue la única que conservó el derecho de otorgar títulos universitarios.

Sobra decir que no había unidad entre los dos colegios; cada uno poseía sus propias constituciones o estatutos, y seguía su propio pensum, de manera independiente. Es más, pleiteaban continuamente por la obtención de honores reales y cada uno alegaba ser más importante que el otro; el de San Bartolomé pregonaba su antigüedad y el Rosario el ser un Colegio Mayor de estatuto donde se practicaban rigurosas pruebas de hidalguía para su ingreso, a imagen de los colegios mayores españoles.

Mientras llegaba el permiso real para fundar la universidad pública, el fiscal Moreno redactó lo que el llamó el "*Método provisional e interino de estudios que han de observar los colegios de Santafé y hasta tanto no se erige universidad pública.*" el cual fue aprobado por la Junta Superior de Aplicaciones el 22 de septiembre de 1774 en acta firmada por el virrey don Manuel de Güirior y los demás miembros de la junta.⁵

En ese nuevo plan de estudios la Universidad de Santo Tomás conservó el privilegio de seguir confiriendo grados académicos pero bajo la estricta dependencia del gobierno "*a quien incumbe como asunto público, en que se interesa la felicidad del reino, prescribir las reglas oportunas para formalizar las enseñanzas como en España se ha ejecutado en sus universidades*"⁶

1 HERNÁNDEZ DE ALBA, Guillermo. *Documentos para la Historia de la Educación en Colombia*. Bogotá: Kelly, 1980 Tomo IV. Pág. 27

2 *Ibíd* Págs-26-34

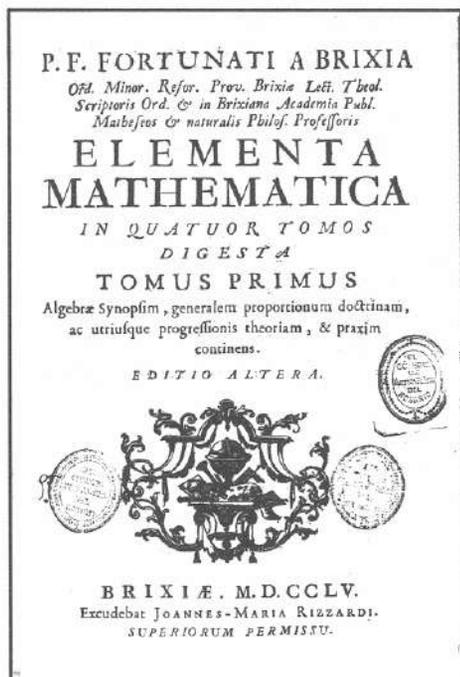
3 *Ibíd*. Págs-26-34

4 *Ibíd*. Pág. 29

5 *Ibíd*. Págs. 227-229

6 *Ibíd*. Págs. 226-227

1



Para la elaboración del plan el Fiscal Moreno contó con la ayuda de don José Celestino Mutis. Los textos recomendados para obtener el bachillerato fueron:

Para el primer año de Filosofía Fortunato de Brixia (Figura 1) y Cristiano Wolffio (Figura 2).

Para el segundo año de filosofía la Física de Brixia.

Tercer año de Filosofía Ética de Gregorio de Mayans.

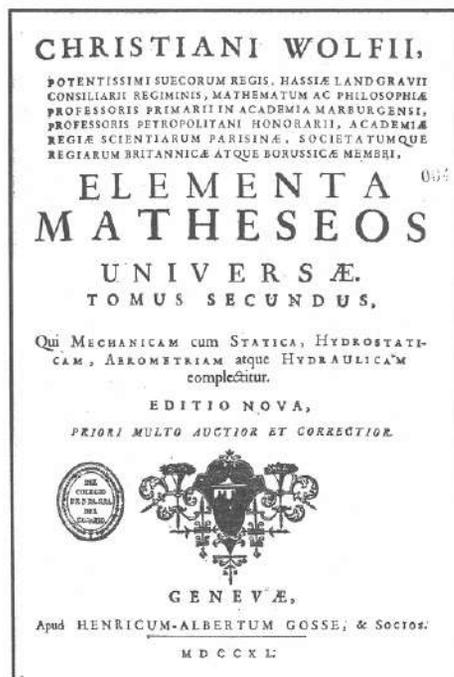
*“Quedando distribuidos los tres cursos que deben ganar los estudiantes que quieran entrar a facultades mayores”*⁷

A continuación una certificación expedida el 17 de junio de 1775⁸ por el secretario de la Universidad de Santo Tomás *“El grado de bachiller en artes no puede negarse a los que con los requisitos necesarios lo soliciten por ser la puerta por donde es preciso entrar para obtener los demás; y convienen se conceda a los cursantes probando su idoneidad con examen de una hora, en la que habiendo tomado puntos por lo mismo que se les ha leído de Fortunato de Brixia en el término de veinticuatro horas; leerán el punto que eligieren y sufrirán dos argumentos de los dos catedráticos de uno y otro*

7 Ibid. Págs. 198-206

8 HERNÁNDEZ. *Op. Cit.* Tomo V. Pág. 65

2



Colegio, procediendo estos a la votación de la forma acostumbrada; pues aunque las Constituciones de las Universidades mayores exigen mayor solemnidad, rigor y tiempo, no es fácil hacerlas exequibles en las presentes circunstancias en esta ciudad, hasta tanto que se obtenga la real deliberación y se formalice este cuerpo como corresponde...”

*“Método que hasta la presente persevera en todos los exámenes de Bachilleres en facultad mayor; con la disposición de que en la media hora destinada para argüir arguyen al presente cuatro examinadores a medio cuarto de hora cada uno, según consta en el número sexto y veinte y dos de la adjunta certificación sobre el cual Bachillerato y su examen hablan con espíritu distinto de este proceder las Constituciones de la Universidad de Lima, ciento ochenta y dos y ciento ochenta y nueve, compulsadas en los números siete y ocho de la adjunta certificación.”*⁹

El 1 de julio de 1778¹⁰ el arzobispo virrey don Antonio Caballero y Góngora le expuso nuevamente al rey la necesidad que había de fundar una universidad pública en Santafé y le adicionó un plan de estudios que no se cumplió según podemos concluir por el informe que pre-

9 Ibid. Pág. 72.

10 Ibid. Tomo V, Pág. 121-156.

sentó el rector del Rosario don Vicente de la Rocha y Flórez en 1808 ¹¹ "Supuesto que en esta capital no ha habido un plan que rija los estudios y en atención a que el formado por el Exmo. Sr. Virrey Arzobispo solo se puede adoptar en el caso de Universidad Pública, no haré otra cosa que indicar a V. E. en cumplimiento del auto superior de 23 de mayo, el rumbo que han tomado los maestros en este Colegio del Real Patronato en la enseñanza de sus respectivos discípulos...." ¹²

"Con actual ejercicio hay ocho cátedras a saber, dos de gramática, una de filosofía, una de medicina, una de derecho romano, una de cánones y dos de sagrada teología escolástica la una y dogmática la otra.

Fuera de éstas, hay otras dos en actual ejercicio y con la derecho de España y la de matemáticas. La primera ha cesado porque con el motivo de la real cédula expedida con el objeto de arreglar los estudios en España, no se ha estimado necesario el de el Real ni para grado en la facultad, ni para recepción de abogado". ¹³

La República

En 1810 se oyó el grito de independencia en Santafé, el virrey fue desterrado, los criollos asumieron el mando y se inició lo que se llamó la Patria Boba, hasta el año de 1816 en que la corona española empezó la reconquista de sus territorios en Indias y se iniciaron las guerras de independencia.

En 1817 ¹⁴ se expidió un comunicado ordenando desocupar los dos colegios, el Real de San Bartolomé y el Mayor de Nuestra Señora del Rosario, para convertirlos en cárcel durante 11 meses.

Al año siguiente el Rosario fue devuelto y se le respetó la autonomía.

En los actos de conclusiones públicas que se realizaron el 14 de julio de 1818 ¹⁵ en el Colegio del Rosario, los asertos que se defendieron fueron los elementos de Geometría y aritmética de Wolffio, ¹⁶ es decir, no habían variado los textos desde el plan de Moreno y Escandón en 1774.

Al año siguiente, el 7 de agosto de 1819, quedó sellada con la batalla de Boyacá la independencia del Nuevo Reino de Granada de la corona española y quedó proyectada en el papel la creación de la universidad pública tal como la habían concebido el fiscal Moreno y Escandón, y el arzobispo Caballero y Góngora.

El sistema universitario en los albores de la república estaba conformado por dos colegios que enseñaban facultades mayores los cuales concurrían separadamente a una entidad en este caso la Universidad Tomista para recibir el título correspondiente: "un bachillerato, un maestrado, un licenciado o un doctorado" ¹⁷

La República de Colombia o Gran Colombia

Cuatro meses después de la independencia, el 17 de diciembre de 1819 se expidió la ley Fundamental de la República de Colombia que afirmaba en su artículo 5° "La República de Colombia, se dividirá en tres grandes Departamentos, Venezuela, Quito y Cundinamarca, que comprenderá las Provincias de la Nueva Granada y cuyo nombre queda desde hoy suprimido. Las capitales de estos departamentos serán las ciudades de Caracas, Quito y Bogotá, quitada la adición de Santafé." ¹⁸ El libertador Simón Bolívar y presidente de la república siguió con la campaña libertadora hacia el sur del continente con el ánimo de liberar Perú y Bolivia, y fue elegido para asumir la vicepresidencia del departamento de Cundinamarca don Francisco de Paula Santander.

Uno de los objetivos primordiales del vicepresidente fue reglamentar la educación, y planear la creación de la universidad pública, pero copiando el sistema existente, el 18 de mayo de 1820, ¹⁹ don Estanislao Vergara Secretario del interior le notificó al rector del Colegio del Rosario, don Domingo Tomás de Burgos, que en relación con la confusión que existía y para prevenir cualquier abuso sobre quien debería dar "Pase a los certificados de los que pretenden graduarse, y a los asertos que se defendieren públicamente, en la Universidad en los Colegios y Conventos," el señor vicepresidente había expedido el siguiente decreto: "que a ninguno se admita a grados en la Universidad sin las Certificaciones del Catedrático, ú Cate-

11 HERNÁNDEZ. Op. Cit. Tomo VII. Pág. 159.

12 *Ibíd.*

13 *Ibíd.*

14 A.H.C.M.N.S.R. Caja 19, folios 126-127.

15 *Ibíd.* Caja 19, folios 140-148.

16 *Ibíd.*

17 YOUNG, JOHN LANE. La reforma universitaria de la Nueva Granada (1820-1850). Santafé de Bogotá: Instituto Caro y Cuervo, 1994. pág. 30

18 OSORIO RACINES, Felipe. *Decretos del General Santander 1819-1821*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1969. Págs. 97-100.

19 A.H.C.M.N.S.R. Caja 22, folio 340.

dráticos visados por los Rectores respectivos de los Colegios y de los Conventos" estos pases debían ser refrendados por el Secretario de lo Interior, para los asertos que se debían defender en las conclusiones públicas.

Luego el 5 de julio de 1820²⁰ el gobierno decretó: *"El patronato y dirección y gobierno de los colegios de estudios y educación establecidos en la república, pertenecen al gobierno, cualesquiera que haya sido la forma del establecimiento."*

Artículo 4º. Los vicepresidentes de los departamentos como agentes inmediatos del gobierno en sus respectivos departamentos serán los patronos de los colegios y establecimientos de educación."

De esta manera el gobierno heredó el *"antiguo derecho de la Corona (española) para dirigir la administración de la iglesia (que) incluía el derecho a dirigir la administración de las escuelas"*²¹

Puesto que la universidad existente consistía solamente en un permiso para otorgar grados, el gobierno exigía que los dos colegios seculares estuvieran mezclados en los actos académicos,²² *"porque los colegios hacen parte de la Universidad"* para formar cuerpo universitario como le ratificó el gobierno al rector del Rosario en varias misivas durante el mes de julio de 1820.²³

El 26 de octubre de 1820²⁴ el gobierno reformó el plan de estudios existente²⁵ *"en uso del patronato que corresponde al Gobierno en tales establecimientos y de las facultades que en él residen, para promover el bien y felicidad general"*

*Artículo 1º Los tres colegios de esta capital (El Rosario, San Bartolomé y el de Santo Tomás de Aquino perteneciente al Convento de Santo Domingo) y los establecimientos públicos de igual clase en el departamento, tendrán dos cátedras de latinidad, una de menores y la otra de mayores.*²⁶

20 ICFES. *Compilación de Normas Sobre la Educación Superior. 1974. La República Neogranadina. II parte.* Bogotá: Icfes, 1974.. Págs. 140-141."

21 YOUNG. Op. Cit. Pág. 37.

22 A.H.C.M.N.S.R. Caja 22, folio 341.

23 *Ibíd.* folio 342.

24 *Ibíd.* 22 folio 336.

25 OSORIO RACINES, Felipe. *Decretos del General Santander 1819-1821.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1969. Págs. 165-168.

26 A.H.C.M.N.S.R. Caja 29, folio 413.

Artículo 2º Llegado el tiempo de abrirse la clase de Filosofía, los niños serán examinados en gramática, latinidad y retórica. Los que resultaren áprobos serán admitidos a la clase y matricularse en ella. El estudio de Filosofía durará tres años precisamente y en el primero, los catedráticos leerán los principios generales de Lógica por Heinciso, expurgado, la aritmética y geometría. En el segundo año, repetirán la lectura de Lógica por el mismo autor, y leerán además los principios generales de Metafísica, la Trigonometría, Geografía elemental y Práctica. El tercera año leerán la Moral y los Derechos del Hombre y del Ciudadano por Mably, la Física general y especial y la arquitectura militar. En los tres años explicarán también los catedráticos las instituciones retóricas de Quintiliano, haciendo cada año la lectura de cierto número de libros de los en que están divididos. Los catedráticos al fin de cada año deberán presentar conclusiones de cada una de las facultades que han leído.

Artículo 3º Graduados en Filosofía, los que la hayan estudiado en los términos y tiempo que se expresa en el artículo anterior, podrán entrar a la clase de Derecho Civil, de Canónico o de Teología, como les acomodare.

Artículo 6º A los estudiantes así filósofos como juristas y teólogos, los rectores y catedráticos respectivos les pondrán materias para que formen discursos oratorios y académicos. Los que a juicio del rector y catedrático hubieren hecho mejor composición, si fueren colegiales, se les premiará con una licencia para dormir más de lo regular o para salir a comer fuera del colegio, y si fueren estudiantes de capa, se les concederá alguna distinción en la clase o licencia por una vez para no asistir a ella. Estas composiciones se repetirán cada mes por lo menos.

Artículo 7º Se procurarán establecer conclusiones así públicas como privadas, que sean sostenidas por el mayor número de estudiantes posible, para que de este modo aprovechen más. Con el mismo objeto subsistirán los exámenes que se hacen al fin de cada año, a que deberán asistir todos los catedráticos para que se haga más respetable el examen y se excite el honor entre los examinados y se preguntarán los unos a los otros.

Artículo 8º Los catedráticos en los certificados que diere, deberán expresar bajo juramento, que los estudiantes han oído las lecciones de las materias que dispone este plan.

Artículo 9º los conventos que tengan estudios privados, ejecutarán este plan en lo que no fuere contrario a las constituciones y leyes canónicas que los rijan.

Artículo 10º El Pase de certificados y de las proposiciones que deben defenderse en la Universidad y en las

conclusiones públicas, lo dará el secretario del Interior del departamento, como está prevenido en el decreto del 18 de mayo de este año.

Comuníquese a los rectores de la Universidad y Colegios y a los R. R. Prelados de las religiones. Dado en el palacio de la Vicepresidencia del Departamento de Cundinamarca. Bogotá, octubre (26) de mil ochocientos veinte. F. P. Santander."

En mayo de 1821 se expidió la nueva Constitución para la "Gran Colombia" en el Palacio del Congreso General de la villa del Rosario de Cúcuta. Tres meses después el 6 de agosto de 1821 en el mismo lugar se expidió una ley ²⁷ por medio de la cual se debía establecer en cada una de las provincias de la república un colegio o casa de educación.

"Fuera de la escuela de primeras letras tendrá por lo menos dos cátedras una de gramática española latina y principios de retórica, otra de filosofía y de los ramos de matemáticas que se juzguen más importantes a los moradores de la provincia.

Artículo 3° En los colegios de las provincias que puedan verificarlo, habrá también una cátedra de derecho civil patrio, del canónico y del natural de gentes, una de teología dogmática, o cualesquiera otras que establezca la libertad de los respectivos vecindarios con aprobación del supremo Gobierno. Tales estudios servirán para obtener grados en las respectivas universidades, (Bogotá, Quito y Caracas) bajo las reglas que se prescribirán.

Artículo 7° El Poder Ejecutivo fomentará por cuantos medios fuere posible el estudio de la agricultura, del comercio, de la minería y de las ciencias militares necesarias para la defensa de la república.

Artículo 8° El Plan de Estudios será uniforme en todos los colegios y casas de educación. Lo formará el Gobierno Supremo, a quien se encarga también la reforma de las constituciones particulares de los colegios ya existentes"

Igualmente por la ley del 18 de abril de 1825 se declaró "no ser impedimento la ilegitimidad para obtener grados universitarios y título de abogado" ²⁸

En orden cronológico, los colegios que se fundaron fueron:

Colegio Académico de Boyacá en Tunja por decreto de 17 de mayo de 1822 ²⁹

Colegio de Medellín por decreto de 9 de octubre de 1822 ³⁰

Colegio de San Simón de Ibagué por decreto de 21 de diciembre de 1822 ³¹

Colegio de Santa Librada de Cali por decreto de 29 de enero de 1823 ³²

Colegio de Pamplona por decreto de 5 de marzo de 1823 ³³

Colegio de San José de Guanentá en San Gil por decreto de 22 de mayo de 1824 ³⁴

Colegio Convento de San Francisco de Paula en Vélez por decreto de 22 de mayo de 1824. ³⁵

Colegio de Cartagena por decreto de 8 de noviembre de 1824. ³⁶

Con la fundación de estos colegios, llamados santanderistas, dependientes del gobierno el vicepresidente pretendía crear la tan ansiada universidad pública.

La Universidad Central

Al año siguiente, en virtud de la ley de 18 de marzo de 1826 ³⁷ que reorganizó la instrucción pública y reorganizó el sistema universitario se crearon en la "Gran Colombia" tres universidades centrales así: la del departamento de Venezuela en Caracas, la del departamento del Ecuador en Quito y la del departamento de Cundinamarca en Bogotá.

²⁹ *Ibíd.* Pág. 144.

³⁰ *Ibíd.* Pág. 146.

³¹ *Ibíd.* Pág. 148.

³² *Ibíd.* Pág. 150.

³³ *Ibíd.* Pág. 151.

³⁴ *Ibíd.* Pág. 158.

³⁵ *Ibíd.* Pág. 160.

³⁶ *Ibíd.* Pág. 161.

³⁷ ICFES. *Op. Cit.* pág. 168 y ss.

²⁷ ICFES. *Op. Cit.*

²⁸ POMBO, LINO DE. *Recopilación de leyes de la Nueva Granada.* Pág. 237

Poder Ejecutivo**Secretario de Estado del Despacho del Interior****Dirección General de Instrucción Pública****Subdirecciones de la Dirección General****Universidades Centrales****Colegios y casas de educación**

Al Convento de los Dominicos le fue cancelado el permiso para otorgar grados y dejó de ser universidad particular el 3 de octubre de 1826.³⁸ Por ello los clérigos, en actitud de protesta, se apresuraron a graduar rápidamente a quienes concurrieron a solicitar grados, por lo que se les dio el nombre de “*grados al vapor*”.

La Universidad Central del Departamento de Cundinamarca fue inaugurada el 25 de diciembre de 1826³⁹ por don José Félix de Restrepo, Director General de Estudios y don Fernando Caycedo y Flórez, quien fue nombrado rector. Caycedo y Flórez era antiguo colegial del Mayor del Rosario, se había graduado de doctor con honores y tenía una basta experiencia como docente ya que había sido catedrático por varios años, consiliario, vicerrector y rector en dos oportunidades (además, en el futuro sería arzobispo de Bogotá). El día de la inauguración se celebró una misa en la iglesia de San Carlos, contigua al Colegio de San Bartolomé.

Pero, al igual que en la época colonial, realmente no existía universidad porque las clases se dictaban en los colegios del Rosario y San Bartolomé en Bogotá y en los demás colegios que había fundado el vicepresidente Santander en el territorio del departamento de Cundinamarca. A la sazón era el estado quien otorgaba los grados y no una comunidad religiosa.

El 5 de marzo de 1827 el poder ejecutivo expidió un decreto en el que decía “*en todo lo que tenga relación con los estudios, enseñanza e instrucción pública, deben*

los rectores de los colegios depender naturalmente de la universidad... Los rectores de los colegios serán independientes de la universidad en todo lo que toca a la economía, gobierno y régimen interior de dichos colegios.”⁴⁰

Pero al año siguiente, el Libertador Simón Bolívar, quien había asumido el poder, derogó el plan, y el 20 de octubre de 1828⁴¹ decretó “*Se restablecen los colegios de San Bartolomé y el Rosario en esta ciudad al estado que tenían cuando se publicó el plan de estudios de octubre de 1826* “. Igualmente el 29 de noviembre de 1828 decretó “*quedan suspensos todos los Artículos de la ley de 18 marzo, del decreto del 3 de octubre del mismo año y de cualesquiera otras disposiciones que sean contrarias al presente decreto que se observará mientras la Universidad Central de esta capital adquiere edificio propio o independiente donde establecerse*”⁴²

Bolívar falleció en 1830 y los países que conformaban la “Gran Colombia” se independizaron. Siete años más tarde el territorio de Colombia redactó una nueva Constitución Política y Francisco de Paula Santander ocupó la presidencia de la República. El 30 de mayo de 1835 expidió una ley por medio de la cual restablecía en todo su vigor el Plan General de Enseñanza Pública de 1826.

Al restablecer el plan le dio vigencia al decreto de 23 de abril de 1825⁴³ en el cual se le daba mayor importancia a los Asertos de Conclusiones públicas: “*Artículo 1º En lugar de las conclusiones públicas que se han acostumbrado hasta ahora se presentarán en todos los colegios y casas de educación exámenes anuales, igualmente públicos, por cada una de las clases que cursan ellos, inclusive las de lenguas; estos exámenes los sufrirán los jóvenes que escoja el respectivo catedrático con acuerdo del rector y comprenderán todos los ramos que se hayan estudiado en el año escolar.*”

Asertos de Conclusiones Públicas

Los asertos de Conclusiones públicas durante la época colonial, constituyeron uno de los eventos sociales de mayor prestigio en la ciudad. Se realizaban en las capillas de los colegios, conventos y universidades a los cuales eran convidadas las más altas dignidades de la ciudad, tanto civiles como eclesiásticas, las instituciones educa-

38 ARIZA. El Colegio Universidad de Santo Tomás de Aquino. Bogotá: Kelly, 1980. Pág. 135.

39 MORENO DE ANGEL, Pilar. Santander, Biografía. Bogotá: Planeta, 1990, pág. 327.

40 A.H.C.M.N.S.R. Caja 22, folios 307-308

41 *Ibid.* Pág. 336.

42 *Ibid.*

43 ICFES. *Op. Cit.* Pág. 164

tivas y las familias de los alumnos. Se llevaban a cabo durante la última quincena de junio y la primera de julio pues las vacaciones de fin del año escolar empezaban el día 22 julio, día de la Magdalena, hasta el 14 de octubre día de San Lucas cuando se daba comienzo al nuevo año escolar.⁴⁴

Estos actos además de ser eventos sociales tenían dos objetivos:

En primer lugar ejercitar a los jóvenes en la oratoria pues muchos de ellos iban a ocupar altos cargos en el gobierno y la iglesia, y desde las aulas debían prepararse para predicar sermones en los púlpitos, defensas en los estrados judiciales y discursos políticos en el congreso.

En segundo lugar se ponía de manifiesto ante la sociedad el grado de superación académica que habían alcanzado los catedráticos y la institución. Vale anotar que era la única vez que las mujeres, madres, hermanas, tías o novias de los colegiales podían participar de un evento académico por tratarse de un acto público que se celebraba en el caso del Colegio del Rosario en su capilla llamada de "La Virgen de la Bordadita"

Con el plan de Santander se debía seguir el siguiente procedimiento: los catedráticos elaboraban una lista con las proposiciones sobre los temas que iban a examinar a sus discípulos y los pasaban con dos meses de anterioridad a la Dirección General de Estudios⁴⁵ donde eran revisados con el mayor cuidado; allí vetaban los puntos que no estuvieran de acuerdo con el plan, como ocurrió en 1837, cuando le vetaron al catedrático Dr. Juan Nepomuceno Gómez la proposición que decía "*Para que la sociedad se aproveche de todas las capacidades, debe dejar que el hombre estudie donde pueda, por los libros que quiera, y con los maestros que elija. Debiera limitarse la autoridad a establecer enseñanzas costeadas por fondos públicos*".⁴⁶

Una vez aprobados se devolvían al Colegio del Rosario, entidad que los imprimía y distribuía entre los demás los colegios.

Se aprovechaba el acto para exaltar, personajes y valores patrios "*al valor y virtudes del ejército colombiano, que por sus triunfos en Junín y Ayacucho ha dado la libertad al Perú*"... (Fig. 3) "*al Excelentísimo señor presi-*

dente Libertador de Colombia y del Perú, Simón Bolívar." (Fig. 4) y al "*benemérito General Francisco de Paula Santander*".. (Fig. 5) "*al honorable Secretario de estado y del despacho de hacienda, señor doctor José María del Castillo Rada, hijo benemérito de este colegio*" (Fig. 6), al Congreso Nacional "*Dios y Libertad... ¡Dígnense, los Legisladores de la Patria, aceptar un homenaje que, aunque humilde, es digno de una corporación compuesta de filósofos republicanos!*"⁴⁷

Es interesante ver, como para el estudio del bachillerato en filosofía, no se había modificado el estudio de los tres años que "*preceden a la matrícula de jurisprudencia y teología*"⁴⁸ y los textos eran los mismos desde el plan de Moreno y Escandón, pues las cátedras seguían siendo idénticas: de matemáticas, física, geografía y cronología, de lógica, ideología, y metafísica, de historia natural, en sus tres reinos: y de química y física experimental⁴⁹ con una variante; que "*los libros elementales para la enseñanza serán en castellano, exceptuándose solo los de jurisprudencia civil romana o canónica, de Sagrada Escritura y Teología, que serán en lengua latina.*"⁵⁰

En 1840 falleció Santander y estalló una nueva guerra civil que se llamó de Los Supremos y el Colegio del Rosario fue convertido en cuartel, el Gobernador de la Provincia le ordenó al rector "*franquear la parte baja del claustro principal del edificio de ese establecimiento para que sirva de cuartel que está al mando del comandante Pineda*"⁵¹, no obstante, el colegio siguió su vida normal.

En 1842, restablecido el orden nacional y en virtud de una Nueva Constitución Nacional se procedió a una nueva reforma educativa a cargo del doctor Mariano Ospina Rodríguez, quien simplemente reafirmó el sistema vigente "*heredado de la época borbónica colonial, seguida en su espíritu por el plan de estudios del general Santander*"⁵²

El proyecto de tener una Universidad realmente no se había logrado, "*... empero este siglo tiene un mérito exclusivo*", como anotó el rector Andrés María Pardo en un discurso pronunciado en 1840 "*cuenta con una gloria que no le podrán disputar ni aún sus más ciegos detrac-*

47 *Ibíd.*, folio 476

48 ICFES. *Op. Cit.* Pág. 176

49 *Ibíd.* Pág. 173.

50 *Ibíd.* Pág. 173.

51 A.H.C.M.N.S.R. Caja 33, folio 80r.

52 JARAMILLO URIBE, JAIME. *La personalidad Histórica de Colombia*. Bogotá: El áncora, 1994, pág. 248.

44 HERNÁNDEZ. *Op. Cit.* Págs. 86-87

45 A.H.C.M.N.S.R. Caja 27, folio 84

46 *Ibíd.* Caja 29, folio 180.

tores: la de haber hecho más común y general la instrucción...No hay duda, Señores, este es el siglo de la instrucción popular..."⁵³

Ante la falta de universidad, los colegios seguirían, durante varias décadas, enseñando las facultades mayores, preparando bachilleres, licenciados maestros y doctores, hasta el año de 1867, cuando se creó la tan anhelada universidad pública con el nombre de Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia.

Bibliografía

Ariza. OP. *El Colegio Universidad de Santo Tomás de Aquino*. Bogotá: Kelly, 1980.

Hernández de Alba, Guillermo. *Documentos para la Historia de la Educación en Colombia*. Bogotá: Kelly, 1980 Tomo IV.

ICFES. *Compilación de Normas sobre la Educación Superior*. La República Neogranadina. Bogotá, 1974.

Jaramillo Uribe, Jaime. *La personalidad Histórica de Colombia*. Bogotá: El Áncora, 1994.

Moreno de Angel, Pilar. *Santander. Biografía*. Bogotá: Planeta, 1990.

Osorio Racines, Felipe. *Decretos del General Santander 1819-1821*. Universidad Nacional de Colombia. 1969.

Joung, John Lane. *La reforma Universitaria de la Nueva Granada (1820-1850)*. Santafé de Bogotá:

Documentos

Archivo Histórico del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (A.H.C.M.N.S.R.)

APÉNDICE 1

Textos para el estudio del bachillerato que se conservan en el Archivo Histórico de la Universidad del Rosario

MATEMÁTICAS

BRIXIA, FORTUNATUS A. *Elementa mathematica*. Brixiae, imprenta J.M. Rizzardii, 1755, 1 volumen. (Fig. 2)

BRIXIA, FORTUNATUS A. *Elementa mathematica in quatuor tomos digesta*. Brixiae, imprenta J.M. Rizzardii, 1756, 2 volúmenes.

BRIXIA, FORTUNATUS A. *Elementa mathesos ad mechanicam philosophian*. Brixiae: Imprenta Bassanensi, 1769, 1 volumen.

NEWTON, ISAACUS. *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*. Vertit Latine Joh. Castelloneus. Lausannae et Genevae, imp. Bousquet, 1744, 7 volúmenes. (Fig. 7).

WOLFIUS, CHRISTIANUS. *Compendium elementorum matheseos*. Genevae: Imprenta J. S. Cailler, 1773, 1 volumen.

WOLFIUS, CHRISTIANUS. *Elementa matheseos universae. qui mechanicam cum statica, hydrostatica, etc.* Genevae: Imprenta Fratrum Crosse, 1740, Tomos 2, 3 y 4. Ed. Novísima.

FÍSICA

BAYLE, FRANCISCUS. *Institutiones Physicae*. Francofurti, imp. Martini Hermsdorf, 1703, 1 volumen. (Fig. 8).

DESPRETZ, M. *Tratado elemental de física*, en francés por D. L. De la Escosura. París: Imprenta Schneider, 1843, 3 volúmenes.

DESPRETZ, M. *Tratado elemental de física*, traducida del francés por D. L. De la Escosura. París: Imprenta Schneider, 1845, 3 volúmenes. (Fig. 9).

NEWTON, ISAACO. *Optice sive de reflexionibus, refractionibus, inflectionibus et coloribus*. Laussannae & Genovae. Imp. Marci - Michelis Bousquet 1760. Donado por Eloy Valenzuela. (Fig. 10)

NOLLET, ABATE. *Lecciones de física experimental*. traducidas del francés por Antonio Zcagnini, 1757, 6 volúmenes. (Fig. 11)

QUÍMICA

ACCUM, F. *Traité pratique sur l'usage et le monde d'application des rectifs chimiques*. Traduit de l'anglais sur la seconde edition par J. N. Riffault. Paris: Imprenta Cellot, 1819, 1 volumen.

BERZELIUS, J.J. *Traité de chimie*. Traduit par M. Esslinger, sur la dernière ed. Allemande. Paris: Imprenta A.F. Didot, 1830, 7 volúmenes. (Fig. 12).

GIRARDIN. M.J. *Lecciones de química elemental*. Adicionadas por D. F. Carbonell y Font. Barcelona: imprenta J. Matas, 1841, 2 volúmenes. (Fig. 13).

LAVOISIER, MR. *Tratado elemental de química*. Traducido por Juan M. Munarriz. Madrid: Imprenta Real, 1798, 2 volúmenes. Donado por Liborio Zerda. (Fig. 14).

GEOGRAFÍA

Atlas *Universal ou tableaux historiques chronologiques et géographiques depuis les temps plus reculés jusqu' a nos jours*. Bruxelles: Imprenta J. B. Dupon, 1822, 1 volumen.

7

**ISAACI
NEWTONI,**
EQUITIS AURATI,
OPUSCULA
 MATHEMATICA, PHILOSOPHICA
 ET
PHILOLOGICA.
Collegit partimque Latine vertit ac recensuit
JOH. CASTILLIONEUS
 JURISCONSULTUS.
 TOMUS SECUNDUS



Continens
PHILOSOPHICA.



LAUSANNÆ & GENEVÆ,
 Apud **MARCUM-MICHAELEM BOUSQUET**
 & Socios.
 MDCCLXIV.

9a

TRATADO
 ELEMENTAL
DE FISICA,
 ESCRITO EN FRANCÉS
 POR **M. DESPREZ,**
 PROFESOR DE FISICA EN EL COLEGIO DE ENRIQUE IV,
 ANTIQVO AYUDANTE DE QUIMICA Y PROFESOR DE FISICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA,
 MIEMBRO DE VARIAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS.
 TRADUCIDO AL CASTELLANO
 y notablemente aumentado con los descubrimientos de Arago,
 Gay-Lussac, Regnault, Pouillet, Lamé, Person, etc.
 POR **D. L. DE LA ESSOUSA,**
 INGENIERO DE MINAS.
 04377
TOMO PRIMERO.

PARIS,
LIBRERIA DE ROSA.
 1845.

8

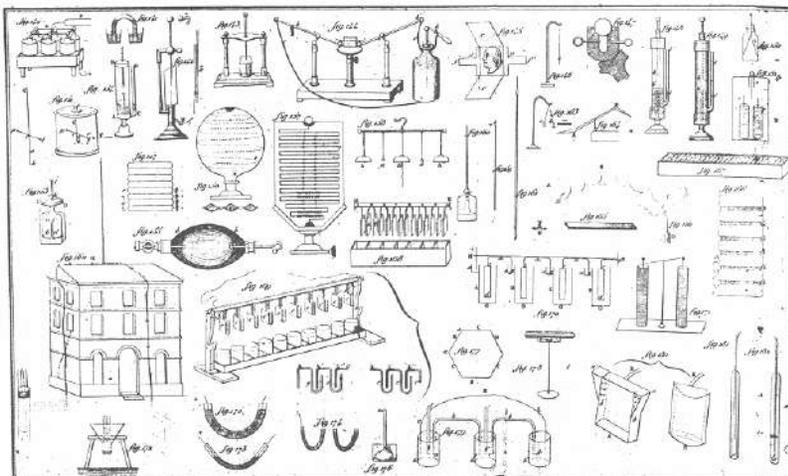
FRANCISCI 004294
BAYLE,
 CONVENATIS BONONIENSIS.
 Med. Doct. & in Studiorum Universitate Tolosana
 Liberalium Artium Professoris,
INSTITUTIONES
PHYSICÆ
 AD
USUM SCHOLARUM
 ACCOMMODATÆ,
 Cum INDICE, ELENCHIS, & FIGURIS æneis accommodatis.
Edisse Alacre, recognita, & à mendis, quæ in priori irrepperant, expurgata.
TOMUS PRIMUS.





FRANCOFURTI,
 Apud **MARTINUM HERMSDORF,**
 M. DCC. III.
Colegio Mayor del Rosario.

9b



10

OPTICE:
SIVE DE
REFLEXIONIBUS, REFRACTIONIBUS,
INFLEXIONIBUS ET COLORIBUS
LUCIS,
LIBRI TRES.
AUCTORE
ISAACO NEWTON
EQUITE AURATO.
Lamine reddidit
SAMUEL CLARKE, S. T. P.
EDITIO NOVISSIMA.



LAUSANNE & GENEVE,
Sumpt. MARCI-MICHAELIS BOUSQUET & Sociorum.
M D C C X L.

11

LECCIONES
DE
PHYSICA EXPERIMENTAL,
ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÉS
POR EL ABATE **NOLLET,**
de la Academia Real de las Ciencias de Paris,
de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de
Bolonía, y Maestro de Physica del Serenísimo Señor Delfin:
TRADUCIDAS AL ESPAÑOL
POR EL P. **ANTONIO ZACAGNINI,**
de la Compañía de Jesus, Maestro de Physica Experimental en el Real Seminario
de Nobles de Madrid:
DEDICADAS
AL REY NUESTRO SEÑOR
D. FERNANDO VI.
(QUE DIOS GUARDE.)
TOMO SEXTO.

EN MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de las Urofas. Año de 1757.

12

TRAITÉ
DE CHIMIE
PAR **J. J. BERZELIUS.**
TRADUIT
PAR M. **ESSLINGER,**
SUR DES MANUSCRITS INÉDITS DE L'AUTEUR,
ET SUR LE MANUSCRIT ÉDITION ALLEMANDE.
1^{re} PARTIE. — **CHIMIE MINÉRALE.**
Tome Deuxième.
PARIS.
FIRMIN DIDOT FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS
RUE JACOB, N° 24.
J.-B. BAILLIÈRE, LIBRAIRE,
RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, N° 13 BIS.
M. DCCCXXX.

14

TRATADO ELEMENTAL
DE QUÍMICA, 00558
PRESENTADO BAXO NUEVO ORDEN
Y CONFORME A LOS DESCUBRIMIENTOS MODERNOS;
CON LÁMINAS:
Por Mr. Lavoisier, de la Academia de las Ciencias y de las Sociedades de Medicina y Agricultura de Paris, de las de Orleans y de Londres, del Instituto de Bolonia, de las Sociedades Helvéticas de Basilea, Filadelfia, Harlem, Manchester, Padua, &c.
TRADUCIDO AL CASTELLANO
Por D. Juan Manuel Munariz, Capitan del Real Cuerpo de Artilleria, y Profesor de Matemáticas en su Academia, Vice-Secretario, y Bibliotecario de la Real Sociedad económica de los Amigos del País de Segovia y su Provincia.
TOMO I.
MADRID EN LA IMPRENTA REAL
POR D. PEDRO JULIAN PRENTA, IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.
AÑO DE 1798.
Véndese en la Librería de Gomez, calle de las Carretas.
D. D. Joseph Maria Burtanaga.

13

LECCIONES 004701
DE
QUÍMICA ELEMENTAR,
CON FIGURAS RESALTADAS POR EL COLOREDO;
ESPECIADAS LOS DOMINGOS EN LA SEDELA MUNICIPAL DE BUEN.
POR **M. J. GIRARDIN,**
PROFESOR DE QUÍMICA APLICADA A LAS ARTES
Y MIEMBRO DE MUCHAS SOCIEDADES CIENTÍFICAS.
Traducidas de la segunda edición francesa dada a luz en el año 1839,
Y ABRICORADAS POR
D. FRANCISCO CARBONELL Y FONT,
DOCTOR EN FARMACIA, SOCO DE NUMERO DE LA NACIONAL ACADEMIA DE CIENCIAS NATURALES Y ARTES DE BARCELONA Y DE VARIAS OTRAS NACIONALES Y ESTRANJERAS.
TOMO I.
Barcelona:
IMPRENTA DE JOSÉ NATAS Y DE BODALLÉS, EDITOR,
CALLE DE LA PLATERIA, NUM. 50.
1842.

APENDICE 2

UNIVERSIDAD CENTRAL DE CUNDINAMARCA
ALUMNOS MATRICULADOS PARA LOS CURSOS DE FILOSOFÍA DEL
COLEGIO MAYOR DE NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO

AÑOS: 1829-1833, 1837-1839 ¹

Nombre de los Cursantes	Año	Curso	Años Cursados
Acero, Wenceslao	1837	Filosofía	1° año
Afanador Puentes, Camilo. (1821-) ²	1837-1839	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Afanador Puentes, Lorenzo Ramón. (1819-)	1837	Filosofía	3° año
Agüero y Valderrama, Gorgonio. (1814-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Aguilar, Francisco	1829-1832	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Ahumada, Matías	1831-1832	Filosofía	1° año
Alva, Manuel	1832-1833	Filosofía	1°, 2° año
Alva, Nicomedes	1837	Filosofía	3° año
Álvarez Uribe, Rafael	1837	Filosofía	1° año
Álvarez, Antonio	1832	Filosofía (2° C. E.) ³	2° año
Aranza, Agustín	1830-1832	Filosofía	2°, 3° año
Arbarado, Vicente	1830-1831	Filosofía	3° año
Ardila, Telésforo	1837	Filosofía	1° año
Ávila Ordóñez, Pedro. (1817-)	1839	Filosofía	2° año
Azuola, Jesús	1837	Filosofía	3° año
Barragaán, Ignacio	1839	Filosofía	3° año
Barragán Romero, Francisco (1816-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Beltrán, Félix	1829-1832	Filosofía	1° año
Brigard, Luis	1838	Filosofía	1° año
Bros, Miguel	1839	Filosofía	3° año
Bulla, Rufino	1838-1839	Filosofía	2°, 3° año
Bustos, Francisco	1839	Filosofía	2° año
Bustos, Francisco de Paula	1837-1838	Filosofía	1° 2° año
Cabrera, Diego	1838	Filosofía	1° año
Cáceres Pinto, Braulio Evaristo (1812-)	1829-1832	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Calderón, Miguel	1838	Filosofía	1° y 2° año
Calderón Rozo, Miguel. (1817-)	1837	Filosofía	3° año
Calderón y Reyes, Antonio María (1813-)	1830-1832	Filosofía	2°, 3° año
Calderón, Miguel	1837-1838	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Camacho y Torrijos, Clemente (1813-)	1832	Filosofía (2° C. E.)	3° año
Campuzano, Rafael María	1838	Filosofía	4° año
Canabal, Clemente	1839	Filosofía	2° año
Caro, José	1838	Filosofía	2° año
Castellanos, José Ignacio	1837-1839	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Castro Uribe, Joaquín (1817-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Caycedo y Jurado, Francisco Javier (1815-1889)	1828-1829	Filosofía	2°, 3° año
Caycedo y Jurado, Juan. (1823-)	1839	Filosofía	3° año
Caycedo, José María	1831	Filosofía (1° C. E.)	1° año
Cervantes, Próspero	1837	Filosofía	1° año
Cifuentes, Antonio	1838	Filosofía	2° año
Collantes, Manuel	1838	Filosofía	2° año

¹ A.H.C.M.N.S.R. *Libros de Matrículas de Diversas facultades. 1837-1839*. Volumen 181, folios 1-41. *Libro de Registros de la Universidad Central. 1829-1833*. Volumen 179, folios 1-190

² La fecha de nacimiento fue tomada de las partidas de bautismo que reposan en el archivo del colegio.

³ Las siglas entre paréntesis corresponden al Colegio Anterior, a saber:
 (1° C.E.) Segunda Casa de Educación de Bogotá.
 (2° C.E.) Segunda Casa de Educación de Bogotá.
 (S. B.) Colegio de San Bartolomé de Bogotá.

Nombre de los Cursantes	Año	Curso	Años Cursados
Concha, Gregorio	1832-1833	Filosofía	
Dávila Macías, Pioquinto. (1821-)	1837-1839	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Daza, Vicente	1839	Filosofía	2° año
Díaz, Gaspar	1829-1830	Filosofía	3° año
Duque Uribe, Rafael	1832	Filosofía (1° C. E.)	1°, 2°
Durán y Borrero, Sixto (1811-)	1827-1828	Filosofía (S. B.)	1°, 2°
Escobar, Pablo	1831-1833	Filosofía	1° 2° año
Esguerra y Mejía, Juan Nepomuceno (1817-)	1829-1831	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Espinosa, Julián	1839	Filosofía	3° año
Ferro, Mriano	1837	Filosofía	3° año
Forero y Morera, Jacobo (1812-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Forero y Nieto, José María. (1821-)	1837	Filosofía	3° año
Forero y Ramírez, Bernardino (1808-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Forero y Ramírez, David (1813-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Forero, José María	1837	Filosofía	3° año
Franco y Pinzón, Ramón (1811-)	1828-1832	Filosofía	2° año
Froes y Pirela, Emilio. (1823-)	1837-1839	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Gallardo, Tadeo	1830-1831	Filosofía (P.)	2°, 3° año
García, Ramón	1837	Filosofía	1° año
Giraldo y Zuluaga, Rafael María (1808-)	1829-1832	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Giraldo, Rafael	1830-1831	Filosofía	2° año
Gómez Mas, Cosme	1838	Filosofía	4° año
Gómez Maz, Sergio	1838-1839	Filosofía	1° 2° año
González Chávez, Joaquín (1813-)	1829-1832	Filosofía	1°, 2°, 3° año
González Gaitán, Gabriel. (1819-1893)	1838	Filosofía	4° año
González, Gerardo	1829-1831	Filosofía	3° año
González, Macario	1839	Filosofía	3° año
Grillo, Miguel	1838	Filosofía	2° año
Hernández Carvajal, Juan de la Cruz (1814-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Hoyos Villa, Bernardino. (1822-)	1838	Filosofía	1° y 2° año
Hoyos, Bernardino	1837	Filosofía	3° año
Hoyos, Joaquín	1829-1831	Filosofía	1°, 2° año
Ibáñez y Caycedo, Silvestre. (1823-)	1837-1839	Filosofía	1° 3° año
Ibáñez y Caycedo, Vicente. (1825-)	1838, 1839	Filosofía	2° año
Ibáñez y Nariño, Ricardo. (1823-)	1837-1838	Filosofía	1°, 2° año
Jaime, Pantaleón	1831-1833	Filosofía	1°, 2° año
Jáuregui, Antonio	1831-1832	Filosofía	3° año
Leyva, Tomás	1832-1833	Filosofía	2° año
Liévano, Bartolomé	1838-1839	Filosofía	2°, 3° año
Liévano, Francisco	1838	Filosofía	2° año
Liévano, Gabino	1831-1833	Filosofía	1°, 2° año
Liévano, Marcelino	1832-1833	Filosofía	1° año
López, Sixto	1837	Filosofía	1° año
Lozano, Antonio	1837, 1839	Filosofía	1° 3° año
Lozano, Melitón	1838, 1839	Filosofía	2°, 3° año
Maldonado y Segura, Joaquín. (1823-)	1837-1838	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Maldonado y Segura, José María (1816-)	1832-1833	Filosofía	1° año
Maldonado, Vicente	1837	Filosofía	2° año
Malo, Germán	1837-1838	Filosofía	1°, 2° año
Malo, Toribio	1831-	Filosofía	1° año
Manrique y Caycedo, Joaquín (1813-)	1829-1832	Filosofía	1°, 2°, 3° año
Manrique y Gaitán, Eloy (1810-)	1827-1830	Filosofía	1°, año
Manrique, Leonardo	1837	Filosofía	1° año
Martínez Navarro, Antonio (1807-)	1831-1832	Filosofía	1° año
Martínez, Valentín	1838	Filosofía	1° y 2° año
Mazuera y Sanz, Vicente. (1819-)	1838	Filosofía	2° año
Medina, Vicente	1837	Filosofía	2° año
Meine, Enrique	1837	Filosofía	1° año

Nombre de los Cursantes	Año	Curso	Años Cursados
Molina y Peña, Arcadio (1817-)	1831-1832	Filosofía	1º año
Montañés, Francisco	1838-1839	Filosofía	2º 3º año
Morales y Soto, Vicente. (1819-)	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Morales, Juan Pablo	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Morales, Julián	1837	Filosofía	1º año
Moreno, Feliz	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Moreno, Ignacio	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Neyra, David	1837	Filosofía	3º año
Núñez, Blas	1825-1827	Filosofía	1º, 2º año
Olarte y Zerrate, Cayo. (1820-)	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Olarte y Zerrate, Juan José. (1818-)	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Ordoñez y Soto, Eloy. (1822-)	1838	Filosofía	2º año
Orjuela, Felipe	1839	Filosofía	2º año
Ortiz, Elías	1837	Filosofía	3º año
Ortiz, Manuel	1837-1839	Filosofía	1º, 2º 3º año
Osorio y Lozano, Ignacio. (1823-)	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Osorio y Ricaurte, Valentín. (1825-)	1838-1839	Filosofía	1º 2º, año
Otálora, Agustín	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Páez, Juan de la Cruz	1838	Filosofía	2º y 4º año
Pardo y Santacruz, Manuel María (1820-)	1832-1833	Filosofía	1º año
Pardo, Andrés María (1814-1879)	1829-1832	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Parra Díaz, Francisco José. (1837-)	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Parra Díaz, José Ricardo	1831-1832	Filosofía	1º año
Patiño y Peña, Antonio José (1813-)	1829-1831	Filosofía	1º, 2º año
Peña y Fajardo, Domingo (1812-)	1831-1832	Filosofía	1º año
Perdomo, Joaquín	1830-1832	Filosofía	2º, 3º año
Pontón y Piedrahita, Pablo	1829-1830	Filosofía	1º año
Pontón, Juan Nepomuceno	1829-1832	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Proaño, Víctor	1837	Filosofía	3º año
Quijano, Francisco	1838	Filosofía	1º y 2º año
Quintero y Lozano, Angel María	1829-1831	Filosofía	1º, 3º año
Riaño, Ricardo	1837	Filosofía	1º año
Ribón, José María	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Riomalo, Francisco	1832-1833	Filosofía	2º año
Riomalo, Juan de Dios	1831-1832	Filosofía	1º año
Rivas Mejía, Federico	1838	Filosofía	4º año
Rivas Mejía, José María. (1822-)	1837	Filosofía	3º año
Rivas Mejía, Medardo F. (1825-)	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Rivas Mejía, Rafael (1813-1897)	1829-1830	Filosofía	1º año
Rizo, Tomás	1838	Filosofía	1º año
Rodríguez Cárdenas, Ramón (1810-)	1832-1833	Filosofía	1º año
Rodríguez, Juan	1838	Filosofía	1º año
Rojas, Domingo	1829-1832	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Rovira y Caycedo, José Ignacio. (1824-)	1837, 1839	Filosofía	1º, 3º año
Rubiano Calderón, Antonio. (1816-)	1838	Filosofía	1º año
Rugeles, Dionisio	1837	Filosofía	1º año
Ruiz, Hilario	1837-1838	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Salazar y Gómez, José Domingo. (1818-)	1837	Filosofía	3º año
Salazar, Aparicio	1837	Filosofía	3º año
Salazar, José Domingo	1837	Filosofía	3º año
Salgar, Juanuario	1838-1839	Filosofía	2º, 3º año
Silva, Marcelo	1837	Filosofía	1º año
Tavera y Tavera, Rufino. (1820-)	1837-1838	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Tobar y Herazo Mendigaña, Agustín (1803-)	1829-1830	Filosofía	1º año
Tobar y Herazo Mendigaña, Juan Nepomuceno (1814-)	1828-1831	Filosofía	1º, 2º, 3º
Toledo y Cuervo, Ramón (1816-)	1831-1832	Filosofía	1º año
Torre y Arauz, Alejo de la (1812-)	1829-1830	Filosofía	1º año

Nombre de los Cursantes	Año	Curso	Años Cursados
Torre y Arauz, Cándido de la	1831-1832	Filosofía	1º año
Torre y Arauz, Eustaquio de la (1815-)	1829-1830	Filosofía	1º año
Torrijos y Galindo, Anastacio (1811-)	1832	Filosofía (2ª C.E.)	3º año
Torrijos y Ricaurte, Feliz. (1823-)	1837	Filosofía	3º año
Torrijos y Ricaurte, Lucas (1814-)	1832	Filosofía (2ª C.E.)	3º año
Torrijos y Ricaurte, Luis (1812-)	1832	Filosofía (2ª C.E.)	3º año
Toscano, Manuel María	1832	Filosofía	3º año
Trujillo y Pérez, Fructuoso. (1812-)	1829-1830	Filosofía	3º año
Trujillo, José Miguel	1838	Filosofía	4º año
Uribe Anjel, Manuel	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Uribe y Aranda, Epaminondas. (1821-)	1837-1838	Filosofía	1º 2º 3º año
Uribe, Manuel	1837-1839	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Uribe, Zeverino	1839	Filosofía	3º año
Valenzuela y Escobar, Nasario (1814-)	1831-1832	Filosofía	1º año
Vargas Vega, Antonio. (1827-)	1837-1838	Filosofía	1º, 2º, 3º año
Vargas, Urbano	1837	Filosofía	3º año
Vergara y Tenorio, José María. (1823-)	1838	Filosofía	2º año
Vergara, José María	1837-1838	Filosofía	2º año
Villalobos, Dionicio	1837	Filosofía	2º año
Villoria, Alejandro	1838	Filosofía	1º año
Villoria, Federico	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Villoria, Manuel	1838-1839	Filosofía	1º, 2º año
Zabala, Antonio	1831-1832	Filosofía	1º año
Zamora, Antonio	1839	Filosofía	2º año
Zúñiga, Pablo	1839	Filosofía	2º año

EN BÚSQUEDA DEL HÁBITAT DE *CRYPTOCOCCUS NEOFORMANS* VAR. *GATTII* EN COLOMBIA

por

Elizabeth Castañeda*

Resumen

Castañeda, E.: En búsqueda del hábitat de *cryptococcus neoformans* var. *gattii* en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25** (94): 105-114, 2001. ISSN 0370-3908.

Se analizan los estudios de tipo diagnóstico e investigativo que sobre el hongo patógeno *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans* y var. *gattii* se han llevado a cabo en el laboratorio de micología del INS. Se destaca la frecuencia de una variedad de este microorganismo, la var. *gattii*, en ciertas regiones del país y la severidad de la patología por ella producida. Igualmente, se describen los pasos seguidos para demostrar su hábitat, su relación con los almendros (*Terminalia catappa*), su capacidad de desarrollo en plántulas y las posibles conexiones entre la planta, *C. neoformans* y el humano.

Palabras clave: *Cryptococcus neoformans*, criptococosis, hábitat, ecología.

Abstract

An analysis of the diagnostic and investigative studies carried out in Colombia, at the mycology laboratory at INS, on the pathogenic fungus *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans* y var. *gattii* is presented. Emphasis is made on the frequency of one the varieties of this microorganism, the var. *gattii*, in certain regions of the country and on the severity of its clinical presentations. The steps followed to demonstrate its presence in nature, its relationship with the almond tree (*Terminalia catappa*), its capacity to grow in seedlings, and the possible connections between the plant, *C. neoformans*, and humans are also described.

Key words: *Cryptococcus neoformans*, cryptococcosis, habitat, ecology.

* Laboratorio de Micología Médica. Grupo de Microbiología. Instituto Nacional de Salud (INS). Avenida Eldorado, carrera 50. E-mail: ecastaneda@hemagogus.ins.gov.co

"Por más de un siglo, *Cryptococcus neoformans* ha sido reconocido como germen patógeno para el hombre. La historia de su epidemiología, ecología, taxonomía, biología molecular, patobiología, diagnóstico y tratamiento son apenas un reflejo general de los descubrimientos realizados en el campo de la micología médica"

Casadevall, J.R. Perfect 1998. *Cryptococcus neoformans*.
ASM Press, Washington, DC

La criptococosis y su agente etiológico

El agente etiológico de la criptococosis, *Cryptococcus neoformans* (Sanfelice 1894, Vuillemin 1901), una levadura perteneciente al Reino de los Hongos, presenta un teleomorfo o fase sexuada que lo clasifica en el phylum Basidiomycota, orden *Filobasidiales*, familia *Filobasidiaceae*, género *Filobasidiella* (Kwong Chung, 1975; Kwong Chung *et al.*, 1979; Aulakh *et al.*, 1981). Sin embargo, se lo conoce mejor bajo su anamorfo o fase asexual, el que lo asigna al phylum Deuteromycota, clase Blastomycetes, orden Cryptococcales, familia *Cryptococaceae*, género *Cryptococcus*. Al presente, se considera que en ambos estados de reproducción, teleomorfo y anamorfo, existen dos variedades, var. *neoformans* y var. *gattii* (Kwong Chung *et al.*, 1982). Recientemente, y con base en huellas digitales del ADN del hongo, se ha propuesto la creación de una nueva variedad, var. *grubii* (Franzot *et al.*, 1999), aún está en consideración. Existen otras especies del género *Cryptococcus* pero ellas son raramente patógenas para el hombre (Mitchell & Perfect, 1995).

Cryptococcus neoformans es una levadura esférica u ovalada, capsulada, de tamaño variable (4-20 µm), el que depende del tamaño de la cápsula. El anamorfo se reproduce por gemación única o múltiple, dando origen a las blastoconidias. La cápsula es una característica morfológica importante del hongo y está compuesta por varios polisacáridos, la glucuronoxilomanana (GXM) la galactoxilomanana y la manoproteína; el primero es el más importante pues constituye el 90% de estos productos. Las diferencias en la estructura de la GXM explican las diferencias antigénicas que dan base a la clásica separación en cinco tipos serológicos: A, B, C, D, y AD (Evans, 1950, Wilson *et al.*, 1968). Al ser reconocidas estas variedades, se determinó que la var. *neoformans* estaba conformada por los serotipos A, D y AD y la var. *gattii* por los serotipos B y C (Mitchell & Perfect, 1995).

Es importante destacar que las dos variedades presentan numerosas diferencias, siendo una de ellas la preferencia por un hospedero determinado, preferencia que, a su vez, está condicionada por el estado inmune del mismo. La var. *neoformans* afecta preferentemente a indivi-

duos inmunocomprometidos y la var. *gattii* a hospederos inmunocompetentes en los cuales, a pesar de todo, ocasiona alta morbilidad. Adicionalmente, existe una mayor dificultad en obtener una respuesta adecuada al tratamiento en los pacientes infectados con la var. *gattii* (Mitchell & Perfect, 1995). De gran importancia son también las diferencias en distribución geográfica y en hábitat; así, la var. *neoformans* tiene distribución mundial (Kwong Chung & Bennett, 1984) así como especial predilección por suelos contaminados con excretas de aves, especialmente de palomas (*Columbia livia*), (Emmons, 1951; 1955). En contraste, la var. *gattii* está limitada a regiones tropicales y subtropicales y tan sólo hace una década fue posible determinar su hábitat, asociado con ciertas especies de *Eucalyptus* y de otros árboles (Ellis & Pfeiffer, 1990a, 1990b, 1992; Pfeiffer & Ellis, 1991, 1992).

El teleomorfo se reconoce como el hongo heterotálico *Filobasidiella neoformans*, con dos variedades, var. *neoformans* y var. *bacillispora* (Kwong Chung, 1979). La pareja sexual está conformada por aislamientos tipo "α" y tipo "a", las cuales al verse desprovistas de nitrógeno y en condiciones de relativa desecación, se fusionan e inician el proceso de reproducción sexual propia de los basidiomicetos (Kwong Chung & Bennett, 1978).

Algunos datos históricos

En 1894 Sanfelice, médico italiano, logró aislar a partir de jugos de frutas, el primer aislamiento de *C. neoformans* consignado en la literatura. El observó microscópicamente una levadura capsulada que en animales de experimentación, ocasionaba lesiones seudotumorales, característica que lo llevó a denominar el aislamiento *Saccharomyces neoformans*. Un año después e independientemente, dos patólogos alemanes Busse y Buschke, diagnosticaron el primer caso de criptococosis clínicamente manifiesta, informado en la literatura; no obstante, clasificaron al agente como *S. hominis*. Posteriormente y especialmente en Europa, se diagnosticaron otros casos, cuyos agentes etiológicos recibieron diversos nombres. En 1901, Vuillemin examinó una serie de aislamientos y al no observar reproducción por las ascosporas propias del género *Saccharomyces*, clasificó los varios aislamientos en el género *Cryptococcus* (del griego, *kryptos*, escondido) creado por Kutzing en 1833 para acomodar aquellas levaduras que no poseían "endosporas". El género *Cryptococcus* fue definitivamente aceptado en 1935 después de los trabajos de Rhoda Benham con los aislamientos de Sanfelice, Busse, Buschke y otros más. Con ellos se estableció que la criptococosis era producida por una sola especie del género, con algu-

nas diferencias serológicas entre los aislamientos. Desde entonces, el agente etiológico se conoce con el binomial *Cryptococcus neoformans* (Vuillemin, Sanfelice) (Drouhet, 1997).

"...el prefijo *CRYPTO**, aunque de vieja data, continúa siendo apropiado, ya que muchos aspectos de la epidemiología de la entidad permanecen aun ocultos"

D. Pappagianis, *Bacteriol Rev*, 1967; 31:25-34

Algunos datos epidemiológicos y micológicos

El diagnóstico

En 1956, se diagnosticó en nuestro país (Lichtenberger & Fajardo, 1956) y en una autopsia, el primer caso de criptococosis; se trataba de una mujer en embarazo que murió por meningitis. Para 1975 se habían publicado en Colombia 54 casos de criptococosis, la gran mayoría de ellos confirmados por histopatología (Ordóñez *et al.*, 1998).

Los primeros 14 casos diagnosticados en el laboratorio de Micología Médica del Grupo de Microbiología del INS, datan del período de 1975 a 1980 (Ordóñez *et al.*, 1981). Los datos indicaban que 8 pacientes eran del género masculino, con un rango de edad de 17 a 69 años y quienes procedían de 7 departamentos del país. En los 17 años siguientes (1981-1998), se diagnosticaron o confirmaron en este laboratorio, 322 casos de la micosis en pacientes procedentes de 20 departamentos. Un análisis de las historias de los pacientes hasta el año de 1985 indicó que continuaba predominando el género masculino (62%), que la micosis ocurría en mayores de 20 años y que como factores de base estaban presentes el lupus eritematoso sistémico, la enfermedad de Hodgkin y la artritis reumatoidea. (Ordóñez *et al.*, 1987; López *et al.*, 1993; Tobón *et al.*, 1996; Ordóñez *et al.*, 1996; Ordóñez *et al.*, 1998).

A partir de 1986, empezó a llamar la atención el alto número de casos de criptococosis asociados con el SIDA, ya que la proporción de pacientes VIH positivos en quienes se diagnosticaba la micosis, se había incrementado de 27% en 1990 a 80,4% en 1995 (Ordóñez & Castañeda, 1992; Ordóñez *et al.*, 1998).

El estudio del agente etiológico: las variedades, los serotipos y la pareja sexual.

En 1992, a partir de 163 aislamientos de origen clínico recuperados desde 1972, se estableció, por primera vez que en nuestro país existían las dos variedades de *C. neoformans* (Ordóñez & Castañeda, 1994). La var. *neoformans* (serotipos A y D) representaba 92,6% de los

casos y la var. *gattii* (serotipos B y C), 7,4%. Al serotipo A correspondían 92% de los casos, al serotipo B 6,8% y a los serotipos C y D, 0,6%. *C. neoformans* var. *neoformans* estuvo presente durante todos los años y todos los meses en los cuales se aisló el hongo; por el contrario, la var. *gattii* se observó solamente a partir de 1986 y en determinados meses del año. La criptococosis por la var. *neoformans* fue mas frecuente en el género masculino (67%), mientras que en las infecciones por la var. *gattii* no se observaron diferencias por género. La distribución por departamentos señaló que en Cúcuta, Norte de Santander, 5 de los 6 aislamientos de *C. neoformans* correspondían a var. *gattii*.

Este dato fue ampliado inicialmente en una publicación del grupo del Hospital Erasmo Meoz de Cúcuta (Lizarazo *et al.*, 1995). Adicionalmente en una revisión reciente, (Lizarazo *et al.*, 2000), se analizaron las historias de 20 pacientes con afección sistémica por *C. neoformans* var. *gattii*, diagnosticados entre 1988 y 1999. Se estableció que 15 pacientes eran hombres y 5 mujeres, con edad promedio de 32 años siendo 4 de ellos menores de 12 años. Los pacientes procedían de 8 departamentos pero 12 eran de Norte de Santander. Como dato interesante, 80% de los pacientes fueron considerados inmunocompetentes. El curso de la enfermedad fue severo ya que 7 (35%) pacientes murieron un mes después del diagnóstico y otros 7 sufrieron pérdida de la agudeza visual y/o de la visión. En ese trabajo se destacó la severidad de la afección por la var. *gattii*, su mortalidad y la morbilidad, lo cual señalaba la necesidad del pronto reconocimiento de la variedad infectante.

Un estudio, realizado en conjunto con el laboratorio de Micología de la CIB con el fin de determinar, in vitro, la susceptibilidad de las dos variedades a los antimicóticos, señaló que si bien todos los aislamientos de la var. *gattii* eran sensibles, lo eran en concentraciones denominadas sensibles pero dosis dependiente, lo que podría explicar la mayor dificultad para lograr que el tratamiento fuera exitoso (De Bedout *et al.*, 1999).

Con el fin de documentar la pareja sexual de los aislamientos colombianos, se realizó un estudio en el que se estableció que 55 de los 74 (74%) aislamientos de *C. neoformans* var. *neoformans* pertenecían a la pareja sexual "α". Sin embargo, no se logró determinar la pareja sexual en los 7 aislamientos de *C. neoformans* var. *gattii* estudiados (Ordóñez, *et al.*, 1998).

La encuesta

En 1997, iniciamos, en asociación con el laboratorio de la CIB, un programa denominado "Encuesta

epidemiológica sobre la criptococosis" (Castañeda *et al.*, 2000). La encuesta estaba dirigida a coleccionar información sobre los pacientes colombianos infectados con *C. neoformans* y sobre los correspondientes serotipos del hongo. De julio de 1997 a diciembre de 1999 habían sido remitidas 159 historias; adicionalmente y en forma retrospectiva, se diligenciaron 54 encuestas de pacientes diagnosticados en el período 1988 a 1996, lo que permitió analizar un total de 213 encuestas. Los datos más sobresalientes fueron los siguientes: 158 (74,2%) pacientes, 140 hombres y 18 mujeres tenían SIDA; 43 (20,2%) eran VIH (-) y en 12 (5,6%) se desconocía el dato. Como se desprende de lo anterior, el factor de riesgo predominante en el período analizado era la infección por el VIH (74,2%), sin embargo, se identificaron otros factores en 15% de los pacientes, tales como el uso de esteroides (4,2%), la presencia de una enfermedad autoinmune (2,8%) o de tumores (2,3%), así como trasplantes de órganos (1,9%), diabetes (1,4%), cirrosis (0,5%) y otros (7,4%).

Los 115 aislamientos recuperados de pacientes con SIDA correspondieron a la var. *neoformans*, serotipo A, en tanto que en los 42 pacientes VIH (-), se identificó la var. *neoformans*, serotipo A, en 24 (57%) y la var. *gattii*, serotipo B, en 18 (43%). Ocho de los 10 aislamientos de pacientes en los que el diagnóstico de VIH era desconocido, demostraron ser var. *neoformans*, serotipo A mientras que 2 fueron var. *gattii*, serotipo B. De los 134 aislamientos en los que se determinó la CIM, se halló resistencia a la anfotericina B en 2, al itraconazol en 1 y sensibilidad dosis dependiente al fluconazol en 4. El tratamiento inicial de los pacientes había sido realizado con anfotericina B en 60% y combinado con fluconazol en 20% de los casos.

Debido a que la criptococosis no es una enfermedad de notificación obligatoria en nuestro país, los datos de la encuesta anterior representan una primera aproximación hacia la recolección de información confiable sobre esta patología.

Comentarios sobre la criptococosis y su agente etiológico.

La experiencia del grupo de Microbiología del INS en esta patología, permite destacar los siguientes hechos: al presente en nuestro país, al igual que en otras partes del mundo, el factor de riesgo más importante para el desarrollo de la criptococosis es la infección por el VIH. Sin embargo, es importante anotar que los factores de riesgo tradicionales siguen estando presentes en los pacientes VIH negativos, si bien con menor frecuencia. La variedad predominante del hongo es la var. *neoformans*, serotipo A, lo que refleja su mayor frecuencia en hospederos inmuno-

comprometidos. No obstante, la morbi-mortalidad ocasionada por la var. *gattii*, serotipo B, en pacientes inmunocompetentes no es despreciable y señala la importancia del estudio micológico inicial con el fin de establecer la variedad que afecta al paciente. Igualmente, se destaca la distribución geográfica de la var. *gattii*, predominante en Norte de Santander, en tanto que la var. *neoformans* se ha aislado en todos los departamentos de los cuales se han recibido aislamientos.

"Debe recordarse, sin embargo, que la investigación es un proceso de maduración, de reflexión y raras veces, de impulso inmediato. Por regla general, una idea no se concreta de la noche a la mañana y pueden pasar varios años antes de su materialización"

A. Restrepo, Editorial, Biomédica 1998;18:247-248

La incursión en la ecología (oikos: casa, logos: estudio, "el estudio de la vida en casa"). De Sanfelice (1894) a Ellis (1990).

El hábitat de *C. neoformans* var. *neoformans*

El aislamiento realizado en 1895 por Sanfelice a partir de jugos de frutas, constituye el primero de una fuente ambiental, el que hoy se reconoce como *C. neoformans* var. *neoformans*, serotipo D (Drouhet, 1997). Sin embargo, la verdadera historia de los estudios ecológicos de *C. neoformans* se inicia con el informe de su recuperación del medio ambiente, a partir de muestras de suelo contaminadas con excretas de palomas (Emmons, 1951, 1955); este hallazgo estableció el hábitat de *C. neoformans* var. *neoformans*, serotipo A. Años más tarde, a partir de 1980, el Grupo de Microbiología del INS incursionó en este campo y reprodujo el hallazgo de Emmons, como lo han hecho numerosos autores (Staib & Schulz-Dieterich, 1984; Drouhet, 1997; Mitchell & Perfect, 1995). Fue así como se recuperó la var. *neoformans*, serotipo A, de 69% del total de 75 muestras recogidas en palomares de (Santa Fe de) Bogotá (Corrales *et al.*, 1981). En este trabajo se estudió una población con alta exposición a excrementos de palomas y un grupo control de personas no expuestas y se determinó la presencia de anticuerpos contra el hongo, sin que se revelara su presencia incrementada en los expuestos.

El hábitat de la var. *gattii*.

Con respecto a la var. *gattii*, su hábitat era desconocido hasta 1990, año en que el grupo australiano de Ellis y Pfeiffer, señalaron como los detritos de *Eucalyptus camaldulensis* eran reservorios de ella. Este hallazgo fue de gran significado ya que explicaba la fuente natural de infec-

ción de la variedad que ocasionaba el mayor número de casos clínicos en Australia (Ellis & Pfeiffer, 1990b). En posteriores investigaciones de Lazera *et al.*, 2000 se postula a los árboles como el nicho ecológico de las dos variedades.

1. Eucaliptos: estandarización de procedimientos.

En el laboratorio del INS se decidió entonces realizar un estudio tendiente a desarrollar la metodología adecuada al procesamiento de muestras vegetales y a identificar las especies de *Cryptococcus* asociadas con ellas. Fue así como se estudiaron 21 árboles ubicados en 5 zonas diferentes de Bogotá y a partir de 100 muestras, se recuperaron 27 aislamientos de *Cryptococcus* pertenecientes a 9 especies, 2 de ellos *C. neoformans* var. *neoformans* (Duarte *et al.*, 1994).

2. Eucaliptos: estudio en un parque de Bogotá.

Con base en la información consignada en el herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional sobre la presencia de un espécimen de *E. camaldulensis* en un parque de Bogotá, se diseñó un estudio con el fin de establecer la posible asociación de varios árboles del género con especies de *Cryptococcus*. Se recolectaron, mensualmente durante 2 años, 426 muestras de madera de 19 *Eucalyptus*. Estas se procesaron con los procedimientos estandarizados previamente. Fue posible recuperar 17 aislamientos de especies de *Cryptococcus*: 14 *C. laurentii*, 2 *C. neoformans* var. *neoformans* y 1 *C. albidus*. Si bien se estableció la asociación del hongo con los eucaliptos, no se logró recuperar la variedad *gattii* de ninguna de las especies del género *Eucalyptus* ubicadas e el parque. (Castañeda & Castañeda, 2001)

3. Cúcuta: eucaliptos y otros árboles.

Como se mencionó anteriormente, la información clínica disponible señalaba que, en Cúcuta, Norte de Santander, 60% de los casos de criptococosis en pacientes sin SIDA, eran ocasionados por la var. *gattii*. Por tal motivo, se inició un estudio sistemático sobre el hábitat de la var. *gattii* en esta ciudad. La muestra, seleccionada por tamaño y sitio, consistió en detritos de un cierto número y varias clases de árboles (*Eucalyptus*, *Cassia*, *Moquillia*), así como de otros árboles nativos de la región. Durante 11 meses consecutivos se recolectaron muestras alrededor de las casas de siete pacientes con infección por la var. *gattii*, residentes en el área urbana y de cinco sitios en las afueras de la ciudad. De las 1.736 muestras procesadas se aislaron 186 levaduras del género *Cryptococcus*, 40 de las cuales correspondieron a *C. neoformans* var. *neoformans*, serotipo A, 121 a *C. laurentii* y 25 a *C. albidus* (Ordóñez *et al.*, 1997).

4. Cúcuta: almendros.

Debido a que los almendros (*Terminalia catappa*) son comunes en el área, este género se adicionó a la lista de los otros árboles estudiados. Inicialmente, por un período de 5 meses, se analizaron detritos, material vegetal y muestras de aire. De 68 almendros y específicamente, del detrito de dos de ellos (almendros 9 y 21), fue posible aislar *C. neoformans* var. *gattii*, serotipo C (Callejas *et al.*, 1998). Fue éste el primer informe en la literatura sobre el aislamiento del serotipo C a partir del ambiente.

El hallazgo fue confirmado posteriormente ya que al seguir los dos almendros positivos, fue posible repetir el aislamiento, así como evaluar el tiempo de permanencia del hongo en los detritos durante diversas épocas del año. En total, se tomaron muestras de los dos árboles positivos por espacio de 26 meses, y se estudiaron 9 almendros adicionales. De un total de 160 muestras obtenidas de los dos almendros, 31 (19,3%) fueron positivas para *C. neoformans* var. *gattii* serotipo C (Figura 1), así como una muestra de 1 de los 9 almendros adicionales. Estos hallazgos sugieren que el almendro podría jugar algún papel como planta intermediaria para la var. *gattii*, y además, que esta variedad es capaz de permanecer por un tiempo prolongado en el área, ya que se logró recuperarla en diferentes meses a lo largo de todo el estudio (Castañeda *et al.*, 2001). El hallazgo repetido del serotipo C en asociación con detritos de *T. catappa*, apoya la hipótesis australiana sobre un nicho para *C. neoformans* var. *gattii*, en el medio ambiente

Se acepta que la determinación del hábitat de un agente infeccioso es fundamental en el conocimiento de su fisiopatología y, por lo tanto, estos resultados tan solo indican que requerimos de más conocimiento para esta-

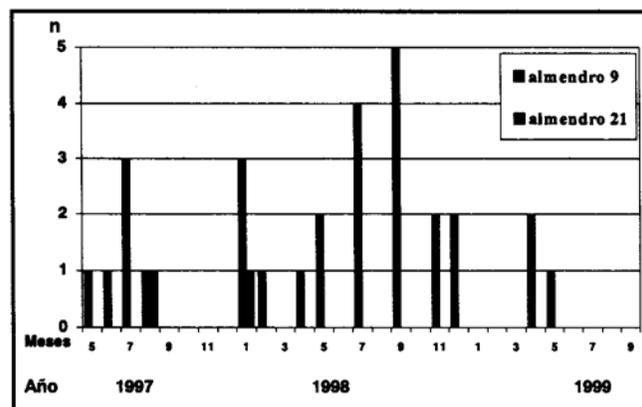


Figura 1. *Cryptococcus neoformans* var. *gattii*, serotipo C: recuperación mensual a partir de los almendros positivos 9 y 21.

blecer la relación ecológica precisa entre las variedades de *C. neoformans* y el hospedero. Sin embargo, los hallazgos mencionados permiten considerar una posible relación entre la infección del hombre y su exposición a los ambientes donde se ha demostrado la existencia del hongo. Estudios de tipo molecular podrían dar respuesta a estos planteamientos.

Estudio de los aislamientos ambientales, serotipo C

Con el fin de caracterizar los aislamientos ambientales serotipo C, se han empleado una serie de marcadores fenotípicos como son la morfología, el tamaño de colonias, levaduras y cápsula, el establecimiento de curvas de crecimiento, la producción de melanina, así como su patogenicidad para ratones BALB/c (Castañeda *et al.*, 1999).

1. Morfología y tamaño de las colonias. Se estudiaron 13 aislamientos ambientales serotipo C y controles representados por aislamientos ambientales serotipos A y B, y clínicos serotipos A, B, C y D. La morfología y el tamaño de las colonias se determinaron después de 7 días de crecimiento en agar glucosado de Sabouraud. Los datos de la morfología revelaron que todas las colonias era lisas, húmedas y no mucoides, con excepción de un aislamiento ambiental serotipo B empleado como control, caracterizado por colonias mucoides. El fenómeno de "switching," que se presenta con una frecuencia de 1×10^4 (Fries *et al.*, 1999), el cual parece estar implicado en virulencia, es objeto de estudio en la actualidad.

En todos los aislamientos, el tamaño de las colonias fue homogéneo; así, en el serotipo C, varió de 5,15 a 8,51mm con un promedio de $7,1 \text{ mm} \pm 0,92$. En los controles correspondientes el tamaño fue de 5,24 a 10,15, promedio $7,55 \pm 1,5$ para los ambientales, y de 5,33 a 8,92, promedio $6,58 \pm 1,13$, para los clínicos (Figura 2).

2. Producción de melanina. Esta fue determinada en el mismo número de aislamientos, utilizando un medio suplementado con L-dopa (3,4dihidroxifenilalanina), un sustrato para la enzima fenol oxidasa. En *C. neoformans* y con base en su especificidad, esta enzima ha sido clasificada como una lacasa, y constituye uno de los factores de virulencia más estudiados. Entre los fenómenos biológicos de defensa asociados con la producción de melanina, se encuentran la protección contra oxidantes, la integridad de la pared celular, la protección contra la luz UV, la inhibición de la fagocitosis y un incremento en la carga negativa. Por lo anterior, se acepta que la melanina constituye un mecanismo que protege al hongo del medio ambiente y del hospedero humano. En los experimentos

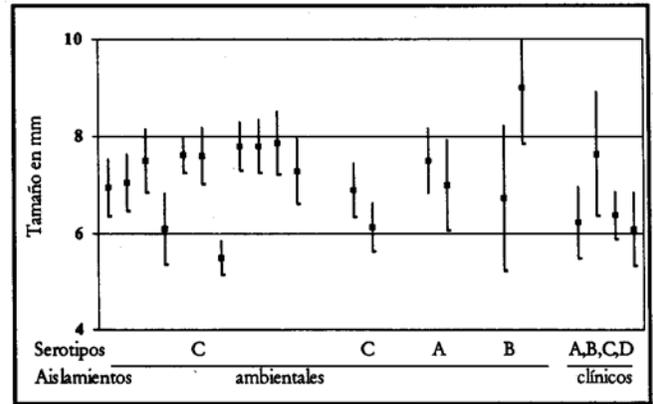


Figura 2. *Cryptococcus neoformans*: tamaño de las colonias en determinación realizada después de 7 días de crecimiento en agar glucosado de Sabouraud. Aislamientos estudiados: ambientales serotipo C del almendro 9: I-755, I-557, I-559, I-617, I-684, I-731, I-737, I-760, I-818, I-826, I-859; del almendro 21: I-618, I-682. Controles ambientales serotipo A, I-583, I-857, serotipo B I-453, B-4506. Controles clínicos, serotipo A I-855, serotipo B I-881, serotipo C I-78, serotipo D I-20.

anotados, la melanina fue producida a partir del sexto día de incubación en 3 de los 11 aislamientos ambientales serotipo C, y en el día 21, fecha final de la observación, en los restantes. La producción fue clasificada cualitativamente por intensidad como débil (en 1/13 aislamientos serotipo C), intermedia (en 11/13) y fuerte (en 1/13) (Figura 3). En el futuro, el uso de un procedimiento cuantitativo podría establecer la importancia de este factor en la interacción levadura-hábitat.

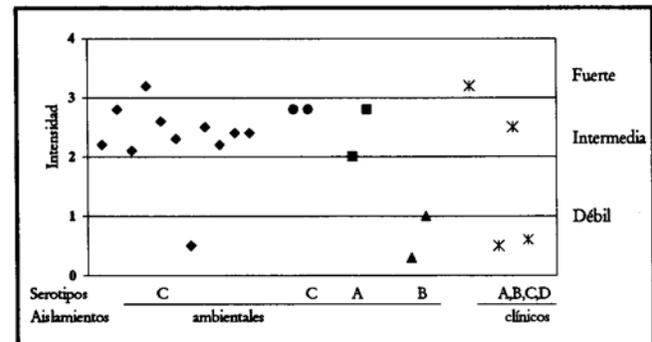


Figura 3. *Cryptococcus neoformans*: Producción de melanina en determinación realizada después de 21 días de crecimiento en agar con L-dopa. Los aislamientos estudiados fueron los mismos mencionados en la leyenda de la figura 2.

3. *Tamaño de las levaduras y de la cápsula. Curvas de crecimiento.* Estas determinaciones fueron establecidas para 3 aislamientos ambientales del serotipo C, uno del A, uno del B y un aislamiento clínico serotipo A. Los tamaños se estudiaron a partir de un crecimiento de 48h a 30°C en agitación en un medio líquido glucosado. La observación microscópica se hizo en preparaciones con tinta china con objetivo de inmersión, se midieron un total de 20 levaduras por aislamiento. Para las levaduras de serotipo C el tamaño de la levadura varió de 3,7 a 8,39 μm (promedio 6,06 \pm 1,74) y el de la cápsula de 0,44 \pm 1,01 μm (promedio 0,72 \pm 0,26). Los controles ambientales presentaron un promedio de 7,99 \pm 3,08 μm para las levaduras y 1,25 \pm 0,86 μm para la cápsula (Figura 4).

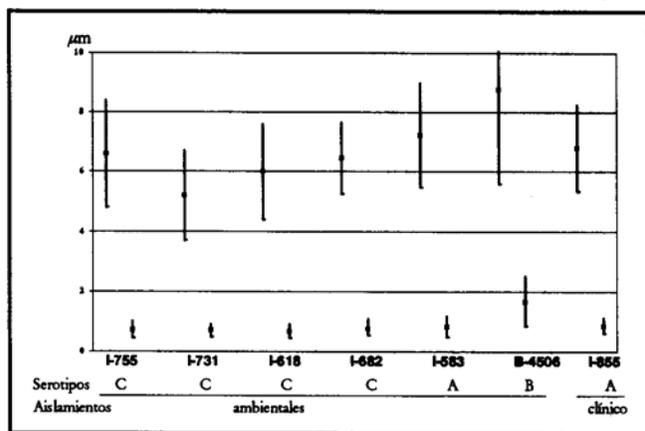


Figura 4. *Cryptococcus neoformans*: Determinación del tamaño de la levadura y de la cápsula. Proceso realizado a partir de un crecimiento de 48h a 30 °C, en agitación en un medio líquido glucosado. La observación microscópica se hizo en una preparación con tinta china y objetivo 100X. Se estudiaron aislamientos ambientales serotipo C obtenidos del almendro 9: I-755, I-731 y del almendro 21: I-618, I-682. Controles ambientales serotipo A, I-583, serotipo B, B-4506. Controles clínicos, serotipo A I-855,

El crecimiento en medio líquido fue medido tanto por absorción a 600 nm como por unidades formadoras de colonia (UFC). Ambas mediciones demostraron que todos los aislamientos alcanzaban su máximo crecimiento a las 54 h. (Figura 5).

4. *Virulencia de los aislamientos serotipo C.* La virulencia fue evaluada en ratones BALB/c, inoculados vía intravenosa con 1×10^6 y 5×10^6 UFC. Se emplearon 2 aislamientos serotipo C y como control, un aislamiento ambiental serotipo B de patogenidad conocida. Se estableció que con los aislamientos del serotipo C, todos los

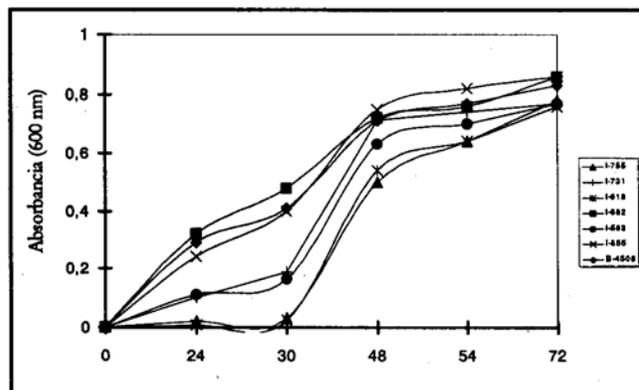


Figura 5. Curvas de crecimiento de los varios aislamientos de *Cryptococcus neoformans*. El crecimiento en medio líquido glucosado fue medido por absorción a 600 nm. Los aislamientos estudiados fueron los mismos mencionados en la leyenda de la figura 4.

Tabla 1. Virulencia de los aislamientos ambientales de *Cryptococcus neoformans*, serotipo C, evaluada en ratones BALB/c, inoculados intravenosamente con 10^6 y 5×10^6 UFC.

Aislamiento	Inoculo	Sobrevida	Recuperación	
	X 10^6	%	cerebro	bazo
Experimento 1		30 días		
I-755	5	100	-	+
I-680	5	100	-	+
B-4506	5	50	+	+
Experimento 2		60 días		
I-755pa*	1	100	+	+
I-680pa	1	100	+	+
I-680pa	5	80	+	+

* pa = pase por animal

ratones sobrevivieron hasta la terminación del experimento, 30 días post-inoculación. Sin embargo, la autopsia reveló lesiones en bazo y cerebro que indicaban el establecimiento del proceso infeccioso. El mismo resultado se obtuvo en un segundo experimento en el cual se inocularon cepas que habían sido pasadas por animal, procedimiento que se emplea para incrementar la virulencia (Tabla 1). Sería interesante explorar si la baja virulencia para los ratones del serotipo C pudiera estar relacionada con el escaso número de casos clínicos debidos a este serogrupo (Mitchell & Perfect, 1995).

Los almendros: hospederos experimentales

El informe del aislamiento de *C. neoformans* var. *gattii* serotipo C a partir de detritos de almendros (*T. catappa*)

(Callejas *et al.*, 1998), motivó la realización de un estudio encaminado a evaluar la supervivencia de *C. neoformans* en plántulas de almendros. Con tal fin y en una experiencia preliminar, se infectaron 30 plántulas en el tallo. El material vegetal fue procesado con diferentes técnicas y en diferentes períodos post-infección. No se observó alteración macroscópica ni microscópica en las plántulas infectadas. Sin embargo, *C. neoformans* permaneció viable hasta 100 días después de la infección, lo que se pudo establecer con la técnica de recuperación de hongos endofitos (Figura 6). (Huérffano *et al.*, 2000). Estos datos permitieron una primera aproximación a la comprensión de la relación entre el hongo y una posible planta hospedera y señalaron la necesidad de iniciar estudios que permitieran establecer si esta asociación podría conferirle a la planta el carácter de reservorio.

Trabajo actual

Actualmente se están aplicando algunas técnicas de biología molecular en el estudio de los aislamientos clínicos y ambientales de *C. neoformans* var. *gattii* con el fin de establecer sus relaciones genéticas y obtener un conocimiento más preciso de la relación parásito-hospedero. Adicionalmente, se está estandarizando la técnica de amplificación del ADN (PCR) en muestras del medio ambiente, la que ayudará a detectar, con mayor sensibilidad, la presencia del hongo en su hábitat. Este sería un paso fundamental en el estudio de la fisiopatología de esta importante micosis.

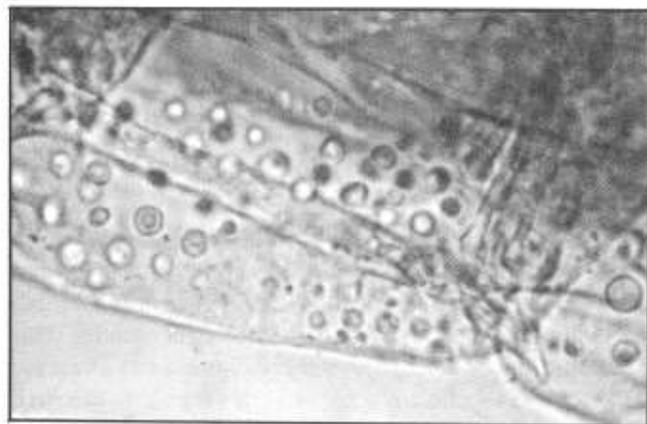


Figura 6. Tallo de una plántula de *Terminalia catappa*: Examen directo 100 días después de la infección con levaduras de *Cryptococcus neoformans*, serotipo C. Preparación con agua destilada en la que se observan blastoconidias del hongo (100X). Técnica de hongos endofíticos.

"Mientras más profundizamos en el conocimiento del hábitat más difíciles resultan de explicar las interacciones con el hospedero. Es decir, los caminos de investigación se siguen abriendo"

David H. Ellis, 2000.

Agradecimientos

La autora expresa su profundo reconocimiento a aquellas personas que en una u otra forma, colaboraron en las varias etapas del estudio. Sin su interés y consagración no hubiese sido posible obtener los resultados que hoy se presentan. Ellas son:

Integrantes del grupo de trabajo del Instituto Nacional de Salud: Nelly Ordóñez, , Alexandra Castañeda, Sandra Huérffano, Aída Callejas, Magaly Chinchilla, Edilma Torrado, Jeannette Castillo Luisa Marcela Londoño, Livia Bustos, Carmen Sofía Corrales, Gloria Estela Moreno y Angela Duarte

Colaboradores externos:

María Claudia Rodríguez y Jairo Lizarazo del Hospital Erasmo Meoz, Cúcuta.

Catalina de Bedout y Myrtha Arango, de la Corporación para Investigaciones Biológicas, Medellín.

Y especialmente al incondicional apoyo de la doctora Angela Restrepo Moreno.

Parte del estudio ecológico fue realizado con el apoyo económico de Colciencias, Contrato 2104-01-173-95, CT 294-95.

Bibliografía

- Aulakh, H.M., Straus, S. & Kwon-Chung, K.J. 1981. Genetic relatedness of *Filobasidiella neoformans* (*Cryptococcus neoformans*) and *Filobasidiella bacillispora* (*Cryptococcus bacillisporus*) as determined by deoxyribonucleic acid base composition and sequence homology studies. *Int J Sys Bacteriol* 31: 97-183.
- Callejas, A., Ordóñez, N., Rodríguez, M.C. & Castañeda, E. 1998. First isolation of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii*, serotype C, from the environment in Colombia. *Med Mycol* 36:341-344.
- Castañeda, A. & Castañeda, E. 2001. Aislamiento de especies de *Cryptococcus* asociadas con *Eucalyptus* en un parque de Bogotá. Aceptado para publicación *Biomédica* 21(1).
- Castañeda, A., Huérffano S, Rodríguez M.C. & Castañeda E. 2001. Recuperación de *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* serotipo C a partir de detritos de almendros. Aceptado para publicación *Biomédica* 21(1).
- Castañeda, E., Ordóñez, N., Callejas, A., Rodríguez, M.C., Castañeda, A. & Huérffano, S. 1999. In search of the habitat of

- Cryptococcus neoformans* var. *gattii* in Colombia. 4th International Conference on *Cryptococcus* and Cryptococcosis. London.
- Castañeda, E., Torrado, E., Arango, M., de Bedout, C., Tobón, A.M., Restrepo, A. & Grupo colombiano de estudio de la criptococosis.** 2000. Criptococosis en Colombia: estudio interinstitucional. *Inf Quinc Epidemiol Nac* 5:115-119.
- Corrales, C.S., Ordóñez, N., Londoño, L.M. & Castañeda, E.** 1981. Determinación de anticuerpos contra *Cryptococcus neoformans* en un grupo de colmbófilos. *Biomédica* 7: 100-104.
- De Bedout, C., Ordóñez, N., Gómez, B.L., Arango, M., Castañeda, E. & Restrepo, A.** 1999. Sensibilidad a los antimicóticos de los aislamientos clínicos de *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans* y var. *gattii*. *Rev Iberoam Micol* 16:36-39.
- Drouhet E.** 1997. Milestones in the history of *Cryptococcus* and cryptococcosis. *J Mycol Méd* 7:10-27.
- Duarte, A., Ordóñez, N. & Castañeda, E.** 1994. Asociación de levaduras del género *Cryptococcus* con especies de *Eucalyptus* en Santa Fe de Bogotá. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 36: 125-130.
- Ellis, D.H. & Pfeiffer, T.J.** 1990. Natural habitat of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii*. *J Clin Microbiol* 28: 1642-1644.
- Ellis, D.H. & Pfeiffer, T.J.** 1990. Ecology, life cycle, and infectious propagule of *Cryptococcus neoformans*. *Lancet* 336: 923-925.
- Ellis, D.H. & Pfeiffer, T.J.** 1992. The ecology of *Cryptococcus neoformans*. *Eur J Epidemiol* 8:321-325.
- Emmons, C.W.** 1951. Isolation of *Cryptococcus neoformans* from soil. *J Bacteriol* 62: 685-690.
- Emmons, C.W.** 1955. Saprophytic sources of *Cryptococcus neoformans* associated with the pigeon (*Columbia livia*). *Am J Hyg* 62:227-232.
- Evans, E.E.** 1950. The antigenic composition of *Cryptococcus neoformans*. I. A serological classification by means of the capsular and agglutination reactions. *J Immunol* 64: 423-430.
- Franzot, S.P., Salkin, I. & Casadevall, A.** 1999. *Cryptococcus neoformans* var. *grubii*: separate varietal status for *Cryptococcus neoformans* serotype A isolates. *J Clin Microbiol* 37: 838-840.
- Fries, B.C., Goldman, D.L., Cherniak, R.R. & Casadevall, A.** 1999. Phenotypic switching in *Cryptococcus neoformans* results in changes in cellular morphology and glucuronoxylomannan structure. *Infect Immun* 67:6076-6083.
- Huérffano, S., Castañeda, A. & Castañeda, E.** 2000. Experimental infection of almond trees (*Terminalia catappa*) with environmental isolates of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii*, serotype C. Abstract's book of the 14th Congress of the International Society for Human and Animal Mycology. Buenos Aires, Argentina.
- Kwon-Chung, K.J. & Bennett, J.E.** 1978. Distribution of a and a mating types of *Cryptococcus neoformans* among natural and clinical isolates. *Am J Epidemiol* 108:337-339.
- Kwon-Chung, K.J. & Bennett, J.E.** 1984. Epidemiologic differences between the two varieties of *Cryptococcus neoformans*. *Am J Epidemiol* 120:123-130.
- Kwon-Chung, K.J.** 1975. A new genus, *Filobasidiella* the perfect state of *Cryptococcus neoformans*. *Mycologia* 67:1197-1200.
- Kwon-Chung, K.J., Bennett, J.E. & Theodore, T.** 1979. *Cryptococcus bacillisporus* sp. Nov. serotype B, C of *Cryptococcus neoformans*. *Int J Sys Bacteriol* 28:616-620.
- Kwon-Chung, K.J., Polacheck, I. & Bennet, J.E.** 1982. Improved diagnostic medium for separation of *Cryptococcus neoformans* var. *neoformans* (serotypes A and D) and *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* (serotypes B and C). *J Clin Microbiol* 15: 535-537
- Lazera, M., Salmito, A., Londero, A., Trilles, L., Nishikawa, M. & Wanke, B.** 2000. Possible primary ecological niche of *Cryptococcus neoformans*. *Med Mycol* 37: 379-384.
- Lizarazo, J., Mendoza, M., Palacios, D., Vallejo, A., Bustamante, A., Ojeda, E., Restrepo, A. & Castañeda, E.** 2000. Criptococosis ocasionada por *Cryptococcus neoformans* variedad *gattii*. *Acta Méd Colomb*; 25:171-178.
- Lizarazo, J.F., Rodríguez, M.C., Ordóñez, N., Vargas, J.J. & Castañeda, E.** 1995. Criptococosis meníngea en el Hospital Erasmo Meoz de Cúcuta. *Acta Neurol Colomb*. 11:259-267.
- López, S., Ordóñez, N. & Castañeda, E.** 1993. Criptococosis con manifestaciones cutáneas. *Acta Méd Colomb*. 18: 229-233.
- Lichtenberger, E. & Fajardo, L.** 1956. Un caso de criptococosis. *Instant Med* 21:31.
- Mitchell, T. & Perfect, J.R.** 1995. Cryptococcosis in the era of AIDS - 100 years after the discovery of *Cryptococcus neoformans*. *Clin Microbiol Rev* 8:515-548.
- Ordóñez, N. & Castañeda, E.** 1992. La criptococosis y su agente etiológico. *Médicas UIS* 6: 207-215.
- Ordóñez, N. & Castañeda, E.** 1994. Serotipificación de aislamientos clínicos y del medio ambiente de *Cryptococcus neoformans* en Colombia. *Biomédica* 14:131-139.
- Ordóñez, N., Rodríguez, M.C., Callejas, A. & Castañeda, E.** 1997. Search for the habitat of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* in a northeast city in Colombia. Preliminary data. Abstract's book of the 13th Congress of the International Society for Human and Animal Mycology. Salsomaggiore Terme, Parma, Italia.
- Ordóñez, N., Castañeda, E. & Guzmán, M.** 1981. Criptococosis. Estudio de catorce casos con diagnóstico comprobado por el laboratorio. *Biomédica* 1: 87-93.
- Ordóñez, N., Castillo, J. & Moreno, G.S.** 1987. Criptococosis: diagnóstico por el laboratorio. *Biomédica* 7:37-40.
- Ordóñez, N., Chinchilla, M., Torrado, E. & Castañeda, E.** 1998. El despertar del gigante: lo que hemos aprendido sobre la criptococosis y su agente etiológico. Instituto Nacional de Salud, 1917-1987. Una historia, un compromiso. Toro G, Hernández CA, Raad J (eds). Instituto Nacional de Salud, Santa Fe de Bogotá: 262-269.
- Ordóñez, N., Torrado, E. & Castañeda, E.** 1996. Criptococosis meníngea de 1990 a 1995. Hallazgos de laboratorio. *Biomédica* 16: 93-97.

- Pfeiffer, T.J. & Ellis, D.H.** 1991. Environmental isolate of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* from California. *J Infect Dis* 163: 929-930.
- Pfeiffer, T.J. & Ellis, D.H.** 1992. Environmental isolation of *Cryptococcus neoformans* var. *gattii* from *Eucalyptus tereticornis*. *J Med Vet Mycol* 30: 407-408.
- Staib, F. & Schulz-Dieternich, J.** 1984. *Cryptococcus neoformans* in fecal matter of birds kept in cages. Control of *Cryptococcus neoformans* habitats. *Zbl Bakt Hyg* 179: 179-186.
- Tobón, A.M., Ordóñez, N., Castillo, J., Espinal, D., Franco, L., Gómez, I., Arango, M., Castañeda, E. & Restrepo, A.** 1996. Micosis sistémicas en niños. *Actualizaciones Pediátricas* 6:59-65.
- Wilson, D.E., Bennet, J.E. & Bailey, J.W.** 1968. Serologic grouping of *Cryptococcus neoformans*. *Proc Soc Exp Biol Med* 127: 820-3.

APORTACIÓN DE LA QUÍMICA VERDE A LA GRAN FARMACIA DE LA NATURALEZA

por

Jaime Bermejo Barrera*

Resumen

Bermejo B., J.: Aportación de la química verde a la gran farmacia de la naturaleza. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **25** (94): 115-125, 2001. ISSN 0370-3908.

Se hace un comentario de una serie de productos de origen vegetal, obtenidos directamente de plantas así como de sus transformados. Todo esto constituye la denominada Química Verde. También se describen los metabolitos aislados de algunas Compuestas, Hongos y Helechos que se han comportado biológicamente activos.

Palabras clave: Química Verde, productos activos, Endemismo de Canarias, España Peninsular y Sudamérica, Compuestas, lactonas sesquiterpénicas, agentes antimicrobianos, hongos y helechos, farmacología.

Abstract

Green chemistry consists of a series of natural products obtained directly from plants or by transformations. Some metabolites found in Compositae, Fungi and Ferns that have biological activity are described.

Key words: Green chemistry, active compounds, Canarian endemics, mainland Spain, South America, Compositae, sesquiterpene lactones, antimicrobial agents, fungi and ferns, pharmacology.

Introducción

Bajo la denominación de "Química Verde" se ha tratado de analizar un conjunto de productos químicos de ori-

gen vegetal, que pueden obtenerse bien directamente del material vegetal (plantas, arbustos o árboles, etc..) como de sus transformados o subproductos y residuos derivados de este material.

* Instituto Universitario de Bio-Organica "Antonio González"-Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del C.S.I.C., La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. E-mail: jbermejo@ull.es

Los productos químicos a los que me refiero anteriormente son sustancias químicas de estructuras moleculares a veces simples pero la mayor parte de las veces son bastante complejas puesto que se tratan de biomoléculas.

Para el análisis y estudio de estos productos es conveniente agruparlos teniendo en cuenta sus propiedades, prestaciones y actividad. Desde el punto de vista comercial son productos que se podrían llamar de "Química Fina y Especialidades" que conllevan bajos volúmenes de producción y precios de venta elevados.

Los subsectores industriales de aplicación considerados son: Alimentario, Farmacéutico y Cosmético. Por lo tanto son a las empresas relacionadas con estos subsectores a las que le interesan conocer las perspectivas, tanto productivas como tecnológicas, de estos productos de origen vegetal.

Para la obtención de estos productos de origen natural, frente a los sintéticos, existe una primera necesidad de aislarlos, purificarlos e identificarlos, hasta llegar a las especificaciones requeridas para su aplicación final. O sea, una vez determinadas las estructuras moleculares de estas sustancias, se caracterizan sus propiedades, funciones y actividad, a fin de establecer su posible aplicación o destino industrial.

De esto podemos deducir, y esto se ha podido observar en los laboratorios de investigación de Productos Naturales, que el desarrollo para la industrialización de este tipo de productos se ha visto muy limitado hasta que han aparecido los grandes avances logrados, en materia de:

- a) Técnicas físico-químicas.
- b) Sistemas analítico-instrumentales de identificación.
- c) Métodos de obtención por biosíntesis o biotransformaciones, con la utilización de la moderna Ingeniería Genética.

¿Qué utilidad tienen las plantas medicinales?

La utilización de plantas o derivados de ellas como herramientas para la curación de diferentes trastornos de la salud, está ampliamente documentada desde la antigüedad en todas las culturas. Incluso hoy en día, se considera que aproximadamente dos tercios de la población mundial se medica habitualmente con productos derivados de las plantas medicinales, siguiendo las pautas ancestrales de la medicina.

La investigación farmacéutica desde sus inicios se dirigió al aislamiento de los compuestos responsables de la

actividad curativa, para luego llegar a la elucidación estructural y finalmente conseguir su caracterización, la tarea era ardua y difícil, hasta tal punto que, durante décadas, la investigación en estos compuestos se fue reduciendo.

El reconocimiento de la química de los productos naturales, en general, y vegetales en particular, y su utilización para la obtención de compuestos activos como agentes terapéuticos ha venido guiado, en la última década sobre todo, por las posibilidades abiertas en el campo de la Biología Molecular.

La industria farmacéutica en la actualidad dirige grandes esfuerzos hacia el hallazgo de nuevos compuestos con actividades biológicas específicas, mediante el "screening" de extractos directos de las plantas. La investigación en este campo pone énfasis en disponer de una buena y extensa colección de material de partida, fundamentalmente extractos, que cubran la mayor diversidad de géneros, especies y ecosistemas, de manera que puedan encontrar una amplia expresión de todo tipo de metabolitos secundarios, asegurando de esta forma una gran variedad estructural.

Una vez que se determine que estos extractos cumplen los requisitos de actividad mínima adecuados, se ve si su evaluación secundaria se adapta a los requerimientos necesarios.

Cuando se llega a este punto hay que utilizar una metodología que permita identificar, lo antes posible, compuestos ya descritos para que el esfuerzo de aislamiento y determinación estructural se centre únicamente en las sustancias verdaderamente interesantes.

Los compuestos obtenidos y caracterizados, constituyen como veremos más tarde, la base sobre la que se realizan *a posteriori* las modificaciones para mejorar las propiedades y la actividad de estos compuestos, con el objetivo de conseguir finalmente el agente terapéutico más apropiado.

Estas transformaciones actualmente son tanto químicas como biológicas, y dentro de estas últimas, cabe reseñar las llevadas a cabo con cultivo de tejidos vegetales en medio líquido.

Los avances de la Botánica, la Bioquímica, la Biología Molecular y la Química Orgánica, permiten divisar un futuro esperanzador para muchos productos aplicables en Medicina con origen en fuentes vegetales.

Las aplicaciones terapéuticas más significativas de los productos desarrollados hasta el momento, algunos ya industrializados son:

Anti-inflamatorios
 Anti-virales
 Anti-tumorales
 Inmunosupresores
 Antiparasitarios
 Antihipertensores
 Antibióticos
 Analgésicos

La investigación en España, para mejorar el material vegetal de partida, así como los productos químicos derivados de éste para las diferentes aplicaciones que hemos comentado, es bastante activa, tanto en las Universidades y Centros Públicos de investigación como en las Empresas y en colaboración entre ellos.

El Instituto Universitario de Bio-Orgánica "Antonio González"- Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C), cuya sede se encuentra, en La Laguna, ha prestado a España servicios innegables. En él han consumido sus mejores años y sus energías muchas personas, con las que todos los que nos dedicamos a la investigación tenemos una deuda de gratitud.

Entre estos servicios, merece destacarse el haber establecido un sistema de relaciones científicas con todos los países que posibilitan la presencia Canaria en Organizaciones y Congresos Internacionales y canaliza la información científica en continua expansión.

Por otra parte, el Instituto Universitario de Bio-Orgánica y el Instituto de Productos Naturales, contribuyeron en períodos muy críticos, a la formación de un gran número de Profesores e Investigadores, cuyo paso a la Universidad ha supuesto la incorporación a ésta de investigadores, semillas de Departamentos y Cátedras muy activas, que han potenciado la institución universitaria, haciéndola creadora de ciencias y no solo transmisora de conocimientos y expendidora de títulos. Pero, tal vez, unas de las obras más notables, ha sido el envío a los más prestigiosos Centros de Investigación de todo el mundo, a lo largo de muchos años, de un gran número de becarios que actualmente constituyen la mayoría del personal investigador.

De todos es conocido que España, está viviendo horas decisivas, y la comunidad de los científicos no puede ni debe quedar ajena a los avatares del futuro. Es más, el futuro depende, y así lo entiendo yo, de buena parte de las respuestas que sepan dar los científicos a los muchos

problemas que en todos los campos del conocimiento básico y aplicado tenemos planteado, no sólo por imperativo de nuestro entorno o la herencia de etapas anteriores, sino también por exigencia de la nueva sociedad que nos ha tocado vivir.

Somos conscientes de que la acelerada expansión económica ocurrida en su momento no fue acompañada de una elevación paralela en nuestros niveles científicos. Esta situación se debió en buena parte a una escasa dotación de recursos financieros para el sector de la investigación, hoy en día bastante mejorado en mi Comunidad Autónoma, pero los científicos no nos quedamos con esta respuesta y preguntándonos si la Sociedad Española tiene conciencia de la importancia decisiva de la labor investigadora para nuestro futuro como nación, las ciencias españolas han dado una respuesta positiva como a continuación voy a exponer de manera reducida sobre algunos de los progresos realizados a través de la Química Verde tanto en el Instituto Universitario de Bio-Orgánica "Antonio González" como el Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del C.S.I.C., así como en otros Centros extranjeros.

El Centro de Productos Naturales Orgánicos nació allá por el año de 1945 junto a la Cátedra de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna en el antiguo Caserón Universitario de la calle San Agustín, donde se venía trabajando sobre Productos Naturales procedentes de plantas.

Veamos a continuación brevemente qué aportación ha ofrecido la Química Verde a la gran farmacia de la naturaleza.

La fitoterapia o medicina por las plantas es una Ciencia como las otras, fruto de la investigación y la experiencia.

La Ciencia Moderna al analizar y estudiar los efectos terapéuticos de las plantas, lejos de disminuir la confianza en la naturaleza, contribuye a valorar su acción curativa para poder elegir las más eficaces.

Las plantas ofrecen al hombre miles de moléculas bioactivas, que todos los químicos del mundo juntos no podrían sintetizar en mucho tiempo.

Si nosotros pensáramos tanto sobre el desarrollo de la Medicina como en el desarrollo de la Terapéutica veremos que son una y la misma cosa según el Diccionario de la Academia, Medicina es: "Ciencia y Arte de precaver y curar las enfermedades" y Terapéutica, "parte de la medicina que enseña el tratamiento de las enfermedades". Estas definiciones, tan sencillas y tan conocidas de todo el mundo, no se han tenido en cuenta durante muchos años,

en especial y ello es lo curioso, en los últimos 150 años, la época de la llamada medicina científica.

La farmacología ha logrado en los últimos años éxitos tan indiscutibles que su prestigio ha trascendido hasta el vulgo menos culto. Si en tiempos de Bouchard el tratamiento era una concesión a los prejuicios del público, que reclama ansioso el último y más costoso medicamento del mercado, por lo que el clínico acumula en la prescripción todos los últimos medicamentos que ha llevado a su conocimiento una propaganda interesada, temeroso de que, en una consulta posterior con otro facultativo, pueda el mismo enfermo recibir alguno que a él se le halla pasado por alto.

Es un hecho evidente que la terapéutica no se estudia en medicina con el amor que merece su trascendental cometido. El ambiente de la clínica no es en general propicio a la consideración de los detalles farmacológicos, químicos y bioquímicos de la acción medicamentosa. Existe interés por los detalles etiológicos y patogénicos, por la anatomía patológica, por la sintomatología..., pero la atención se enerva cuando se llega al capítulo terapéutico, como si los detalles farmacológicos no fuera de utilidad en el ejercicio médico.

Debo aclarar, sin embargo, que no siempre ha sido así. El escepticismo terapéutico fue una consecuencia de los descubrimientos en el campo de la patología durante el siglo XIX, que revolucionaron por completo todas las ideas médicas tenidas hasta entonces. Pero ahora es ya de volver al verdadero cauce y, por lo tanto, a la convicción que una medicina que no tiene como fin principal la curación del enfermo no es medicina. O, dicho de otro modo: que la patología es una herencia básica para el ejercicio de la medicina, pero de ningún modo la propia medicina, la cual ha de coronarse siempre con el alivio de la curación del enfermo. Debemos asimilar bien la idea de que los conocimientos de la terapéutica son aún más esenciales para el ejercicio digno de la medicina que los de patología. Pero esto no se conseguirá del todo, creo yo, hasta que una nueva promoción de maestro clínico, en su trabajo y libro de texto, conceda al capítulo terapéutico la misma extensión, el mismo amor e idéntico interés que se ha concedido al capítulo de etiología o de diagnóstico.

La terapéutica científica o moderna tuvo que comenzar desde sus cimientos, y esto no es una frase, sino una realidad, ya que los cimientos de la terapéutica son los conocimientos farmacológicos, y la farmacología no se "inventó" hasta mediados del siglo XIX. El gran mérito de sus iniciadores, el médico lituano Buchheim y el alemán Schmiedeberg fue comprender que sólo empezando

desde muy al principio podía hacerse una construcción ordenada de la terapéutica. Es verdad que el Dr. Bernad había hecho anteriormente experimentos farmacológicos, pero no con la determinación sistemática de construir un nuevo orden de conocimientos. El primer libro científico y la primera revista de farmacología se debe a Schmiedeberg.

Durante mucho tiempo, aquellos trabajos experimentales no despertaron la atención de los clínicos. Estos, especialmente los de la escuela francesa, consideraban a aquellos experimentos con animales inferiores, demasiado alejado de la clínica humana. La "farmacología de rata" fue menospreciada. Sin embargo, los éxitos no dejaron de presentarse en sucesión acelerada en las investigaciones de numerosas pléyade de discípulos del gran Schmiedeberg: Magnus, en Berlín, al describir cómo medir con exactitud la actividad de las sustancias digitálicas y, en consecuencia, la forma de dosificar con precisión. Langley, Dale y Gottlieb, al analizar la farmacología del sistema nervioso; Abel, en América, al cristalizar la adrenalina; Coleta, Mayer, Hernando, etc... al descubrir el modo de acción de los medicamentos antiguos e impulsar el descubrimiento de los nuevos: hipnóticos, antipiréticos, anestésicos locales, etc., constituyendo la gran cosecha de nuevos conocimientos. La industria y la economía alemana pronto comenzaron a saborear los frutos de esta investigación.

Lo que sigue es ya historia de nuestros días. Los nuevos campos científicos que iban apareciendo ofrecían amplio espacio para la investigación farmacológica y una valoración de su actividad. Pero también es necesaria la prosecución del medicamento a lo largo de todo su caminar intraorgánico: cómo se absorbe, como se elimina. Todo un proceso difícil que implica recurrir a la más elaborada técnica y emplear la mayor imaginación. Porque los tratamientos se hacen cada vez más exigentes y los enfermos menos sufridos, y además, la actividad de los nuevos fármacos exige su dosificación precisa y su aplicación oportuna.

Sin embargo, la principal aspiración de la nueva terapéutica, basada en la farmacología, sigue siendo averiguar el mecanismo de acción de las sustancias medicamentosas, lo que presupone conocer la etiología y la patogenia de la enfermedad. Desechada por completo la teoría de los humores, todo el sistema terapéutico antiguo cayó por su base. Purgantes, sangrías, vomitivos, sudoríficos, revulsivos ¿para qué se iban a emplear?. Entonces ¿qué dar en tantas enfermedades carentes de una verdadera terapéutica? ¿qué dar en la tifoidea, en la pulmonaria, en la tuberculosis, en la anemia perniciosa y en tantas otras?. Los viejos médicos seguían por sistema

empleando los viejos remedios. Pero los jóvenes progresivos y los grandes maestros ya no podían creer en la eficacia de aquellos. Y como sea que en tantos casos no tenían nada apropiado se encogían de hombros y exclamaban: "qué más da". Era necesario que la nueva terapéutica fuese llenando aquel vacío. Pero esto requería muchos años de esfuerzo y de trabajo. Ya han pasado aquellos años. Ya se encuentra, casi, para cada enfermedad su medicamento indicado y útil. Pero el gusto por el estudio de la terapéutica se ha perdido, y el médico no comprende que para hacer uso de los eficaces medicamentos de que hoy dispone es preciso estudiarlos en su composición y en su manera de actuar, en su química y en su mecanismo de acción, ejes fundamentales de la curación y de la comprensión de la enfermedad.

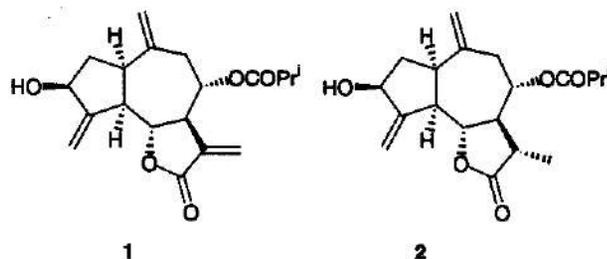
Podemos decir que la vida es una reacción química. Si se quiere, una serie de reacciones químicas encadenadas que tiene un principio y un fin. El principio es la asimilación o anabolismo, y el fin, la desasimilación o catabolismo. EL principio puede ser el CO_2 , H_2O en los vegetales clorofílicos o sustancias orgánicas ya formadas en los animales. El fin siempre es el mismo, CO_2 , H_2O y sustancias orgánicas de amoniaco de desecho (urea, úrico, etc.). Las reacciones químicas se desarrollan entre moléculas (Valdecasas F. G., 1975).

Voy a mencionar a continuación algunos de los productos activos obtenidos de plantas tanto endémicas de Canarias y España Peninsular así como Sudamericana.

Desde 1964 en el Centro de Productos Naturales Orgánicos estamos estudiando este tipo de sustancias al que

hemos aportado el aislamiento y comportamiento químico de aproximadamente un centenar de nuevas lactonas sesquiterpénicas así como síntesis parciales y ensayos farmacológicos de un grupo de ellas.

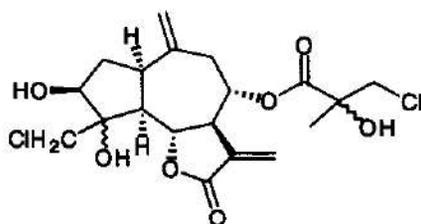
De la *Centaurea canariensis*, (González et al. 1978) por nombrar una de ellas, hemos aislado las nuevas guayanolidas aguerina A (1) y aguerina B(2) y de la *Centaurea hyssopifolia* (González et al. 1972, González et al. 1974) la clorohyssopifolina A, B, C, D y E. Estas lactonas también nuevas en la bibliografía, poseen en su molécula átomo de cloro.



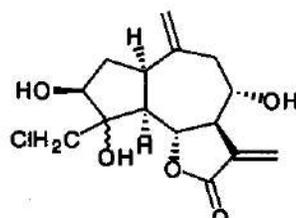
El enorme interés en este campo de productos naturales es debido a dos razones:

- Han sido utilizadas como herramientas en la quimiotaxonomía, principalmente en las Compuestas.
- Sus actividades biológicas.

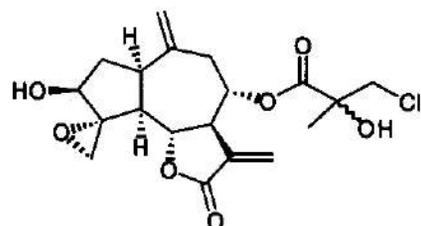
Estas lactonas poseen significativa actividad antineoplásica "In vitro" y/o antibiótica, analgésica, antiinflamatoria, etc.



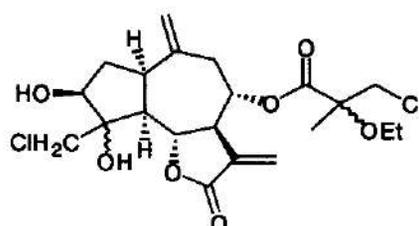
Clorohyssopifolina A



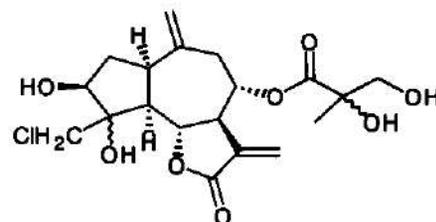
Clorohyssopifolina B



Clorohyssopifolina C



Clorohyssopifolina D

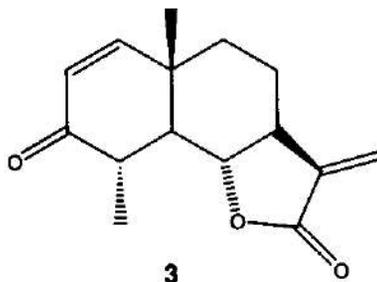


Clorohyssopifolina E

Del *Sonchus tuberosus* (Bermejo et al, 1968) hemos aislado una nueva lactona denominada tuberiferina (3) la cual ha mostrado una importante actividad antitumoral "In vitro" frente a células cancerosas KB ó HeLA pero más importante es la actividad antitumoral de las lactonas cloradas mencionadas anteriormente. Este grupo de lactonas sesquiterpénicas halogenadas que se singularizan por te-

ner uno o dos átomos de cloro en su molécula, que como hemos indicado anteriormente lo hemos aislado de la *Centaurea hyssopifolia*, por su actividad citotóxica frente a células HeLA 219 destacan la clorohyssopifolina A, B, C, D y E que como podemos observar, todas contienen el agrupamiento α -metileno- γ -lactona. Las actividades obtenidas se exponen en el siguiente cuadro:

Compuestos	ID ₅₀ μ g/ml	α -metileno- γ -lactona	Cadena lateral sobre anillo	Sobre la cadena en C-8 ciclopentilo
Clorohyssopifolina A	0.35	+	Cl	Cl
Clorohyssopifolina B	0.50	+	Cl	-
Clorohyssopifolina C	0.25	+	Epóxido	Cl
Clorohyssopifolina D	0.50	+	Cl	-
Clorohyssopifolina E	2	+	Cl	-
Cinaropicrina	5	+	Metileno	-
Deacilcinaropicrina	5	+	Metileno	-
11-13- dihidroclorohissopifolina A	40	+	Cl	Cl
8 α -metilacrilato-11				
-dihidro-clorohyssopifolina B	70	-	Cl	-
6-mercaptapurina	0.10	-	Cl	-



Según se observa, la actividad de las moléculas cloradas es superior a la que posee las lactonas sesquiterpénicas con estructura semejante pero sin halógeno. Las más activas son las clorohyssopifolinas A y C, la primera contiene dos átomos de cloro y la segunda un epóxido. De estos resultados se puede deducir las conclusiones siguientes:

a) Se confirma que el agrupamiento α -metileno- γ -lactona es un requisito fundamental en su acción citostática, la acción inhibitoria se incrementa en presencia del cloro.

b) La clorohyssopifolina C mostró la más alta actividad citostática, produce una marcada inhibición de la síntesis del DNA y menos efecto sobre la síntesis del RNA y de las proteínas.

Antibióticos. Inhibidores del crecimiento bacteriano:

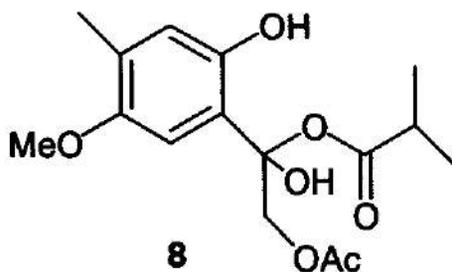
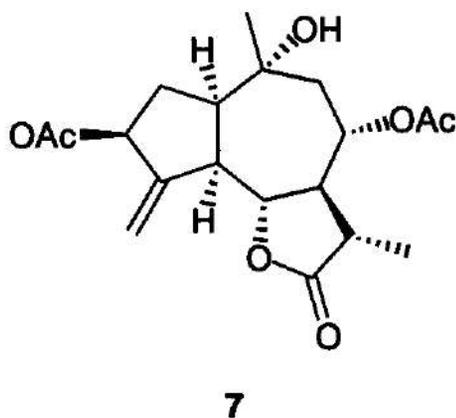
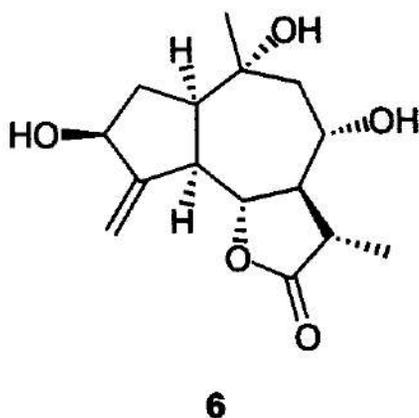
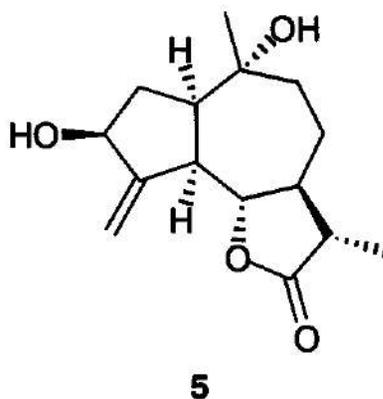
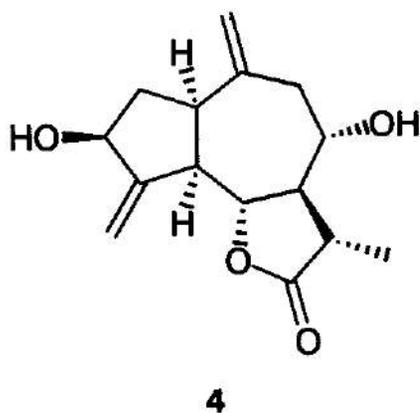
Durante los últimos años, se han hecho un intenso esfuerzo para descubrir nuevos antibióticos. Este trabajo ha culminado en la preparación de una forma homogénea de más de miles de antibióticos. De este número sólo dos docenas han encontrado uso clínico significativo.

Por varias razones, la búsqueda de nuevos antibióticos ha sido más intensa entre plantas inferiores, con especial énfasis en varios *Streptomyces* y en unos pocos hongos. Sin embargo, ciertas enfermedades plantean serios problemas y parte de los antibióticos presentan inconvenientes, ya sea debido a su limitado espectro antimicrobiano o por poseer efectos secundarios indeseables. Estos factores impulsan a una búsqueda de nuevos antibióticos.

La desacilcinaropirina (4), la 10 α -hidroxi-8-desoxi-10,14-dihidrodesa cilcinaropirina, denominado taeckholmia (5), la 10 α -hidroxi-10,14-dihidrodesacilcinaropirina (6), y el acetato de esta última (7), aisladas de *Taeckholmia canariensis*, se evaluaron como posibles agentes antimicrobianos contra diferentes bacterias Gram positivas y Gram negativas: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B. magaterium*, *Micrococcus luteus*, *Kubsiella pneumoniae*, *Scherichia coli*, *Salmonella sp* y *Pseudomonas sp.*, inhibían el crecimiento de estas bacterias. Nosotros observamos que en todos los casos, el acetato fue más activo que el alcohol correspondiente (Estévez, R. F, 1963).

Otros de los géneros estudiados es el correspondiente al *Schizogyne*, planta endémica de las Islas Canarias. Nosotros hemos abordado el estudio de las dos únicas especies existentes. *S. sericea*, abundante en todas las Islas y *S. glaberrima* endémica del Sur de Gran Canaria.

De estas dos especies hemos aislado y determinado la estructura de diez derivados del timol (González et al. 1986, González et al. 1986). Los efectos de la 10-acetoxi-8-hidroxi-9-isobutiriloxi-6-metoxitimol (8) (González et al. 1988) obtenida de ambas especies ha sido investigada sobre el edema inducido por carragenina en ratas. También hemos estudiado los efectos sobre la movilidad, la posible acción antimicrobial y la toxicidad aguda.



También quisiera hacer mención aquí de la importancia, aplicaciones y fitoquímica de los hongos endémicos de Canarias y Sudamérica. Si bien, es sabido que algunos hongos son capaces de producir numerosas enfermedades en las plantas, animales y hombres, dañar alimentos y productos sintéticos, etc. Muchos son altamente beneficiosos para el hombre, directa e indirectamente. En este sentido, son responsables en gran parte de la degradación de la materia orgánica indispensable para mantener el equilibrio en los bosques u otros ecosistemas. Constituyen la base de un considerable número de procesos industriales relacionados con la fermentación (en la fábrica de pan, vino y cervezas, etc.) y la producción de ácidos orgánicos y compuestos vitamínicos, etc. Su importancia medicinal es asimismo notoria, ya que de ciertos hongos se obtienen sustancias anticancerígenas. Otros son de gran importancia para la agricultura, debido a los cambios que originan en el suelo, aumentando la fertilidad de los mismos, a los que se suman los formados de micorrizas, tan importantes en silvicultura.

El interés del hombre por los hongos ha estado relacionado, desde la más remota antigüedad, con sus propiedades alucinógenas y mágicas, siendo objeto de veneraciones, temores y prácticas de brujería de la más variada gama desempeñando un papel importante en las religiones primitivas, sobre todo de la civilización Maya centroamericana.

Igualmente, ha sido notable el interés por las setas comestibles, que como sabemos, han constituido desde muy antiguo, una fuente peculiar de alimentación para la humanidad.

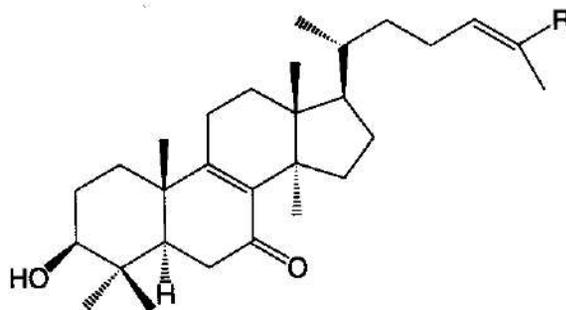
Aquí, quisiera dar cuenta de nuestra primeras investigaciones sobre los componentes químicos de los basidiomycetes *Ganoderma australe* y *Ganoderma lucidum*.

El *Ganoderma australe*, (González et al. 1986) es un basidiomycete de consistencia leñosa, está estrechamente relacionado con el *Ganoderma applanatum*, llegándose a confundir estas dos especies.

Del extracto de acetona del *G. australe* después de cromatografiar nos permitió aislar seis esteroides: ergosta-7,22-dien-3-ona; ergosta-7,22-dien-3 β -ol; ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-ona; ergosta-7-en-3 β -ol; 5 α , 8 α -epidioxo-ergosta-6,22-dien-3 β -ol (peróxido de ergosterol); 5 α , 8 α -epidioxo-ergosta-6,9(11),22-trien-3 β -ol (9,11-dihidro-peróxido de ergosterol). Del mismo extracto se aislaron seis ácidos grasos.

Recientemente y continuando con nuestra estrecha colaboración con el Dr. Augusto Rivera y col. de la Uni-

versidad Nacional de Colombia hemos estudiado el *Ganoderma lucidum* (González et al. 1999) recolectado en el Parque Nacional Natural Los Farallones (Valle del Cauca-Colombia) del extracto etanólico después de cromatografiar, hemos aislado dos nuevos triterpenos lucidadiol (9), lucidal (10) con esqueleto de lanosterol y los siguientes compuestos descritos ya en la bibliografía ganodermadiol; ganodermenonol; ácido ganodérico; ergosterol; 22-23-dihydroergosterol; ergosta-7,22-dien-3-ona; fungisterol, ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-ona; y peróxido de ergosterol.



9: R = CH₂OH
10: R = CHO

Otras de las líneas de investigación que llevamos a cabo es el estudio del *Asplenium otopteris* L., un helecho de rizoma corto rastrero, conocido también como "culantrillo negro", "adianto negro", "capilar negro" o "culantrillo mayor". Esta especie se distribuye por diferentes partes de Europa encontrándose también en los archipiélagos macaronésicos. Pues bien nosotros de este helecho hemos aislado entre otras sustancias, un compuesto aromático, nuevo como producto natural al que hemos identificado como el ácido 3-(4-hidroxifenil)-propiónico (11).

Nosotros además de sintetizarlo, (González et al. 1997) hemos alargado la cadena en dieciocho átomos de carbono, con la finalidad de buscar una relación estructural-actividad. De esta manera obtuvimos el 1-(4-hidroxifenil) heneicosano (12).

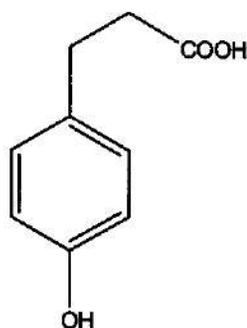
La toxicidad de los compuestos (11), (12) la medimos mediante el bioensayo de *Artemia salina* (González et al. 2001) cuyos resultados fueron los siguientes:

Sustancia	CI ₅₀ (ppm)
(11)	33.7 (42.1-27.9)*
(12)	> 100

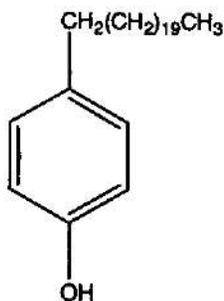
* Valores en paréntesis indican intervalo de 95% de confianza.

Como podemos observar, al aumentar el tamaño de la cadena, la toxicidad del compuesto (12) disminuyó drásticamente con respecto a la sustancia (11).

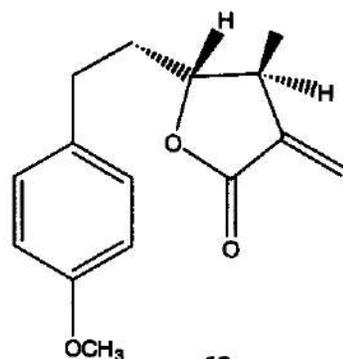
Como habíamos mencionado anteriormente la unidad estructural α -metilén- γ -butirolactona es característica de un largo número de sesquiterpenos biológicamente activos. Últimamente ha llamado la atención el desarrollo de su síntesis; de ahí que nosotros, sobre la base de su importancia biológica hallamos introducido el mencionado agrupamiento (Bermejo et al. 2000) en la cadena lateral del ácido 3-(4-hidroxi fenil)propiónico (11) para obtener el 5-[2-(4-metoxifenil)etil]-3-metilén-4-metildihidrofuran-2-ona (13).



11



12



13

Con esta sustancia nos planteamos evaluar su actividad sobre la capacidad proliferativa de linfocitos humanos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) La lactona a la concentración más elevada (100 μ g/ml) produce a las 48 horas un ligero descenso en el número de células, cuya significación habría que verificar con experimentos adicionales. De confirmarse el hecho supondría que el incubado con la lactona determina un des-

censo en la actividad proliferativa del cultivo que, en condiciones normales, crece desde tiempo 0 a 48 horas con un factor de 1.8.

b) Este descenso sólo se produciría a la concentración más alta. En todo el resto de concentraciones usadas los niveles de celularidad son similares o ligeramente superiores a los del control sin detectarse un efecto dosis-respuesta.

En resumen, el producto presenta a las dos concentraciones más altas usadas un cierto efecto antiproliferativo que se revierte ligeramente a concentraciones más bajas.

La sustancia (13) es una molécula novedosa por lo que ha sido objeto de una patente "Derivado del ácido *p*-hidroxifenil propiónico como agente antiproliferativo" cuyo número y fecha es: # P200000660 de 20 de marzo del 2000.

Paralelamente al hecho anterior, estamos actualmente investigando otra especie denominada *Polypodium leucotomus* procedente de Sudamérica. Para ello se realizó una expedición que permitió efectuar un amplio relevamiento etnobotánico de distintas zonas de Bolivia, en particular del Departamento de La Paz, en la zona denominada Yungas sur. Esta región es una zona de transición entre la altiplanicie andina situada a 3500-4000 metros de altitud, y la zona preamazónica a 1200 m de altitud, de modo que, de manera similar a algunas zonas de España (Sierra Nevada), se produce una gran diferencia de altitud en una pequeña distancia lineal con el consiguiente gradiente biológico que se manifiesta desde la aridez del altiplano hasta la frondosidad de la zona preamazónica. La zona herborizada presenta un alto grado de "contaminación" botánica por cultivos en estado de semi-abandono y de extensas zonas deforestadas para habilitar terrenos para efectuar otras plantaciones de interés. Esta deforestación además, provoca deslizamientos de tierras, especialmente durante la estación húmeda (Octubre-Diciembre). A pesar de lo dicho, se observa una gran riqueza botánica autóctona, presentando especial interés el estudio de la influencia de la altura en la formación de metabolitos secundarios.

Nosotros con la ayuda de un proyecto FEDER y la colaboración de Industrial Farmacéutica Cantabria (IFC) estamos realizando un estudio de las moléculas bioactivas del *Polypodium leucotomus* donde hemos llegado a un metabolito de interés industrial principalmente en el área farmacéutica y cosmética. Este metabolito en ensayos preliminares *in vitro* ha demostrado una actividad fotoprotectora de cultivos de fibroblastos al incubar las

células con el producto tanto antes del tratamiento con RUV como en incubaciones simultáneas al tratamiento, esta actividad puede deberse en parte a la actividad antioxidante demostrada en determinados ensayos *in vitro* realizados por IFC.

Actualmente hay sabios y botánicos que creen que la existencia de plantas beneficiosas para la salud no constituyen una ciega casualidad, sino que fueron puestas en la creación para el bien del hombre y se recuerda que estos medios tan sencillos y naturales fueron usados con fé por nuestros antepasados desde hace miles de años. También hoy sabemos que el ser humano, antes de perder su fino y natural instinto, estaba dotado para aceptar con gran intuición, entre las muchas plantas beneficiosas, aquellas que, precisamente, necesitaba para librarse de ciertos males. Este instinto se ha perdido totalmente. Y no sólo esto. Al observar y estudiar mejor a los animales, se hallaron muchas pruebas de que ellos también seleccionan por instinto ciertas plantas para curarse. Muchos animales, hasta insectos y parásitos, a menudo desechan los alimentos alterados y desnaturalizados por el hombre y prefieren los naturales.

Hay que tener presente que las plantas, generalmente, no suelen tener acción específica para una enfermedad determinada, sino que más bien actúan en el sentido general de aumentar la fuerza autocurativa del organismo. Otra acción que presenta muchas plantas es favorecer la eliminación de sustancias perjudiciales para el cuerpo humano.

Correspondiendo a mi idea de la unidad entre cuerpo y mente, me parece útil hacer resaltar un hecho importante, aunque no corresponde directamente a la charla que he desarrollado. La moderna sicología profunda nos ha revelado muchos aspectos de la personalidad humana, antes desconocidos, y que explican el porqué se procede en la vida, tantas y tantas veces, de un modo irracional y absurdo, a pesar de la frecuente buena voluntad para hacer las cosas bien. Es por ello que ciertas personas aprovechan lo mejor que pueden el bien que la Ciencia y el Arte les ofrece, mientras que otras, por ejemplo en materia de salud, aprovechan poco o nada y sólo utilizan las ventajas del adelanto industrial, económico y material. Todo esto se explica, en parte, por la gran ignorancia en general, existente referente a la verdadera salud y al arte de vivir sano, ignorancia que hace que muchas personas no puedan librarse de sus males.

La inmadurez de carácter, el ambiente malsano, la educación deficiente y otros factores perniciosos, dificultan el poder abandonar la vida malsana y antinatural. Debido

a ello, muchas personas no llegan nunca a librarse completamente de sus enfermedades y a obtener la salud perfecta, debido a su peculiar modo de ser y a su ignorancia respecto a los problemas de la salud que se lo impiden. De ahí nace la necesidad de una adecuada orientación acerca de los peligros de la vida antinatural; sólo el conocimiento de una vida más sana, más noble, más llena de ideales y más en armonía con las leyes de la Naturaleza y de la Creación puede liberar al hombre de la decadencia y de la ruina corporal y espiritual, proporcionándole el verdadero desarrollo de sus posibilidades vitales y de disfrutar de todo lo bueno que la vida le ofrece. Consideramos que el conocimiento de las plantas útiles para la salud puede contribuir a todo este mejoramiento del ser humano.

Agradecimientos

Al proyecto FEDER (1FD1997-1831), Industrial Farmacéutica Cantabria (España) y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales quienes fueron los que me estimularon para la elaboración de este trabajo. También deseo agradecer a mis colaboradores, al personal del Parque Nacional Natural los Farallones (Colombia) por el suministro de material vegetal y al Real Jardín Botánico del C. S. I. C. (Madrid). Igualmente quiero hacer extensiva al Profesor Antonio González González la ayuda y la amistad que en todo momento me dispensó.

Bibliografía

- Bermejo, J. B., Bretón, F. J., Fajardo, M. A. & González, A. G. 1967. "Terpenoids from the *Sonchus*, VI. Tuberiferine from *Sonchus tuberifer* Svent", *Tetrahedron Letters*. 36: 3475-3476.
- Bermejo, J. B., Hernández, S. M., Alvarez, D. M. & Pivel, R. J. P. 2000. "Derivados del ácido *p*-hidroxifenil propionico como agentes antiproliferativos", Patente Nacionalidad Española. 200000660.
- Estévez, R. F. 1963. "Contribución al estudio Químico y Farmacológico de los géneros *Schizogyne* y *Taekholmia*", Tesis Doctoral Universidad de La Laguna.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Bretón, F. J. L., Massanet, G. & Triana J. 1974. "Chlorohyssopifolin C, D, E and vahlenin four new sesquiterpene lactones from *Centaurea hyssopifolia*", *Phytochemistry*. 13: 1193-1197.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Bretón, F. J. L. & Triana J. 1972. "Constituents of compositae. XV. -chlorohyssopifolin A and B, two new sesquiterpene lactones from *Centaurea hyssopifolia* Vhal", *Tetrahedron Letters*. 20: 2017-2020.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Cabrera, I., Massanet, G., Mansilla, H. & Galindo, A. 1978. "Two sesquiterpene lactones from *Centaurea canariensis*", *Phytochemistry*. 17: 955-956.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Castañeda, A. J. & Estévez, R. F. 1988. "Anti-Inflammatory activity of *Schizogyne* species", *Fitoterapia*. LIX: 476-478.

- González, A. G., Bermejo, J. B., Estévez, R. F., Yanes, A. C., Espíñeira, J. & Joseph-Nathan, P. 1986. "Thymol derivatives from *Schizogyne glaberrima*", *Phytochemistry*. 25: 2889-2891.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Estévez, R. F., Yanes, A. C. & Joseph-Nathan, P. 1986. "Derivados fenólicos del género *Schizogyne*", *Rev. Latinoamer. Quim.* 17: 56-58.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Marante, T. F. & Pérez, M. M. J. 1986. "Steroids and fatty acids from the basidiomycete *Ganoderma australe*", *Anal. Quim.* 149-151.
- González, A. G., Hernández, M., Alvarez-Mon, M., Reyes, E., Pivel, J. P., Padrón, J. I., León, F. & Bermejo, J. B. 2001. "Antiproliferative activity of a new compound containing an α -methylene- γ -lactone group", *J. Med. Chem.* (enviado)
- González, A. G., Hernández, S. M., Arencibia, L. C. & Bermejo, J. B. 1997. "A contribution to the phytochemistry of the pteridological flora of the Canary Islands", *Recent res. Devel. In phytochem.* 1: 411-426.
- González, A. G., León, F., Rivera, A., Muñoz, M. C. & Bermejo, J. B. 1999. "Lanostanoids triterpenes from *Ganoderma lucidum*", *J. Nat. Prod.* 62: 1700-1701.
- Valdecasas, F. G. 1975. "Bases farmacológicas de la terapéutica medicamentosa", Salvat Editores, S.A. 1ª ed. Barcelona, 1pp.

FOUR OSTEOLOGICAL SYNAPOMORPHIES WITHIN *ELEUTHERODACTYLUS* (AMPHIBIA: LEPTODACTYLIDAE) AND THEIR BEARING ON SUBGENERIC CLASSIFICATIONS

por

John D. Lynch¹

Resumen

Lynch, J. D.: Four osteological synapomorphies within *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) and their bearing on subgeneric classifications. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **25** (94): 127-136, 2001. ISSN 0370-3908.

Con base en el estudio de los cráneos de 307 especies del género *Eleutherodactylus* y que representan todas las entidades subgenéricas, fueron evaluados cuatro caracteres en relación con la clasificación actual. Tres de tales caracteres ya eran conocidos; el cuarto fue nuevo. *Craugastor* y las *Eleutherodactylus conspicillatus*, *myersi*, y *sulcatus* son series plesiomórficas para cada carácter. Orejas epioticas se encuentran únicamente en 14 especies de las Antillas y su distribución taxonómica sugiere que ni *Euhyas* ni *Pelorius* son monofiléticos. La fusión del frontoparietal y prótico aparece en 60 especies cuya distribución taxonómica sugiere que ni *Eleutherodactylus* ni *Euhyas* son monofiléticos. Aunque hay problemas de homología, la fusión parece restringida a la serie de *Eleutherodactylus abbotti* y al grupo de *Eleutherodactylus martinicensis*, *Euhyas*, y *Syrrhophus*. Sin embargo, algunas especies de *Euhyas* muestran la condición plesiomórfica. La separación ancha de los vómeres es un carácter en general congruente con la fusión frontoparietal-prótico, pero está restringida al grupo de *abbotti-martinicensis-Euhyas-Syrrhophus*. El análisis de este carácter sugiere que la longitud de la serie de dientes del vomer necesita un estudio muy cuidadoso para separar condiciones no homologas y para considerar el subgénero *Euhyas* como monofilético. La muesca medial del vomer, un carácter nuevo, es compartida únicamente por la serie de *Eleutherodactylus binotatus* y por la mayoría de *Euhyas*. Sin embargo, los dos clados adquieren la muesca de manera diferente.

Palabras clave. Cráneos, *Eleutherodactylus*, ranas, sistemática

¹ Profesor, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. jlynch@ciencias.unal.edu.co

Abstract

Based upon study of the skulls of 307 species of *Eleutherodactylus* representing all identified subunits, four characters are examined relative to the current classification. Three of these were identified previously but the fourth is a new one. *Craugastor* and the *Eleutherodactylus conspicillatus*, *myersi*, and *sulcatus* series are plesiomorphic for each character. Epiotic flanges are restricted to 14 Antillean species and the distribution suggests that neither *Euhyas* nor *Pelorius* is monophyletic. Fusion of the frontoparietal and prootic is reported for 60 species and the distribution suggests that neither *Eleutherodactylus* nor *Euhyas* is monophyletic. Although there are some problems with homology, the fusion appears restricted to the *Eleutherodactylus abbotti* series, the *Eleutherodactylus martinicensis* group, *Euhyas*, and *Syrhophus*. However, some *Euhyas* exhibit the plesiomorphic condition. The wide separation of the vomers is a character largely congruent with frontoparietal-prootic fusion but is restricted to the *abbotti-martinicensis*, *Euhyas* and *Syrhophus* unit. Restudy of this character suggests that vomerine tooth series length is in need of careful study to separate nonhomologous states and that *Euhyas* may be monophyletic. A new character, median notch of the vomer, is shared only by the *Eleutherodactylus binotatus* series and most *Euhyas* but the two clades acquire the notch in two different ways.

Key words: Frogs, *Eleutherodactylus*, skulls, systematics

Introduction

The genus *Eleutherodactylus* consists of, at present (Lynch & Duellman, 1997, and recent descriptions) no fewer than 600 species distributed from the southern United States through the Antilles and Middle America to northern Argentina with notably high species densities in northwestern South America (Colombia and Ecuador) and the island of Hispaniola. One-third of the species are known from Colombia.

Few authors (Hedges, 1989; Lynch, 1971, 1976, 1986, 1993; Lynch & Duellman, 1997; Savage, 1987) have attempted to view the genus as a whole and to search for general patterns. For most of the past 20 yr, I have focused on species-level cladograms, largely in Colombia and Ecuador, the area of greatest species diversity. The *status quo* consists of the proposals of Hedges (1989) and Lynch & Duellman (1997) wherein five subgenera are recognized: the nearly Middle American *Craugastor* (now about 100 species), the Antillean and South American *Eleutherodactylus* (now about 400 species), the Antillean *Euhyas* (about 85 species), the Hispaniolan *Pelorius* (six species), and the nearly Mexican *Syrhophus* (24 species).

Lynch & Duellman (1997) divided the subgenus *Eleutherodactylus* into six series: the *abbotti* series (13 species, West Indies), the *binotatus* series (25 species, coastal forests of Brasil), the *conspicillatus* series (about 100 species, northern and western South America), the *martinicensis* series (about 200 species, Antilles and northern and western South America), the *myersi* series (nine species, northwestern South America), and the *sulcatus* series (eight species, western South America) but deferred assigning subgeneric names.

When I was much younger (Lynch, 1971), I proposed dividing *Eleutherodactylus* into two divisions whose contents (updated to present taxonomy) are as follows: ALPHA (Antillean *Eleutherodactylus abbotti* and *martinicensis* series, *Euhyas*, *Pelorius*, and *Syrhophus* plus "some" Andean *Eleutherodactylus*) and BETA (*Craugastor*, *Eleutherodactylus binotatus*, *conspicillatus*, mainland *martinicensis*, and *sulcatus* series). During the past 17 yr, I have been gathering osteological on the genus in an attempt to identify clades and to test the several proposals available. In 1983, I began a systematic survey of skeletons of *Eleutherodactylus* and now have studied those of about one-half (307) of the species of the genus. In the present paper, I intend to explore four potential synapomorphies – (1) the epiotic flange mentioned by Lynch (1996), (2) the fusion of the frontoparietal and prootic mentioned by Lynch (1971), (3) wide separation of the vomers, mentioned by Lynch (1971), and (4) a median notch of the vomer, not mentioned to date. In each case, strict outgroup comparison (Lynch, 1997) reveals that the cited feature is derived.

The minimum number of supraspecific taxa of immediate concern is eleven: *Craugastor* (Lynch, 1986, proposed one synapomorphy), *Euhyas* (no synapomorphy, as crafted by Lynch & Duellman, 1997, supported by a plesiomorphy), *Pelorius* (no synapomorphy, see Lynch, 1996), *Syrhophus* (no synapomorphy but distinctive among Middle American *Eleutherodactylus* owing to frontoparietal-prootic fusion and the absence of vomerine teeth), and at least seven presumed clades now submerged in the subgenus *Eleutherodactylus* – the *abbotti* series, the *binotatus* series (each exhibiting an unguual notch [Lynch, 1976], not to be confused with emargination of

the disks as implied by **Savage** [1987]), the *conspicillatus* series, the Antillean *martinicensis* series (about 40 species, Antilles, sharing a synapomorphy of toes lengths with the mainland species, *vide Lynch & Duellman*, 1997), the mainland *martinicensis* series (more than 200 species, Nicaragua to Bolivia and the mouth of the Amazon), the *myersi* series, and the *sulcatus* series.

Materials & Methods

Skulls or singly or doubly cleared and stained skeletons were prepared for between one and 30 specimens of more than 280 species of frogs and I examined skeletons of some 20 additional species prepared by other investigators (see Appendix 1) representing approximately half of the current diversity of *Eleutherodactylus*.

THE EPIOTIC FLANGE

The derived condition (illustrated by **Lynch**, 1996) has been found in only 14 Antillean species of the 307 species sampled. **Lynch** (1996) cited this feature as potentially uniting the *inoptatus* group of *Pelorius* and *Euhyas* but deferred generating an explicit hypothesis because too few *Euhyas* had been studied (but cited **Flores**, 1984, for data on Jamaican species). I have now examined 41 species of *Euhyas* and the feature is evident in ten (*brevirostris*, *dimidiatus*, *glandulifer*, *jugans*, *leoncei*, *nubicola*, *richmondi*, *symingtoni*, *ventrilineatus*, and *zeus*) as well as in the three species of the *inoptatus* group of *Pelorius*. Of greater curiosity is the observation that the feature also occurs in *E. bakeri*, a species **Lynch & Duellman** (1997) assigned to the *martinicensis* group but that **Hedges** (1989) considered a *Euhyas*.

The character suggests that neither *Euhyas* nor *Pelorius* is monophyletic. Within *Euhyas*, the *nubicola* and *ricordii* groups are cleaved by the character but both species of the *symingtoni* group exhibit the feature. The species of *Euhyas* exhibiting the character represent an odd assortment of species.

FRONTOPIRIETAL-PROOTIC FUSION

The dataset for frontoparietal-prootic fusion consists of **Lynch** (1971) reporting fusion in 32 West Indian species and nine Mexican species, **Flores** (1984) reporting data for 21 Antillean species, 14 with fusion (nine species also examined by **Lynch** but they disagree on *furcyensis* and *orcutti*), **Joglar** (1989) reporting fusion in 56 Antillean species and seven Mexican species (his reports differ from **Lynch**, 1971, for six species because he denies fusion in *atkinsi*, *auriculatoides*, *coqui*, *jugans*, *limbatus*, and

ricordii; they differ from **Flores** for three species but agreeing with **Lynch** for *furcyensis* and *orcutti*) and **Lynch** (1996) reporting non-fusion for all six species of *Pelorius*.

My studies (1983-1999) result in data for 307 species wherein I found fusion in 13 Mexican species, 39 Antillean species, and eight South American species. **Joglar** and I disagree for one *Syrrhophus* (*teretistes*), ten *Euhyas* (*atkinsi*, *brevirostris*, *dimidiatus*, *glandulifer*, *jugans*, *limbatus*, *pinarensis*, *ricordii*, *schmidti*, and *ventrilineatus*) and for two *Eleutherodactylus* (*auriculatoides* and *coqui*) – in each case I see the fusion and he denies it.

I re-examined some of the specimens studied by **Joglar** (1989) because I was concerned that we might be scoring specimens differently (he treated the character as frontoparietal-otoccipital fusion). In the cases of *atkinsi*, *auriculatoides*, *coqui*, *dimidiatus*, *jugans*, *pinarensis*, *ricordii*, *teretistes*, and *ventrilineatus*, he could see a suture between the frontoparietal and exoccipital in each of these taxa and concluded that there was no frontoparietal-prootic fusion. My restudy of these specimens reveals the suture between the frontoparietal and exoccipital but no suture between the frontoparietal and prootic.

Considering all reports (**Lynch**, 1971, 1996, **Flores**, 1984, **Joglar**, 1989, **Wiens & Coloma**, 1992, and here), data are available for 343 species of *Eleutherodactylus* (Table 1). The two Middle American clades (*Craugastor* and *Syrrhophus*) differ in that the latter exhibits the fusion and the former is plesiomorphic. For the South American complement of the genus, only nine taxa (*E. bicumulus*, *E. danae*, *E. douglasi*, *E. gracilis*, *E. nicefori*, *E. platydactylus*, *E. simonbolivari*, *E. vicarius*, and *E. vidua*) seem to exhibit the fusion (of five species of the *binotatus* series, 69 species of the *conspicillatus* series, 100 species of the mainland *martinicensis* series, five of the *myersi* series, and nine of the *sulcatus* series).

Four clades are recognized here for the West Indies and one is completely sampled (*Pelorius*). *Pelorius* is distinctive in that all six species exhibit the plesiomorphic condition. By way of contrast, four species of the *abbotti* series exhibit the fusion as do 23 of 24 species of the Antillean *martinicensis* series. For *Euhyas*, 43 of 55 species exhibit the fusion. Sampling densities are acceptable (100%, 30%, 63%, and 65% respectively).

The biases are such that I suspect that **Joglar** (1989) erred in reporting that *E. urichi* (*martinicensis* group) lacks fusion and I question my own results to the effect

that nine of 188 species from South America exhibit the fusion. There is no question that *Euhyas* is polymorphic for this character (the only presumed clade to be so). As constituted here (identical to Lynch & Duellman, 1997), *Euhyas* is diagnosed using a plesiomorphic character (toe 5 shorter than toe 3, except in *E. zeus*) and hence very suspect as a clade.

Hedges (1989), and perhaps Joglar (1989), argued that frontoparietal-prootic fusion is sufficient to link *Euhyas* + *Syrrhophus*. If so, given my doubts about *E. urichi* and nine South American taxa, the synapomorphy is more powerful than that because it also sweeps up the *E. abboti* series (West Indies) + the *E. martinicensis* group (West Indies), a slightly modified Alpha Division of the genus. However, no special relationship may be called for between *Euhyas* and *Syrrhophus*, given the available data, as Hedges (1989) has done and Joglar (1989) has implied because one could argue with equal force for a relationship between the *abboti* series and either of the above.

There is some reason to be cautious with this character. Flores (1984) reported that small juveniles of *E. nubicola* did not exhibit the fusion but that larger individuals did. He also reported that when he prepared skeletons of juvenile *E. cundalli*, all exhibited the fusion. Flores (1984) illustrated *E. griphus* and *E. sisyphodemus* as having short sutures evident just medial to the anterior epiotic eminence. His drawings of *E. grabhami* and *E. orcutti* show much more extensive sutures. However, Joglar (1989) reports fusion for each of these species and my specimens of *E. orcutti* do not demonstrate sutures. Too few species have been studied using an ontogenetic series but what little data are available suggest that there is an ontogenetic fusion being confused with a non-ontogenetic fusion. At least several *Euhyas* (*greyi*, *richmondi*, *sierramaestrae*,² *symingtoni*, and *zeus*) exhibit complete sutures along the borders of the frontoparietal such as one sees in *Craugastor*, *Pelorius*, or mainland *Eleutherodactylus*. For seven species, there are disagreements (among Flores, 1984, Joglar, 1989, and Lynch, 1971 and here) as to whether fusion occurs or not (*furcyensis*, *glandulifer*, *glaphycompus*, *grabhami*, *orcutti*, *richmondi*, and *schmidtii*). This character suggests that the subgenera *Eleutherodactylus* and *Euhyas* are not monophyletic.

Table 1. Frontoparietal-prootic fusion data for eleven presumed clades of *Eleutherodactylus*.

	Fusion	No fusion
MIDDLE AMERICA		
<i>Craugastor</i>	0	53
<i>Syrrhophus</i>	13	0
ANTILLES		
<i>Euhyas</i>	43	12
<i>Pelorius</i>	0	6
<i>abboti</i> series	4	0
<i>martinicensis</i> series ³	23	1
SOUTH AMERICA		
<i>binotatus</i> series	0	5
<i>conspicillatus</i> series	5	64
<i>martinicensis</i> series	4	96
<i>myersi</i> series	0	5
<i>sulcatus</i> series	0	9

VOMER

The vomer of *Eleutherodactylus* exhibits many variations. Heretofore, attention has been paid to four features of the vomer: (1) the width ("length" *auccorum*) of the vomerine tooth series (many authors), (2) the relationship of the vomerine tooth series, between or posterior, to the choanae (Lynch, 1989), (3) the presence of a vomerine tooth series (many authors), and (4) median separation of the vomers (Lynch, 1971). In my view, we have not figured out the states of (1). Species such as *E. dimidiatus* (Lynch, 1996) are very distinctive for the width of the vomerine tooth series and worlds apart from species such as many *Syrrhophus*. Joglar (1989) used little more than long vomerine tooth series to distinguish between his *ricordii* group (core of *Euhyas*) and what he termed the *unistrigatus* group.

There seems to be (to me, at least) few problems as concerns (2) – the *discoidalis* group (Lynch, 1989) contains the only species exhibiting the plesiomorphic condition. However, I can't decide what to do with species having "lost" the dentigerous process and teeth (as in several *Syrrhophus*). Species which lack the dentigerous process cannot have a width of their odontophore. Although we can detect the presence of vomerine teeth (using cleared and stained specimens), an odontophore requires some additional structure.

The vomers are paired dermal bones supporting the anterior palate and associated intimately with the choanae.

2 That *E. cuneatus* exhibits fusion and *E. sierramaestrae* does not (Joglar, 1989, and confirmed here) suggests that Estrada & Hedges (1998) erred in treating them as synonyms.

3 Most of these species were not studied here and represent the reports of Joglar (1989) and Lynch (1971).

Trueb (1993) recognized four parts. In its most extensive expression in eleutherodactylines, one can recognize a prechoanal ramus, a postchoanal ramus, and anterior ramus, a dentigerous process (bearing or not the odontophore and teeth), and a palatine shelf.

Odontophore shape has been used as a character for hylid frogs (**Duellman**, 1970; **Goin**, 1961) and indirectly for eleutherodactylines (expressed as "length" of the odontophore, in the argot of the specialist, as short, long, very long). Among the five subgenera of *Eleutherodactylus* as currently recognized, the vomerine tooth length data are (for *Euhyas*, data from **Joglar**, 1989):

<i>Craugastor</i>	short (51), absent (2).
<i>Syrrhophus</i>	absent (13)
<i>Pelorius</i>	medium long (6)
<i>Euhyas</i>	absent (1), short, medium long (17), long (19), very long (32)
<i>Eleutherodactylus</i>	short (180), medium long (8)

It has always been assumed (**Hedges**, 1989, **Joglar**, 1989, **Lynch & Duellman**, 1997) that long (or very long) odontophores were derived and that loss of odontophores and teeth was also derived. Using the distal edge of the odontophore relative to the margins of the choana (**Dunn**, 1926, **Schwartz**, 1958) seems clear enough but supposes that all compared species have their odontophores (and choanae) in the same places (and, see below).

For *Craugastor*, the only two species (*E. hobartsmithi*, *E. pygmaeus*) having lost their odontophores exhibit a long dentigerous process (consistent with a loss argument). The same may be said for *Euhyas* where the only species (*E. limbatus*) lacking odontophores has a long dentigerous ramus (**Lynch**, 1971). In the case of *Syrrhophus*, the situation is more complex. Some species (*E. leprus*, *E. longipes*) have long dentigerous processes, others have short dentigerous processes (*dixonii*, *grandis*, *marnockii*, *rufescens*, *teretistes*), and a few have no dentigerous processes (*angustidigitorum*, *dennisi*, *nitidus*, *pipilans*, *saxatilis*). *Eleutherodactylus* and *Pelorius* do not exhibit vomer reduction.

MEDIAN NOTCH OF THE VOMER

This character has never been mentioned although **Lynch** (1996) illustrated it (while illustrating a different character, the epiotic flange). At the time, I had not examined an adequate sample of *Euhyas* to see the character. It was not noted by **Flores** (1984) because all his taxa exhibited it nor did **Joglar** (1986, 1989) note the

feature. I only noted it casually during my survey (1993-1997) of *Euhyas*. The palatine shelf exhibits some interesting variation where the shelf can be detected (absent in *Syrrhophus* [but see below] and at least one *Euhyas*). In the species of *Craugastor*, *Pelorius*, and the *abbotti*, *conspicillatus*, *martinicensis*, *myersi*, and *sulcatus* series, the palatine has the same morphology as in ceratophryine, hylodine, leptodactyline, and most telmatobiine vomers, i.e., the shelf extends medially in a convex manner, sometimes reaching the vomer opposite.

By way of contrast, there is a concavity medially of the palatine shelf of the vomer in 32 (but not all) *Euhyas*: *alcoae*, *armstrongi*, *atkinsi*, *cundalli*, *cuneatus*, *dimidiatus*, *etheridgei*, *furcyensis*, *glandulifer*, *glaphycompus*, *gossesi*, *greyi*, *heminota*, *klinikowskii*, *lentus*, *leoncei*, *monensis*, *nubicola*, *orcutti*, *oxyrynchus*, *pezopetrus*, *pictissimus*, *pinarensis*, *planirostris*, *ricordii*, *rufifemoralis*, *schmidti*, *sierramaestrae*, *symingtoni*, *thomasi*, *weinlandi*, and *zeus*. In addition,

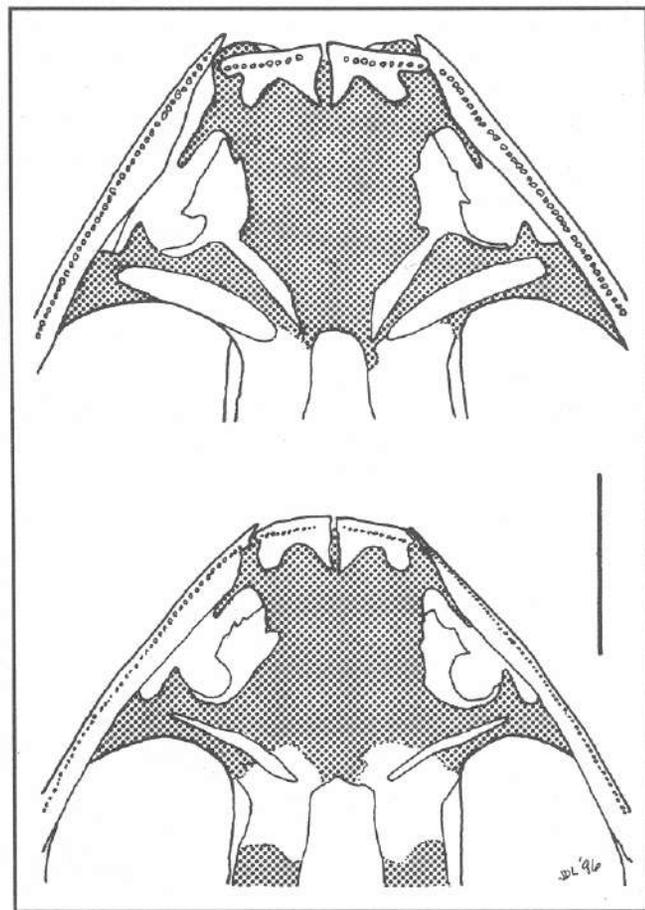


Figure 1. Palates of *Syrrhophus leprus* (KU 35963, top) and *S. cystignathoides* (KU 105500, bottom). Cartilage is in stipple. Scale equals 2 mm.

based on the illustrations in Flores (1984), the feature is seen as well in *alticola*, *andrewsi*, *cavernicola*, *fuscus*, *grabhami*, *griphus*, *jamaicensis*, *junori*, *luteolus*, *pantoni*, and *sisyphodemus*. The following eight species of *Euhyas* do not exhibit the concavity: *brevirostris*, *jugans*, *karlschmidtii*, *minutus*, *richmondi*, *semipalmatus*, *varleyi*, and *ventrilineatus*. The case for *limbatus* is debatable due to the reduction of the vomer. In the cases of *E. leprus* and *E. longipes* (*Syrrhophus*), one can see a medial emargination of the vomer (Fig. 1) but no imagination can record the feature for the other eleven *Syrrhophus* (whose vomers are so reduced).

The data presented here, added to those of Flores (1984), reveal that a derived condition is seen in 43 species now assigned to *Euhyas*, but not in eight others. Furthermore, the plesiomorphic condition is seen in 51 of 53 *Craugastor* (two species cannot be scored), the six *Pelorius*, the 183 species of the mainland *conspicillatus*, *martinicensis*, *myersi*, and *sulcatus* series, and the four species of the *abbotti* series and at least a dozen species of the Antillean *martinicensis* series. The only species outside of *Euhyas* to exhibit the feature are all six species examined of the *binotatus* series (*binotatus*, *guentheri*, *nigriventris*, *octavioi*, *parvus*, and *venancioi*) and perhaps two species of *Syrrhophus* (Fig. 2).

This character suggests that the subgenera *Eleutherodactylus* and *Euhyas* are not monophyletic. It also implies a novel Mexican-Antillean-Brasil connection (but, see below).

I have decided that Dunn's (1926) method (also used by Schwartz, 1958, and Joglar, 1989) of deciding if the odontophores was long or short confused more than it

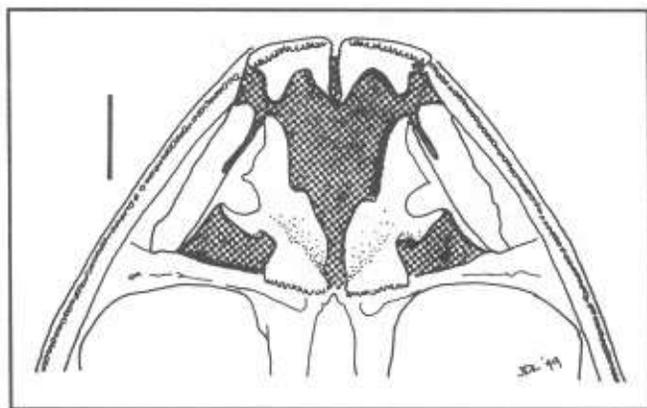


Figura 2. Palates of *Eleutherodactylus binotatus* (KU 74199) showing one expression of the median notch of the vomer. Cartilage is in stipple. Scale equals 2 mm.

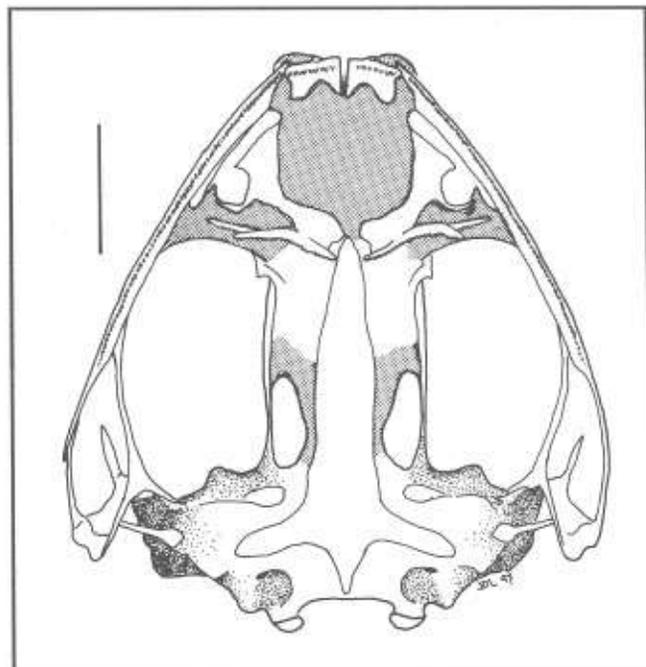


Figura 3. Ventral view of cranium of *Euhyas etheridgei* (MCZ 37338) showing a second expression of the median notch of the vomer. Cartilage is in stipple. Scale equals 2 mm.

illuminated. *Eleutherodactylus etheridgei* is a good case in point (Fig. 3). By Dunn's method, it has "short" odontophores but they are short only in terms of their lateral terminis relative to the choanae. It is a long odontophore apparently displaced medially and should not be confused with the state exhibited by *E. cochranae* (Lynch, 1971:49). I have not yet decided how to quantify this feature but if I am correct in my assessment then "short odontophore" has at least three meanings (most Mainland frogs, *martinicensis* group, and many other West Indian taxa). Schwartz (1965:506) anticipated this position when he noted that frogs now placed in *Pelorius* do not have short vomerine tooth series "...these series in both species are rather long, and hardly patch-like."

SEPARATION OF THE VOMERS

I propose to revive an old hypothesis as concerns the vomers of *Eleutherodactylus*. As I see the situation now, there were two modes, one of largish vomers, narrowly separated medially (mainland, perhaps *Pelorius* and a few other Antillean taxa), and one of small widely separated vomers (Antilles and Mexico) shortly after the genesis of what we now term *Eleutherodactylus*. I am still inclined to view the former as primitive because it seems to be more general in occurrence among leptodactylids. Lynch

(1971) used vomer separation as one of the characters for his Alpha division of *Eleutherodactylus* but subsequently largely abandoned the proposal. The improved database and a re-interpretation of what constitutes short or long odontophores enable a more mature possibility of evaluating the character.

If the primitive condition for the vomers in an Antillean-Mexican clade includes the short odontophores such as are seen in the *martinicensis* group, then many *Euhyas* have modified the posterior part of their vomers by moving the odontophore medially (sometimes with growth of the odontophore laterally as well, masking the evidence of medial movement). Such a movement may

well have the effect of producing a bend or kink in the palatine shelf and generating what I termed above the median notch. Because some species lack the median notch but have what I interpret to be medially displaced odontophores, there are two characters here.

If the median notch (in *Euhyas*) is a consequence of medial movement of the odontophore, then the presence of a median notch in the *E. binotatus* series must be the result of some other morphogenetic transformation (because there is no evidence of medial translation in mainland *Eleutherodactylus*). Accordingly, although each condition is here termed a median notch, the conditions are nonhomologous.

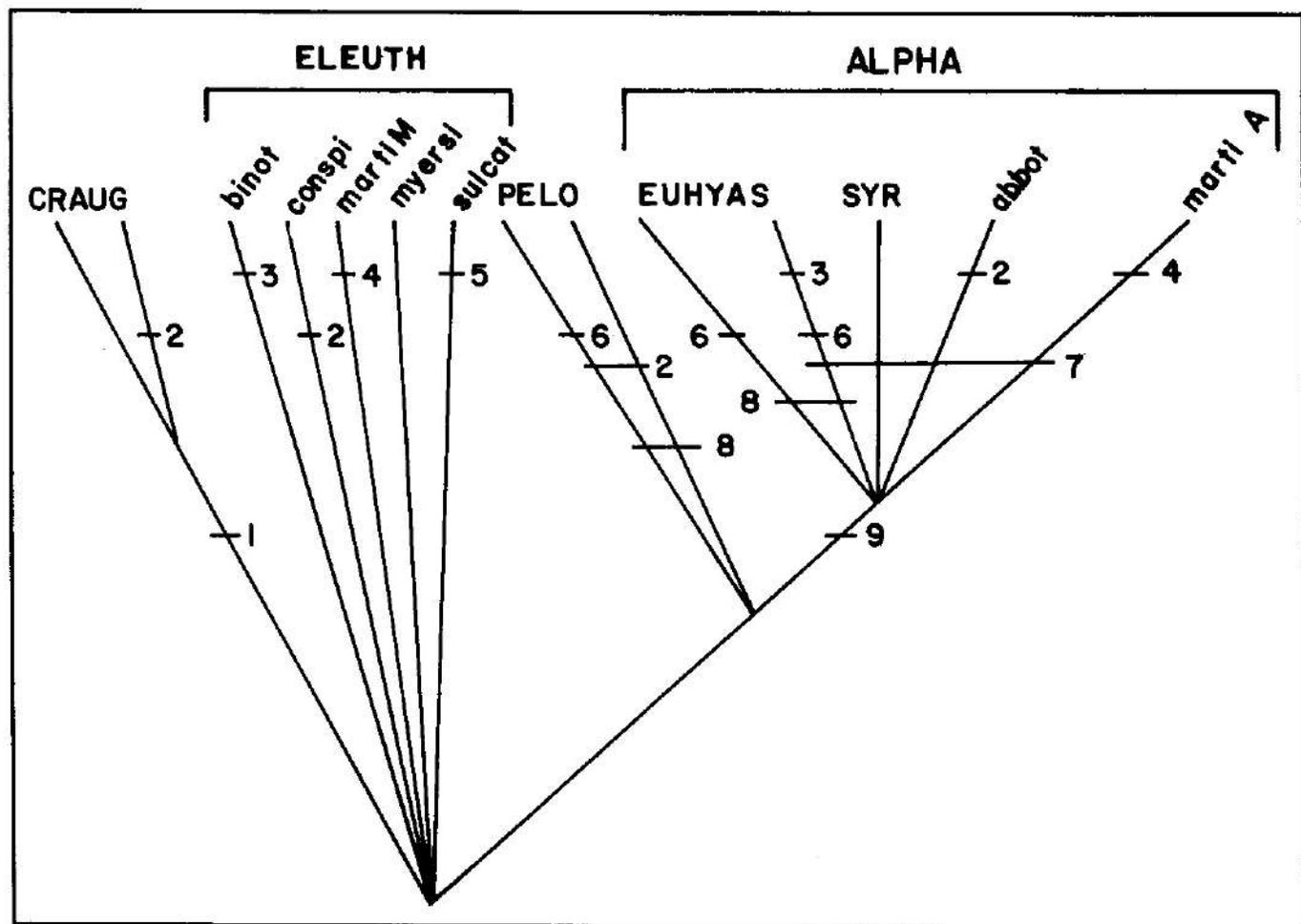


Figure 4. Working hypothesis of relationships within the genus *Eleutherodactylus*. Derived characters are indicated by numbers. 1: E condition of the adductor muscles. 2: Toe V slightly longer than toe III. 3: Median notch on vomer. 4: Toe V much longer than Toe III. 5: Posterior part of maxilla deep. 6: Epiotic flange. 7: Fusion of frontoparietal and prootic. 8: Medial movement of vomerine odontophore. 9: Vomers small, widely separated. Abbreviations: CRAUG (subgenus *Craugastor*), ELEUTH (subgenus *Eleutherodactylus*), PELO (subgenus *Pelorius*), SYR (subgenus *Syrrhophus*), abbot (*abbotti* series), binot (*binotatus* series), conspi (*conspicillatus* series), marti A (*martinicensis* series Antilles), marti M (*martinicensis* series Mainland), sulcat (*sulcatus* series).

Discussion

The four (or five) characters are not compatible but the incompatibility derives from problems in the identification of homology. The epiotic flange character is not consistent with current classification (contra *Eleutherodactylus*, *Euhyas*, and *Pelorius*) nor is the frontoparietal fusion character (contra *Eleutherodactylus* and *Euhyas*) nor is the vomer character (contra *Eleutherodactylus* and *Euhyas*). However, the distributions of these characters cannot be described as chaotic but rather suggest particular zoogeographic units are identified with each. The epiotic flange is a feature of some Greater Antillean taxa. The fusion character groups Mexico plus the Antilles as does the vomer separation character. The developments of a median notch of the vomer (two ways) have occurred in a subset of Antillean taxa (the Mexican species cannot be scored with confidence) and in one clade of South American *Eleutherodactylus*.

Partially incongruent with the median notch (Antillean) clade is the fusion of the frontoparietal and prootic. However, before we place great weight on this fusion character, a good deal of additional work is needed to sort out the species exhibiting non-ontogenetic fusion from those exhibiting ontogenetic fusion. At least three states occur among the species currently assigned to *Euhyas* (no fusion, ontogenetic fusion, and non-ontogenetic fusion) and the dataset needs to be enlarged before one engages in *ad hoc* hypotheses concerning reversions. My working hypothesis (Fig. 4) for *Eleutherodactylus* recalls my position of 30 yr ago (Lynch, 1971) and agrees with one of Joglar's (1989) cladograms and partially with that of Hedges (1989) but is completely antithetical to that of Savage (1987) and suggests that Lynch & Duellman (1997) are incorrect in their assertion that a very long fifth toe is a synapomorphy for the *E. martinicensis* series.

Acknowledgments

This study required the collaboration and patience of many curators who permitted me to prepare skeletons of *Eleutherodactylus* and to maintain them on loans often extended. Although I owe thanks to nearly all curators of amphibians in collections from the United States, the bulk of specimens employed came from a few collections and I single out for thanks William Duellman, Arnold Kluge, Charles Myers, José Rosado, and the late Pedro M. Ruiz.

Literature Cited

- Duellman, W. E. 1970. The Hylid Frogs of Middle America. Museum of Natural History, the University of Kansas, Monograph (1): 753 p.
- Estrada, A. R. & S. B. Hedges. 1998. Sistemática de las ranas riverías de Cuba (Leptodactylidae: *Eleutherodactylus*) con la descripción de una nueva especie. Caribbean Journal of Science 34: 218-230.
- Dunn, E. R. 1926. Additional frogs from Cuba. Occasional Papers of the Boston Society of Natural History 5: 209-215.
- Flores, G. 1984. Comparative osteology, relationships, and evolution in Jamaican frogs of the genus *Eleutherodactylus*. Unpublished B. A. thesis. Harvard University.
- Goin, C. J. 1961. Synopsis of the genera of hylid frogs. Annals of the Carnegie Museum 36: 5-18.
- Hedges, S. B. 1989. Evolution and biogeography of West Indian frogs of the genus *Eleutherodactylus*: slow-evolving loci and the major groups. Pp. 305-370. In C. A. Woods (ed.), Biogeography of the West Indies/ Past, Present & Future. Sandhill Crane Press, Gainesville, FL. Xvii + 878 p.
- Joglar, R. L. 1989. Phylogenetic relationships of the West Indian frogs of the genus *Eleutherodactylus*: a morphological analysis. Pp. 371-408. In C. A. Woods (ed.), Biogeography of the West Indies/ Past, Present & Future. Sandhill Crane Press, Gainesville, FL. Xvii + 878 p.
- Lynch, J. D. 1971. Evolutionary relationships, osteology, and zoogeography of leptodactylid frogs. University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publication (53): 1-238.
- _____. 1976. The species groups of the South American frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). Occasional Papers of the Museum of Natural History University of Kansas (61): 1-24.
- _____. 1986. Definition of the Middle American clade of *Eleutherodactylus* based on jaw musculature (Amphibia: Leptodactylidae). Herpetologica 42: 248-258.
- _____. 1989. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* I. A review of the frogs assigned to the *Eleutherodactylus discoidalis* species group. Milwaukee Public Museum, Contributions in Biology and Geology (79): 1-25.
- _____. 1993. The value of the *m. depressor mandibulae* in phylogenetic hypotheses for *Eleutherodactylus* and its allies (Amphibia: Leptodactylidae). Herpetologica 49: 32-41.
- _____. 1996. The relationships of the Hispaniolan frogs of the subgenus *Pelorius* (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae). Pp. 141-155. In R. Powell & R. W. Henderson (eds.), Contributions to West Indian Herpetology: A Tribute to Albert Schwartz. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contrib. Herpetology 12. 457 p.
- _____. 1997. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* II. A review of the *Eleutherodactylus sulcatus* group. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21 (80): 353-372.

- Lynch, J. D. & W. E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology, and biogeography. Natural History Museum, University of Kansas, Special Publication (23): 1-236.
- Savage, J. M. 1987. Systematics and distribution of the Mexican and Central American rainfrogs of the *Eleutherodactylus gollmeri* group (Amphibia: Leptodactylidae). Fieldiana Zoology (new ser.) 33: 1-57.
- Schwartz, A. 1958. Four new frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) from Cuba. American Museum of Natural History Novitates (1873): 1-20.
- _____. 1965. Variation and natural history of *Eleutherodactylus ruthae* on Hispaniola. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology (132): 479-508.
- Trueb, L. 1993. Patterns of cranial diversity among the Lissamphibia. Pp. 255-343. In J. Hanken & B.
- K. Hall (eds.), The Skull, Volume 2, Patterns of Structural and Systematic Diversity. The University of Chicago Press. 566 p.
- Wiens, J. J. & L. A. Coloma. 1992. A new species of the *Eleutherodactylus myersi* (Anura: Leptodactylidae) assembly from Ecuador. Journal of Herpetology 26: 196-207.

APPENDIX 1

This appendix provides a list of the taxa examined, arranged according to the classification proposed by Lynch & Duellman (1997).

CRAUGASTOR (*anatipes, angelicus, andi, anomalous, augusti, azueroensis, berkenbuschii, biporcatus, bo-courtii, bransfordii, brocchi, bufoniformis, cheiroplethus, crassidigitus, daryi, decoratus, emcelae, escoces, fitzingeri, fleischmanni, gollmeri, greggi, hobartsmithi, laticeps, lineatus, loki, longirostris, maussi, matudai, melanogaster, merendonensis, mexicanus, milesi, necerus, noblei, occidentalis, omiltemanus, podiciferus, punctariolus, pygmaeus, raniformis, rhodopis, rostralis, rugulosus, sartori, spatulatus, stejnegerianus, talamancae, taurus, uno, vocalis, xucanebi, zygodactylus*).

ELEUTHERODACTYLUS

abbotti series (*haitianus*)

binotatus series (*binotatus, guentheri, nigriventris, octavioi, parvus, venancioi*).

conspicillatus series (*acatallelus, achatinus, actites, acutirostris, appendiculatus, babax, bicumulus, boconoensis, buckleyi, caprifer, carmelitae, carrangerorum, cerasinus, condor, conspicillatus, crenunguis, cristinae, cruralis, cryophilus, curtipes, danae, delicatus, devillei, discoidalis, dolops, douglasi, duellmani, elassodiscus, erythropleura, fenestratus, fraudator, gaigeae, galdi, gentryi, ginesi, insignitus, jaimi, johannesdei, labiosus, lancinii, lanthanites, latens, loustes, lymani, mantipus, medemi, megalops, nigrovittatus, orestes, orpacobates, pluvicanorus, quinquagesimus, rhabdolaemus, rubicundus, ruedai, ruthveni, sanctaemartae, satagi, silverstonei, stenodiscus, surdus, tenebrionis, toftae, terraebolivaris, thectopternus, vertebralis, vicarius, vidua, vilarsi, viridicans, w-nigrum*).

martinicensis series Antilles (*auriculatoides, bakeri, coqui, eileenae, pinchoni*).

martinicensis series Mainland (*acerus, acuminatus, alalacophus, altae, altamazonicus, anolirex, anotis, atratus, bacchus, baryecus, bellona, bicolor, bogotensis, boulengeri, brevifrons, bromeliaceus, cacao, cajamarcensis, calcarulatus, carvalhoi, caryophyllaceus, celator, chalceus, chloronotus, colodactylus, cremnobates, croceinguinis, crucifer, cruentus, cryptomelas, deinops, diadematus, diaphonus, diastema, dorsopictus, elegans, glandulosus, gracilis, imitatrix, incanus, incomptus, lacrimosus, leptolophus, leucopus, lichenoides, luteolateralis, lynchi, martiae, modipeplus, nervicus, nicefori, nyctophylax, obmutescens, ockendeni, orcesi, ornatissimus, pardalis, parvillus, peraticus, permixtus, philipi, phoxocephalus, piceus, platychilus, platydactylus, prolatus, prolixodiscus, proserpens, pseudoacuminatus, pugnax, pycnodermis, quaquaversus, racemus, restrepoi, ridens, riveti, roseus, ruidus, simoteriscus, simoterus, spilogaster, spinosus, supernatis, taeniatus, tamsitti, tayrona, thymalopsoides, thymelensis, torrenticola, trachyblepharis, unistrigatus, uranobates, variabilis, ventrimarmoratus, versicolor, viridis, walkerii*).

myersi series (*hectus, leoni, myersi, ocreatus, repens, trepidotus*).

sulcatus series (*cadenai, cerastes, cornutus, ingeri, laticorpus, necopinus, ruizi, sulcatus*).

EUHYAS (*alcoae, armstrongi, atkinsi, brevirostris, cundalli, cuneatus, dimidiatus, etheridgei, furcyensis, glandulifer, glaphycompus, gossei, greyi, heminota, jugans, karlschmidti, klinikowskii, lentus, leonci, limbatus, minutus, monensis, nubicola, orcutti, oxyrynchus, pezopetrus, pictissimus, pinarensis, planirostris, richmondi, ricordii, rufifemoralis, schmidti*).

semipalmatus, sierramaestrae, symingtoni, thomasi, varleyi, ventrilineatus, weinlandi, zeus).

PELORIUS (*chlorophenax, hypostenor, inoptatus, nortoni, parapelates, ruthae*).

SYRRHOPHUS (*angustidigitorum, cystignathoides, dennisi, dixonii, grandis, leprus, longipes, marnockii, nitidus, pipilans, rufescens, saxatilis, teretistes*).

MANIFIESTO POR LA AUTOESTIMA EN LA CIENCIA COLOMBIANA

por

Luis Eduardo Mora-Osejo* & Orlando Fals Borda**

Los suscritos exponentes de las Ciencias Naturales y Sociales, unidos y preocupados por las profundas distorsiones que surgen en la comprensión de nuestras realidades como país y como pueblo cuando se analizan desde la perspectiva de otras realidades —en particular desde la de los países de la zona templada septentrional de la Tierra, donde las cada vez más sofisticadas innovaciones tecnológicas conforman el marco dentro del cual se desenvuelve, predominantemente, la sociedad de tales países—, y tomando en cuenta:

- a) La discusión iniciada por el informe de Desarrollo Humano para Colombia, publicado hace poco por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo; y
- b) Los altos propósitos establecidos para los Sistemas Nacional de Ciencias y Tecnología, de Innovación y de Información, Seguimiento y Evaluación según leyes existentes, respetuosamente.

Llamanos la atención

de nuestros colegas de Colciencias, Icfes, Asociación Colombiana para el Avance de las Ciencias, academias, universidades y, en general, profesionales, gobernantes, empresarios y periodistas, sobre las siguientes tesis de orientación que, aunque pueden ser de amplio y antiguo conocimiento, creemos necesario reiterar y ampliar en vista de los nuevos desarrollos geopoéticos y técnicos que hemos observado.

1. *Función de contexto.* Un marco científico, como obra de seres humanos, se inspira y fundamenta en contextos geográficos, culturales e históricos concretos de la sociedad y el medio que lo produce. Este proceso se observa en todos los continentes y en diferentes modalidades. Se justifica en la búsqueda de plenitud de vida y satisfacción espiritual y material de los que intervienen en el proceso investigador y creador, así como de los que lo difunden y comparten.

* **Por las Ciencias Naturales:** Biólogo, Profesor Titular Emérito, y Maestro Universitario, Universidad Nal. de Colombia, Dr. en Ciencias Naturales, Universidad Johannes Gutenberg, Mainz, Alemania. **Vita:** Rector de la Universidad de Nariño. Decano de la Fac. de Ciencias, Director del Instituto de Ciencias Naturales y del Departamento de Biología de la U. Nal. Director del Jardín Botánico de Bogotá. Premio Guggenheim. Premios Nales. al Mérito Científico (Vida y Obra), y de Excelencia en Biología. Miembro Soc. Linneana de Londres, Miembro de Número y Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Miembro Correspondiente de la Real Academia de Ciencias de España y de la Academia de Ciencias de Venezuela. Orden al Mérito San Juan de Pasto, Máximo Grado, Comendador. Condecoración en el Grado de Gran Cruz de Nariño. Orden al Mérito Civil "Ciudad de Túquerres".

** **Por las Ciencias Sociales:** Sociólogo, Profesor Emérito, Universidad Nacional de Colombia (IEPRI) y Doctor Honoris Causa de la Universidad Central de Venezuela. **Vita:** Decano Facultad de Sociología, U.N. Miembro Honorario de Sociedades Colombianas de Sociología, Geografía e Ingenieros Agrónomos y Australiana de Investigación Acción. Vice-ministro de Agricultura. Delegetario Asamblea Nacional Constituyente, Premios Guggenheim, Kreisky y Hoffman. Gran Cruz Orden de Boyacá.

2. *Nivelación de paradigmas.* Los paradigmas científicos europeos y norteamericanos, con su referente cultural en las zonas templadas donde se originaron, y en condiciones geográficas, históricas y humanas concretas, han tenido la ventaja de su extensión al resto del mundo por virtud de un proceso de acumulación meritorio y eficiente. Pero ello no los hace únicos ni más perfectos que los generados en otras partes del globo terráqueo.

Al mismo tiempo, se amplía incesantemente la brecha entre los países poseedores de una fuerte capacidad moderna de creación de conocimientos y aquellos países, como el nuestro, todavía con una débil capacidad para tal propósito. Este desequilibrio no solamente se traduce en un poderoso instrumentario económico, apoyado por tecnologías cada vez más sofisticadas, sino también en un sistema político mundial dominado por aquellos países dueños de tales avances.

Por otra parte, cuando no se utiliza el marco científico que interpreta y explica las realidades de un país, sobre todo de tal complejidad como las de Colombia, de naturaleza mutidiversa, pluricultural y multiétnica y, además, se adopta un modelo de Estado cuya normatividad no se inspira, por lo general, en esas realidades propias sino en las de Estados extranjeros, no nos sorprendamos de que muchas de nuestras leyes "se obedezcan pero no se cumplan". Ello contribuye a la desorganización y anomía generales, y conduce a una cierta esquizofrenia institucional con expresiones en el desorden socioeconómico y político del país, determinante de las situaciones críticas que conocemos y sufrimos.

3. *Vivencia y complejidad.* Las condiciones vitales del país tropical colombiano —así amazónico como andino— son tan únicas y complejas como en pocos otros lugares, y por lo tanto inducen y exigen explicaciones y manejos propios, según paradigmas endógenos. Como viene sugerido, estos paradigmas necesitan reflejar el contexto que los sustenta. El conocimiento de las realidades involucradas resulta tanto más útil y rico cuanto más se obtiene con la comprensión y autoridad de la vivencia local. De esta endogénesis pueden nacer descubrimientos e iniciativas que alivien las crisis.

Es bien sabido que las características del medio tropical contrastan con las de las zonas templadas de la tierra, de donde proceden los paradigmas del desarrollo económico, social y cultural que nos han predicado como finales, llevando con frecuencia a la autocastración intelectual en nuestro medio. Pero estos paradigmas "finales" son los mismos que en las últimas décadas y, en particular, en los países tropicales han incidido en el deterioro

de las relaciones hombre-naturaleza. Recordemos, entre muchos otros ejemplos, que aquellos biomas, como los de la selva amazónica donde se suponía, de acuerdo con tales paradigmas, presencia de suelos ricos en nutrientes minerales, por el contrario, se ha podido establecer que, la escasez de nutrientes minerales del suelo alcanza grados críticos, por lo cual las especies tienen que utilizar las más sutiles posibilidades para tener acceso a aquéllos. Por ejemplo, las de la descomposición de las hojas desprendidas de los árboles, cuyos nutrientes son llevados por las lluvias hacia el suelo, donde son capturados por hongos micorrízicos que los incorporan nuevamente a los árboles, cuyo crecimiento y desarrollo depende también de la autoregulación del ecoclima al interior de los bosques, en particular, de los de nuestras altas montañas tropicales. Son nuestros grupos campesinos y aborígenes los que mejor conocen de estos procesos vitales, y los que han creado o descubierto, desde tiempos precolombinos, variedades de plantas útiles para la humanidad así como formas de conducta y organización social congruentes con esas condiciones básicas.

Por fortuna la llegada del nuevo siglo coincide con la disponibilidad de novedosas herramientas intelectuales enriquecedoras de representaciones conceptuales que puedan derivarse de saberes consolidados, que facilitan la capacitación del orden global y de las regularidades de fenómenos naturales complejos como los de nuestro mundo tropical. Por ejemplo, la llamada "teoría del caos" según la cual la naturaleza está repleta de estructuras fractales complejas, autosemejantes e interrelacionables, cuya dinámica es palpable con modelos matemáticos aplicables a la comprensión de estructuras del mundo real.

Este enriquecimiento del instrumentario conceptual tiene repercusiones en el actuar cotidiano de la sociedad humana con los entornos naturales, por cuanto permite superar concepciones mecanicistas lineales en contravía con la complejidad multilineal. El medio tropical no podrá ser ignorado en este proceso, sobre todo si se trata de profundizar en su conocimiento y derivar desde allí directrices que hagan posible el interactuar social solidario y en armonía con la naturaleza.

4. *Holismo y sistemas.* La endogénesis científica, explicativa y reproductiva es necesaria entre nosotros porque las condiciones locales que imponen el medio andino y tropical son prácticamente infinitas. Ello no está anticipado adecuadamente por los marcos eurocéntricos. Por lo mismo, debemos ser conscientes de las marcadas diferencias del trópico en cuanto al clima, al suelo y al grado de complejidad y fragilidad de nuestros ecosistemas en comparación con los de las otras zonas. Ello condiciona la

conducta humana y enriquece el acervo cultural, de cuya propia red pueden también surgir propuestas adecuadas para las transformaciones requeridas por nosotros en lo económico y en lo social.

La reconstrucción de la armonía entre el hombre y la naturaleza en nuestro país implica empezar por conocer cada día más las peculiaridades del medio en el cual nos corresponde vivir. Esto lleva a reforzar una investigación científica independiente dirigida a conocer la realidad natural y nuestro desenvolvimiento social y cultural, a través de las generaciones que nos precedieron. Ello puede hacerse preferiblemente dentro del marco de una concepción holística y sistémica que impida o al menos advierta sobre la inconveniencia de generalizar los conocimientos, de un fragmento de la realidad a toda ella.

Recordemos que el clima tropical se caracteriza por la estacionalidad térmica circadiana: verano en el día, invierno en la noche, condición que se acentúa a medida que aumenta la altura en las montañas. El clima tropical se caracteriza también por la ocurrencia de oscilaciones intermitentes de la radiación, de la humedad relativa y de la temperatura durante el período de luz del ciclo diario, no obstante la estabilidad de los promedios mensuales de los diferentes parámetros climáticos. Además, en los trópicos, en áreas relativamente reducidas existen centenares de especies de árboles y de otros organismos, pero de cada una se encuentran pocos individuos. Las abundancias suelen ser bajas, especialmente de la megafauna.

La estructuración del hábitat, a manera de una malla fina de nichos específicos, es la forma como se concreta la gran complejidad y biodiversidad de los ecosistemas tropicales. Estas son características propias de nuestro medio, que han a la vez condicionado formas de pensar, sentir y actuar entre nuestros grupos culturales y étnicos, cada cual en su lugar y en su región. De esta dinámica pueden derivarse a la vez soluciones efectivas para problemas dados, por ser relevantes al medio contextual. Estas soluciones no pueden entenderse ni aplicarse copiando o citando esquemas de otros contextos como autoridad suficiente, sino liberándonos de éstos con el fin de ejercer la plena autodisciplina investigativa en la observación e inferencia propias de nuestro medio.

5. Autopoiesis. Es por lo tanto posible, lógico y conveniente desarrollar marcos científicos y técnicos que, sin ignorar lo universal o lo extraño, privilegien la búsqueda autopoietica con recursos intelectuales y prácticos propios. Para esta tarea, la idoneidad de nuestro elemento humano ha sido ampliamente confirmada y cono-

cida desde hace siglos, por su acceso relativamente expedito a los elementos intrínsecos del medio natural, por su creatividad sociocultural y por la producción material. Todo esto lo hemos realizado hasta ahora, pero en condiciones difíciles a causa de la pobreza y explotación existentes, la discriminación política y de castas, la dependencia político-económica y fraccionamiento de la sociedad, y la subordinación anímica y mental.

Sabido es que en nuestras tierras se registran los índices de diversidad más altos para diferentes grupos de organismos, y cada día es más evidente la extraordinaria diversidad biológica de nuestras selvas y de los bosques y páramos de las altas montañas, así como sabanas, de los arrecifes de coral y de los pisos de los mares profundos. Retos similares se encuentran en las costumbres, valores y formas de organización social que nos hemos dado, y que debemos ir ajustando con el paso del tiempo y con la multiplicación de las necesidades humanas. Pero también es aquí donde se presentan ahora los mayores descensos en la biodiversidad, y los mayores peligros para la supervivencia de la sociedad y de la vida.

6. Política propia. Este desarrollo propio en la resolución de conflictos sociales y desajustes naturales debe ser meta principal de las políticas científicas y culturales de nuestro país. La imitación simple y el colonialismo intelectual deben desestimularse. Nuestros grupos colegiados y los criterios de evaluación de las tareas científicas e informes técnicos deben ser prioritariamente locales y no referidos a los de las zonas del mundo hoy dominantes, por la necesidad de hacer que los trabajos producidos sean pertinentes ante todo para nuestra sociedad. No pueden valer más por el solo hecho de comunicarse en inglés, francés o alemán o publicarse en revistas de países avanzados. Tampoco debe perderse el vínculo vital con lo propio y regional en las comisiones científicas que se realicen en el exterior.

Controlar la explotación inequitativa del conocimiento que producimos o adquirimos, cuando los interesados de otras latitudes desconocen los aportes y derechos de los creadores raizales e indígenas, debe ser motivo de permanente preocupación. No estamos proponiendo el retorno a formas coloniales de explotación y exportación de productos tropicales, sino atender a un desarrollo integral y propio de éstos, que comprenda su valor agregado y las técnicas de su transformación. Para estos fines hay que anticipar un uso racional autónomico de nuestros recursos de tierra, agua, viento y sol y otras fuentes de energía, así como las formas productivas y reconstructivas de la ocupación humana del territorio.

7. *El papel del conocimiento y de las Universidades.* Nuestras crisis se agudizan, entre otras razones, por la carencia de una conciencia activa sobre el papel que ha tenido y tendrá más y más hacia el futuro el conocimiento científico en el desarrollo de la humanidad, sea que provenga de las Ciencias Naturales o de las Ciencias Sociales. Tampoco existe clara conciencia sobre el papel cumplido por el pensamiento racional causal en el desarrollo de la ciencia postrenacentista. Menos aún, sobre el que corresponde al pensamiento sistémico complejo en el desarrollo y unificación de las ciencias, en el presente siglo.

Para apoyar estos procesos necesitamos Universidades que tengan por tarea prioritaria la consolidación en nuestro país de un ambiente cultural que propicie la creatividad a lo largo de todas las etapas de formación. Se

requieren Universidades participativas, comprometidas con el bien común, en especial con las urgencias de las comunidades de base, que tomen en cuenta la formación de ciudadanos capaces de emitir juicios fundamentados en el conocimiento de las realidades sociales y naturales de nuestro país. Universidades que sean crisoles centrales de los mecanismos de creación, acumulación, enseñanza y difusión del conocimiento.

Esto contribuirá a sustituir las definiciones discriminatorias entre lo académico y lo no académico y entre lo científico y lo político, sobre todo, en la medida en que se haga énfasis en las respectivas relaciones complementarias. Así también mereceremos vivir y progresar de manera satisfactoria y digna de autoestima, empleando todos nuestros grandes y valiosos recursos.

A MANIFESTO FOR THE SAKE OF SELF-RESPECT IN COLOMBIAN SCIENCE

We, the undersigned, Colombian exponents of the Natural and the Social Sciences, have decided to communicate our shared concern for certain distortions observed when analytical perspectives are adopted from extraneous milieus, in particular from those developed in Northern, advanced countries. We also wish to express reservations on recent United Nations reports on Human Development related to this topic, and to criticize legal instruments designed, ineffectually, for the progress of science and technology in Colombia. Our points of view, not necessarily original, may be succinctly expressed as follows.

1. *Function of the Context.* As a product of humans, a scientific frame of reference derives its inspiration and is built on concrete geographic, cultural and historical contexts. This seems to be a universal process and it has many different modalities. It justifies itself by the search for fullness of life and spiritual as well as material satisfaction for those who intervene and share in the creative process and in its diffusion.

2. *Levels of Paradigms.* European and North American scientific paradigms, rooted in temperate zones and in concrete human and historical contexts, have spread to

the rest of the world thanks to a meritorious and well-executed accumulation process.

The breach between countries with a strong modern scientific knowledge-building capacity and those countries still with a weak one widens steadily. Such unbalance not only produces a powerful economic instrumentarium supported by increasingly sophisticated technologies, but also a political worldwide system dominated by those countries with such advances. However, these facts by themselves do not make their paradigms any more unique nor any better or more perfect than those generated in other parts of the world.

On the other hand, if anyone's scientific frames of reference are not constructed from his/her own milieu, it is not surprising to discover lags and blanks, inapplicable laws, and dysfunctional norms. The situation becomes worse when such frames of reference are copied from foreign explanatory systems. These are obvious sources for local disorganization and anomie which lead to a sort of institutional schizophrenia, expressed in social, economic, and political disorder and violence, as has happened in Colombia.

3. *Involvement and Complexity.* Life conditions in the Andean and Amazonian regions of Colombia are as unique and diverse as those found elsewhere, therefore they need to have proper explanations and ways of management and government according to endogenous paradigms. As suggested above, these paradigms need to reflect their supporting contexts. The knowledge of realities turns out to be as rich and useful as made it possible by local personal involvement, that is, through *vivencia*. Scientific insight and authority come from this deep involvement with real life. Endogenesis of this type should open the way for useful discoveries and initiatives apt to alleviate social problems.

It is well known that environmental factors in the tropics are very complex and clearly distinct from those of the temperate zones. Yet from colleagues established elsewhere we have received, often with good intentions, economic, social, and cultural advice which is considered authoritative or final. This has resulted in a partial nullification of the intellectual know-how of our own people, which may be considerable.

But many so-called "final" models and formulae are precisely those which in our tropical countries have had negative impact on the relations between Man and Nature. For example, our forests utilize subtle ways not seen elsewhere to gain mineral nutrients from poor soils, as is the case with leaf decomposition induced by rain, then captured by mycorrhizal fungi which return the nutrients to the trees. This is a continuous cycle of growth and life which our aboriginal and peasant communities understand quite well. In fact, they have created or discovered, since pre-Colombian times, many varieties of plants useful for humankind, and they have developed basic behaviors and social organisms congruent with those processes. Yet dominant paradigms initiated in temperate-zone societies as a rule do not contemplate this indigenous, ancient wisdom.

Fortunately, the third millenium has arrived with a battery of new intellectual tools which may enrich our understanding of global systems and local complexes as well. The "theory of chaos", for example, is tempting for the way in which it could help us to better analyze irregular and fractal dimensions applicable to real structures as found in the tropics.

These enriched conceptual instruments may correct those linear interpretations that have impeded understanding of the multilinear complexities of our local cosmos, and could assist in improving human interaction as well as our harmony with nature.

4. *Holism and Systems Practice.* Explanatory and reproductive endogenesis is thus necessary among us because it is required by the infinite realities of our Andean-tropical milieu. This is not adequately anticipated by Eurocentric frames of reference. Therefore we must be fully cognizant of the marked differences of our local world, especially in fragility and complexity, in regard to climate, soil and ecosystems, as compared with those of other zones. This in turn conditions human behavior and forms cultural patterns so that we can devise needed economic and social institutions.

The harmonious reconstruction of the relationships of Man with Nature in our country implies a rediscovery of the peculiarities of our daily living. Independent scientific research should be focussed on the facts of nature and on our specific social, cultural, and historical development. This task should be preferably done within the framework of a holistic and systematic conceptualization and practice, to provide generalizable knowledge.

Let us remember that the tropical climate is characterized by the Circadian seasonal rhythm—summer in daytime, winter at night; this condition is accentuated as one goes higher on the mountains. It is also characterized by intermittent oscillations of radiation, relative humidity and temperature during the daily light cycle, notwithstanding the stability shown by monthly averages of different parameters. Moreover, in relatively reduced tropical areas there are hundreds of species of trees but each one with only a few individuals. The megafauna is also found in small quantities.

The habitat appears then to be structured like a fine mesh of specific niches. Such is the way in which the great biodiversity of our tropical ecosystems is formed. The process likewise gives rise to special patterns of thought, feeling, and action in our cultural and ethnic groups, each in its own place and region.

It may be seen that with these dynamic contextual flows effective solutions can be arrived at for given problems, which cannot be done by copying of simply quoting from foreign constructs as if these were the final authority. On the contrary, we should try to liberate ourselves from such subserviency and to exercise fully our investigative self-discipline for observing and making inferences on our own.

5. *Autopoiesis.* Therefore it is possible, logical and convenient to develop scientific and technical frames of reference that would help us in the autopoietic search with our own intellectual and practical means, of course without

ignoring the universal or the foreign. To this end, the capacity of our human element has been amply confirmed for many centuries, as we have been able to accede readily to the inbedded factors of our human and natural environments, to be socially and culturally creative, and to produce well in several material fields with traditional and modern know-how. We have done this up to the present, sobeit penalized by poverty, ignorance and disease, by political discrimination and rigid structures, by economic dependence and exploitation, social upheavals, and mental and spiritual encapsulation.

It is known that the highest indices of diversity for different kinds of organisms are found in our territories, as for example in savanna lands, coral reefs and deep-sea waters. We need to enrich traditional knowledge on those organisms with academic knowledge about their potential, and also to develop effective procedures for their sustainable use. Similar challenges are met in customs, values, and patterns of social organization that we have given ourselves. They must be adjusted as time moves on and human needs multiply. But it is also here among us where there is the greatest loss in biodiversity, and where there are the biggest threats for the survival of life, the human life included.

6. Self-Reliant Policies. Such creative self-development in the resolution of social conflicts and natural dysfunctions should be a paramount goal for cultural and scientific policy in our country. Simple imitation of the foreign and consequent intellectual colonialism should be stopped. Our reference groups and the evaluative criteria to gauge our scientific tasks and technical results should be locally established and not subject only to opinions generated abroad. The products of our work should be judged mainly on their pertinence and usefulness for our own people. They should not be considered to have more value when they are communicated in English, French or German, or published in foreign journals. The vital link with one's own world should not be lost when traveling abroad for the purpose of higher learning.

It should be of our utmost preoccupation to control the unequal appropriation and exploitation of knowledge produced or acquired by autochthonous creators or discoverers, on the part of foreign persons or institutions. Of course we are not advising to return to colonial forms of bush gathering and export of tropical products but to devise integral national methods of development of such products including their aggregate value and transformative techniques.

To this end it would be wise to administer a rational use of our land, water, wind, and solar resources, among others, as well as to have more constructive and productive methods of human territorial occupancy and use. But in order to reach effectively all these goals and to avoid their conversion into just rhetoric statements, we need to create scientific knowledge contextualized in our own reality.

7. Role of Knowledge and Universities. Our crises become worse when we do not acquire an active conscience of the role which scientific knowledge—natural and social—has played in human development. Nor has there been a clear conscience among us of the role of causal rational thought in the growth of post-Renaissance science, even less of the importance of complex systemic thought for the unity of the scientific disciplines in the present century.

We need flexible, free, altruistic, and participatory universities committed to this reconstruction process for the sake of the common good and for the welfare of forgotten grassroots peoples. The universities should be like central crucibles of action for the creation, accumulation, and diffusion of knowledge.

With such objectives we need to stimulate research-and-teaching attitudes and systems that could question unequal power structures and social injustices, with institutions which are able to overcome discriminatory distinctions between the academic and the popular, between the scientific and the political. This is indispensable for progress and for living with satisfactions worthy of self-esteem in countries as privileged as Colombia.

FORO SOBRE "DESARROLLO Y FORMACIÓN DE LA CAPACIDAD INVESTIGATIVA IN SITU"

por

L.E.Mora-Osejo*

Deseo presentar a todos los participantes en este Foro los más atentos y cordiales saludos, en nombre de la Academia Colombiana de Ciencias y en el mío propio.

Asimismo, permítanme expresar, mis más profundos deseos por que este certamen tenga el mejor de los éxitos, de tal modo que quienes en él participan, al finalizar el mismo, se sientan satisfechos y cada vez más motivados por profundizar en los temas que se tratarán de acuerdo con el programa. Pero de modo especial, cada vez más dispuestos a contribuir al desarrollo y formación de la capacidad investigativa "in situ", en nuestro país y lograr, diría yo, contextualizar conocimientos universales con la realidad concreta, en todos los órdenes de nuestro país.

Entre los objetivos que establece la Ley, por la cual se creó la Academia Colombiana de Ciencias, entre otros, se incluyeron, el de contribuir al avance del conocimiento de nuestra realidad natural y al mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las ciencias en todos los planteles de educación y en todos los niveles del sistema educativo colombiano.

En los últimos años se ha retomado esta idea de los Fundadores. Por la misma razón estamos empeñados en impulsarla por diferentes rutas.

Tras los mismos objetivos, se creó el Comité permanente de Educación de la Academia, con el propósito de coordinar y proponer programas y actividades dirigidas a implementar los objetivos que ya he mencionado.

Sea la oportunidad de felicitar a la Dra. Inés Bernal de Ramírez, Coordinadora del Comité, y a sus Miembros, por la iniciativa de llevar a cabo y organizar este Foro y por todas las iniciativas y actividades cumplidas en los últimos años, en favor de los elevados propósitos para cuyo logro, entre otros, fue creada la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Entre las políticas que se han venido diseñando, a través de la reflexión participativa de los Miembros del Comité y de los Señores Académicos en general, figura la de propender y llevar a la práctica, dentro de las posibilidades de la Academia, la integración del proceso de formación intelectual y ética de la niñez y la juventud colombianas, con el desarrollo de la capacidad de plantear interrogantes por resolver, primero, sencillos y luego cada vez más especiales y avanzados, que pueda ser de índole prácticos, técnicos y al final, aún problemas científicos por resolver, capacidad que se debería despertar pronto, en los alumnos. Ojalá ya desde el período de aprendizaje en los planteles de Educación primaria, secundaria o universitaria y luego lo que es aún más significativo, durante la práctica laboral cualquiera que fuere su índole y nivel; es decir, informativo, técnico, tecnológico o científico. De acuerdo con la índole del respectivo campo y el nivel de la actividad laboral escogida y de tal modo que la solución encontrada no afecte los sistemas que soportan la vida, en el inmediato futuro y, en general, en el planeta, en cualquiera de sus formas.

* Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Se trata de superar, de manera efectiva, la formación o educación simplemente formalista, que en la práctica significa asistir a clase, dar la lección, desarrollar prácticas rutinarias en el laboratorio o en el campo, demostrar capacidad de repetición de la información recibida en clase, en el momento de las pruebas de evaluación del conocimiento, previas a la aprobación de los cursos exigidos para optar a los diplomas, títulos o profesionales o grados académicos.

Tal superación efectiva del exagerado formalismo de nuestro sistema educativo que no significa el abandono de la disciplina y rigor, pero sí, en mi concepto, la necesidad de *contextualizar*, a lo largo de todo el proceso de formación, los conocimientos científicos y los métodos universales de trabajo, con la realidad, local, regional, nacional.

Contextualización que implica el sometimiento a prueba crítica y creativa, en el contexto de la realidad inmediata "in situ" o local, o regional o del país, del conocimiento disponible sobre el comportamiento o sobre las características de un fenómeno natural o también de un proceso de producción económica o explotación de un recurso natural, o simplemente de operaciones técnicas y en referencia a ámbitos locales, regionales, según la índole del fenómeno, proceso u operación.

La contextualización del conocimiento, es decir, la confrontación con la realidad concreta, lleva a detectar, en un momento dado, la insuficiencia del conocimiento universal disponible para resolver o superar una dificultad, o un vacío, insuficiencia o falta absoluta de conocimientos técnico, aplicado u operativo o científico, para superar la dificultad. Esto mismo, deriva en la identificación, en un momento dado, de la existencia de un problema de conocimiento por resolver.

Momento crucial, para iniciar ese proceso de llenar el vacío de conocimiento, es decir, la investigación operativa, técnica o científica que finalmente pueda con-

ducir hacia la creación del nuevo conocimiento requerido, y de acuerdo con la índole del problema.

De ahí también, la razón por la cual, trabajemos para que los niños y, en general, la ciudadanía se interese y compenetre con las modalidades, limitaciones y ventajas comparativas del medio que le sirve de apoyo y sustento. Quizás se deba comenzar porque cada ciudadano afiance cada vez mas y se compenetre con el conocimiento de la realidad natural y social de nuestro entorno. La misma que habrá de servirle de marco de referencia para sus actividades laborales cualquiera que fuera la índole de la actividad o trabajo al cual se haya dedicado. Sobre todo, sería conveniente poner énfasis, sobre las especificidades de nuestra realidad natural, tan diferente de la de otras regiones de la tierra, en particular, de la zona templada, de donde provienen los modelos de desarrollo económico predominantes.

Precisa tener en cuenta que nuestro país, pluricultural, multiétnico, es también desde el punto de vista de su realidad natural, uno de los más complejos y de mayor fragilidad ambiental que existen en la tierra.

Por lo mismo, la implementación de modelos de desarrollo sustentable, es decir, que no vayan a perjudicar y causar daño irreparable a las generaciones venideras, en la medida que no afecten a los sistemas naturales de soporte de la vida en el planeta en cualquiera de sus formas, en particular, la vida humana, requiere, en gran medida, incrementar el conocimiento y de difundirlo entre la ciudadanía sobre esos mismos sistemas naturales que soportan la vida, para poder preservarlos y evitar, entre otros, que los sistemas de producción económica los afecten irreversiblemente, dadas su complejidad y fragilidad.

Pero para que estos planteamientos puedan mas pronto que tarde ser llevados a la práctica, es imprescindible fortalecer el desarrollo y formación de la capacidad investigativa, contextualizada en nuestra propia realidad.

FORO "DESARROLLO DE LA CAPACIDAD CIENTIFICA IN SITU"

La Academia Colombiana de Ciencias y la Asociación de Facultades de Ciencias convocaron a la comunidad universitaria y a algunos institutos de investigación del país para someter a su consideración una propuesta estra-

tégica de educación superior. Se realizó este evento en la sede de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales el día 1 de diciembre de 2000 según el siguiente programa:

- 9:00 a.m. Presentación por parte del Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Dr. Luis Eduardo Mora Osejo
- 9:30 a.m. Presentación de la propuesta de formación investigativa participativa, por parte del Dr. José A. Lozano
- 10:30 a.m. Café y comentarios
- 11:00 a.m. Estrategia operativa - Dr. Carlos Corredor Pereira
- 12:00 p.m. Almuerzo
- 1:30 p.m. Presentación de la experiencia del Instituto Von Humboldt, Dres. Cristian Samper y Klauss Shultze
- 2:30 p.m. Propuestas de los participantes
- 3:30 p.m. Café y discusión final

Se hicieron presentes las siguientes personas y entidades:

- Por la Academia Colombiana de Ciencias: Don Luis Eduardo Mora, Don José A. Lozano y Doña Inés Bernal de Ramírez quien actuó como Secretaria.
- Por la Asociación de Facultades de Ciencias: Don Carlos Corredor
- Por la Universidad Nacional: Don Jesús A. Eslava y Don Jairo Mojica
- Por la Universidad Javeriana: Doña Gloria del Hierro, Don Luis Alejandro Barrera.
- Por la Universidad de los Andes: Don José Rolando Roldán Decano de la Facultad de Ciencias y los profesores Doña Angela Camacho y Don Emilio Realpe.
- Por la Universidad Surcolombiana: Don Mauro Montealegre Decano de la Facultad de Ciencias y el profesor Don José Miguel Crisancho.
- Por la Universidad INCCA: Doña Amparo Bohorquez
- Por la Universidad del Norte: Don Joachim Hahn
- Por la Universidad UDCA: Doña Ligia Marlene Forero
- Por el Instituto Alexander von Humboldt: Don Klauss Shultze
- Por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi: Doña Elena Posada, Don Guillermo Beltrán y Don Jaime Maya.

1. Presentación por parte del Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

El Dr. Luis Eduardo Mora Osejo saluda a los asistentes deseando el mayor éxito al encuentro y enfatizando la importancia de integrar en el proceso de formación intelectual y ética de la niñez y la juventud, el desarrollo de

su capacidad de plantear interrogantes y buscar respuestas contextualizando los conocimientos científicos y los métodos universales de trabajo, con la realidad local, regional y nacional. Copia de sus palabras se anexa a la presente acta.

2. Presentación de la propuesta de formación investigativa participativa

Don José A. Lozano hace un breve recuento de las circunstancias que lo han llevado a plantear el esquema de formación a nivel posgrado para maestros, que permitirá vincular el sector educativo con la resolución de problemas de diversa índole, en las diferentes regiones del país y que permitirá la superación académica de muchos maestros que por diferentes razones no puedan acceder a un posgrado formal, especialmente aquellos que no puedan abandonar su sitio de trabajo durante largos períodos de tiempo. El posgrado deberá ser ofrecido por la Universidad Colombiana y patrocinado por las Secretarías de Educación para garantizar su calidad académica y el soporte económico.

3. Estrategia Operativa

Don Carlos Corredor recoge la idea de ofrecer una preparación a nivel de posgrado para maestros y formula el siguiente plan de acción. Establecer un posgrado nacional con apoyo de las universidades regionales a donde los maestros soliciten el ingreso y puedan asistir a los cursos básicos que requieran para desarrollar su tesis. Contar con el apoyo económico por parte de las Secretarías Departamentales correspondientes durante el período inicial presencial. Luego debe regresar a su colegio en el cual podrá desarrollar su investigación junto con sus alumnos y finalmente regresar a la universidad a defender su tesis. Finalizar con la publicación de un artículo ojalá en una revista indexada. Los resultados de la investigación también podrían incorporarse con otros obtenidos por personas del mismo grupo para la publicación. La Asociación Colombiana de Facultades de Ciencias podría ser quien formule el programa nacional de investigación el cual podría ser "el inventario de la biodiversidad colombiana". El Comité Nacional de Biología ya adelantó un diagnóstico que puso de relieve que faltan programas en Fisiología, Genética microbiana, Biología de la conservación y Biodiversidad.

Considera que algunos de los problemas que habría que superar son:

- a- La legislación vigente sobre posgrados, para lo que sería necesario presentar las propuestas de cambio en los decretos, al Ministerio de Educación Nacional.

- b- Logrado el cambio anterior, convencer de la bondad del plan a las Secretarías de Educación para que asuman el costo del período presencial y autoricen el ajuste de la jornada de los maestros que se vinculen, para que puedan desarrollar su investigación adecuadamente.
- c- Buscar otros mecanismos de financiación para lograr llegar a más maestros y así se ampliaría el radio de acción y se abarcarían más estudiantes.
- d- Finalmente un problema grande es lograr que las universidades se pongan de acuerdo en la importancia de esta labor para que den el mejor apoyo académico a los maestros y se proyecten en resolución de los problemas locales con programas de investigación.

4. Presentación de la experiencia del Instituto Von Humboldt: Don Klauss Shultze presenta las realizaciones que se están implementando desde hace varios años en el municipio de Villa de Leyva - Boyacá, donde se ha podido llegar a las escuelas, interesar a los maestros y junto con los niños y sus familias se está mejorando la calidad de vida inculcando en la comunidad el respeto por el entorno natural. La labor no da reconocimiento académico al maestro pero sus frutos se ven directamente en la participación de los estudiantes y sus familias.

Para ilustrar su trabajo presenta a los asistentes un vídeo que muestra el programa en acción, el cual tiene magnífica acogida entre los asistentes

5. A continuación se presentó un amplio debate sobre las ideas propuestas y con amplia participación de todos los asistentes.

Las principales ideas expresadas podrían resumirse así:

Objetivo del posgrado: El objetivo de los posgrados no debe ser producir posgraduados sino resolver los problemas del país aplicando la capacidad de la universidad. Se debe impulsar la vinculación docencia - investigación en la práctica diaria para llenar los vacíos del conocimiento planteando preguntas de donde surjan hipótesis, que deben comprobarse mediante la experimentación. Es una buena estrategia para hacer investigación sistemática y fortalecer la capacidad científica en el país pues permite aprender haciendo. La ventaja del establecimiento de los posgrados, es porque de hecho la organización logística ya existe en muchas universidades del país; lo importante es que la universidad cree las condiciones para este tipo de posgrados, de los recursos y ofrezca un reconocimiento adecuado a quienes se vinculen; por otra parte se lograría fortalecer la capacidad científica en la universidad orientando su producción hacia los problemas del país preferencialmente y generando dicha capaci-

dad fuera de ella. La capacitación científica debe hacerse por vinculación a la investigación no a través de cursos que la reemplacen.

Temas para la investigación en el posgrado: A la propuesta de crear el posgrado nacional alrededor de un tema de investigación que podría ser "El Inventario de la biodiversidad colombiana", se aportó lo siguiente: Esta propuesta muestra un sesgo naturalista excluyendo campos como las matemáticas y la física cuyos campos de enseñanza muestran un preocupante deterioro en el país. Es necesario elaborar una propuesta para incluir también estas áreas en la mejor preparación de los maestros. Posiblemente la creación de una maestría solucionaría este problema en poco tiempo respaldándose en lo ya existente.

Si se orienta el posgrado hacia la dimensión ambiental, se permite que confluyan todas las disciplinas, así que este es un tema que cuenta con el apoyo de los ministerios de Educación y del Medio Ambiente y puede ser de buena aceptación. En la reglamentación escolar están incluidos los PRAES (Programas escolares ambientales) que pueden ofrecer una buena herramienta a los maestros vinculados a los posgrados.

Actuales problemas de los posgrados: Hay limitaciones económicas para que muchas personas accedan al posgrado y por eso muchos no se están realizando con dedicación exclusiva. Hay mucho ofrecimiento de cursos de posgrado pero su calidad no es siempre la mejor. Es muy importante lograr el mecanismo propuesto para apoyar económicamente a los estudiantes y reconocer su trabajo con un título adecuado.

Sobre los títulos: Se discutió sobre el nivel de formación que se debe ofrecer a los maestros: especialización, maestría o doctorado tuvieron sus defensores y contrincantes entre los asistentes. El título ofrecido debe ser una consecuencia de la calidad no sólo un formalismo. El Doctor o científico debe ser quien cree conocimientos y proponga teorías. Las especializaciones están definidas en la ley colombiana "para profundizar en los conocimientos de la profesión" y no están ligadas al desarrollo de un trabajo de investigación

Finalmente el profesor Joachim Hahn manifestó su complacencia por haber participado en este foro el cual en su opinión fue un llamado de atención a los científicos para que dirijan su atención hacia la realidad del país, se recupere la unidad docencia - investigación y se retome la responsabilidad social de la investigación. Se mostró agradablemente sorprendido de que la Academia no sea el organismo acartonado que se imaginaba.

A las 4:00 p.m. se levanto la sesión.