

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XXIII

SEPTIEMBRE DE 1999

NUMERO 88

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



CONTENIDO - CONTENTS

	Pág.		Pág.
Botánica (Botany)		Micología (Mycology)	
Algunas novedades en Senecioneae (Asteraceae) de Colombia. (Some novelties in Senecioneae [Asteraceae] from Colombia). <i>Santiago Díaz-Piedrahita & Alejandra Correa</i>	331	La familia Phakopsoraceae (Uredinales) en el Neotrópico IV. Géneros <i>Crossopsora</i> , <i>Cerotelium</i> , <i>Phragmidiella</i> y <i>Catelunospora</i> . (The family Phakopsoraceae (Uredinales) in the Neotropics IV. Genera <i>Crossopsora</i> , <i>Cerotelium</i> , <i>Phragmidiella</i> and <i>Catelunospora</i> . <i>Pablo E. Buriticá</i>	407
Un nuevo nombre para <i>Holostylis reniformis</i> Duchartre (Aristolochiaceae). (A new name for <i>Holostylis reniformis</i> Duchartre [Aristolochiaceae]). <i>Favio González</i>	337	Química y Bioquímica (Chemistry and Biochemistry)	
Una nueva y singular especie de <i>Topobea</i> (Melastomataceae) de Colombia. (A new remarkable species of <i>Topobea</i> [Melastomataceae] from Colombia). <i>Gustavo Lozano-C. & Nubia Becerra de Lozano</i>	341	Caracterización inmunológica y molecular de los alergenos de <i>Blomia tropicalis</i> , un ácaro causante de asma en el trópico. (Molecular and Immunochemical characterization of Allergens from <i>Blomia tropicalis</i> , an Asthma-inducing House Dust Mite). <i>Luis Caraballo</i>	433
Ciencias de la Tierra (Earth Sciences)		Extracción, purificación y caracterización de dos lectinas en semillas de <i>Dioclea sericea</i> . (Extraction, purification and characterization of two Lectins from seeds of <i>Dioclea sericea</i>). <i>Adriana Y. Sierra & Gerardo Pérez</i>	445
Algunas observaciones acerca de la geología del sudoeste del Caquetá. (Some observations about the Geology of Southwestern Caqueta) <i>Jaime Galvis & Hernando Pinto</i>	347	Notas (Notes)	
Actividad sísmica y tasa de deformación sismotectónica en la zona del Viejo Caldas, Colombia. (Seismic activity and sismotectonic strain rate in the Viejo Caldas region of Colombia). <i>Lina M. Tabares, Héctor Mora & Elkin de J. Salcedo</i>	359	Posibilidad de un control botánico analítico de la hierba de San Juan <i>Hypericum perforatum</i> L. (Possibility of a botanical analytic control of the Saint John's wort, <i>Hypericum perforatum</i> L.). <i>Gloria Montenegro, Raúl Peña, Ana María Mújica, Liliana Iturraga, Luis González & Bárbara Timmermann</i>	455
Ecología (Ecology)		Propuesta de un nuevo modelo de Educación Superior. (Proposal of a new model for higher education). <i>Luis Eduardo Mora-Osejo</i>	461
Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua (The macroinvertebrates and their value as bioindicators of water quality) <i>Gabriel Roldán Pérez</i>	375	Vida Académica. (Academic Life)	467
Historia y Filosofía de la Ciencia. (History and Philosophy of Science)		Constitución de la Academia. (Members of the Academy)	477
Giambattista Vico: una nueva ciencia, la Historia. (Giambattista Vico: a new science, the History). <i>Mario Laserna Pinzón</i>	389		

ALGUNAS NOVEDADES EN SENECEONEAE (ASTERACEAE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita¹ & Alejandra Correa²

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & A. Correa: Algunas novedades en Senecioneae (Asteraceae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 331-335, 1999. ISSN 0370-3908.

Se proponen e ilustran dos nuevas especies de Senecioneae (Tussilagininae), ambas propias de la Cordillera Occidental de Colombia. La primera, afín a *Aequatorium verrucosum*, es hasta ahora la única conocida de tal Cordillera; se diferencia por poseer hojas menores y elípticas, y tallos carentes de proyecciones vernicosas; la segunda, afín a *Gynoxys flexopedes*, se diferencia por las hojas de mayor tamaño, el indumento más crespo y por las inflorescencias corimbiformes. Además se presenta una clave actualizada para las especies colombianas de *Aequatorium* Nord., y dos especies de *Gynoxys* (*G. hirsutissima* y *G. arnicae*), se reducen a la sinonimia de *G. hirsuta* Wedd. y de *G. perbracteosa* Cuatr. respectivamente.

Palabras clave: *Aequatorium*, *Gynoxys*, Senecioneae, Tussilagininae, Colombia, Taxonomía Vegetal.

Abstract

Two new species of Senecioneae (Tussilagininae) from the Cordillera Occidental are proposed and illustrated. One, related to *Aequatorium verrucosum*, is the only species of the genus known from the Cordillera and differs in having smaller elliptical leaves and its stems lack projecting warts, and the second, related to *G. flexopedes*, differs in having leaves with kinkier hairs and corymbiform flowers. A key to the Colombian species of *Aequatorium* is provided. *Gynoxys arnicae* Cuatr. is placed in the synonymy of *G. perbracteosa* Cuatr. and *G. hirsutissima* Cuatr. in the synonymy of *G. hirsuta* Wedd.

Key words: *Aequatorium*, *Gynoxys*, Senecioneae, Tussilagininae, Colombia, Systematic Botany.

1 Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, Colombia. e mail sdiaz@ciencias.ciencias.unal.edu.co

2 Posgrado en Sistemática Vegetal, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional. Bogotá.

El análisis de abundantes pliegos de *Gynoxys* (Senecioneae, Tussilaginatae) depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL), ha permitido encontrar algunas novedades que se dan a conocer a continuación. En primer lugar se detectó una nueva especie de *Aequatorium* Nord., hasta ahora, la única de tal género encontrada en la Cordillera Occidental, más concretamente en el Macizo de Tatamá. En segundo lugar, se halló una especie indescrita de *Gynoxys* Cass., afín a *G. flexopedes* Cuatr.; el examen del material disponible permitió establecer que *G. hirsutissima* Cuatr. corresponde a un sinónimo de *G. hirsuta* Wedd. y que *G. arnicae* Cuatr. es un sinónimo de *G. perbracteosa* Cuatr.

***Aequatorium tatamanum* Díaz & Correa sp. nov.**
Fig. 1

Arbuscula circa 1.60 m alta. Rami juveniles angulati-sulcati adpresse tomentulosi pilis squamosis stellatis. Folia alterna vel subopposita petiolata coriacea. Petiolus 0.5 - 1.5 cm longus adaxiale planus sulcatus reliquus angulatus adpresso piloso squamatus. Lamina 1.5 - 7.0 cm longa x 1.0 - 2.5 cm lata elliptica apice obtusa basi cuneata, margine repando minuteque mucronulato-dentata (dentibus 6-13 mm inter se distantibus), adaxialiter atroviridis glabra costa impressa sparsis pilis remanentibus nervis secundariis 9 - 12 utroque latere impressis incurvato ascendentibus reticulo venulorum inconspicuo; abaxialiter ochracea et copiose tomentosa pilis stellatis vel dendroides deciduis plus minusve densis oblecta costa robusta prominenti.

Inflorescentia monotelica corymbiforme thyrsioidea (in specimen inmatura) pedunculo ramis pedicellique dense stellato-piloso tomentoso. Capitula radiata plerumque 12 flores ferentia; involucrum plerumque 8 phyllariis dense tomentosis pilis stellatis, 3 exterioribus triangularis 2.5 mm longis x 1.0 mm latis, 5 interioribus angosto-ovatis 2.5 mm longis x 1.3 mm latis, scarioso marginatis. Caliculum plerumque 6 bracteolis anguste triangularibus acutis pilosis circa 3 mm longis. Flores radii feminei ligulati 5, corolla alba glabra crassiuscula. Flores disci plerumque 7 in capitulo, corolla actinomorpha glabra alba; ovarium glabrum 0.3 mm altum; pappus circa 1 mm longo setis strigosis acutis.

Arbustos de cerca 1.60 m. de alto. Ramas jóvenes angulado sulcadas, cubiertas con pelos adpresos estrellado-dendroides. Hojas subopuestas, pecioladas, coriáceas; peciolas de 0.5-1.5 cm. long. adaxialmente planas, sulcadas y cubiertas por pelos estrellado-dendroides, abaxialmente cilíndricos. Lámina foliar de 1.5 - 7 cm long. x 1 - 2.5 cm lat., elíptica, ápice obtuso, base cuneada,

margen con pequeños dientes tuberculados dispersos, haz foliar glabra, o con restos de pelos estrellado-dendroides, verde limón en vivo, en seco café oscuro; envés densamente tomentoso, indumento formado por pelos estrellado-dendroides de color ocráceo, nervio medio impreso por la haz, prominente por el envés, nervios secundarios 9-12 por lado, incurvados y ascendentes.

Sinflorescencias terminales, tirsoideo-paniculadas. Capítulos radiados, inmaduros en los ejemplares estudiados; cálculo formado por 6 bractéolas lineares angostas de 3 mm. long, involucro formado por 8 filarias, 3 exteriores triangulares (de 2.5 mm. long. x 1 mm. lat.) dorsalmente cubiertas con abundantes pelos estrellado-dendroides, 5 interiores (de 2.5 mm. long. x 1.3 mm. lat) angosto-ovadas, con márgenes escariosas y pelos estrellado-dendroides en la porción central; 12 flores por capítulo, las 5 exteriores radiadas y femeninas; las del disco 7 hermafroditas, corolas de color crema. Ovario glabro de 3 mm long, setas del pappus de cerca de 1 mm long, estrigosas y agudas en el ápice.

Typus: COLOMBIA, RISARALDA: Municipio de Santuario, Macizo de Tatamá, 200 m arriba del campamento El Reposo, 3700 m, 8 Feb. 1983, *J.H. Torres, O. Rangel, P. Franco, A. Cleef, S. Salamanca 1720* (Holotypus COL 286097).

Material adicional examinado: COLOMBIA, CHOCO: Macizo de Tatamá, valle de Las Mirlas, 3700 m. 9 Feb 1983, *J.H. Torres, O. Rangel, P. Franco, A. Cleef, S. Salamanca 1799* (COL 286099).

Hasta el presente, han sido descritas siete especies y una variedad de *Aequatorium* para Colombia; por material carente de flores es posible presumir que existen al menos dos especies más. *Aequatorium tatamanum* pertenece al grupo de las especies que presentan las filarias lanudas en el dorso, y muestra su mayor afinidad con *Ae. verrucosum*, especie de la que se distingue fácilmente por las hojas elípticas con ápice obtuso, base cuneada y dientes tuberculados dispersos en la margen. Además carece completamente de proyecciones verrucosas en los tallos, pedúnculos y pedicelos.

La siguiente clave, es una adaptación de las publicadas previamente por Díaz & Cuatrecasas (1990, 1994)

Clave para las especies y variedades de *Aequatorium* registradas en Colombia

1.- Involucro glabro o aparentemente glabro

2.- Cálculo reducido a bractéolas menudas

3.- Hojas brevemente sinuadas

4.- Filarias 5 completamente glabras, bractéolas triangulares hasta de 1 mm long y con dorso densamente lanoso ...
..... **Ae. caucanum**

4'.- Filarias 8 glabérrimas, bractéolas lineares o menudas de 1.5-2.5 mm long
..... **Ae. caucanum var. abbreviatum**

3'.- Hojas fuertemente sinuadas, filarias 8, glabérrimas **Ae. sinuatifolium**

2'.- Calículo formado por numerosas bractéolas imbricadas que cubren parcialmente el involucro glabro o subglabro. Filarias 8
..... **Ae. latibracteolatum**

1'.- Involucro con filarias lanudas en el dorso

5.- Lámina foliar breve, menor de 5 cm long, obtusa en ambos extremos o atenuada hacia el ápice, margen entera lisa, filarias volviéndose de pronto glabras **Ae. albiflorum**

5'.- Lámina foliar mayor o más ancha.

6.- Lámina igual o algo más larga que ancha, anchamente elíptica o sub-orbicular, obtusamente sinuada y con aspecto poligonal, filarias densamente lanudas
..... **Ae. polygonoides**

6'.- Longitud de la lámina más de dos veces más larga que ancha.

7.- Hoja ovado lanceolada u ovado atenuada y aguda en el ápice, redondeada en la base, rara vez cordada, sub-íntegra o dentada. Ramas y ramillas con proyecciones verrugosas **Ae. verrucosum**

7'.- Hoja elíptica, obtusa en el ápice y cuneada en la base, margen con pequeños dientes tuberculados dispersos. Ramas y ramillas sin proyecciones
..... **Ae. tatamanum**

so dense cinnamomeo villosa. Lamina ovata vel angustoe-
liptica, basi cordata vel truncata, apice obtusa, margine
leviter repando-sinuata, breviter revoluta vel integra, sed
remote et minute tuberculato-dentata, 5-16 cm. longa x
3.5-6 cm. lata; supra villosa deinde, nervo medio excep-
to, glabra, olivacea opaca, conspicue venuloso-reticulata;
subtus cinnamomeo-villosa pilis tenuissimis intricatis
indumentum formantibus, costa crassa elevata, nervis
secundaris 10-17 utroque latere prominentibus, saepe
furcatis. Corymbi terminales pauciflori bracteolati;
ramulis tenuibus erectis, villosis, cinnamomeis; brac-
teolae lanceolatae vel lineares usque ad 8 mm. longae x
1 mm. latae, inferiores deciduae; 3 bracteolis superioribus
vix calyculum formantibus. Involucrum campanulatum;
phyllariis 8 in capitulo, obovatis, exterioribus 7 mm.
longis x 2 mm. latis, interioris margine late scariosa,
sursum papilloso-ciliata, 7 mm. longa x 2 mm. lata, apice
obtusum dorso incrassatum. Receptaculum planum circa 3
mm. diam., alveolatum marginibus alveolorum squamoso-
membranaceis. Flores exteriores feminei ligulati 4,
corolla lutea glabra 12-14 mm. longa, tubulo 5.5 mm.
longo, lamina elliptica 8-nervata tridentata papillosa 8
mm. longa x 4 mm. lata, 3 staminodia filiformia circa 1
mm. longa; rami stigmatici complanati valde crassi, apice
obtusum papilloso hirsuto-caudato; stylus rectus, glaber
gracilis, inferne incrassatus, pyriformis. Flores disci
hermaphroditi tubulosi, corolla lutea 6-7 mm. longa,
tubulo circa 2 mm. longo, limbo infundibuliformi,
dentibus deltoideis acutiusculis 1.7 mm. longis x 1 mm.
latis, papillosis; antheris exsertis circa 2.2 mm. longis,
anguste ovatis, apice longe appendiculato, basi breviter
caudatis; rami stigmatici crassiusculi truncati piloso-
caudiculati, subapice longe penicillato. Ovario circa 2.5
mm. longo glabro; pappus circa 6 mm. longus, pilis
stramineis.

Typus: COLOMBIA, ANTIOQUIA: Municipio de Urrao, Páramo de Frontino, Llano Grande, en bosque, 3460 m. alt., 1 de julio de 1984, *R. Londoño, B. García et G. Galeano* 29 (Holotypus, COL 351991).

Arbusto alto de tallo inclinado y ramas péndulas. Ramitas foliosas, estriadas, glabras, brillantes. Hojas opuestas, papiráceas, peciolo de 8-13 mm. long., crasiúsculo, flexuosos, densamente cinamomeo-vellosa. Lámina ovada o angosta elíptica, base cordada o truncada, ápice obtuso, margen revoluta o entera, pero con finos dientes tuberculados esparcidos; 5-16 cm. long. x 3.5-6 cm. lat.; por encima en juveniles vellosa, luego glabra exceptuando el nervio medio, olivácea opaca, venuloso reticulada conspicua; por debajo cinamomeo-vellosa, pelos ligeramente intrincados formando un indumento, nervio medio grueso, elevado, nervios secundarios 10-17 pares, promi-

Gynoxys frontinoensis Díaz & Correa sp. nov.

Fig. 2.

Frutex altus, caulibus inclinatis, ramis pendulis. Ramuli foliosi striolati, glabri nitidisque. Foliae oppositae papyraceae, petiolo 8-13 mm. longo, crassiusculo flexuo-



Figura 1. *Aequatorium tatamanun* Díaz & Correa. Tomado del ejemplar J. Torres et al 1799 (COL).

nentes, a menudo furcados. Corimbos terminales, con pocas flores, bracteolados; ramitas ligeramente erectas, vellosas, cinamómeas; bractéolas lanceoladas o lineares de hasta 8 mm. long. x 1 mm. lat., las inferiores decíduas; cálculo apenas formado por 3 bractéolas superiores. Involucro acampanado; 8 filarias por capítulo, obovadas, las externas de 7 mm. long. x 2 mm. lat., las internas con margen ancho, escarioso, hacia arriba papiloso ciliada, de 7 mm. long. x 3 mm. lat., ápice obtuso, dorso engrosado. Receptáculo plano, cerca de 3 mm. diam., alveolado, márgenes con alvéolos escamosos membranosos. Flores externas femeninas liguladas 4, corola amarilla, glabra, de 12-14 mm. long., túbulo de 5.5 mm. long., lámina elíptica, 8- nervada, tridentada, papilosa, de 8 mm. long. x 4 mm. lat., 3 estaminodios piliformes cerca de 1 mm. long.; ramas estigmáticas complanadas, bastante gruesas, ápice obtuso, papiloso, hirsuto caudado; estilo recto, glabro, delgado, con un engrosamiento en la base en forma de pera. Flores del disco hermafroditas, tubulosas, corola amarilla, de 6-7 mm. long., túbulo cerca de 2 mm. long.,



Figura 2. *Gynoxys frontinoensis* Díaz & Correa. Tomado del ejemplar tipo, R. Londoño et al. 29 (COL).

limbo infundibuliforme con dientes deltoides, agudos, de 1.7 mm. long. x 1 mm. lat., papilosos; anteras exsertas, cerca de 2.2 mm. long., angostamente ovadas, ápice ampliamente apendiculado, base ligeramente caudada; ramas estigmáticas crasiúsculas, truncadas, piloso caudadas, subápice ampliamente penicilado. Ovario glabro; pappus cerca de 6 mm. long., pelos estramíneos.

A primera vista, *Gynoxys frontinoensis* recuerda por el hábito a *G. flexopedes* Cuatrecasas, especie propia de la Cordillera Oriental, de la cual se separa fácilmente por el tipo de inflorescencia (cimas corimbiformes en *G. frontinoensis* vs. tirso en *G. flexopedes*), por el tamaño de los capítulos (mayores en *G. flexopedes*), de las hojas (mayores en *G. frontinoensis*) y por el tipo de indumento (más cesposo en *G. frontinoensis*). La nueva especie hasta ahora se conoce sólo por la colección típica.

La comparación de los ejemplares típicos y de numerosos pliegos recolectados en diferentes áreas ha permitido establecer las siguientes sinonimias:

Gynoxys hirsuta Wedd. Chl. And. 1: 79.1855.

= *Gynoxys hirsutissima* Cuatr. Not. Flora Colombia 6: 34. 1944.

El análisis del material disponible puso de presente que no existen diferencias suficientes que justifiquen la separación como especies. Las únicas variaciones que se pueden detectar entre el material determinado como *G. hirsutissima* corresponden a la longitud del pecíolo, ligeramente mayor en los pliegos herborizados en la región de San Miguel al sudoccidente de la Sabana de Bogotá, y a la densidad del indumento, algo mayor en los mismos ejemplares. Estas diferencias parecen corresponder más a variaciones poblacionales que a diferencias específicas. La estructura del capítulo y demás características se corresponden completamente.

Gynoxys perbracteosa Cuatr. Fieldiana Bot. 27 (1): 1-2. 1950.

= *Gynoxys arnicae* Cuatr. Fieldiana Bot. 27 (1): 2-3. 1950.

= *Gynoxys arnicae* fma. *subtomentosa* Cuatr. Fieldiana Bot. 27 (1): 3. 1950

= *Gynoxys arnicae* var. *scandens* Cuatr. Fieldiana Bot. 27 (1): 3-4. 1950

Al describir *Gynoxys arnicae*, junto con la variedad *scandens* y la forma *subtomentosa*, Cuatrecasas (1950) destacó la gran variedad en cuanto a forma de la lámina foliar y densidad de tomento en esta especie. Tal variabilidad se pone de manifiesto incluso en un mismo individuo. Tan notable plasticidad, como lo señala el autor de las especies, corresponde a condiciones ecológicas que

se manifiestan fácilmente en las especies de *Gynoxys* y de *Senecio* s.l., lo cual se pone de presente en el gran número de especies y en el polimorfismo notorio en los géneros citados, y en algunos de los que de *Senecio* se han segregado, como *Pentacalia*. En los comentarios que acompañan a las descripciones señala el autor, como una característica notable, que cuando las plantas crecen entre los matorrales del páramo son árboles típicos, pero cuando crecen bajo el bosque andino y en medio de los árboles, aparecen como lianas; por tal motivo la variedad *scandens* se separó con base en su forma de vida. Sin embargo, tal hábito es frecuente en muchas senecioneas, como las especies de *Pentacalia* subgénero *Pentacalia*, que pueden formar tallos pequeños o xilopodios a partir de los cuales se desarrollan grandes ramas escandentes o semiapoyantes, pero que en sentido estricto siguen siendo árboles. Realmente *G. arnicae* no corresponde a una especie vicariante afín a *G. perbracteosa*, sino a las poblaciones que crecen en la cordillera Occidental, donde pueden haber individuos con hojas ligeramente más grandes y menos consistentes, y con menor cantidad de indumento, pero que en ningún caso pueden ser separadas como especies distintas, dado que la suma de sus caracteres se sobrepone completamente.

Referencias bibliográficas

Cuatrecasas, J. 1950. Studies on Andean Compositae I. Fieldiana Botany 27(1): 1-53.

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

_____ 1994. Novedades colombianas en el género *Aequatorium* Nord. (Asteraceae, Senecioneae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(73): 247-252.

UN NUEVO NOMBRE PARA *HOLOSTYLIS RENIFORMIS* DUCHARTRE (ARISTOLOCHIACEAE)

por

Favio González*

Resumen

González, F.: Un nuevo nombre para *Holostylis reniformis* Duchartre (Aristolochiaceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(88): 337-339. 1999. ISSN 0370-3908.

Como consecuencia de la reciente inclusión del género *Holostylis* dentro de *Aristolochia*, y de la existencia de dos homónimos previos correspondientes a *A. reniformis*, se publica un nuevo nombre para *Holostylis reniformis* (Aristolochiaceae). A la vez, se incluyen una descripción detallada de esta especie y una lista de los ejemplares de herbarios estudiados.

Palabras clave: Aristolochiaceae, *Aristolochia*, *Holostylis*, Neotrópico.

Abstract

A new name is given to *Holostylis reniformis* (Aristolochiaceae), because *Holostylis* was recently transferred to *Aristolochia*, and because the new combination *A. reniformis* has previously been used. A detailed description of this taxon, and a list of the examined specimens are also included.

Keywords: Aristolochiaceae, *Aristolochia*, *Holostylis*, Neotropics.

Introducción

El género monotípico *Holostylis* (Aristolochiaceae) fue descrito por **Duchartre** (1854), con base en material recolectado en el estado de Goiás, Brasil. Desde entonces, ha sido recolectado en otros estados de Brasil (Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul y Tocantins), así como en Bolivia (departamentos del Beni

y Santa Cruz) y Paraguay (departamento de Amambay). A pesar de las numerosas colecciones existentes, todas ellas han sido reconocidas como pertenecientes a una misma especie (**Chodat & Hassler**, 1903; **Duchartre**, 1864; **González**, 1997; **Hoehne**, 1927, 1942; **Huber**, 1993, **Malme**, 1904; **Masters**, 1875; **Schmidt**, 1935).

Un reciente análisis filogenético basado en caracteres morfológicos dio como resultado la inclusión de *Holostylis reniformis* como parte de *Aristolochia* (**González**, 1997, 1999). Lo anterior contradice el reconocimiento de *Holostylis* como género diferente, propues-

* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ap. Ae. 7495, Santafé de Bogotá.

to tradicionalmente por **Baldacci** (1894), **Chodat & Hassler** (1903), **Duchartre** (1864), **Gregory** (1956), **Hoehne** (1927, 1942), **Malme** (1904), **Masters** (1875), **Schmidt** (1935) y **Solereeder** (1889a, b), entre otros, y ratificado recientemente por **Huber** (1993) y **Weintraub** (1995). Como resultado adicional, el autor del presente trabajo propuso los cambios nomenclaturales necesarios y publicó la combinación nueva *Aristolochia reniformis* (Duchartre) González (1997). Desafortunadamente, esta combinación resultó ser un homónimo usado previamente para especies diferentes, por lo cual es necesario acuñar un nuevo nombre para este taxón.

Aristolochia holostylis F. González, nom. nov.

Holostylis reniformis Duchartre, Ann. Sci. Nat. Bot., ser. 4, 2: 33-35. 1854. Tipo: Brasil, Goiás, 1836-1841, *Gardner 3970*, fl (lectótipo, G!; isolectótipos: BM!, G!, NY!, P!).

Holostylis reniformis Duchartre forma *minor* Chodat & Hassler, Bull. Herb. Boiss. 2a. ser, 3:787. 1903. Tipo: Paraguay, "cursus superioris fluminis Apa", Dec 1903, *E. Hassler 8061a*, fl, fr (lectótipo aquí designado, G!; isolectótipos NY!, RB!, S!, UC!), syn. nov.

Duchartrella reniformis (Duchartre) O. Kuntze, Rev. Gen. Pl. 2: 563-564. 1891.

Aristolochia reniformis (Duchartre) F. González, *Caldasia* 19(1-2): 124, non Willd. Sp. Pl. (1805), nec Vell. Fl. Flum. (1827), syn. nov.

Hierbas o subarbustos con raíces fasciculadas, homorrhizas, rizoma muy corto, y ramas glabrescentes, ascendentes o a veces postradas, usualmente fistulosas, hasta de 50 cm largo, con entrenudos cortos. Hojas basales por lo general reducidas y subsésiles. Hojas distales con peciolo de 2-3.5 cm largo y lámina reniforme, anchamente ovada, 7-15(-21) cm largo, 12-20(-30) cm ancho, cartácea, base cordada, cuneada, no peltada, seno 2.5-5 cm profundo, más ancho que profundo, ápice redondeado, haz glabra, micropunteada, envés glabrescente, micropunteado, glauco, venación actinódroma, venas primarias 5(7), prominentes por el envés, venas de orden mayor prominulas por ambas caras formando un retículo denso. Pseudoestípulas ausentes. Ramas floríferas usualmente basales, elongadas, laxas, hasta de 20 cm largo, con ca. 5-10 hojas bastante reducidas, subsésiles, una flor en la axila de cada hoja. Pedúnculo floral y ovario 1.5-3 cm largo, esparcidamente pubérulo, con un rostro distal de ca. 0.5 mm. Perianto campanulado, ligeramente monosimétrico, craso, glabro por fuera; utrículo obovoide, 6-12 mm largo, ca. 5 mm diámetro, ampliado en un limbo anchamente ovado, 1.5-2.5 cm

largo, 1.5-3 cm ancho, en ángulo de ca. 180° con respecto al utrículo; tubo ausente; anteras 6, extrorsas, ditecales, lineariformes, formando un ginostemo casi tan largo como el utrículo; ginostemo con ápice oblicuo y aparentemente entero, pero con 6 lóbulos estigmáticos rudimentarios, densamente pilosos, con tricomas uncinados; ovario 6-carpelar, 6-locular. Cápsula cilíndrica, 3-5 cm largo, cortamente rostrada, con frecuencia ligeramente curvada. Semillas ovoides, 5-7 mm largo, 4-6 mm ancho, 2-3 mm grosor, cara adaxial cóncava, opaca, casi completamente cubierta por la rafe prominente y ensanchada, cara abaxial convexa, lustrosa, lisa, marrón clara, margen amarillenta.

Esta especie crece en "capoeiras", "cerrados" y bosques de galería adyacentes a "cerrados" y "chapadas", en suelos arenosos y pedregosos, en alturas que oscilan entre 200-750 m.

Especímenes examinados:

BOLIVIA: Beni: Huacaraje, 63°45'W 13°31'S, 11 Abr 1979, *A. Krapovickas & A. Schinini 34825*, fl, fr (CTES). **Santa Cruz:** Prov. Velasco, afuera de San José de Campamento, 60°59'29"W, 15°09'20"S, 230 m, 25 Ene 1997, *J. Guillén et al. 314*, fl (COL, MO); Nuflo de Chávez, 250 m, 15°43'S, 63°06'W, 27 Abr 1977, *A. Krapovickas & A. Schinini 31886*, fl, fr (CTES, SI).

BRASIL: Maranhão: Loreto, Ilha de Balsas region, 200-300 m, 12 Apr 1966, *G. Eiten & L. T. Eiten 4288*, fl (NY); mun. Imperatriz, Bananal, 15 km S of Imperatriz along Belém-Brasília highway (BR 010), approx. 5°40'S, 47°26'W, alt. 290 m, 29 Feb 1980, *T. Plowman et al. 9369*, fl, fr (COL, NY); mun. Tuntum, lugar Palmerinha, a 74 km de Tuntum, 27 Feb 1983, *J. U. Santos et al. 710*, fl, fr (COL, NY); Barra da Corda, Cocal Grande, 34 km NE of Barra do Corda along the Río Mearim, 5°24'S, 45°06'W, 7 Mar 1983, *G. E. Schatz et al. 880*, fl (COL, NY); Grajaú, Rodovia Grajaú-Barra do Corda, 23 Abr 1983, *M. F. F. Silva et al. 1191*, fl, fr (COL, HBG, NY). **Tocantins:** Arraias, Rodovia Campos Belos a Taguatinga, 11 Feb 1994, *G. Hatschbach et al. 60350*, fl (CTES). **Goiás:** Goiás Velha, 22 Jan 1967, *A. P. Duarte 10240*, fl (RB); Vale do Paraná, Rio dos Macacos, 5 Feb 1967, *A. P. Duarte 10307*, fl (RB); Gurupi, 27 Dic 1969, *G. Eiten & L. E. Eiten 10034*, fl (K, NY); Serra da Cangalha, 8°05'S, 46° 02'W, 19 Mar 1978, *W. Fonseca 125*, fr (RB); Barra do Rio Paranariba, 1894-1895, *A. Glaziou 22034*, fl, fr (G, RB); Goiás Velho, 7 Feb 1978, *R. M. Harley 20440*, fl, fr (K); between Posse and Alvorada, elev. 600 m, 17 Apr 1966, *H. S. Irwin et al. 14954*, fr (COL); ca. 15 km S of S of Niquelândia, elev. ca. 750 m, 22 Jan 1972, *H. S. Irwin et al. 34746*, fr (COL); ca. 15 km S of Niquelândia,

elev. ca. 750 m, 22 Jan 1972, *H. S. Irwin et al.* 34776 A, fl, fr (COL); Ene 1893, *E. Ule* 489, fl (CORD, HBG). **Mato Grosso:** Sto. Antonio de Leverger, 18 Ene 1979, *A. Maciel* 30, fl (BM); Coxipro, pr. Cuiabá, 12 Jun 1902, *G. Malme* 2704, fl, fr (S); Cuiabá, Nov 1903, *G. Malme s.n.*, st (S); Sto. Antonio de Leverger, 31 Jan 1989, *L. Mantone et al. s.n.*, fl (RB); "in arenosis humidusculis pr. Matto Grosso", Jan 1828, *Riedel* 1255, fl, fr (LE); Cuiabá, Dstr. N. Sa. da Guia, 26 Abr 1981, *M. Sazima & C. Nunes da Cunha* 12644, fl, fr (UEC). **Mato Grosso do Sul:** Bela Vista, 11 Ene 1972, *L. Z. Ahumada* 4565, fl, fr (UC), *L. Z. Ahumada* 4570, fl (NY); Río Verde, Serra da Pimenteira, 12 Nov 1973, *G. Hatschbach & C. Koczicki* 33142, fl (CTES, HBG, NY, UC). Sin localidad precisa: *Burchell* 6499, fl (P); *Pohl s.n.*, fl (BM).

PARAGUAY: Amambay: Bella Vista, afueras de Bella Vista, 12 Feb 1982, *J. Fernandez-Casas* 6281, fl, fr (MA, NY); Bella Vista, "cursus superioris fluminis Apa", Dec 1903, *E. Hassler* 8061, fl, fr (G, NY, RB, S, UC); Bella Vista, cercanías del Río Apa, Ene 1972, *A. Schinini* 4243, fl (G); Bella Vista, Río Apa, 20 Ene 1971, *A. Schinini* 12188, fl (CTES); Bella Vista, Río Apa, 25 Ago 1980, *A. Schinini & E. Bordas* 20630, fl (CTES); Bella Vista, Río Apa, 28 Mar 1951, *G. J. Schwarz* 12223, fl, fr (CTES, MO); Bella Vista, Río Apa, 15 Dic 1983, *R. Vanni et al.* 313, fl (TEX).

Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Nacional de Colombia, a Colciencias y al Jardín Botánico de Nueva York, por el apoyo académico, logístico y financiero recibido como estudiante de doctorado en la Universidad de la Ciudad de Nueva York; a los curadores de los herbarios que facilitaron material en préstamo; y al Dr. Rupert Barneby, del Jardín Botánico de Nueva York, por su ayuda en los aspectos nomenclaturales del presente artículo.

Literatura citada

- Baldacci, A.** 1894. Affinita delle Aristolochiacee e dei generi Aristolochiacei. *Boll. Soc. Bot. Ital.* **1894**:49-54.
- Chodat, R. & E. Hassler.** 1903. Aristolochiaceae. *Plantae Hasslerianae.* *Bull. Herb. Boissier*, ser. 2, **3**:786-788.
- Duchartre, P.** 1854. Tentamen methodicae divisionis generis *Aristolochia*, additis descriptionibus complurium novarum specierum novique generis *Holostylis*. *Ann. Sci. Nat. Bot.* ser. 4, **2**:29-76.
- 1864. Aristolochiaceae. *In: A. DC. Prodr.* **15**(1):421-498.
- González, F.** 1997. Hacia una filogenia de *Aristolochia* y sus congéneres neotropicales. *Caldasia* **19**(1-2):115-130.
- 1999. A phylogenetic analysis of the Aristolochioideae (Aristolochiaceae). Ph. D. dissertation. The City University of New York.
- Gregory, M. P.** 1956. A phyletic rearrangement in the Aristolochiaceae. *Amer. J. Bot.* **43**: 110-122.
- Hoehne, F. C.** 1927. Monographia ilustrada das aristolochiaceas brasileiras. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **20**(1):67-175, t. 16-103.
- 1942. Aristolochiaceas. *Fl. Brasílica* **15**(2):3-141, t. 1-123.
- Huber, H.** 1993. Aristolochiaceae. *In: K. Kubitzki* (ed.), *The families and genera of vascular plants*, **2**:129-137.
- Malme, G. O. A.** 1904. Beiträge zur Kenntnis der südamerikanischen Aristolochiaceen. *Ark. Bot.* **1**:521-551, t. 31-33.
- Masters, M. T.** 1875. Aristolochiaceae. *In: C. F. P. von Martius, Fl. Brasiliensis* **4**(2):77-114, t. 17-26.
- Schmidt, O. C.** 1935. Aristolochiaceae. *In: A. Engler & K. Prantl* (eds.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien.* Ed. 2, **16b**:204-242.
- Solereeder, H.** 1889a. Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Aristolochiaceen. *Bot. Jahrb. Syst.* **10**:410-524.
- 1889b. Aristolochiaceae. *In: A. Engler & K. Prantl* (eds.), *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, pp. 264-273.
- Weintraub, J. D.** 1995. Host plant association patterns and phylogeny in the tribe Troidini (Lepidoptera: Papilionidae). *In: J. M. Scriber, Y. Tsubaki & R. C. Lederhouse* (eds.), *Swallowtail butterflies: their ecology and evolutionary biology.* Scientific Publishers, Inc. pp. 307-316.

UNA NUEVA Y SINGULAR ESPECIE DE *TOPOBEA* (MELASTOMATACEAE) DE COLOMBIA

por

Gustavo Lozano - C¹ & Nubia Becerra de Lozano²

Resumen

Lozano - C., G. & N. B. de Lozano. Una nueva y singular especie de *Topobea* (Melastomataceae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc **23**(88). 341-346. 1999. ISSN 0370-3908

El hallazgo de una nueva especie de *Topobea* en la cordillera Occidental de Colombia se describe e ilustra, con énfasis en la muy rara ornamentación de la haz foliar, para este grupo de plantas. Anatómicamente se compara con dos especies de superficie foliar plana.

Palabras clave: Melastomataceae, Blakeeae, *Topobea*, taxonomía y anatomía.

Abstract

A new species of *Topobea*, *T. muricata*, from the Western Cordillera of Colombia, is described, illustrated and compared with related species. Leaf anatomies of the new species and two other species that have fattened blades are compared.

Key words: Melastomataceae, Blakeeae, *Topobea*, taxonomy and anatomy.

Introducción

El género *Topobea* pertenece a la tribu Blakeeae Hook, la cual esta distribuida desde México hasta la Amazonía, junto con *Blakea* se reconoce fácilmente por llevar dos pares de brácteas libres o unidas en forma decusada protegiendo la flor. Se reconocen 62 especies de *Topobea* de

estas un 52% se encuentran presentes en Colombia. Como centro de distribución según **Gleason** (1954), **Almeda** (1990) y **Renner** (1993), ha sido considerada la región Pacífica, donde están distribuidas el 84% de las especies colombianas. El 95 % de las especies conocidas del género *Topobea* presentan la superficie superior de la lámina foliar plana ; únicamente se conocía una especie descrita de la Provincia de Morona -Santiago en la Cordillera Cutucú, a una altitud de 2000 msm en el Ecuador, la cual presenta la superficie adaxial de la hoja cubierta por verrugas cónicas, que la aparta fácilmente de las otras especies del grupo. En las exploraciones realizadas en el Parque Nacional Natural de Munchique so-

1 Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo 7495, Bogotá D.E

2 Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. ndlozano@ciencias.ciencias.unal.edu.co

bre la vertiente occidental que da a la región Pacífico, se encontró una segunda especie con la haz foliar áspera cubierta totalmente de protuberancias piramidales, que le dan un aspecto parecido a las hojas de varias especies del género *Tibouchina* sección *Lepidota* **Todzia & Almeda** (1991). El análisis del material colombiano difiere en varias características de las especies publicadas por **Wurdack** (1978), por lo cual se propone como una especie nueva.

Topobea muricata Lozano - C. sp. nov. Figs. 1-2

Tipo : Colombia : Cauca, Parque Nacional Natural Munchique, El Tambo, corregimiento La Romelia camino al Observatorio, alt 2000 msnm, 1 Feb. 1995, *G. Lozano-C. & al* 6800, fl (Holótipo COL)

A *Topobea verrucosa* affinis, sed peciolo 4-5 cm longi, apice caudatae, laminae 15.5 x 8 - 11.5 cm, 7 plinerviae, pedunculi 3.05 - 3.10 cm longi, petala alba, antherae oblongae, ovarium glabrum, apice in 6 lobos filiformes fissam, differt.

Arbolito o arbusto 3m alto, poco ramificado, ramillas redondeadas, a veces obscuramente cuadrangulares; nudos marcados con un reborde más ancho, cubiertos por tricomas anchos escamosos, entrenudos hasta 2 mm de longitud, peciolo y pedicelos ásperos con tricomas de base ampollada cortos o largos, caducos en los entrenudos viejos. Hojas pecioladas, pecíolos redondos 4-5 cm longitud (4.4 cm long promedio) x 0.35 cm en diámetro; lámina foliar elíptica o anchamente elíptica 15.5 - 20 cm long (18.4 cm long promedio) x 8 - 11.5 cm latitud (9.7 cm latitud promedio), adaxialmente áspera debido a la presencia de muchísimas protuberancias piramidales pequeñas y con tricomas pluricelulares caducos entre ellas, abaxialmente velutina, cubierta con tricomas largos pluricelulares y con base ampollada, base foliar redondeada, margen dentado, apice caudado (cauda de aproximadamente 1 cm long.), hojas 7 plinervadas, venación para - arqueada o acrodromal, venación secundaria con numerosas venas escalariformes pinnadas que se unen en el nervio medio y en las venas acrodromales.

Flores axilares, generalmente tres por axila, pedicelos redondos, 3.05 - 3.10 cm longitud x 0.2 cm en diámetro, botones florales oblongos basalmente con dos engrosamientos en forma de media luna, brácteas florales libres cubriendo toda la longitud del hipanto, externas ovadas anchas 0.9 x 0.8 cm con la superficie interna glabra, superficie externa con indumento escabroso formado por tricomas largos con base ampollada, ápice agudo, base truncada, margen entero; brácteas internas dispuestas decusadamente con relación a las externas,

ovadas, apicalmente con lacinias anchas, 0.95 x 0.8 cm, superficie interna glabra, superficie externa hirsuta con tricomas largos sin engrosamiento basal. Flores blancas hexámeras, caliz con los segmentos oblongos, 0.5 x 0.4 cm, con anchas superficies cubiertas en la mitad superior por indumento de tricomas sin engrosamiento basal, ápice redondeado, base truncada, márgen con algunas fimbrias; pétalos ovado agudos, basalmente truncados, 1.5 x 0.7 cm, glabros; hipanto 0.9 cm longitud, recubierto por indumento escabroso formado por tricomas largos y cortos con la base ampollada, estambres 12, filamento laminar mas ensanchado hacia la base, de 0.6 cm long., glabro, anteras subuladas de 0.6 cm longitud x 0.2 cm en diámetro en la parte basal, glabras con dos diminutos poros terminales levemente inclinados y con una pequeña proyección ventral, ovario glabro con el ápice ensanchado en seis segmentos laminares angostos de ca. 1 mm long., 6 locular, estilo filiforme, estigma puntiforme. Fruto urceolado 1.5 long. x 1 cm en diámetro, escabroso con



Figura 1. Ramilla florifera de *Topobea muricata* Lozano-C

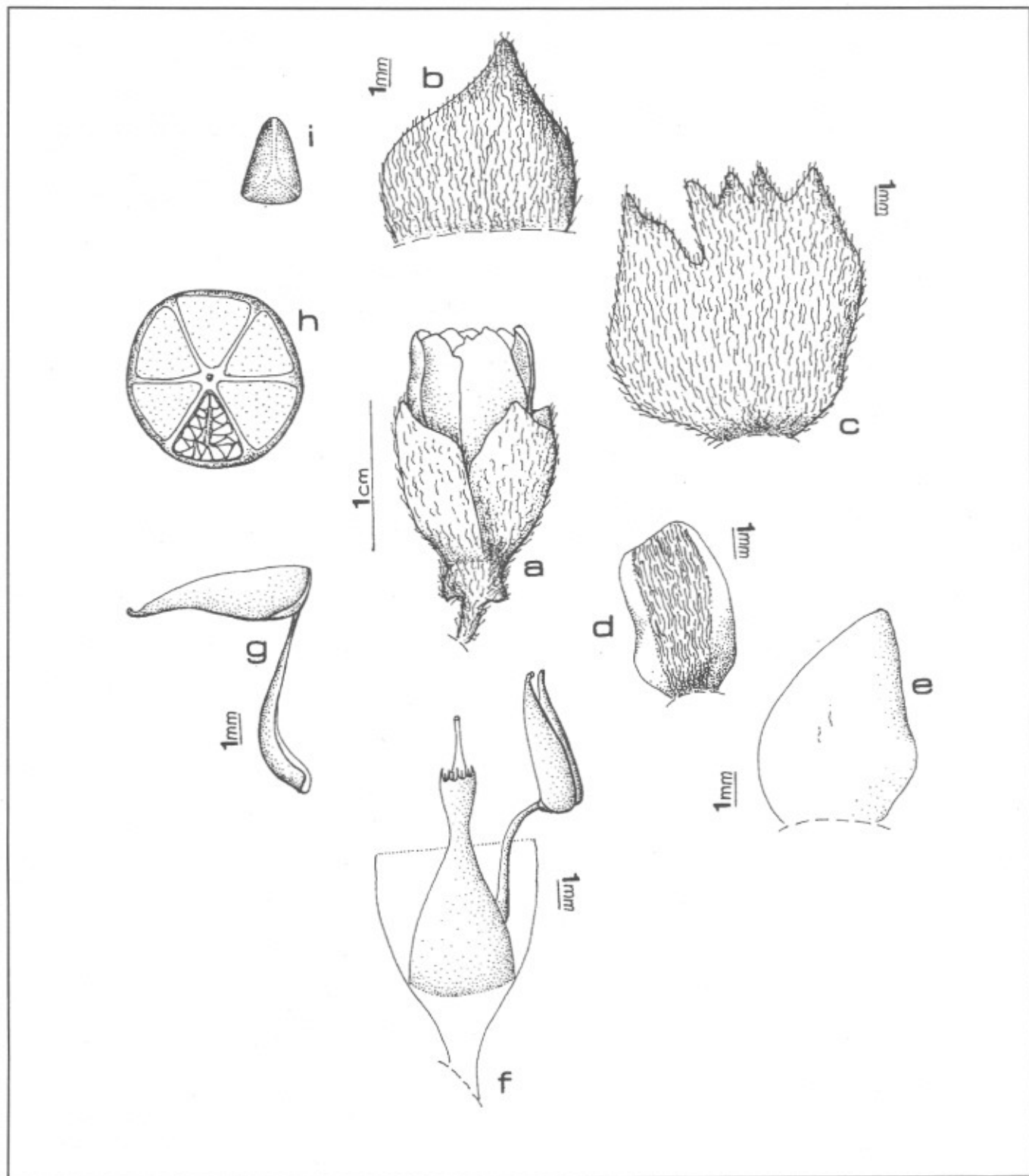


Figura 2. Detalle de las estructuras florales de *Topobea muricata* Lozano-C. a.- Flores; b. bractea floral externa; c. bractea floral interna; d. sépalo dorsalmente; e. petalo; f. pistilo y estambres; g. estambre; h. corte transversal del ovario; i. semilla.

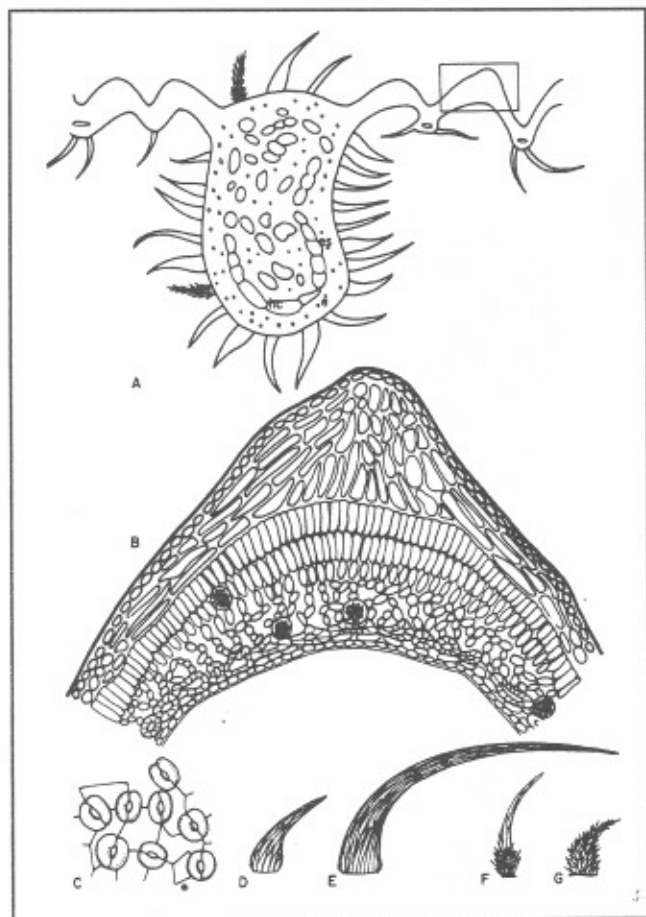


Figura 3. *Topobea muricata*. A- corte transversal de la hoja, nótese la condición plicada de la lámina (hc= haces conductores bicolaterales, es= esclereidas, e= esclerénquima), B- Detalle de una porción de la lámina indicada en A (p= pelo glandular sésil), C- estomas anomocíticos, D- pelos con base ligeramente hinchada, E- largos y delgados, F- alargados moderadamente rugosos, G- cónicos densamente rugosos.

numerosos tricomas cortos o largos basalmente ampollados. Semillas numerosas cuneadas aristadas, de 1.5 x 0.5 x 1.0 mm de diámetro, diminutamente foveoladas.

Distribución: Únicamente conocidas hasta el presente en el Departamento del Cauca, en el Parque Nacional Natural Munchique entre 2050 - 2600 msnm.

Material adicional estudiado: Colombia : Cauca, Parque Nacional Natural Munchique, El Tambo, Vereda La Romelia, 2600 msnm, camino al Observatorio, 23 Jul 1993, F. Gonzalez & al 2906, fl, fr (COL); camino a Nueva Granada, alt 2050 - 2450 msnm, 31 Ene 1995, N. Ruiz & al 385, fl (COL).

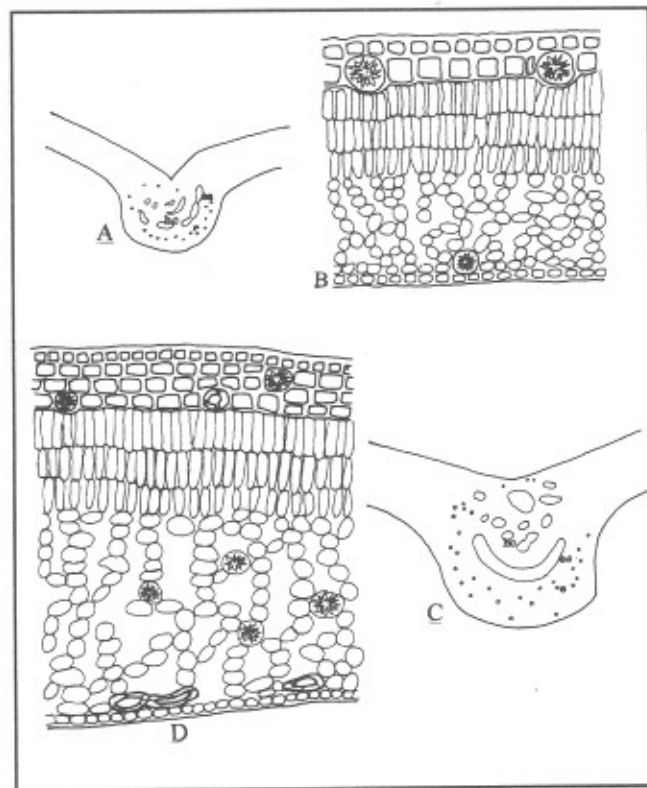


Figura 4. Especies con lámina foliar plana : A-B *Topobea brachyura* corte transversal de la hoja y detalle de la lámina, C-D. *T. albertiae* corte transversal de la hoja y detalle de la lámina (hc= haces conductores bicolaterales, es= esclereidas, e= esclerénquima)

Topobea muricata Lozano - C. se asemeja a *T. verrucosa* Wurdack por tener la haz de la hoja con verrugas cónicas, pero se diferencia por el mayor tamaño de los pecíolos 4 - 5 vs 1 - 2.5 cm, las hojas mas grandes 15.5 - 20 x 8 - 11.5 vs 6- 12 (- 14) x (3-) 4 - 7.5 cm, las flores blancas vs rosadas, los pedúnculos mas largos 3.05 - 3.10 vs 0.5 cm, las piezas florales relativamente mas grandes; el ápice del ovario glabro con 6 segmentos laminares vs glanduloso, setuloso, etc. De las demás especies conocidas del género *Topobea* se aparta por no tener las hojas con la superficie adaxial plana. La especie propuesta en una visión rápida se asemeja a varias especies del género *Tibouchina* Sección *Lepidota* como *T. elegantula* Todzia & Almeda, *T. glaesoniana* Wurdack, *T. narinoensis* Wurdack y *T. silvestris* Todzia & Almeda, debido a la apariencia de las hojas aunque un poco mas pequeñas; se separa rápidamente por la composición floral, aunque comparte con muchas de ellas la misma región geográfica y por estar distribuidas en el sur del Pacífico Colombiano, una región con un gran número de

endemismos que exigen la realización de numerosos estudios, sobre la diversidad, propagación y preservación efectiva de la vegetación.

Anatomía foliar de *Topobea muricata*

Lámina plicada (Fig. 3 A), epidermis adaxial formada por células pequeñas con las paredes gruesas lignificadas, cutícula de grosor medio. Las porciones apicales de cada uno de los pliegues presentan un gran desarrollo de la hipodermis, la cual tiene células con paredes engrosadas y lignificadas, que determinan junto con la epidermis la condición áspera de la lámina, el número de capas de células hipodermiales decrece hacia la zona basal de cada uno de los pliegues en donde se observa solo una capa, (Fig. 3B). El parénquima de empalizada en la parte superior de los pliegues tiene tres estratos, el tercero laxo y de células más cortas, en la zona basal de los pliegues solo existe una capa de células. En el parénquima esponjoso, hacia el envés se localiza un estrato de esclereidas, que en la sección paradérmica aparecen como una malla. Las células de la epidermis abaxial son más pequeñas que las de la epidermis adaxial, con la cutícula delgada. En el mesófilo se aprecian drusas abundantes. La hoja es

hipostomática, los estomas son anomocíticos (Fig. 3C), muy numerosos y están restringidos a los flancos de los pliegues, en donde debido a la presencia de indumento abundante se forman cámaras semejantes a criptas, que posiblemente limitan la transpiración Roth (1984). El indumento, de acuerdo con Wurdack (1989) está formado por pelos pluricelulares (Fig. 3D): muy largos y delgados, con la base ligeramente hinchada, alargados, moderadamente rugosos, cónicos densamente rugosos y glandulares sésiles, es muy escaso en la haz, en donde sólo existen pelos caducos sobre las nervaduras, en el envés persisten los tipos de pelos mencionados. La nervadura media tiene un sistema vascular complejo abierto compuesto de numerosos haces bicolaterales rodeados por esclerénquima, esclereidas y drusas en corteza y médula, colénquima subepidérmico y epidermis. El pecíolo es bifacial, con indumento denso y con los mismos tejidos que presenta la distribución mencionada para la nervadura central.

Adicionalmente se estudió la anatomía foliar de *Topobea brachyura* (Gleason) Wurdack, *Fuchs 21727* (fig. 3A-B) y de *T. albertiae* Wurdack, *Gentry 16841* (fig. 4C-D). En la Tabla 1 se presentan las características de la

Tabla 1. Características anatómicas de las especies estudiadas del género *Topobea*.

Características	<i>T. muricata</i>	<i>T. brachyura</i>	<i>T. albertiae</i>	<i>T. urophylla</i>
Lámina plicada	+			
Lámina plana		+	+	+
Epidermis adaxial células grandes	-	+	-	
Hipodermis				-
1 capa	base pliegos +	+		
3 capas			+	
mas de 3 capas	ápice pliegos +			
esclereidas			+	
drusas		+	+	
Parénquima en empalizada				
1 capa	base pliegos +			
3 capas	ápice pliegos +	+	+	
Esclereidas				
vena media	+	+	+	
mesófilo	++		+	+
pecíolo	+	+	+	
Esclerénquima rodeando haces conductores en nervadura media y pecíolo	+	+	+	-

anatomía foliar de las tres especies analizadas y de *T. urophylla* Standley según Mentink & Bass (1992).

Para la caracterización anatómica del género *Topobea* es necesario analizar un mayor número de especies dadas las diferencias encontradas principalmente relacionadas con presencia de hipodermis, presencia de esclerénquima rodeando el sistema vascular de la nervadura media y del pecíolo.

Agradecimientos

Al Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia por haber permitido el uso de sus instalaciones y la consulta de sus colecciones; al Laboratorio de Investigación en Morfología Vegetal del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia donde se realizaron los estudios anatómicos, a la bióloga María Eugenia Morales por elaborar las láminas de las estructuras florales.

Bibliografía

- Almeda, F. 1990. A new species and new combinations in *Blakea* and *Topobea* (Melastomataceae) with an historic perspective on Generic limits in the Tribu Blakeaceae. *Proced. Calif. Acad. Sci.* **46** (14): 299-326.
- Gleason, H.A. 1945. On *Blakea* and *Topobea*. *Bull. Torrey Bot. Club* **72** (4): 385-393.
- Mentink, H. & P. Baas. 1992. Leaf anatomy of the Melastomataceae, Memecylaceae and Crypteroniaceae. *Blumea* **37**: 189 - 225.
- Renner, S. S. 1993. Phylogeny and classification of Melastomataceae and Memecylaceae. *Nord. J. Bot.* **13** (5): 519-540.
- Roth, I. 1984. Stratification of tropical forest as seen in leaf structure. DR W. Junk Publishers. The Hague.
- Todzia, C. A. & F. Almeda. 1991. A revision of *Tibouchina* section *Lepidotae* (Melastomataceae: Tibouchineae). *Proc. Calif. Acad. Sci.* **47** (6): 175-206, figs 1-12.
- Wurdak, J. J. 1978. Certamen Melastomataceis XXVII. *Phytologia* **38** (4): 287-307.
- _____. 1986. Atlas of Hairs of Neotropical Melastomataceae. *Smithsonian. Contr.* **63**: 1-80.

ALGUNAS OBSERVACIONES ACERCA DE LA GEOLOGIA DEL SUDOESTE DEL CAQUETA

por

Jaime Galvis V. & Hernando Pinto R.

Resumen

Galvis V., J. & H. Pinto R.: Algunas observaciones acerca de la geología del sudoeste del Caquetá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 347-358. 1999. ISSN 0370-3908.

En el área comprendida entre Florencia y el Caserío de Fragüita en el sudoeste del Departamento del Caquetá, se presenta una secuencia litológica totalmente diferente de la del Alto Magdalena, evidenciándose eventos geológicos completamente disímiles. En el sudoeste del Caquetá hubo episodios de magmatismo no registrados en la literatura geológica de Colombia. Además, se presentan dentro del Caquetá numerosas fallas direccionales, las cuales colocan en contacto fajas de territorio, cuyas unidades estratigráficas presentan notables contrastes. Por otro lado, cabe anotar una gradual disminución de unidades litológicas Fanerozoicas hacia el Oriente.

Palabras clave: Geología, Caquetá, Litología, magmatismo. Colombia.

Abstract

In the area comprised between Florencia and Fragüita hamlet, of southwestern Caquetá Department there is completely different lithology than that of the Upper Magdalena Valley. The geologic events are completely different in these areas. In southwestern Caquetá there were episodes of magmatism not registered before in the geologic literature of Colombia. There are in Caquetá many wrench faults which put in contact pieces of territory which present different lithologic assemblages.

The number and thickness of the phanerozoic geologic units diminish to the East.

Key words: Geology, Lithology, magmatism, Caquetá, Colombia.

Litología

El sudoeste del Caquetá geomorfológicamente está conformado por la llanura amazónica y el piedemonte oriental de la Cordillera, donde afloran rocas cuya edad oscila desde el Precámbrico hasta el Reciente.

Precámbrico

Regionalmente, la base de todas las litologías observables en el sur del Caquetá la constituyen neises, cuarcitas y otras rocas metamórficas (Figura 1), las cuales se presentan en algunas localidades afectadas por fenómenos de granitización que las convierten parcialmente en migmatitas como un paso intermedio de dicho proceso, y en granitoides de composición variable, como su culminación. Esta clase de litología, típica del Proterozoico en todo el Mundo, es común observarla en todo el Macizo de Garzón y en la parte occidental del Escudo de Guayana en territorio de Colombia. Estas unidades litológicas se encuentran expuestas (Figura 2), al noroeste de San José de Fragua, en el cañón del río Luna, en el cañón del río San Pedro, en la región de Las Verdes al noroeste de Belén, en la carretera Florencia-Guadalupe, en el curso del río Bodoquero aguas arriba de Morelia, infrayaciendo a los sedimentos del Cretáceo y en un pequeño sector al norte de Yurayaco.

Sobre las unidades litológicas referidas, al norte de Yurayaco se presentan tobas, brechas y aglomerados volcánicos de color rojo (Figuras 1 y 2; Fotografía 1), las cuales presentan abundantes cavidades vesiculares rellenas de calcedonia (Fotografía 2), de colores variados. Estas rocas se observan también al noroeste de Belén de Los Andaquíes (Figura 2).

Fanerozoico

Al hacer referencia al Fanerozoico, cabe mencionar en primer lugar a una unidad litológica cuya edad no está definida. Presenta areniscas de grano fino, blancas, sacaroides, con niveles de un mineral verde que parece glauconita (Fotografía 3), suturas de hematita (Fotografía 4), de color rojo brillante y abundantes vacíos y cavidades de disolución (Fotografía 5); shales de colores gris oscuro malva, pardo y negro, con estructuras de "boudinage", estratificación convoluta, estructuras "rip rap", microfalloamientos y lentes de arcilla tizosa de color blanco (Fotografía 6). Estos sedimentos presentan poca densidad, dando la sensación de haber sido lixiviados. Las características descritas y en especial las cavidades de disolución sugieren una secuencia de sedimentos evaporítico.

En algunos niveles de la parte superior de la secuencia se encuentran restos vegetales, en especial hojas carbonizadas, muy similares a las que se observan en el Cerro del Churumbelo al este de Mocoa, localidad considerada tipo de la "Formación Caballos del Putumayo" (Cáceres y Teatín, 1982). Los sedimentos en referencia se encuentran expuestos (Figura 2), en una amplia zona entre los ríos Yurayaco y Fraguíta, al norte y nordeste de Yurayaco, en la vertiente occidental del río Luna, a lo largo de la carretera de Belén a Las Verdes, al norte del caserío de Aletones y en los cursos superiores de la quebrada Mansaya y el río Zarabando. Esta secuencia sedimentaria se encuentra instruida por pórfidos de color rojo (Fotografía 7), los cuales presentan variaciones hasta una roca equigranular cuya composición varía de granito a granodiorita. Estas rocas intrusivas se pueden observar (Figura 2), en el camino que conduce de Yurayaco al puente del río del mismo nombre y al nordeste de la misma población; también se observan en la carretera de Aletones a Las Verdes y en el curso superior de la quebrada Mansaya.

Sobre los sedimentos en referencia, reposan vulcanitas rojas y violáceas (Figura 1 y Fotografía 8), principalmente brechas, aglomerados y tobas, observables en el curso superior del río Zarabando y de la quebrada Mansaya, al nordeste del río Fraguíta y en la zona de Aletones (Figura 2).

La edad de las rocas descritas es muy difícil de determinar con alguna certeza, aunque es muy claro que no se trata de sedimentos del Cretáceo. Presenta notables semejanzas con lo que se conoce en el Ecuador como Formación Chapiza (Hoffstetter, 1956; Canfield, Rosanía y San Martín, 1982), en aspectos tales como las estructuras típicas de depósitos evaporíticos, la presencia de glauconita o algo que se asemeja y la cubierta de rocas volcánicas rojas. A la Formación Chapiza le asignan en el Ecuador una edad Jurásica.

También es posible relacionarla con los sedimentos evaporíticos del Pérmico (Satmari, Carvalho y Simoes, 1979), los cuales han sido localizados por Petrobrás en una amplísima zona y sobre los cuales reposan vulcanitas rojas del Mesozoico temprano.

Cabe agregar que en la Amazonia de Colombia hay extensos depósitos de areniscas eólicas, las cuales forman las extensas mesetas de Chiribiquete, La Lindosa, Caruru, Circasia etc., similares a los tepuys de Venezuela.

Cretáceo

Los sedimentos del Cretáceo se presentan en varias secuencias muy posiblemente coetáneas pero con notables



Fotografía 1. Vulcanitas Rojas. Puente sobre el río Yurayaco. Afloramiento de vulcanitas rojas.



Fotografía 2. Rellenos de Calcedonia en las vulcanitas. Detalle del afloramiento de las vulcanitas rojas. Se aprecian ovoides de calcedonia.



Fotografía 3. Sedimentos pre-cretáceos con glauconita(ζ). Detalle del afloramiento de sedimentos Pre-cretáceos al NW de Yurayaco. Nótese el color verdoso debido a la presencia de glauconita.



Fotografía 4. Manchas de hematita en sedimentos pre-cretáceos. Noroeste de la localidad de Yurayaco. Se observan manchas irregulares de color rojizo de Hematita en sedimentos pre-cretáceos.



Fotografía 5. Cavidades de disolución en sedimentos pre-cretáceos. Carreteable al oeste de Belén de los Andaquíes. Detalle del afloramiento de sedimentos pre-cretáceos con cavidades de disolución.



Fotografía 6. Detalle de los shales de los sedimentos pre-cretáceos. Carreteable Belén – Las Verdes, al Noroeste de Aletones. Detalle del afloramiento de areniscas y shales pre-cretáceos. Nótese las estructuras sedimentarias en los shales y los lentes de arcilla de color blanco.

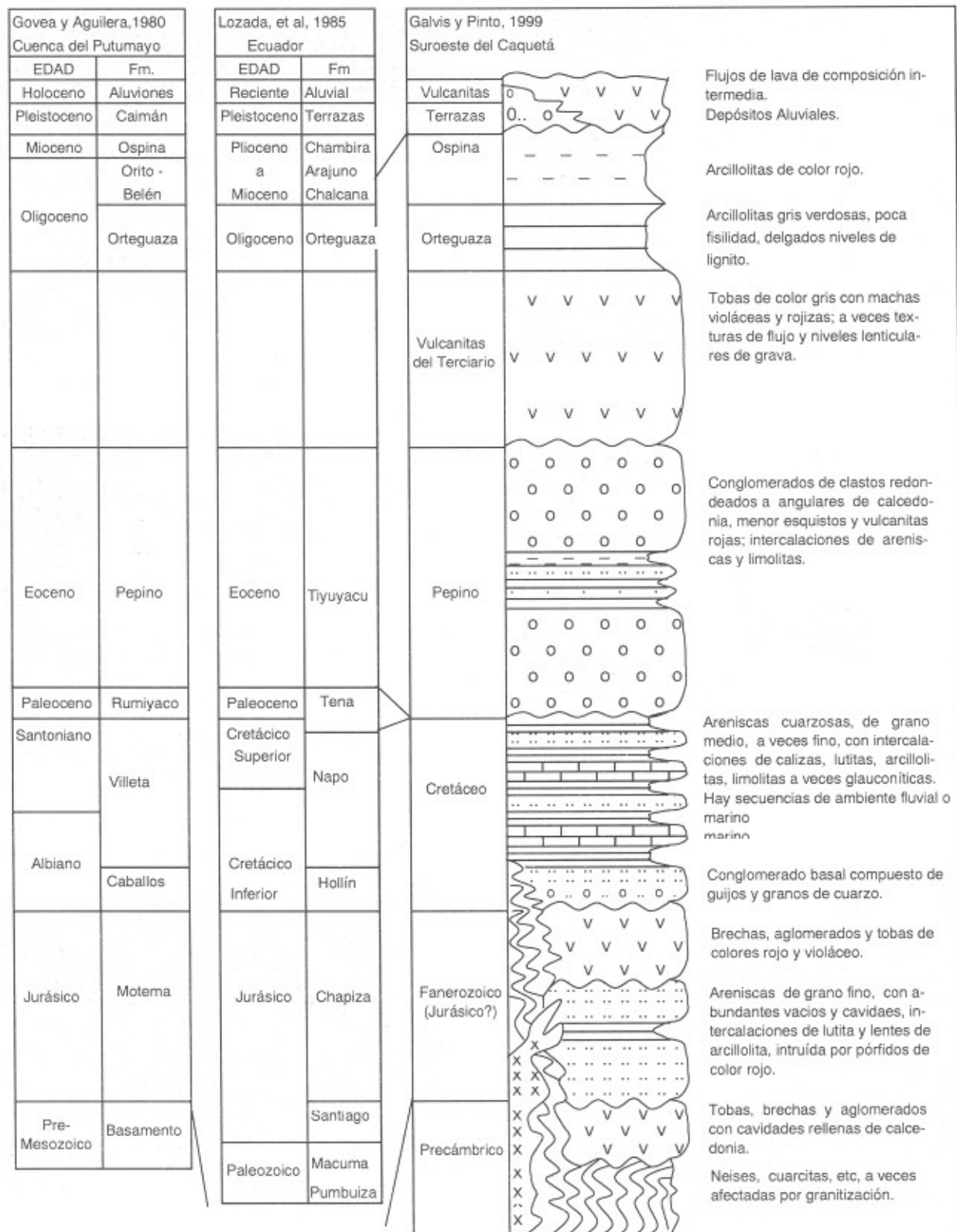


Figura 1. Columna litológica y correlación estratigráfica

diferencias estratigráficas, debido a que todo un sistema de fallas direccionales seccionó la cuenca de depositación original enfrentando sedimentos de facies disímiles, en una serie de fajas dispuestas de Oeste a Este (Figura 2).

Hay algunos rasgos que son comunes a todas las secuencias observadas, tales como su contacto inferior con los sedimentos pre-cretáceos discordante y la presencia de un conglomerado basal (figura 1), cuarzoso al que sobreyace una arenisca cuarzosa de grano grueso (Fotografía 9), con niveles delgados de materia vegetal carbonizada. Esta arenisca de espesor variable, se asemeja a lo que en las descripciones de registros de pozos petroleros identifican como "Formación Caballos del Putumayo" (Govea & Aguilera, 1980; Cáceres & Teatín, 1985), y en el Ecuador como Formación Hollín (Canfield, Rosanía & San Martín, 1982). La arenisca en mención, al occidente de la Falla del río Pescado, reposa sobre sedimentos y vulcanitas pre-cretáceos, mientras que al oriente de dicho fallamiento sobreyace rocas cristalinas del Precámbrico. Se presenta en buenas exposiciones en el curso superior de la quebrada Mansaya, en el camino del río Zarabando, en la carretera de Belén de los Andaquíes a Aletones y a lo largo del camino que sigue al río Bodoquero aguas arriba de Morelia.

Al noroeste de la población de Yurayaco sobre el conglomerado y areniscas de base se presentan areniscas gris verdosas y limolitas con algunos niveles de carbón, en exposiciones próximas al curso del río Fragüita. El conocimiento de esta área es deficiente, pero es claro que presenta notables diferencias con los sedimentos Cretáceos al este de Yurayaco.

A partir de Yurayaco hacia el oriente, a lo largo del curso de la quebrada El Recreo, se observan dos secuencias sedimentarias cretácicas en contacto fallado, la primera en su curso superior, de la cual es importante anotar que no aparece la arenisca basal, y en su defecto arcillolitas grises reposan en discordancia angular sobre sedimentos pre-cretáceos, arcillitas silíceas con aspecto de lidita, las cuales presentan formas de fractura radiales en la superficies de las diaclasas; sobre estos sedimentos reposan areniscas y calizas de decenas de metros de espesor, y es notable la presencia de abundantes restos de moluscos. A estos sedimentos calcáreos, sobreyacen shales de color gris a negro y sobre estos reposa una arenisca blanca amarillenta, cuarzosa de grano medio en la que se observan manaderos de aceite. A esta arenisca sobreyacen arcillolitas de color gris claro y sobre ellas se encuentran los conglomerados de la Formación Pepino. La secuencia de sedimentos brevemente referida presenta características de un origen marino.

En contacto fallado con los sedimentos mencionados, se presenta la parte superior de otra secuencia de sedimentos cretáceos en la cual se observa una alternancia de niveles de areniscas cuarzosas de grano medio con horizontes delgados de shale negro; las areniscas presentan manaderos de petróleo. A los sedimentos mencionados les sobreyacen limolitas glauconíticas cuyo color verde se torna pardo con la meteorización. Sobre estas, reposan arcillolitas gris verdosas. Los sedimentos referidos parecen tener en su mayor parte origen marino.

Entre el río Luna y San José de Fragua hay una gran saliente de el basamento precámbrico hasta el borde de la llanura amazónica, de esta última población, al Este, hasta Belén de los Andaquíes se presenta una secuencia de sedimentos cretáceos compuesta de una arenisca basal de grano grueso, color gris claro con niveles carbonosos (la "Formación Caballos"?) a la cual sobreyace una arcillolita de poca fisilidad, color gris claro (Fotografía 10), con fractura concoide, sobre la cual reposa una arenisca de aspecto lítico, grano fino notablemente friable. Presenta impregnación de aceite. A dicha arenisca le sobreyace una arcillolita color gris azulado de pobre fisilidad. Sobre la anterior unidad, se halla una arenisca de grano fino, friable de aspecto lítico a la que sobreyace una arcillolita rojiza y un paleosuelo de pocos centímetros de espesor. Los sedimentos anteriormente referidos presentan características de sedimentos de origen fluvial. Las facies arcillosas son caolíníticas y de colores muy claros, las areniscas presentan granos angulosos y no aparecen fósiles o minerales que indiquen ambiente marino.

En contacto fallado con la faja de sedimentos fluviales que se describió, se presenta una secuencia litológica de sedimentos cretáceos, en una faja de terreno que se sitúa entre las poblaciones de Belén de los Andaquíes y Morelia (Figura 2), de los cuales el conglomerado y arenisca conglomerática basales presentan semejanzas con los de la base de la secuencia anterior aunque estos últimos reposan sobre neises. El resto de la secuencia comprende un shale negro, bituminoso con restos de bivalvos al cual sobreyace una arenisca cuarzosa de grano medio, bien sorteada color gris blancuzco, saturada de aceite, sobre la que reposa un shale negro bituminoso y una caliza color gris oscura (Fotografía 11), con abundantes restos de moluscos; a la caliza sucede un shale bituminoso, similar al que la infrayac La secuencia continua con una arenisca sacaroide, de grano medio, bien sorteada, de gran espesor, completamente saturada de petróleo (Fotografía 12 Esta sucesión litológica remata con una arcillolita de color gris claro y muy pobre fisilidad, a la que sobreyacen los conglomerados de la Formación Pepino. La mayor parte



Fotografía 7. Porfidos afectando a los sedimentos pre-cretáceos, sudoeste de Belén de los Andaquíes. Se observan pórfidos rojizos, intruyendo a los sedimentos precretáceos.



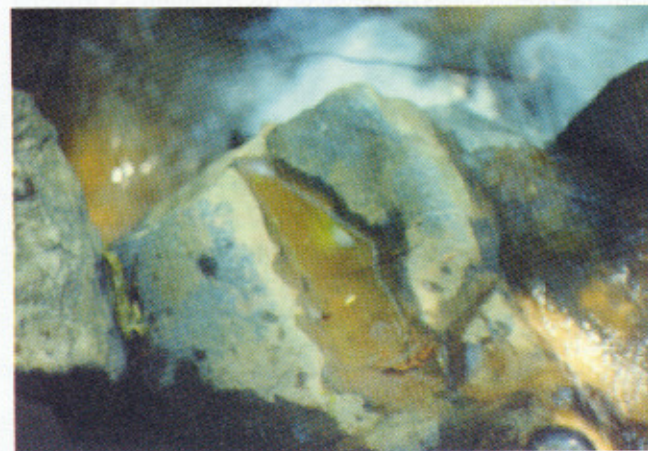
Fotografía 8. Vulcanitas rojas del fanerozoico. Quebrada Mansaya. Detalle de las vulcanitas rojas que cubren los sedimentos pre-cretáceos.



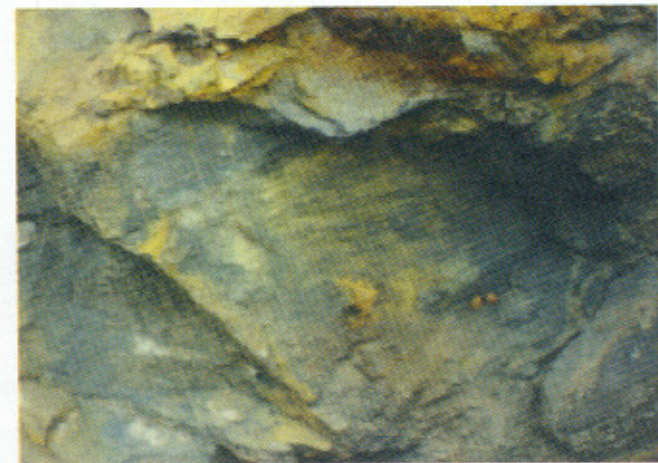
Fotografía 9. Conglomerado basal del cretáceo. Quebrada Aguacaliente. Se aprecian los guijos de cuarzo que conforman el conglomerado de la base del Cretáceo; el color gris oscuro se debe a la saturación de aceite.



Fotografía 10. Arcillolitas del cretáceo. Carreteare al oeste de Belén de Los Andaluces. Afloramiento de areniscas con intercalación de arcillolitas de color gris claro y fractura concoide del cretáceo.



Fotografía 11. Caliza del Cretáceo. Río Bodoquero, aguas arriba de Morelia. Detalle del afloramiento de caliza cretácea.



Fotografía 13. Arenisca del Cretáceo impregnada de petróleo, al occidente de Florencia.

de la secuencia referida presenta características típicas de sedimentos marinos. En contacto fallado con la faja de terreno que presenta los sedimentos descritos, se encuentra al Oriente una secuencia de sedimentos cretáceos solo parcialmente expuesta, la cual prácticamente infrayace al área urbana de Florencia (Figura 2). La unidad más antigua expuesta, es una arenisca sacaroide cuarzoza, de grano medio y gran espesor, completamente impregnada de aceite (Fotografía 13), observable en los primeros kilómetros de la nueva carretera a Neiva. Sobre la arenisca se observa un shale negro, al que sobreyace una arenisca de grano fino, con notable estratificación cruzada, presenta paleocanales, aparentemente de origen fluvial. Se encuentra impregnada de aceite y contiene abundante pirita, aparentemente desarrollada debido al ambiente químicamente reductor que creó la presencia de los hidrocarburos. Sobre la mencionada arenisca se encuentra shale de color gris claro.

Los sedimentos superiores de la secuencia de sedimentos descrita, son de carácter fluvial, y no es posible con los datos existentes aseverar algo respecto al ambiente de sedimentación de la arenisca inferior.

Los sedimentos descritos en las diferentes secuencias, con la excepción de la arenisca basal corresponden a lo que impropriadamente se ha denominado "Formación Villeta" (Govea & Aguilera, 1980; Cáceres & Teatín, 1982), y cuyo conocimiento real es un poco gaseoso. Corresponde a lo que en el Ecuador se ha denominado Formación Napo (Canfield, Rosanía & San Martín, 1982).

Cabe concluir que la sedimentación del Cretáceo en esta zona tuvo lugar desde el Albiano hasta el Senoniano (Govea & Aguilera, 1980; Cáceres & Teatín, 1982), y comenzó con una facies continental-transicional que corresponde a la Formación Hollín del Ecuador o "Caballos del Putumayo" en Colombia.

El área de sedimentación parece haber sido discontinua, posiblemente esto ocurrió en grabens por lo cual se presentan sedimentos continentales y marinos en forma alternada.

La parte superior del Cretáceo, "Formación Rumiyaco" (Nevers, Dorman, Harrison & Rojas, 1991; Bejarano, Reyes & Villegas, 1991), compuesta principalmente de shales rojos y algunos niveles de arenisca, descrita en el Putumayo no se encuentra en esta zona; parece haber desaparecido por erosión.

Terciario

Sobre los sedimentos del Cretáceo, en forma discordante se encuentra una litología muy especial, que carac-

teriza la Cuenca del Putumayo (Figura 1). Es lo que se conoce como Formación Pepino (Govea & Aguilera, 1980; Bejarano, Reyes & Villegas, 1991), y comprende una secuencia de conglomerados (Fotografía 14), areniscas y limolitas. Su depositación parece haber tenido lugar sobre una superficie de erosión y se encuentra en un área muy extensa, desde el río Ariari en el Departamento del Meta hasta las cuencas petroleras del Ecuador, donde se le conoce como Formación Tituyacu (Hoffstetter, 1956; Lozada, Endara & Cordero, 1985). La literatura geológica de ambos países le asigna una edad del Eoceno.

Los conglomerados presentan clastos desde redondeados hasta claramente angulares de calcedonia de colores blanco, beige, rosado, amarillo, gris claro, marrón y negro, de jaspe, de esquistos y de vulcanitas de color rojo. La matriz en su mayor parte se compone de material tobáceo endurecido, en algunas localidades es arenosa. Debido a su matriz de origen volcánico, los conglomerados de la Formación Pepino son especialmente resistentes a la erosión, por lo cual forman serranías empinadas y descollantes. Interestratificadas con los conglomerados se presentan areniscas líticas de tonalidades sal y pimienta y limolitas de color gris. El espesor total de la Formación Pepino, es variable, en general de centenares de metros. En algunas localidades, tales como la garganta que forma el río Zarabando al cortar los conglomerados, estos tienen el aspecto de una verdadera brecha volcánica.

Sobre la Formación Pepino, reposa una espesa secuencia de tobas litificadas (Figura 1), de color gris, con manchas violáceas y rojizas (Fotografía 15), que en algunas localidades presentan texturas de fluidales como si se tratase de ignimbritas (Fotografía 16). En algunos sectores, en especial en vecindades de Florencia se presentan niveles lenticulares de gravas cuarzosas con guijarros muy redondeados, interestratificados con las vulcanitas en mención.

Las vulcanitas referidas se presentan ampliamente expuestas en el piedemonte cordillerano en la zona comprendida entre El río Zabaletas y Florencia (Figura 2). En los alrededores de esta ciudad presentan espesores muy grandes (centenares de metros) y forman escarpes espectaculares. Esta unidad litológica también se puede observar en el Putumayo, al Occidente de Orito y en el Norte del Caquetá en San Vicente del Caguán. Hay indicios que permiten creer que se encuentra, aunque, con espesores menores en el Casanare. Inexplicablemente no se encuentran menciones respecto a estas vulcanitas en la literatura geológica de Colombia. Sin embargo,

Hoffstetter (1956), menciona la presencia de una arcilla volcánica sobre la Formación Tiyuyacu en la región del río San Miguel, en la porción Norte del Ecuador.

Sobre la unidad antes descrita reposan arcillolitas gris verdosas (Figura 1 y Fotografía 17), de pobre fisilidad, las cuales presentan delgados niveles de lignito; se observan expuestas en la carretera entre Belén de los Andaquíes y San José de Fragua y en vecindades de Morelia (Figura 2), aunque en esta última población afloran las vulcanitas antes mencionadas. Es posible que estos sedimentos correspondan a lo que se conoce como Formación Orteguaza (**Cáceres & Teatín** 1985).

Vale la pena anotar, que al observar los registros eléctricos de pozos perforados en el área, es evidente un cambio en el tren de las curvas tanto de rayos gamma, como también, en las de resistividades, hacia la base de la Formación Orteguaza, lo que podría ser el reflejo en profundidad de la presencia de las vulcanitas terciarias.

A continuación puede hacerse referencia a las arcillolitas rojas (Figura 1), que forman las suaves colinas de la Llanura Amazónica conocidas dentro la literatura del área como Formación Ospina (**Govea & Aguilera**, 1980), las cuales pueden corresponder a los espesos depósitos arcillosos del Mioceno que en Brasil reciben la denominación de Formación Solimoes y en Perú, Formación Pebas (**Galvis, Huguet & Ruge**, 1980).

Sobre los sedimentos referidos se encuentran depósitos volcánicos recientes (Figura 1 y Fotografía 17), en un amplio sector comprendido entre San José de Fragua y el río Fragüita (Figura 2). A lo largo del cañón del río Fragua se observa un flujo de lava que sobreyace terrazas fluviales y se prolonga hasta la población de Albania adentro de la Llanura Amazónica. Los bloques de roca observados (Fotografía 18), son de composición intermedia, aparentemente se trata de una traquita, ya que es conspicuo el feldespató de potasio. Alrededor de la gran saliente topográfica que se presenta entre San José de Fragua y el Río Luna y de allí hasta Yurayaco la Planicie Amazónica se presenta cubierta de material volcánico, en su mayor parte piroclástico, y por la cañada del río Yurayaco parece haber descendido otro flujo de lavas del cual quedan bloques remanentes, de los cuales se destaca uno de casi una hectárea de extensión en vecindades de la última población mencionada.

Adentrándose en la Cordillera se observan cañadas con relleno de material piroclástico (Fotografía 19). De acuerdo con lo observado, el vulcanismo en referencia es muy reciente, sus fuentes parecen situarse en los Picos

de La Fragua al extremo Sur del Macizo de Garzón. Es especialmente sugestiva la forma del Cerro del Hornito, cuya cima tiene el aspecto de un cuello volcánico.

Tectónica

Durante el Terciario, posiblemente en el Oligoceno se iniciaron sistemas de fallas direccionales, las cuales parecen ser satélites de la Falla de Borde Llanero (**Galvis & De La Espriella**, 1988), la cual puso en contacto la Zona Andina Colombo-Venezolana con la Orinoquia-Amazonia, parte integral del Continente Suramericano.

Se presenta un sistema con rumbo N10°-20°E y otro cuya dirección es N70°-80°E, de los cuales el primero parece ser el mas importante.

Entre las fallas N10°-20°E, se destacan:

A) la Falla del río Pescado (Fotografía 20), la cual pasa 2 kilómetros al Oeste de Belén de los Andaquíes, y coloca en contacto la secuencia de sedimentos descritos en la faja entre San José de Fragua y Belén de los Andaquíes con la correspondiente a la faja situada entre esta última población y Morelia.

B) La falla de Morelia, que pone en contacto los sedimentos de la última faja mencionada, con los que infrayacen la ciudad de Florencia.

C) Un fallamiento paralelo a los anteriores que cruza los cursos superiores de los ríos Zarabando, Pescado y Bodoquero, aproximadamente 15 kilómetros al Occidente de Belén de los Andaquíes. Transcurre en rocas Precretáceas.

Las fallas N70°-80°E parecen ser de menor tamaño y desplazamiento, y da la impresión que se trata de fallas antitéticas de las del sistema anterior.

Al Sur de la saliente topográfica entre San José de Fragua y el río Luna, todo el sistema de fallas presenta una mayor desviación hacia el nordeste, las fallas principales o sintéticas tienen un rumbo N30°- 40°E y las antitéticas alcanzan direcciones E-W. Entre las fallas principales en esta zona cabe mencionar:

D) La que encauza a la quebrada La Temblona y pone en contacto la secuencia litológica de la zona del río Fragüita con la que se halla expuesta en el curso superior de la quebrada El Recreo.

E) La Falla de Yurayaco que limita esta última faja con la que se presenta en el curso inferior de la mencionada quebrada.

Las fallas direccionales mencionadas, producen una serie de pliegues de arrastre característicos tales como el que se observa al Occidente del área urbana de Florencia, o el que se presenta al Sur de Belén de los Andaquíes en el sector de la quebrada La Manigua, los cuales dan la impresión de un fragmento de anticlinal cuyo eje es perpendicular o diagonal a la falla. También se encuentran estructuras de compresión generadas por la interacción de la falla principal con la falla antitética, en el ángulo obtuso formado entre ellas. Estos pliegues tienen forma de abanico o de ala de mariposa, tales como el que se presenta en el curso inferior de la quebrada El Recreo, el que observa al Este del área urbana de Morelia o el que se observa entre las quebradas Chispas y Arenosa, en medio de Florencia y Morelia.

La tectónica referida, tuvo lugar antes del levantamiento de la Cordillera. Esta orogenia tuvo el carácter de un levantamiento de bloques, a lo largo de fallamientos normales, como lo indica la morfología de bloques basculados que presenta la vertiente cordillerana. Es muy probable que buena parte de los levantamientos tuvieron lugar a lo largo de los planos de las fallas direccionales, y en otros casos a lo largo de fallas normales NEE, lo cual produjo una especie de ensanchamiento de la Cordillera hacia el Norte.

Posteriormente, al levantamiento de Los Andes se han presentado fallamientos con rumbo NW.

Por último cabe hacer mención a la saliente topográfica que se presenta entre San José de Fragua y el río Luna. Parece originarse en una intrusión reciente que ha levantado el basamento Precámbrico en esta región, con probable continuación de la actividad magmática hacia el Sureste, en los picos de La Fragua.

Evolución geológica

En la región del Sur del Caquetá se presenta un proceso evolutivo diferente al de la mayor parte de la zona andina de Colombia y en particular de la cuenca del Alto Magdalena. La Amazonia y la cuenca del Alto Magdalena (Beltrán & Gallo, 1968; Van Houten & Travis, 1968), entraron en contacto recientemente a lo largo de una gran falla transcurrente, la cual se localiza a lo largo de los valles de Balsillas y Algeciras, más al Sur el río Suaza sigue dicha falla, que continúa al Noroeste de Mocoa y en su extremo meridional se encuentra cubierta por lahares y otros depósitos volcánicos recientes.

Los primeros eventos geológicos reconocibles en el Sur del Caquetá se sitúan en el Proterozoico. El primer proceso

es la granitización o migmatización de rocas metamórficas de origen sedimentario, principalmente cuarcitas, neises biotíticos y neises feldespáticos. Posteriormente tuvieron lugar pulsos de vulcanismo y sedimentación continental cuyas litologías se conocen en Brasil bajo la denominación de Formación Uatuma y en Colombia de Formación Piraparaná (Galvis, Huguet & Ruge, 1980). Se les asigna una edad del Proterozoico tardío.

El siguiente evento geológico identificable en el sudoeste del Caquetá, es la sedimentación de carácter evaporítico mencionada en la referente a litología. No hay una datación absoluta de dicho evento, por afinidades litológicas pudiera asimilarse al Pérmico Amazónico del Brasil (Satmari, Carvalho & Simoes, 1979) o al Jurásico de Oriente del Ecuador (Lozada, Endara & Cordero, 1985). Luego de la sedimentación antedicha tuvo lugar un episodio de magmatismo, el cual dio lugar a las intrusiones que se observan al Norte de Yurayaco y al Oeste de Belén de los Andaquíes y a los depósitos volcánicos que cubren los sedimentos. La edad absoluta de este evento no es determinable con los datos disponibles.

A lo anterior sucedió un evento orogénico de magnitud no determinable, y posteriormente durante el Cretáceo (Albiano) (Bejarano, Reyes & Villegas, 1991), ocurrió una transgresión por la cual, el mar invadió parcialmente el área. Parece que el ingreso del mar tuvo lugar a lo largo de grabens de dirección N-S, cuya profundidad disminuyó gradualmente hacia el Oriente.

Posteriormente, parece haber ocurrido un levantamiento que produjo el retroceso del mar y una sedimentación continental de alta energía, representada por los conglomerados de la Formación Pepino. Al mismo tiempo al Occidente de la región se inició un evento volcánico, cuyos focos fueron desplazados posteriormente por los fallamientos transcurrentes y cuya localización actual se desconoce, dicho vulcanismo produjo las tobas que cementan a los conglomerados de la Formación Pepino y los extensos depósitos piroclásticos que les sobreyacen.

Luego, durante el Eoceno tardío, un intenso proceso edáfico dio lugar a la formación de suelos lateríticos espesos, de los cuales los desarrollados a partir de las últimas vulcanitas referidas presentan depósitos de bauxita.

Posteriormente, el contacto tangencial entre los terrenos Andino y Amazónico produjo fallamientos transcurrentes con sus correspondientes altos y bajos estructurales, absolutamente determinantes en la migración y entrapamiento del petróleo.



Fotografía 15. Vulcanitas terciarias. San José de Fragua. Se observan tobas litificadas de color gris con manchas violáceas de las vulcanitas terciarias que sobreyacen a la Formación Pepino.



Fotografía 16. Vulcanitas terciarias. Río San Juan al sudoeste de Belén. Afloramiento de vulcanitas terciarias donde se alcanza a apreciar texturas de fluidez.



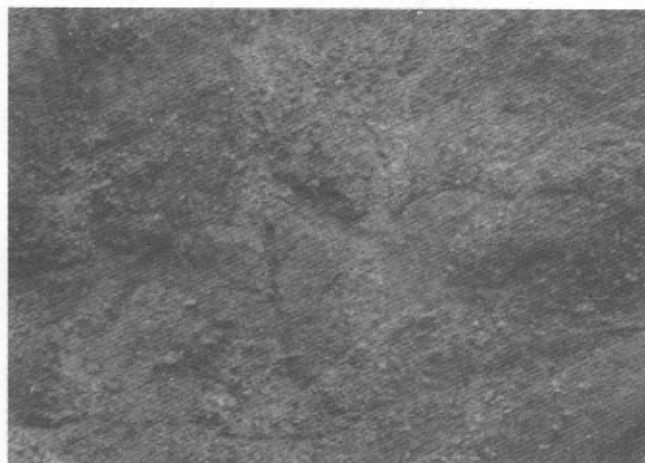
Fotografía 17. Arcillolitas terciarias. Localidad de San José de Fragua. En la parte media – inferior del afloramiento se alcanza a notar el color gris verdoso de las arcillolitas del Terciario; la parte superior corresponde a depósitos volcánicos recientes que cubren indistintamente las rocas más antiguas.



Fotografía 18. Flujo de lava cuaternario. San José de Fragua. Nótese los bloques que sobresalen de la superficie del terreno, que corresponden a bloques no meteorizados de un flujo de lava cuaternario.



Fotografía 19. Vulcanitas cuaternarias meteorizadas. Quebrada Boruga, vecindades de San José de Fragua. Se observan vulcanitas cuaternarias meteorizadas, las cuales rellenan el valle de la quebrada



Fotografía 20. Falla del río Pescado. Sur de Belén. Afloramiento de la Formación Pepino afectado por la falla del río Pescado.

Mas tarde, durante el Mioceno tuvo lugar una espesa sedimentación detrítica de baja energía de ambiente continental, este período se caracterizó por un clima árido como lo evidencian los suelos de calcrete que se presentan, especialmente en los niveles superiores.

A lo anterior sucedió el levantamiento de Los Andes, por una tectónica de bloques. Luego de la orogenia, adentro del macizo montañoso, se inició un pulso de magmatismo cuyas efusiones produjeron lavas que alcanzaron la Llanura Amazónica y cuyos depósitos piroclásticos alcanzaron a fosilizar el relieve topográfico en algunos sectores.

Es factible que la gran saliente topográfica entre San José de Fragua y el Río Luna, se deba a el levantamiento producido por una intrusión no aflorante.

Por último cabe mencionar una desertificación que ocurrió en gran parte de la Amazonia durante las glaciaciones por la cual se produjeron los depósitos de arenas eólicas que cubren varias zonas del Caquetá.

Geología del petróleo

Hay dos clases de hidrocarburos en la Orinoquia-Amazonia de Colombia:

1) Unos aceites pesados, muy ricos en metales tales como vanadio y níquel, los cuales se han hallado en los campos de Castilla y Rubiales en el Departamento del Meta y en grandes exposiciones de asfaltitas en San Vicente del Caguán, Puerto Rico y Paujil en el Departamento del Caquetá. La fuente de estos petróleos es desconocida, presentan notables afinidades con los aceites de la Faja del Orinoco en Venezuela.

2) Aceites más livianos, encontrados en los campos del Putumayo, Casanare, Arauca Meta y en numerosos manaderos en el Suroeste del Caquetá y en el Putumayo. Estos crudos, parecen haberse generado en sedimentos del Cretáceo, siendo la posible zona de origen en Ecuador o Perú (Bejarano, Reyes & Villegas 1991).

En el Suroeste del Caquetá se encuentran areniscas cretáceas cuarzosas con espesores que en algunos sitios alcanzan más de 50 metros, tales como las que se observan al Occidente del área urbana de Florencia o a lo largo del río Bodoquero al Oeste de Morelia, y en ambas localidades se encuentran saturadas de petróleo. Las areniscas que se encuentran en las secuencias de sedimentos marinos presentan mayores espesores y mejores porosidades que las de origen fluvial tales como las que se hallan a lo largo de la quebrada Mansaya.

La roca sello la constituyen los shales y arcillolitas superiores del Cretáceo y su efectividad como tales nos la muestra la saturación que se observa en las areniscas en los altos estructurales erosionados parcialmente.

El entrapamiento ocurre en estructuras generadas por los fallamientos direccionales, ya sean estructuras de arrastre producidas por una falla o las que se generan por la interacción de una falla transcurrente sintética y la correspondiente antitética; este tipo de estructura asemeja un abanico o una almeja cuyo ápice, lo constituye la intersección de las fallas. De ambas clases de estructuras hay muy buenos ejemplos en el Caquetá Occidental.

Referencias citadas

- Bejarano, A., Reyes, P. & Villegas, E., 1991. Caracterización y Evaluación de Parámetros de Registros de Pozos en la Cuenca del Putumayo. Memorias IV Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas, Tomo I, 13 p., 6 Figs., 1 Anexo.
- Beltrán, N. y Gallo J., 1968. The Geology of Neiva Subbasin, Southern Portion.
- Geology Field Trips, Colombia. Col. Assoc. Petrol. Geol. And Geoph. Pp 253-275.
- Cáceres, H. & Teatin, P. 1985. Cuenca del Putumayo Provincia Petrolera Meridional de Colombia. Memorias II Simposio Bolivariano de Cuencas subandinas, 1: 80, 32 Figs., 9 Tablas, 2 Cuadros.
- Canfield, R. W., Rosania, G., E., & San Martín, H. 1982. Geología de los Campos Gigantes del Oriente Ecuatoriano. Memorias I Simposio de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas.
- Galvis, J. & De la Espriella, R. 1988. La Gran Falla de Borde Llanero. Geol. Col. N° 16: 105-110.
- Galvis, J., Huguet, A. & Ruge, P. 1980. Geología de la Amazonía Colombiana. Bol. Geol., Ingeominas, 22(3): 3-86.
- Govea, C. & Aguilera, H. 1980. Geología de la Cuenca del Putumayo. Bol. Geol., U.I.S., 14 (28): 44-71, 18 Figs.
- Hoffstetter, R. 1956. Lexique Stratigraphique International. Volume V, Amérique Latine, Fascicule 5a, Ecuador, p. 50, 68, 89 y 142.
- Lozada, F., Endara, P. & Cordero, C. 1985. Exploration and Development of the Libertador Field. Memorias II Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas, Vol. I, 8 p., 15 Anexos.
- Nevers, G., Dorman, J., Harrison, P. and Rojas, O. 1991. Recent Exploration Results in Northern Putumayo Basin Colombia. Memorias IV Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas, I, 8 p., 10 Figs.
- Satmari, P., Carvalho R. and Simoes I. 1979. A Comparison of Evaporite Facies in the Late Paleozoic Amazon and in the Middle Cretaceous South Atlantic Salt Basins. Economic Geology, 74: 432-447
- Van Houten, F. B. & Travis, R. B. 1968. Cenozoic Deposits Upper Magdalena Valley, Colombia. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 52: 675-702.

ACTIVIDAD SÍSMICA Y TASA DE DEFORMACIÓN SISMOTECTÓNICA EN LA ZONA DEL VIEJO CALDAS, COLOMBIA

por

Lina María Tabares Ocampo¹, Héctor Mora Páez¹, Elkin de Jesús Salcedo Hurtado²

Resumen

Tabares Ocampo, L.M., Mora Páez, H., & E. Salcedo Hurtado: Actividad sísmica y tasa de deformación sismotectónica en la zona del Viejo Caldas, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 359-373. ISSN 0370-3908.

La región del Viejo Caldas, afectada por la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Suramericana, se caracteriza por la ocurrencia de sismos profundos y destructivos. En este artículo se evalúa la actividad sísmica y la tasa de deformación sismotectónica a partir de relaciones empíricas existentes, empleando información sismológica profunda y solución de mecanismos focales. Los resultados obtenidos, concordantes con los obtenidos a partir de las mediciones geodésicas realizadas en las campañas de GPS del Proyecto CASA, muestran que bajo el Viejo Caldas la placa de Nazca presenta esfuerzos distensivos, y se está moviendo a una velocidad de 41 mm/año con un azimut de 133°, factores que generan actividad sísmica alta y probabilidad de ocurrencia de un sismo con magnitud $m_b \geq 7,4$.

Palabras clave: Actividad sísmica, deformación sismotectónica, sismicidad, mecanismos focales, GPS, subducción, Viejo Caldas.

Abstract

The Viejo Caldas Region, affected by the Nazca Plate subduction underneath the South American Plate, is characterized by the occurrence of deep and destructive earthquakes. This paper evaluates the seismic activity and the seismotectonic strain rate on the basis of existing empirical relationships, using deep seismological information and focal mechanism solutions. The results obtained, that are in agreement with those from the geodetic measurements carried out in the GPS CASA campaigns, show that under the Viejo Caldas Region the Nazca Plate has extensional stress, and is moving 41 mm/yr with an azimuth of 133°, factors that generate high seismic activity and possibility of occurrence of an earthquake with magnitude $m_b \geq 7,4$.

Key Words: Seismic activity, seismotectonic deformation, seismicity, focal mechanisms, GPS, subduction, Viejo Caldas.

1 INGEOMINAS, Unidad Operativa Observatorio Vulcanológico y Sismológico, A.A 1296, Manizales

2 Universidad del Valle, Departamento de Geografía, Ciudad Universitaria, A.A.25360, Cali

1. Introducción

Un sismo es un movimiento o una serie de movimientos transitorios y repentinos del terreno, originados en una región limitada de la corteza terrestre, el cual se propaga desde su origen en todas direcciones como resultado del proceso de deformación tectónica (**Kostrov & Das**, 1988).

El estudio de los esfuerzos, de la deformación acumulada y de la actividad sísmica son de gran importancia para entender tanto los mecanismos de la tectónica de placas en un área determinada como los sismos generados, permitiendo determinar fuentes, comportamientos, magnitudes probables y así establecer planteamientos hipotéticos de generación de sismos, contribuyendo a la planificación del territorio y construcción de obras de infraestructura bajo el marco de la predicción como medio de mitigación del riesgo sísmico.

Con este propósito, se describen en este artículo, para la zona del Viejo Caldas, metodologías para la valoración cuantitativa de la actividad sísmica y de la velocidad de deformación sismotectónica producida mediante el proceso de la subducción de la placa Nazca, reflejada por los fuertes y profundos sismos que en ella ocurren. La región de estudio se enmarca entre las coordenadas geográficas $[4.0 - 6.0]^{\circ}\text{N}$ y $[75.0 - 76.5]^{\circ}\text{W}$, la cual comprende los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, y parte de los departamentos de Tolima, Valle, Antioquia y Chocó.

La manera de valorar cuantitativamente la actividad sísmica fue introducida por **Risnichenko** (1964), y se ha empleado en diferentes regiones de la antigua Unión Soviética y otras zonas de Europa y del resto del mundo. El cálculo de la deformación sismotectónica está basado en el concepto de flujo sísmico de la masa rocosa, propuesto y desarrollado por **Kostrov** (1975) y revisado por **Kostrov & Das** (1988), el cual se define como "los movimientos y rupturas que se presentan en la zona focal de los terremotos como resultado de la deformación tectónica". Algunas de las regiones donde ha sido aplicado este método son el Arco de Islas de Kurilo-Kamchatka y Aleutianas (**Voronina et al.**, 1990), Región Marina de las Islas Azores-Alborean (**Mezcua**, 1991), Chocó y el Nido de Bucaramanga, Colombia (**Salcedo**, 1995), Japón (**Kiratzí & Papazachos**, 1996), Zona Central de Colombia (**Salcedo et al.**, 1997).

2. Marco tectónico regional

La esquina noroccidental del continente Suramericano es una zona de convergencia entre las placas Nazca, Cari-

be y Suramérica, observándose como rasgos principales una fosa marina profunda, cadenas montañosas y sismicidad de carácter compresivo (**Pennington**, 1981). Además, dos bloques o microplacas adicionales (Panamá-Costa Rica y Norte de los Andes o Macondo) han sido propuestos para explicar la complejidad tectónica del área (**Kellogg et al.**, 1985; **James**, 1986). La interacción y movimiento de las placas hace que en superficie se encuentren rasgos tectónicos sobresalientes que en su mayoría se localizan paralelos a la fosa Colombo-ecuatoriana.

La sismicidad de tipo profundo en el Viejo Caldas es reflejo de la interacción de las placas. La subducción este-oeste de Nazca bajo Colombia se infiere por la orientación y profundidad focal de los sismos (**Page**, 1985); los más someros se presentan en el Océano Pacífico, cerca a la costa, y van aumentando en profundidad hacia el continente (figura 1). Basado en la profundidad de los eventos, **Pennington** (1981) definió tres segmentos de litosfera subducida en el Norte de los Andes denominados Bucaramanga, Cauca y Ecuador, localizados de norte a sur respectivamente, el segundo de los cuales, el segmento Cauca, caracterizado por presentar sismicidad de profundidad intermedia, mecanismos focales tipo normal y cadenas volcánicas, abarca nuestra zona de estudio. Dicho segmento tiene buzamiento de 35° con un azimut de 120° .

Debido a estas características, la región ha sido considerada como fuente de sismos profundos, algunos de ellos de intensidad destructora, los cuales han causado muchas víctimas y cuantiosos daños. Entre los más notables están:

- 4 de febrero de 1938, epicentro a 30 km al suroeste de la ciudad de Manizales, profundidad focal de 160 km y magnitud 7 en escala de Richter, y de intensidad VII a VIII grados en la escala modificada de Mercalli.
- 20 de diciembre de 1961, localizado un poco más al sur que el anterior, con una profundidad focal de 167 km, magnitud Richter 6,9 e intensidad VIII en el epicentro, según la escala de Mercalli Modificada.
- 30 de julio de 1962, de magnitud 6,9, su intensidad fue estimada en IX con profundidad focal de 69 km.
- 24 de Abril de 1973, cerca de Anserma, de magnitud 5,5 e intensidad VII, profundidad 118 km.
- 23 de noviembre de 1979, localizado en límites entre Chocó y Valle, con una magnitud de 6,3 en escala de Richter y profundidad focal de 106 km.

En los años posteriores se presentaron con cierta frecuencia otros sismos, algunos fuertemente sentidos con intensidad VI, pero sin causar daños apreciables (Ramírez, 1975; Ramírez & Goberna, 1980). En la década de los 90, dos sismos son destacables en esta región, por la gran cantidad de daños y víctimas, así:

- 8 de febrero de 1995, con una magnitud Richter de 6,6, profundidad focal de 102 km, que afectó notablemente a Pereira.
- 25 de Enero de 1999, con magnitud 6,2 en la escala de Richter, superficial, que afectó considerablemente al Departamento del Quindío y parcialmente a los departamentos de Risaralda, Valle, Tolima y Caldas.

3. Bases metodológicas

3.1. Actividad Sísmica

Para su análisis, se parte del gráfico de ocurrencia, el cual relaciona la cantidad de energía o magnitud con la frecuencia de ocurrencia de los sismos. Esta relación se expresa a partir de la energía sísmica mediante la ecuación propuesta por **Bune & Gorskov** (1980),

$$\text{Log } N = \text{Log } A - \gamma(K_{\min} - K_0) \quad \text{cuando } K_{\min} \leq K \leq K_{\max} \quad (1)$$

siendo N el número de sismos, A la actividad sísmica (sismos por año), γ pendiente del gráfico de ocurrencia, K_0 una clase energética definida para una clase de sismos (generalmente se emplea $K_0 = 10$, $K_0 = 13$, $K_0 = 15$, para los cuales la actividad sísmica corresponde a A_{10} , A_{13} y A_{15}) y K_{\min} es el mínimo valor de magnitud de los sismos del área.

La expresión que relaciona la ecuación (1) con la magnitud se representa con la relación de Gutenberg-Richter (**Bullen & Bolt**, 1985),

$$\text{Log } N = a - b M \quad (2)$$

De esta forma, la cantidad análoga a K_0 en (1) es igual a cero. Para transformar el valor de magnitud en (2) a la clase energética K en (1) o viceversa, se emplea la expresión dada por **Rautian** (1960)

$$K = 4 + 1,8 M \quad (3)$$

siendo $K = \log E$, donde E es la energía sísmica liberada. A partir de las ecuaciones (1) y (2), y reemplazando a K en la expresión (1), se obtiene

$$\gamma = \frac{b}{1,8} \quad (4)$$

Bajo esta premisa, la actividad sísmica se considera como la cantidad de eventos de determinado rango de clase energética que ocurren en una fuente sismogénica por unidad de volumen o área durante un intervalo de tiempo (**Risnichenko**, 1964; **Zajarova**, 1972), y su expresión matemática es

$$A = \frac{1 - 10^{-\gamma}}{10^{-\gamma(K_{\min} - K_0)}} \left(\frac{S N_z}{\Delta S * \Delta T} \right) \quad (5)$$

donde N_z es el número de eventos empleados en el estudio que, comenzando en la clase K_{\min} y superior, caen en la ventana espacio-temporal dada ΔT ; K_0 es la clase de eventos para la cual se define la actividad A , S es la unidad de área normalizada (para A_{10} es igual a 1000Km^2), y ΔS es el área del estudio en Km^2 .

Como se verá más adelante, debido a la saturación que se presenta en los altos valores de la magnitud en las escalas M_s y m_b , para el cálculo de la actividad sísmica hemos utilizado la ecuación (5) y no la ecuación de Gutenberg y Richter (2). Este problema de saturación no se presenta cuando se utiliza la clase energética K , ya que, como puede verse en (3), en el K que se escoja se agruparan diversos valores de magnitud, que alcanzan a superar los rangos de saturación. Tal procedimiento es similar al propuesto por **Lay and Wallace** (1995), quienes introducen las expresiones para m_b y M_s respectivamente:

$$\text{Log } E = 5.8 + 3.4 m_b \quad (6)$$

$$\text{Log } E = 11.8 + 1.5 M_s \quad (7)$$

3.2. Velocidad de Deformación Sismotectónica

La deformación sísmica describe la deformación producida por eventos sísmicos en una fuente sismogénica determinada (**Mezcua et al**, 1991). La magnitud de la velocidad media de deformación de un volumen fue definida por **Kostrov** (1975) y retomada por **Kostrov & Das** (1988) (Ver apéndice, ecuación A.20), mediante la relación

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{2\mu\Delta V\Delta T} \sum_{k=1}^N M_{ij}^k \quad (k=1,2,\dots,N) \quad (8)$$

donde μ es el módulo de cizalla, M_{ij}^k es el tensor de momento sísmico de cada evento ocurrido en un volumen ΔV y un tiempo ΔT . **Aki & Richards** (1980), definieron las componentes del tensor de momento sísmico a partir de los parámetros $\alpha\delta\lambda$, definidos por el mecanismo focal de los terremotos (Ver apéndice, ecuación A.8).

Voronina et al (1990) definieron las componentes de la velocidad media de deformación mediante las siguientes expresiones:

$$V_z = \frac{1}{2\mu ST} (\overline{\sin^2 \delta} - \overline{\sin^2 \delta p}) \sum_{i=1}^N M_{ii}$$

$$V_y = \frac{1}{2\mu ST} (\overline{\cos^2 \delta t \cos^2 \phi} - \overline{\cos^2 \delta p \cos^2 \phi}) \sum_{i=1}^N M_{ii}$$

$$V_x = \frac{1}{2\mu ST} (\overline{\cos^2 \delta t \sin^2 \phi} - \overline{\cos^2 \delta p \sin^2 \phi}) \sum_{i=1}^N M_{ii} \quad (9)$$

$$V_{hor} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

$$Y = \arccos \left(\frac{V_y}{V_{hor}} \right)$$

donde V_z, V_y, V_x son las velocidades de deformación en dirección Vertical, Norte y Este respectivamente, V_{hor} la velocidad de deformación resultante en la horizontal, Y el azimut o dirección de la velocidad horizontal resultante, $\sum M_{ii}$ el tensor de momento sísmico, ϕ el rumbo

de los ejes p y t , y δ el "plunge" respectivo, μ el módulo de cizalla del medio, S el área de la fuente sísmogénica dada por la expresión

$$S = LH \sin \alpha \quad (10)$$

donde L es la longitud de la fuente sísmogénica, H espesor de capa sísmogénica, tomada como la diferencia entre la profundidad máxima y mínima de los sismos generados, y α es el ángulo de inclinación de la fuente sísmogénica.

4. Datos empleados

La información sísmológica empleada para valorar la actividad sísmica en la zona de estudio corresponde a la sismicidad ocurrida desde 1963 hasta 1995, con un número de 104 sismos de magnitud $m_b \geq 3,5$ y profundidad focal mayor a 80 kilómetros (figura 1, anexo 1), tomada de INGEOMINAS (1995). Para el cálculo de la velocidad de deformación se han empleado los datos de los mecanismos focales de 12 eventos ocurridos entre 1966 y 1992, cuya magnitud m_b es superior a 4.5 (Tabla 1).

Las soluciones del mecanismo focal, tomados de diferentes fuentes (Salcedo, 1995; INGEOMINAS, 1997

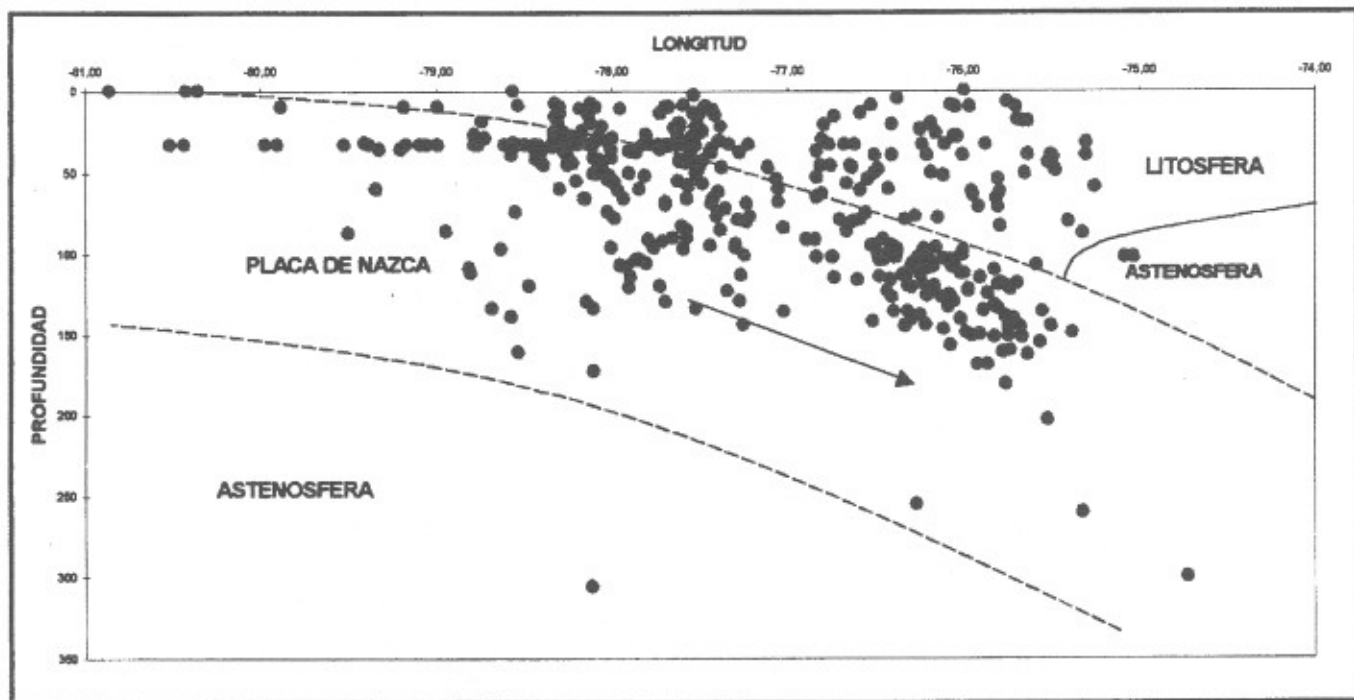


Figura 1. Corte esquemático que muestra la sismicidad desde el Océano Pacífico hasta la región del Viejo Caldas entre las latitudes 4.0° y 6.0° N, observándose la inclinación y orientación de los sismos que evidencian la zona de subducción (líneas punteadas).

y del Catálogo CMT (Universidad de Harvard), se muestran en la Tabla 2 y su localización en la Figura 2.

Además de estos datos, para el análisis de la velocidad de deformación se han empleado los datos correspondientes a mediciones geodésicas realizadas en el marco del proyecto de GPS denominado CASA para el período comprendido entre 1991-1994 (Mora, 1995) y 1994-1996 (Mora et al., 1997). Estas mediciones relativas se realizaron tomando como referencia la estación de Manizales, localizada en

el Aeropuerto La Nubia, las cuales muestran que Malpelo (Placa de Nazca) se desplaza respecto a Manizales (Bloque Norte de los Andes), a una velocidad de 45 mm/año, con un azimut de 100° aproximadamente (figura 3).

5. Cálculos

Como ha sido mencionado, la zona de trabajo está comprendida entre las coordenadas 4.0 - 6° N y 75,0 - 76,5° W, enmarcando un área aproximada de $36.963 \cdot 10^3 \text{ km}^2$.

Tabla 1. Lista de sismos empleados para el análisis de mecanismos focales.

No	FECHA			TIEMPO			COORDENADAS DEL FOCO			MAGN.
	DIA	MES	AÑO	HORA	MIN.	SEG.	LATITUD	LONGITUD	PROF.	
1	3	1	66	18	16	5,1	4,65	-76,0	98	5,1
2	3	4	73	13	54	1,1	4,70	-75,67	146	6,1
3	24	4	73	18	42	31,5	5,23	-75,82	110	5,3
4	13	4	75	1	53	30,3	4,85	-75,71	140	5,1
5	19	5	76	4	7	16,4	4,49	-75,77	161	5,8
6	29	5	79	12	59	2,5	5,28	-75,73	122	4,9
7	23	11	79	23	40	29,7	4,81	-76,20	105	6,3
8	25	6	80	12	4	57,1	4,50	-75,73	160	5,7
9	29	3	86	9	48	55,6	4,59	-75,63	163	5,0
10	31	12	88	20	58	31,3	5,1	-75,78	118	4,9
11	23	11	90	22	35	34	4,75	-75,55	135	5,1
12	15	8	92	19	2	8,1	5,15	-75,5	107	5,1

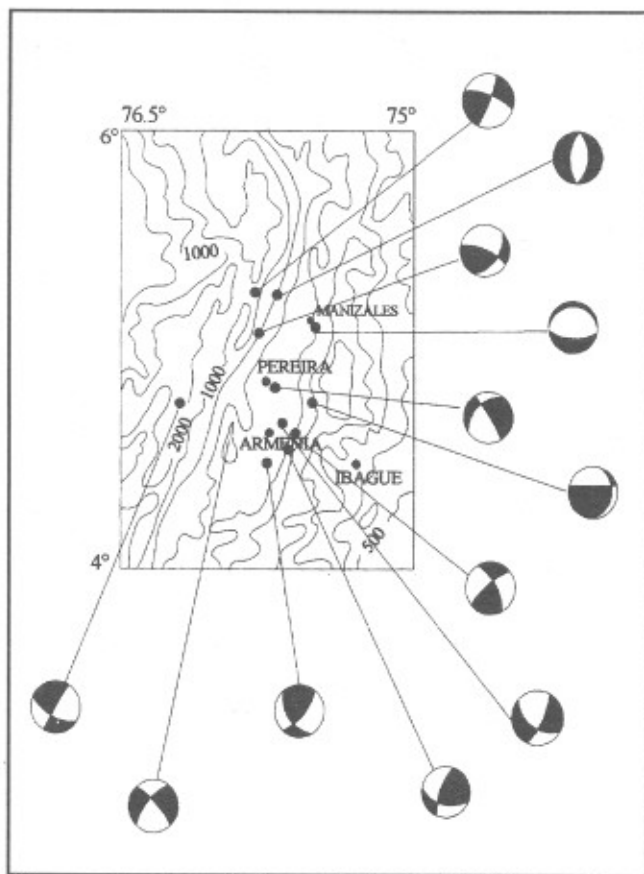


Figura 2. Localización de la solución del mecanismo focal de los sismos con magnitud m_s 80 kilómetros ocurridos en la región del Viejo Caldas. Los círculos no rellenos representan las epicentros de los sismos. Los diagramas "beach-ball" representan el hemisferio inferior de la esfera focal, con cuadrantes sombreados para las compresiones y blancos para las dilataciones.

El espesor de la fuente sismogénica ha sido determinada por la diferencia en profundidad de los eventos sísmicos registrados, siendo aproximadamente igual a 65 km. Por lo tanto, el volumen de la fuente sismogénica es aproximadamente igual $2,4 \cdot 10^6 \text{ km}^3$, y el módulo de rigidez, estimado del medio, es igual a $5 \cdot 10^{11} \text{ dinas-cm}$, por estar asociado a sismicidad de profundidad intermedia.

Los cálculos realizados de la actividad sísmica, los tensores de momento sísmico y velocidad de deformación sismotectónica, son mostrados a continuación.

5.1 Actividad Sísmica A_{10}

La actividad sísmica presente en la región muestra la importancia de determinar el número de eventos produ-



Figura 3. Vectores de desplazamiento de las placas tectónicas en la esquina noroccidental de Suramérica, obtenidos a partir de mediciones geodésicas (G.P.S), realizadas en el marco del Proyecto CASA entre 1991 y 1996 (Mora, 1995 y Mora et al, 1997).

cidos por la interacción de las placas, los cuales son tomados a partir del valor de magnitud 3,5. La clase de magnitud se ha tomado en rangos de 0,5 (Tabla 3).

El gráfico que relaciona una clase de magnitud determinada con el número de sismos contenidos en ella es denominado frecuencia de ocurrencia de sismos. Por el método de mínimos cuadrados se obtuvo la ecuación $\text{Log } N = 3,22 - 0,44m_p$, (figura 4), la cual al cortar el eje de las abscisas nos muestra la magnitud máxima de un posible sismo producido en la fuente, estimado en 7,4, con un nivel de confianza del 63 %.

Tabla 2. Solución del mecanismo focal de los eventos empleados para el análisis de la velocidad de deformación sismotectónica en la región del Viejo Caldas.

No.	FECHA			EJES P y T		PLANO DE FALLA				
	DIA	MES	AÑO	AZIMUT	PLUNGE	ϕ	δ	λ	TIPO	FUENTE
1	3	1	1966	P 215° T 122°	25° 7°	315°	78°	-157°	Rumbo-normal	INGEOMINAS, 1997
2	3	4	1973	P 339° T 63°	35° 7°	21°	72°	-32°	Rumbo-normal	INGEOMINAS, 1997
3	24	4	1973	P 335° T 68°	8° 20°	23°	82°	21°	Rumbo-inversa	SALCEDO 1995
4	13	4	1975	P 195° T 93°	29° 21°	232°	54°	-6°	Rumbo-normal	INGEOMINAS, 1997
5	19	5	1976	P 352° T 110°	50° 17°	40°	74°	-130°	Rumbo-normal	INGEOMINAS, 1997
6	29	5	1979	P 304° T 92°	76° 2°	174°	44°	-100°	Normal	INGEOMINAS, 1997
7	23	11	1979	P 341° T 69°	21° 21°	210°	90°	-150°	Rumbo-normal	CMT Harvard
8	25	6	1980	P 301° T 69°	20° 34°	200°	80°	40°	Rumbo-Inversa	SALCEDO, 1995
9	29	3	1986	P 280° T 186°	6° 29°	230°	74°	154°	Rumbo-Inversa	INGEOMINAS, 1997
10	31	12	1988	P 357° T 253°	14° 45°	46°	48°	27°	Rumbo-Inversa	INGEOMINAS, 1997
11	23	11	1990	P 341° T 204°	34° 47°	16°	24°	-7°	Rumbo-Normal	INGEOMINAS, 1997
12	15	8	1992	P 286° T 124°	64° 24°	288°	22°	-71°	Normal	CMT Harvard

Tabla 3. Marca de clase por magnitud para los sismos del área con m_b 3.5.

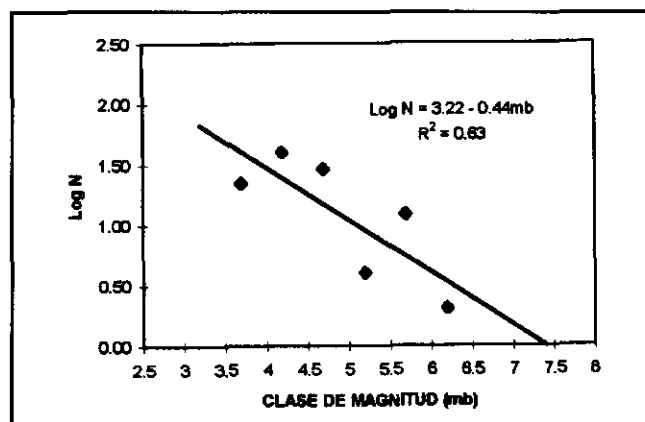
CLASE DE MAGNITUD	Log N
3,7	1,34
4,2	1,60
4,7	1,46
5,2	0,60
5,7	1,08
6,2	0,30

Nótese que el valor obtenido de b es de 0,44. Así, el valor de γ , utilizando la ecuación (4) es igual a 0,24. El valor K_{min} , igual a 10,3, representa el umbral mínimo de detección de las redes sismológicas en la región (Salcedo et al., 1997). A partir de (5) y utilizando los valores de K_{min} y $K_o = 10,3$ (mínimo valor de magnitud de los sismos del área, con una profundidad $h \geq 80$ km.), y, N_L , igual a 104 sismos, se tiene que la actividad sísmica A_{10} calculada es:

$$A_{10} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ sismos/año}$$

5.2 Tensor de Momento Sísmico

El tensor de momento sísmico es la medida física del tamaño de un sismo (Scholz, 1994). Las componentes del tensor de momento sísmico de cada uno de los

**Figura 4.** Gráfico de frecuencia de ocurrencia para los sismos de la región del Viejo Caldas con profundidad $h = 80$ km ocurridos entre 1963 y 1995.

terremotos utilizados en el estudio se presentan en la Tabla 4 y el tensor de momento sísmico resultante, dado a partir de la ecuación A.8, expresada en el apéndice, tiene la forma siguiente:

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} 4,70 & -1,67 & 0,37 \\ -1,67 & -3,38 & -1,62 \\ 0,37 & -1,62 & -1,32 \end{bmatrix} * 10^{26} \text{ dinas} - \text{cm}$$

El momento sísmico de los eventos fue calculado a partir de fórmulas empíricas que relacionan valores de momento obtenidos de los catálogos CMT de la Universidad de Harvard con la magnitud m_b . Esta relación se obtuvo a partir del método de mínimos cuadrados. La expresión que los relaciona fue calculada con un nivel de confianza del 88%, y está dada por:

$$\text{Log}M_o = 1,92(mb) + 14,83$$

5.3 Velocidad de Deformación

El tensor de velocidad media de deformación, calculado a partir de (6) es:

$$\bar{\epsilon}_{ij} = \begin{bmatrix} 7,25 & -2,58 & 5,71 \\ -2,58 & -5,22 & -2,50 \\ 5,71 & -2,50 & -2,04 \end{bmatrix} * 10^{-9} \text{ años}^{-1}$$

Las componentes de esta velocidad están dadas por las expresiones (7), con los ejes x orientado hacia el Este, y hacia el Norte y z hacia el centro de la Tierra. Teniendo en cuenta el ángulo de inclinación de la fuente sísmogénica, α , el cual tiene un valor aproximado de 35° (Pennington, 1981), y el valor de S igual a $6,21 * 10^{13} \text{ cm}^2$, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4. Componentes del tensor de momento sísmico de cada uno de los sismos empleados en el estudio

No.	FECHA	M_{xx}	$M_{xy} = M_{yx}$	$M_{xz} = M_{zx}$	M_{yy}	$M_{yz} = M_{zy}$	M_{zz}	M_o (Estimado)
1	030166	-3,33E24	3,22E23	1,57E24	3,98E24	4,75E23	-6,45E23	4,06E24
2	030473	-1,68E26	1,66E26	-1,34E26	2,72E26	1,03E26	-1,05E26	3,36E26
3	240473	-6,67E24	6,65E24	1,47E23	5,70E24	-3,61E24	9,69E23	9,81E24
4	130475	-2,92E24	-9,86E23	1,56E24	3,32E24	1,79E24	-4,03E23	4,06E24
5	190576	6,93E25	-2,74E25	-2,52E25	-3,30E25	5,46E25	-3,62E25	8,92E25
6	290579	-2,40E22	-2,63E22	-2,02E23	1,68E24	7,93E22	-1,65E24	1,68E24
7	231179	6,09E26	-3,51E26	2,02E26	-6,09E26	-3,51E26	0,00E00	8,11E26
8	250680	-2,93E25	3,72E25	-4,68E24	1,67E25	3,52E25	1,26E25	5,74E25
9	290386	1,86E24	6,90E23	-1,16E24	-2,47E24	1,28E23	6,06E23	2,61E24
10	311288	-1,50E24	3,40E23	-6,38E23	7,45E23	-7,75E23	7,58E23	1,68E24
11	231190	-8,40E23	1,29E24	-3,45E24	1,21E24	-1,33E24	-3,67E23	4,06E24
12	150892	2,70E24	3,83E23	-3,00E24	-3,64E22	3,12E23	-2,67E24	4,06E24
	TOTALES	4,70E26	-1,67E26	3,72E25	-3,39E26	-1,62E26	-1,32E26	1,33E27

Componente Vertical	$V_z = -9,52 \text{ mm/año}$
Componente Norte	$V_y = -28 \text{ mm/año}$
Componente Este	$V_x = 30 \text{ mm/año}$
Velocidad resultante	$V_{hor} = 41 \text{ mm/año}$
Azimut aproximado	$Y = 133^\circ$

6. Discusión

La distribución espacial y el ángulo de inclinación que forman los sismos en la zona del Viejo Caldas, muestran que bajo ella existe una placa subducida donde se generan los más grandes y catastróficos sismos sentidos en la región. El valor obtenido de actividad sísmica comparado con el de 0,025 obtenido por **Salcedo et al.** (1997), demuestra la alta producción sísmica de la placa, donde, de acuerdo con la relación *Log N vs Magnitud (mb)* es posible esperar un sismo con una magnitud máxima probable de 7,4. Este valor es acorde con los obtenidos por **James** (1986), quien da una magnitud potencial entre 6,5 y 7,5 con una profundidad aproximada de 110 km, y por **Salcedo et al.** (1997), quienes empleando un procedimiento similar al utilizado en este estudio obtienen un valor de 7,1 aproximadamente.

El valor obtenido de *b* es igual a 0,44, muy cercano al encontrado por **Espinosa et al.** (1985), para la zona de subducción, el cual es de 0,43. Este parámetro está relacionado con el campo de esfuerzos tectónicos y puede variar entre 0,3 y 1,5, estando los valores bajos directamente relacionados con altos valores de esfuerzos liberados y viceversa (**Bune & Gorshkov**, 1980).

Para el análisis se emplearon eventos de características similares pertenecientes a la misma fuente. El valor del momento sísmico escalar es de $1,33 \cdot 10^{27}$ dinas-cm, el cual puede ser considerado proporcional a la deformación sísmica promedio, de acuerdo con **Mezcua et al.**, (1991).

La deformación predominante en la placa para el rango de profundidad considerado en este estudio es de carácter distensivo en dirección este, evidenciado por el máximo valor encontrado en el tensor de deformación, correspondiente a M_{xx} , cuyo valor es positivo y corresponde a la fuerza de tracción que ejerce la placa a esa profundidad. Esta distensión es también mostrada por la solución de mecanismos focales, los cuales son normales o de rumbo con componente normal, con predominancia de estos últimos. Las componentes norte, este y vertical de la velocidad de deformación muestran valo-

res altos, teniendo una gran influencia en el proceso sísmico de la zona.

Los resultados obtenidos a partir del análisis sismotectónico muestran que la placa de Nazca a la altura de la zona del Viejo Caldas penetra bajo el continente suramericano con una velocidad de 41 mm/año con un azimut de 133° aproximadamente. Estos valores son coherentes con los obtenidos en el proyecto CASA para los periodos 1994-1991 y 1996-1994, que arrojan un valor de velocidad de Malpelo respecto a Manizales que se toma como punto fijo (movimiento de la placa de Nazca respecto al Bloque Norte de los Andes), de 45 mm/año con una dirección de 100° .

7. Conclusiones

Bajo el Viejo Caldas existe una zona de subducción perteneciente a la placa de Nazca, evidenciada por la distribución de los sismos, profundidad focal, solución de mecanismos focales y características geológicas.

La fuente sismogénica de este estudio presenta una actividad sísmica muy alta comparada con los datos que se tienen del centro del país. La magnitud máxima probable de los sismos producidos por ella sería aproximadamente igual a 7,4. El valor obtenido de $b = 0.44$ es bajo y se relaciona con altos valores de esfuerzos liberados.

La placa de Nazca bajo el Viejo Caldas está siendo sometida a esfuerzos distensivos en dirección Este para el rango de profundidad considerado, evidenciado por el máximo valor y signo del tensor de deformación, el cual corresponde a la componente M_{xx} . Los valores de las componentes norte, este y vertical de la velocidad de deformación son altos, teniendo gran influencia en el proceso sísmico de la zona.

Se puede determinar además, a partir de datos de mecanismos focales, que la placa de Nazca está subduciendo a una velocidad de 41 mm/año con un azimut de 133° , valores muy aproximados a las más recientes mediciones geodésicas satelitales de alta precisión realizadas por INGEOMINAS en asocio con la Universidad de Carolina del Sur, JPL/NASA (Jet Propulsion Laboratory) y UNAVCO (University Navstar Consortium) de Estados Unidos.

Estos resultados muestran que el concepto de flujo sísmico de la masa rocosa es una metodología que puede ser empleada, obteniendo buenos resultados en zonas intraplaca con presencia del proceso de subducción, como ocurre en el área del Viejo Caldas.

Agradecimientos

Al INGEOMINAS, por el soporte parcial del primero de los autores bajo el marco del Proyecto P97F03 - Estudio Sismotectónico del Territorio Colombiano.

Referencias

- Aki, K. and Richards, P.** 1980. *Quantitative Seismology. Theory and Methods*. Freeman. 932 p.
- Bullen, K. and Bolt, B.** 1985. *An Introduction to the Theory of Seismology*. Cambridge University Press. Fourth Edition. 499 p.
- Bune, V. I. & Gorshkov, G. P.** 1980. *Zonificación sísmica del territorio de la URSS*. Moscú. 307 p. (En Ruso).
- Espinosa, A., García, L., Sarría, A.** 1985. *Riesgo Sísmico en Colombia*. Memorias VI Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo. 2. p. 206-243.
- INGEOMINAS.** 1995. *Catálogo Sísmico de Colombia*. (Base digital).
- INGEOMINAS.** 1997. *Sismotectónica del Territorio Colombiano, Estudios Macrosísmicos y de Fuente para Sismos Mayores*. Informe interno de avance de proyecto, compilación: Héctor Mora P.
- James, M.** 1986. *Estudio Sismotectónico del Viejo Caldas*. INGEOMINAS. 133 p.
- Jost, M. and Hermann, R.** 1989. *A Student's Guide to a Review of Moment Tensors*. Seismological Research Letters. **60**(2): 37-57
- Kellogg, J., Ogujiofor, I. and Kansaka, D.** 1985. *Cenozoic Tectonic of the Panama and North Andes Block*. Memorias VI Congreso Latinoamericano de Geología Tomo I p. 41-59.
- Kiratzí, A. and Papazachos, C.** 1996. *Moment Tensor Summation to Derive the Active Crustal Deformation in Japon*. Bulletin of the Seismological Society of America. **86** (3): 821-831.
- Kostrov, B.** 1975. *Mecánica de los Focos de los Terremotos Tectónicos*. Nauka. 172 p. (En ruso).
- Kostrov, B. & Das, S.** 1988. *Principles of Earthquakes Source Mechanics*. Cambridge University Press. 258 p.
- Lay T. & Wallace T. C.** 1995. *Modern global seismology*. Academic Press.
- Mackenzie, D.** 1969. *The Relation Between Fault Plane Solutions for Earthquakes and the Directions of Principal Stresses*. Bulletin of Seismic Society of America. **59**: 591-601.
- Mezcua, J., Rueda, J. & Buforn, E.** 1991. *Seismic Deformation in the Azores-Alborean Sea Region*. Publicación I.G.N. Seria Monografía. No. 8. p. 205-211.
- Mora, H.** 1995. *Central and South America GPS Geodesy: Relative Plate Motions Determined From 1991 and 1994 Measurements in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama and Venezuela*. University of South Carolina. (Tesis de Maestría) 94 p.
- Mora, H., Kellogg, J. & Trenkamp, R.** 1997. *Geodesia Satelital en el Noroccidente Colombiano, Resultados CASA 1991-1996*. Memorias Seminario Sismotectónica del Noroccidente Colombiano (en edición).
- Page, W.** 1986. *Geología Sísmica y Sismicidad del Noroeste de Colombia*. Integral. 155 p.
- Pennington, W.** 1981. *Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America*. Journal of Geophysical Research. **86**(B11): 10753-10770.
- Ramírez, E.** 1975. *Historia de los Terremotos en Colombia*. Editorial Andes. 250 p.
- Ramírez, J. & Goberna, J.** 1980. *Terremotos Colombianos Noviembre 23 y Diciembre 12 de 1979*. Instituto Geofísico de Los Andes Colombianos. Informe Interno. Serie A : Sismología. No. 45. 95 p.
- Rautian, T.** 1960. *Método detallado de Estudio de Sismicidad*. Obras del Inst. De Física de la Tierra. Academia de Ciencias de la URSS. No. 9. 176 p. (En ruso)
- Risnichenko, Yu.** 1964. *Método Sumatorio para el Estudio de la Actividad Sísmica*. Izbeestia. Acad. de Ciencias de la URSS. Serie Geofizika. No. 7 pp. 969-977 (En Ruso).
- _____ 1985. *Problemas de la sismología*. Obras escogidas. Ed. Nauka. Moscú, 408p. (En Ruso).
- Salcedo, E.** 1995. *Deformación Sísmica de las Zonas Sismoactivas de Chocó y el Nido de Bucaramanga*. Boletín Geológico INGEOMINAS. **3**(1): 51-66
- Salcedo, E., Rivera, C. & Gómez, A.** 1997. *Análisis de la Frecuencia de los Terremotos Fuertes en la Región Central de Colombia Mediante Parámetros del Régimen Sísmico*. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. **21**(79): 57-72.
- Scholz, C.** 1994. *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*. Cambridge University Press. 439 p.
- Voronina, E., Konov, A. & Linenha, A.** 1990. *Cálculo de las Componentes de la Velocidad Media de Deformación de la Región del Arco de Islas de Kurilo, Kamchatka y Aleutianas*. Física de la Tierra. Riviela. (En Ruso).
- Zajarova, A.** 1972. *Cálculo de los Parámetros del Régimen Sísmico en IBM*. Tashkent. 143 pp. (En Ruso).

Apéndice

Tensor de Momento Sísmico

El tensor de momento sísmico describe completamente en una aproximación de primer orden las fuerzas equivalentes de una fuente sísmica puntual. Estas fuerzas equivalentes pueden ser correlacionadas con modelos de fuentes físicas tales como desplazamientos relativos súbitos en una superficie de falla, o súbitos cambios de volumen debido a transiciones de fase o explosiones (Jost and Hermann, 1989).

El tensor de momento sísmico es la medida física del tamaño de un sismo (Scholz, 1994). Según Aki and Richards (1980), las componentes del tensor de momento sísmico (Figura 5), en un medio isotrópico para un par de fuerzas de los mecanismos focales, están dadas por

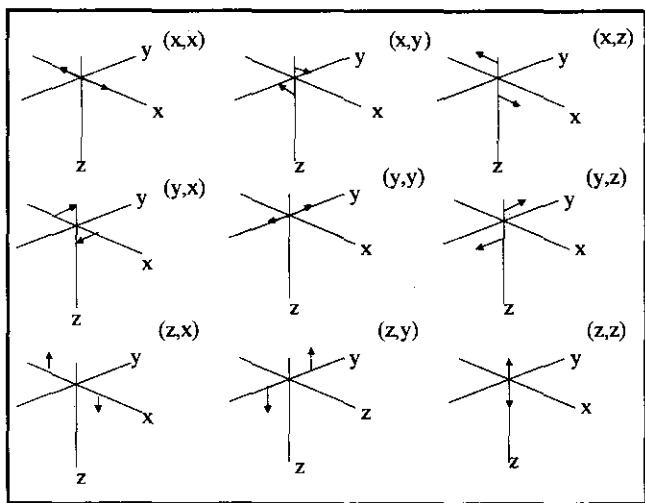


Figura 5. Componentes del tensor de momento sísmico para un par de fuerzas (tomado de Aki and Richards, 1980).

$$M_{ij} = \mu A (u_k v_j + u_j v_k) \quad (A.1)$$

donde μ es el módulo de cizalla, A es el área del plano de falla, u es el vector de deslizamiento sobre el plano de falla, y v es el vector normal al plano de falla (Figura 6). El término $u_k v_j + u_j v_k$ en (A.1) forma el tensor que describe un par de fuerzas.

Este tensor es real y simétrico, dando valores propios reales y vectores propios ortogonales. Las propiedades características de un tensor de momento representado como un par de fuerzas son:

- El valor propio del tensor de momento es nulo,
- La suma de los valores propios es cero (dos valores propios son iguales pero de signo contrario).

Sean t , b y p los vectores propios ortogonales de los valores propios descritos arriba (Jost and Hermann, 1989), donde

$$t = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+u) \quad b = v \times u \quad p = \frac{1}{\sqrt{2}}(v-u) \quad (A.2)$$

en que los vectores propios dan las direcciones de los ejes principales del tensor de momento sísmico.

El tensor de momento sísmico describe las fuerzas equivalentes de una fuente sísmica puntual. Los vectores propios son los ejes principales del tensor de momento sísmico. Para una fuente sísmica de un par de fuerzas, el eje principal corresponde al valor propio negativo (eje de presión), el valor propio positivo al eje de tensión y el valor propio cero corresponde al eje nulo. El eje p es la dirección de máximo movimiento compresivo en la superficie de la falla, el eje t es la dirección de máximo movimiento tensional. Estos ejes no corresponden necesariamente a los ejes de máximo esfuerzo tectónico σ_1 , ya que el movimiento puede estar sobre un plano de de-

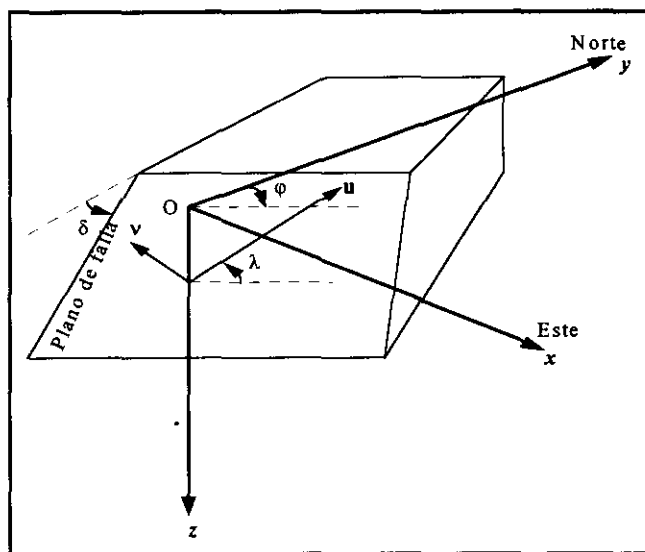


Figura 6. Definición de los parámetros para un plano de falla. ϕ es el rumbo, δ el buzamiento y λ el ángulo de deslizamiento, u el vector de desplazamiento y v es la normal a la falla (Aki and Richards, 1980).

bilidad preexistente mas bien que en un plano de falla formado recientemente (Mckenzie, 1969).

Despejando u y v de (A.1) se obtiene

$$u = \frac{1}{\sqrt{2}}(t-p); \quad v = \frac{1}{\sqrt{2}}(t+p) \quad (A.3)$$

Por analogía, el otro plano nodal está definido como:

$$u = \frac{1}{\sqrt{2}}(t+p); \quad v = \frac{1}{\sqrt{2}}(t-p) \quad (A.4)$$

Si el rumbo φ , el buzamiento δ y el deslizamiento λ del fallamiento son conocidos, el vector deslizamiento u y la normal a la falla v están dados por la expresión

$$u = \bar{u}(\cos\lambda\cos\phi + \cos\delta\sin\lambda\sin\phi)e_x + \bar{u}(\cos\lambda\sin\phi - \cos\delta\sin\lambda\cos\phi)e_y - \bar{u}\sin\delta\sin\lambda e_z \quad (A.5)$$

siendo el desplazamiento promedio de la falla, e_x, e_y, e_z los vectores unitarios en las direcciones X, Y, Z respectivamente. La normal a la falla es

$$v = -\sin\delta\sin\phi e_x + \sin\delta\cos\phi e_y - \cos\delta e_z \quad (A.6)$$

Debido a que el producto vectorial $u \times v$ es cero (Figura 6), el momento sísmico escalar se define como

$$M_o = \mu A \bar{u} \quad (A.7)$$

La ecuación (A.1) junto con las expresiones (A.5), (A.6) y (A.7), conducen a obtener las componentes cartesianas del tensor de momento sísmico en términos del rumbo, buzamiento y deslizamiento de la falla, las cuales están dadas por:

$$\begin{aligned} M_{xx} &= -M_o(\sin\delta\cos\lambda\sin 2\varphi + \sin 2\delta\sin\lambda\sin^2\varphi) \\ M_{yy} &= M_o\left(\sin\delta\cos\lambda\cos 2\varphi + \frac{1}{2}\sin 2\delta\sin\lambda\sin 2\varphi\right) = M_{xx} \\ M_{zz} &= -M_o(\cos\delta\cos\lambda\cos\varphi + \cos 2\delta\sin\lambda\sin\varphi) = M_{xx} \\ M_{xy} &= M_o(\sin\delta\cos\lambda\sin 2\varphi - \sin 2\delta\sin\lambda\cos^2\varphi) \\ M_{yz} &= -M_o(\cos\delta\cos\lambda\sin\varphi - \cos 2\delta\sin\lambda\cos\varphi) = M_{xy} \\ M_{zx} &= M_o(\sin 2\delta\sin\lambda) \end{aligned} \quad (A.8)$$

siendo M_o el momento sísmico escalar obtenido a partir de relaciones logarítmicas, y φ, δ, λ , el rumbo, buzamiento y deslizamiento del plano de falla, respectivamente.

Flujo Sísmico de la Masa Rocosa

Para Kostrov & Das (1988), el deslizamiento sísmico se puede relacionar con el momento sísmico, conside-

rando como un área elemental cada parte ΔS de la superficie de la falla sobre la cual las fuentes (fracturas) de muchos sismos durante un intervalo de tiempo ΔT son distribuidos.

La tasa de deslizamiento sísmico a lo largo de una falla en un sitio particular es el deslizamiento promedio sobre estas áreas elementales en intervalos de tiempo. Sea $\Sigma_{(k)}$ las áreas de fracturas de sismos para $k = 1, 2, 3, \dots, N$ y los correspondientes deslizamientos $u_{i(k)}(x)$, entonces la tasa de deslizamiento sísmico está dada por

$$u_{(q)} = \frac{1}{\Delta S \Delta T} \sum_{k=1}^N \bar{u}_{(k)} S_{(k)} \quad (A.9)$$

es el promedio de deslizamiento de la k -ésima fuente, y es el área de fractura. Cada término de esta suma es el tensor de momento sísmico del correspondiente sismo dividido entre i . Así, la tasa de deslizamiento sísmico promedio es igual a:

$$u_q = \frac{1}{\mu \Delta S \Delta T} \sum_{k=1}^N M_{o(k)} \quad (A.10)$$

Por lo tanto, en este caso, el momento sísmico es la medida de la contribución del sismo a lo largo de una falla, y la contribución de todos los sismos es simplemente el promedio del momento sísmico sobre la sección de la falla.

Considérese un volumen elemental donde un gran número N de sismos ocurre en un tiempo ΔT con superficie de fractura $\Sigma_{(k)}$ y tensor de momento sísmico $M_{o(k)}$. Asíumase el volumen como un paralelepípedo rectangular cuyas caras son paralelas a los ejes de coordenadas y tienen longitudes l_1, l_2, l_3 . La deformación para un medio discontinuo está dada por

$$\Delta_i u_i = \sum_k a_{i(k)} \quad (A.11)$$

Sea el promedio de desplazamiento a lo largo de la dirección X_i

$$\bar{\Delta}_i \bar{u}_i = \frac{1}{l_2 l_3} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \int_0^{l_3} \sum_k a_{i(k)} dx_2 dx_3 \quad (A.12)$$

donde

$$dx_2 dx_3 = n_{i(k)} dS_{(k)} \quad (A.13)$$

Así

$$\bar{\Delta}_1 \bar{u}_i = \frac{1}{l_2 l_3} \sum_{k=1}^N \int_{\Sigma(k)} a_{i(k)} n_{k(k)} ds_{(k)} \quad (A.14)$$

Dividiendo entre, se obtiene la distorsión promedio

$$\frac{\bar{\Delta}_1 \bar{u}_i}{\Delta x_1} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{k=1}^N \int_{\Sigma(k)} a_{i(k)} n_{k(k)} ds_{(k)} \quad (A.15)$$

Donde ΔV es igual a l_1, l_2, l_3 .

puede estar en cualquier dirección de los ejes de coordenadas. Repitiendo el proceso para las otras dos direcciones se obtiene la expresión del tensor de distorsión promedio para el sistema de coordenadas ($k = 1, 2, 3$)

$$\frac{\bar{\Delta}_k \bar{u}_i}{\Delta x_k} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{k=1}^N \int_{\Sigma(k)} a_{i(k)} n_{k(k)} ds_{(k)} \quad (A.16)$$

Considerando ΔV como un volumen elemental, la división puede ser reemplazada por derivadas parciales

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_k} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{k=1}^N \int_{\Sigma(k)} a_{i(k)} n_{k(k)} ds_{(k)} \quad (A.17)$$

Reemplazando $\frac{\partial u_i}{\partial x_k}$ en (A.13) se obtiene

$$\Delta \bar{\epsilon}_{ik} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{k=1}^N \int_{\Sigma(k)} \frac{1}{2} (a_{i(k)} n_{k(k)} + a_{k(k)} n_{i(k)}) ds_{(k)} \quad (A.18)$$

Cada término de esta expresión es el tensor de momento sísmico dividido entre 2μ

$$\Delta \bar{\epsilon}_{ik} = \frac{1}{2\mu\Delta V} \sum_{k=1}^N M_{oi k(k)} \quad (A.19)$$

Dividiendo entre ΔT se obtiene la tasa de deformación promedio debida a la producción de sismos en una fuente sismogénica, la cual está dada por:

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{2\mu\Delta V\Delta T} \sum_{k=1}^N M_{oi k(k)} \quad (A.20)$$

Anexo 1. Listado de sismos con magnitud mb 3,5 y profundidad h ³ 80 kilómetros, ocurridos en el período 1963-1995, empleados para valorar la actividad sísmica en la zona de estudio, tomada de INGEOMINAS (1995)

No.	FECHA			TIEMPO	LATITUD (Grados)	LONGITUD (Grados)	PROFUNDIDAD (Km.)	MAGNITUD (m _b)
	AÑO	MES	DÍA					
1	1963	03	11	11:30:16,0	5,10	-76,40	95	4,3
2	1963	08	22	23:20:21,1	4,30	-76,40	100	4,9
3	1963	01	26	21:20:43,2	4,50	-76,40	127	4,0
4	1964	08	27	12:25:22,2	4,89	-76,19	109	4,8
5	1964	09	17	10:57:51,1	4,90	-76,16	120	4,2
6	1964	09	21	00:10:39,9	4,95	-76,11	147	4,6
7	1964	06	05	11:18:19,5	4,74	-75,79	83	4,0
8	1965	05	13	04:13:08,8	4,85	-76,20	126	5,1
9	1965	01	14	22:04:26,0	5,33	-76,19	103	4,3
10	1965	04	04	20:31:34,9	4,87	-76,09	104	4,9
11	1965	05	19	10:58:26,8	4,90	-76,06	107	4,8
12	1966	03	31	00:55:50,8	5,35	-76,25	102	4,1
13	1966	10	11	06:57:46,3	4,90	-76,01	112	4,6
14	1966	01	03	18:16:05,1	4,65	-76,00	98	5,1
15	1966	05	10	14:46:48,4	5,20	-75,90	115	4,0
16	1966	08	15	15:12:59,3	4,71	-75,40	80	4,1
17	1967	11	26	20:00:33,8	5,11	-76,37	98	4,4
18	1968	08	31	21:47:38,6	4,56	-76,37	97	4,5
19	1968	03	26	21:55:20,8	5,55	-76,00	101	4,1
20	1969	11	06	11:33:16,0	5,18	-76,29	108	4,9
21	1969	07	15	19:37:58,3	5,09	-76,08	133	4,6
22	1969	01	17	08:33:55,7	5,03	-75,38	149	4,2
23	1970	01	03	12:09:18,2	4,37	-76,33	145	4,5
24	1970	03	20	04:30:13,3	4,80	-75,90	150	4,2
25	1971	01	20	21:31:25,3	4,51	-76,39	136	4,8
26	1971	03	28	15:10:52,6	5,16	-75,74	146	4,6
27	1972	05	29	12:59:01,8	5,22	-75,80	119	4,9
28	1973	04	13	12:05:27,4	4,83	-76,31	120	4,7
29	1973	04	24	18:42:31,5	5,23	-75,82	110	5,3
30	1973	04	03	13:54:01,0	4,70	-75,67	146	6,1
31	1974	04	29	22:20:54,6	4,83	-76,11	103	4,9
32	1975	04	21	08:48:53,8	4,64	-75,98	149	4,1
33	1975	04	13	01:53:30,3	4,85	-75,71	140	5,1
34	1976	08	03	02:19:22,7	5,03	-75,97	123	4,7
35	1976	05	19	04:07:16,4	4,49	-75,77	161	5,8
36	1976	11	25	14:59:36,0	4,21	-75,52	203	4,6
37	1977	10	13	04:09:35,3	5,39	-76,12	127	4,3
38	1978	06	24	03:50:26,5	4,61	-76,47	114	4,4
39	1979	09	02	02:00:12,4	4,28	-76,39	102	4,7
40	1979	11	23	23:40:29,7	4,81	-76,20	105	6,3
41	1979	03	27	09:09:17,9	4,08	-76,07	126	4,5
42	1979	05	16	12:43:03,2	4,68	-75,95	151	4,3
43	1979	09	06	03:57:54,0	4,51	-75,86	169	4,2
44	1979	05	29	12:59:02,5	5,28	-75,73	122	4,9
45	1980	07	07	16:48:44,4	4,29	-76,29	141	4,7
46	1980	12	03	08:51:40,2	5,78	-75,74	121	4,6
47	1980	06	25	12:04:57,1	4,50	-75,73	160	5,7
48	1981	05	20	03:01:48,8	4,74	-76,31	136	4,5
49	1981	03	30	07:05:01,7	5,06	-76,25	107	4,1
50	1981	07	30	07:05:01,0	5,08	-76,24	138	4,2
51	1981	03	19	02:47:14,6	4,55	-75,82	152	4,2
52	1982	12	05	03:18:27,3	4,80	-76,34	113	5,0
53	1983	08	31	09:56:49,7	5,06	-76,22	97	4,3
54	1984	02	22	09:59:45,6	5,33	-76,50	95	4,2
55	1985	11	05	22:58:03,0	5,07	-76,17	108	4,9
56	1985	06	03	07:06:18,8	4,91	-75,88	135	5,0
57	1985	02	15	07:04:58,3	4,59	-75,82	132	4,1
58	1986	04	09	08:21:44,4	4,56	-76,21	144	4,7

Anexo 1. Continuación

No.	FECHA			TIEMPO	LATITUD (Grados)	LONGITUD (Grados)	PROFUNDIDAD (Km.)	MAGNITUD (m _s)
	AÑO	MES	DIA					
59	1986	07	22	19:53:52,5	4,37	-75,92	169	4,7
60	1986	03	29	09:48:55,6	4,59	-75,63	163	5,0
61	1987	11	16	22:42:38,2	4,74	-76,41	116	3,5
62	1987	11	06	13:22:52,5	4,75	-76,28	106	3,6
63	1987	01	07	17:16:25,5	4,77	-76,27	109	4,5
64	1987	10	23	08:37:39,0	4,69	-76,24	112	3,5
65	1987	11	02	11:21:05,0	4,36	-75,86	125	3,7
66	1987	11	22	15:34:27,4	4,56	-75,32	87	4,1
67	1987	11	16	21:17:01,5	4,90	-75,03	102	4,2
68	1988	02	21	02:54:47,5	4,65	-76,47	104	3,5
69	1988	12	07	11:47:58,3	4,82	-76,45	91	3,6
70	1988	08	30	19:39:42,7	4,95	-76,45	104	3,8
71	1988	08	06	03:01:43,6	4,76	-76,41	98	3,8
72	1988	09	12	13:39:48,7	4,74	-76,38	102	3,8
73	1988	01	06	09:13:44,0	4,55	-76,32	114	4,2
74	1988	05	09	09:47:39,6	4,63	-76,31	123	3,7
75	1988	08	20	03:41:28,1	4,70	-76,29	101	3,6
76	1988	04	24	08:22:59,0	4,88	-76,29	121	4,1
77	1988	06	08	21:17:42,8	5,71	-76,15	96	3,6
78	1988	08	11	12:31:06,7	4,73	-76,06	104	3,5
79	1988	09	27	03:32:31,3	4,81	-76,06	108	3,7
80	1988	11	26	13:29:42,1	4,72	-75,97	122	3,9
81	1988	10	21	07:37:52,0	4,41	-75,80	134	3,5
82	1988	12	31	20:58:31,3	5,10	-75,78	118	4,9
83	1988	03	06	23:58:03,0	4,20	-75,76	181	3,5
84	1988	09	26	13:26:10,0	4,37	-75,08	102	3,5
85	1989	03	02	13:56:37,6	4,53	-76,21	108	3,6
86	1989	06	28	15:16:18,7	4,55	-76,05	130	4,5
87	1989	04	25	12:16:55,5	4,22	-76,01	141	3,7
88	1989	02	14	06:11:34,9	5,06	-75,69	118	3,9
89	1990	11	23	22:35:34,0	4,75	-75,55	136	5,6
90	1991	10	24	15:00:03,5	5,06	-76,48	100	3,6
91	1991	10	31	14:47:27,4	4,66	-76,26	120	3,5
92	1991	02	14	07:34:59,9	5,02	-76,23	103	4,8
93	1991	01	23	01:05:06,9	4,73	-76,23	118	4,9
94	1991	02	14	07:56:41,5	4,74	-76,04	108	4,4
95	1991	01	13	11:31:12,2	4,31	-75,76	139	4,0
96	1991	03	19	10:56:17,3	4,68	-75,74	151	4,7
97	1992	07	18	01:40:56,6	4,61	-75,66	152	4,5
98	1992	08	15	19:02:08,1	5,15	-75,58	107	5,6
99	1992	10	17	10:33:05,5	4,21	-75,32	260	4,3
100	1993	04	22	06:21:07,6	4,49	-76,43	123	4,4
101	1993	03	19	13:59:37,3	5,77	-76,07	157	4,0
102	1993	12	03	13:16:15,6	4,97	-75,56	155	4,6
103	1994	02	28	13:40:08,3	5,10	-75,99	112	4,2
104	1995	01	02	22:33:24,4	5,06	-75,50	145	4,1

LOS MACROINVERTEBRADOS Y SU VALOR COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

por

Gabriel Roldán Pérez*

Resumen

Roldán Pérez, G.: Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(88): 375-387. 1999. ISSN 0370-3908.

Se hace un análisis de la problemática de la contaminación del agua y se discuten algunos de los métodos más usados para medir su grado de deterioro mediante los bioindicadores. Existen métodos biológicos para evaluar la calidad del agua que son de amplio uso en países desarrollados, pero debido a que la fauna acuática allí existente es diferente a la nuestra, no pueden aplicarse en el trópico sin antes conocer qué tipo de organismos viven aquí y cuáles son sus exigencias ecológicas. Se propone la adopción de un método para la evaluación de la calidad del agua en ecosistemas de montaña tropicales, utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores.

Palabras clave: macroinvertebrados acuáticos, bioindicadores, calidad de agua, índices de diversidad, sistema saprobio, índice biótico.

Abstract

An analysis of the water pollution problems is presented and some of the more used methods for assessment of its damage degree through bioindicators are discussed. There are biological methods for assessment of water quality widely used in developed countries. Because the aquatic fauna existing there is different from the one here, those methods can not be applied in the tropics before knowing what kinds of organisms live here and what ecological requirements they have. The adoption of a method for assessment of water quality in tropical mountains ecosystems is proposed, using macroinvertebrates as bioindicators.

Key words: aquatic macroinvertebrates, bioindicators, water quality, diversity indices, saprobien system, biotic index.

* Universidad de Antioquia, Posgrado de Biología, A.A. 1226, Medellín, Colombia. E-mail: grolan@matematicas.udea.edu.co

Introducción

Se considera que un organismo es un indicador de calidad de agua, cuando este se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo habitat. Así por ejemplo, en ríos de montaña de aguas frías, muy transparentes, oligotróficas y muy bien oxigenadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros; pero también se espera encontrar en bajas proporciones, odonatos, hemípteros, dípteros, neurópteros, ácaros, crustáceos y otros grupos menores.

Por el contrario en ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de oligoquetos, chironómidos y ciertos moluscos; pero ocasionalmente, pueden presentarse algunos pocos individuos que se consideran indicadores de agua limpias. En situaciones intermedias, o sea en aguas que comienzan a mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos (*Lymnaeidae* y *Physidae*), de quironómidos y oligoquetos, mezcladas en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros (Roldán, 1992).

La situación así planteada, resulta aparentemente fácil de entender y de aplicar. De hecho, una persona experimentada en reconocer a simple vista todos estos organismos en el campo, en unos pocos minutos después de levantar algunas rocas y troncos sumergidos, y de acuerdo con las características de olor y color de las aguas, puede con certeza dar un diagnóstico rápido a cerca de la calidad del agua. En otras palabras, puede afirmar con relativa seguridad si el ecosistema no está perturbado, o si por el contrario, algo preocupante está sucediendo. Un ecólogo de este tipo, es como un médico experimentado, que con sólo una auscultación general a un paciente lo encuentra bien de salud; o por el contrario, descubre algunos síntomas que lo hacen pensar que algo está afectando dicho paciente. En este caso, exámenes más rigurosos y pruebas de laboratorio podrán confirmar con certeza la gravedad de la enfermedad que aqueja al enfermo.

Este símil lleva a pensar cómo un ecólogo acuático, al igual que un especialista clínico, debe conocer los métodos y los equipos que le permitan hacer una evaluación más certera del ecosistema. En este caso, un

conocimiento detallado de los organismos a nivel individual es fundamental; es decir, a nivel de género y especie, si quiere que su diagnóstico sea lo más exacto posible. Si a esto se suman una serie de análisis físico-químicos y microbiológicos, el ecólogo acuático o limnólogo, podrá con mayor certeza diagnosticar el verdadero estado del ecosistema.

El estado de conocimiento que aun se tiene en Colombia de la fauna de macroinvertebrados acuáticos, aun no permite llegar a un refinamiento, como sí se tiene en Estados Unidos y en Europa, donde se dispone de claves hasta el nivel de especie para la mayor parte de la fauna existente en estos países. Con un estado así de conocimiento, se puede trabajar con índices bióticos y de diversidad, que permiten ver con mayor claridad y detalle la estructura de la comunidad, sus microhabitat y sus nichos ecológicos.

Es por lo tanto, importante reconocer el gran valor que tiene la bioindicación como un método para evaluar la calidad del agua. La presencia de una comunidad en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están prevaleciendo y que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma. Así, por ejemplo, si en una zona determinada de un río se encuentran valores altos de oxígeno, poca turbiedad, bajo color y baja conductividad, pero la fauna encontrada está dominada por oligoquetos, moluscos y quironómidos, no hay duda que en dicho sitio prevalecen la mayor parte del tiempo condiciones de extrema contaminación y que los momentos de alta oxigenación que puedan ocurrir son tan fugaces, que no son suficientes para provocar cambios significativos en la estructura de la comunidad. Estas condiciones se dan, por ejemplo, después de una fuerte lluvia, en que el agua se oxigena por la dilución y la turbulencia.

Historia de la biondicación

La degradación de los recursos acuáticos ha sido motivo de preocupación del hombre en las últimas décadas. Los primeros esfuerzos por determinar el daño ecológico causado por los residuos domésticos e industriales en las corrientes de agua fueron realizados por Kolkwitz & Marsson (1908, 1909), creando de esta manera las bases del sistema saprobio, ampliamente utilizado actualmente en Alemania y algunos países europeos. No fue hasta mediados de los años 50's cuando comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de calidad del agua mediante el uso de los

indicadores biológicos. **Patrick** (1949, 1950) propone métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes.

En la década de los 50's y principios de los 60's comienza a discutirse el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados fundamentalmente de la teoría de la información (**Brillouin**, 1951; **Beck**, 1955; **Margalef**, 1951, 1956, 1958; **Shannon & Weaver**, 1949; **Simpson**, 1949; **Wilhm**, 1967, 1968, 1970; **Wilhm & Dorris**, 1966, 1968; **Sheldon**, 1969). Dicha teoría parte del la base de que a mayor información que se tenga acerca de un hecho, suceso o situación, mayor y más preciso será el conocimiento que se tenga acerca de ella. Si se parte de la base de que una comunidad natural se caracteriza por poseer muchas especies y pocos individuos por especie (como es el caso ofrecido por condiciones ambientales poco fluctuantes a lo largo del tiempo, promedio ideal: ni muy frío ni muy cálido), o estar constituido por pocas especies y muchos individuos por especie (como es el caso de ecosistemas sometidos a condiciones ambientales fluctuantes a lo largo del tiempo, o de presión ambiental natural, como ocurre en las grandes profundidades en los lagos, las partes altas en las montañas y las latitudes extremas polares). De acuerdo con lo anterior, los daños causados por la contaminación orgánica e industrial o por la destrucción de habitats por actividades agrícolas o mineras, pueden medirse mediante el análisis de las comunidades resultantes, comparadas con las no perturbadas.

Washington (1984) hace una revisión de los índices de diversidad, bióticos y de similitud con especial referencia a los ecosistemas acuáticos. Presenta 18 índices de diversidad, 19 índices bióticos y cinco índices de similitud y analiza su aplicabilidad a los sistemas biológicos. Para él la mayoría de los índices aún no son totalmente satisfactorios. **Prat et al.** (1986) realiza en España una comparación entre dos índices de calidad del agua, uno que utiliza parámetros fisicoquímicos (ISQA) y el otro parámetros biológicos (BILL), encontrando baja correlación entre ellos.

Barbour et al. (1995) presentan un total de 63 tipos de mediciones para evaluación rápida de los ecosistemas. De ellos: a) ocho corresponden a "medidas de riqueza" los cuales se fundamentan en el análisis del número de taxones encontrados; b) 15 se refieren a "enumeraciones" que son en realidad cálculos basados en porcentajes de determinados taxones; c) 15 corresponden a los "índices de diversidad y similitud de la comunidad" donde están los más conocidos (**Shannon & Weaver**, 1949; **Simpson**,

1949; **Margalef**, 1951); d) 12 se refieren a los "índices bióticos" siendo los más conocidos el BMWP y el índice de saprobiedad; e) 10 índices conocidos como "mediciones funcionales", donde se considera el tipo de función que desempeñan los organismos en la comunidad, como por ejemplo: colectores, filtradores, trituradores, depredadores, etc; f) por último se consideran tres medidas denominados "índices combinados" dentro de los cuales se mencionan el índice de la comunidad de macroinvertebrados, el promedio de puntaje biométrico y puntaje de la condición biológica.

En la década de los años 80's y en la de los 90's comienza a generalizarse el uso de estos índices y a proponerse otros nuevos o modificaciones de los existentes. **Karr** (1991) introduce el concepto de "Índice de Integridad Biológica" - IBI, el cual es una herramienta multiparamétrica para la evaluación de las corrientes basada en la comunidad de peces. Dada la aceptación que este método ha tenido en Norteamérica, se ha extendido su uso a otros grupos biológicos. **Armitage & Petts** (1992) examinan la factibilidad de usar puntajes bióticos y las predicciones basadas en el sistema computarizado conocido como RIVPACS (River InVertebrate Prediction and Classification System) (**Wright et al.**, 1989) para valorar la pérdida de fauna béntica. **Wright** (1995) aplica el método RIVPACS en la Gran Bretaña y llega a la conclusión de que no sería válido para otras regiones de Europa, dado que en la isla no existen ríos tan grandes y caudalosos como en el continente.

Resh et al. (1995) desarrollan en Maryland (USA) métodos rápidos de evaluación del agua usando los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Tanto este método como el del Reino Unido valoran las condiciones del hábitat y predicen la fauna esperada en un determinado sitio. **Alba -Tercedor** (1996) adopta la utilización de los macroinvertebrados acuáticos en los programas de evaluación de la calidad del agua en España, utilizando para ello el índice BMWP' adaptado para la Península Ibérica. **Towson et al.** (1997) califican la perturbación en las corrientes en relación con las características de las especies de macroinvertebrados y la riqueza de dichas especies.

Lorenz et al. (1997) desarrollan un sistema de indicadores en el río Rin (Alemania) con base a conceptos teóricos que describen los ríos naturales entre los cuales se consideran la zonación, la hidráulica, el espiral de nutrientes, la jerarquía de tributarios y el concepto del "río continuo", entre otros. **Munné et al.** (1998) establecen en España un índice de calidad que valora el estado

de conservación del bosque de ribera (QBR). Se trata de comparar el estado actual del sistema que se estudia con un estado de referencia donde la biodiversidad y la funcionalidad del sistema solamente estarían influenciados por las perturbaciones de origen natural.

Los indicadores de la calidad del agua

Principales tipos de perturbaciones antrópicas en los ríos

Las principales fuentes de perturbaciones causadas en los ecosistemas acuáticos por el hombre están relacionadas con la contaminación de origen doméstico, industrial, agrícola, minero y deforestación, como las más importantes. Estas perturbaciones pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Directo al lecho del río

- Regulación del flujo y desviación
- Destrucción del habitat: dragado, revestimiento, canalización, construcción de presas
- Alteración de la temperatura, del pH, salinidad
- Vertimiento de aguas servidas
- Vertimiento de tóxicos (metales pesados, pesticidas)
- Elementos radiactivos
- Manipulación de la cadena alimenticia (especies exóticas)

2. Indirecto

a. En el área de captación:

- Prácticas forestales (erosión, arrastre de sedimentos)
- Quemadas
- Construcción de vías
- Substracción de agua y canales de desvío
- Contaminación del aire
- Prácticas agrícolas

b. En la zona riparia

- Insolación (efectos en la productividad primaria)
- Alteración de la temperatura del agua
- Dinámica de nutrientes
- Aportes alóctonos

- Dinámica de los sedimentos
- Morfología del cauce

Los anteriores impactos pueden medirse y cuantificarse mediante el uso de bioindicadores cuyo valor y peso indicativo debe previamente definirse.

Niveles de perturbaciones en los ríos con comunidades de macroinvertebrados

Prat & Ward (1994) plantean los diferentes grados de perturbación causados en los ecosistemas acuáticos y las comunidades correspondientes a cada uno de ellos. Se establece la forma como cambian las comunidades de macroinvertebrados en la riqueza de especies, en la diversidad y en la productividad. Así, las comunidades naturales se caracterizan por ser diversas y heterogéneas. Cuando se presenta una perturbación moderada, comienzan a aparecer especies tolerantes y a disminuir las intolerantes; puede presentarse además, un aumento de depredación. Con perturbaciones altas, desaparecen las especies intolerantes y la tramas alimenticias se hacen cada vez más lineales. Cuando la perturbación es demasiado alta, sólo están presentes una pocas especies representadas en grandes números. En situaciones extremas, sólo se encuentran microorganismos como bacterias, algas y ciliados.

Evaluación química y biológica de la calidad del agua: Ventajas y desventajas

Igualmente (**Prat, 1998**) hace una comparación de las ventajas y desventajas que ofrecen los métodos químicos y los biológicos. Dentro de las *ventajas* ofrecidas por los métodos **químicos** están: los cambios temporales detallados, la determinación precisa de la contaminación y la fácil estandarización. Dentro de las *desventajas*: la posible contaminación de las muestras, la no integración temporal y los costos elevados. En cuanto a los análisis **biológicos**, tiene la *ventaja* de hacer integraciones espaciales y temporales, hacer estudios de bioacumulación, dar respuesta a contaminaciones crónicas y puntuales y medir la degradación de hábitat. Con relación a las *desventajas* están la sensibilidad temporal baja, dificultades de cuantificación y estandarización, así como con las aguas subterráneas.

Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de bioindicación

Prat (1998) discute algunos métodos biológicos para la evaluación de la calidad del agua. A nivel de especies considera los macroinvertebrados, las macrófitas y las algas como indicadores puntuales de materia orgánica,

eutroficación y acidificación. Estos métodos tienen la ventaja de ser simples y baratos; los inconvenientes son los de no tener un conocimiento adecuado de la taxonomía. La tabla 1 presenta las ventajas y desventajas de la bioindicación cuando se utilizan comunidades, métodos microbiológicos, bioquímicos, bioensayos, análisis químicos o estudios histológicos y morfológicos. Nótese como los macroinvertebrados son los que ofrecen métodos más simples, baratos y sensitivos.

Características ideales de un bioindicador

Cuando se habla de características ideales de un bioindicador, se observa que sólo unos pocos organismos podrían estrictamente llenar estos requerimientos. Para definir un bioindicador de calidad de agua, primero debe conocerse la flora y fauna acuática de la región motivo de estudio. Así, para regiones de zonas templadas como Europa y Estados Unidos ya existen organismos plenamente identificados hasta nivel de especie con su valor y peso indicativo. Para nuestros países tropicales, este conocimiento es aun muy deficiente y solo se tiene un conocimiento hasta nivel de familias o en el mejor de los casos hasta género. Los macroinvertebrados son los de más amplia aceptación dadas las siguientes ventajas:

- Son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos menores
- Son sedentarios en su mayoría y reflejan las condiciones locales
- Poseen ciclos de vida largos
- Son apreciables a simple vista
- Se pueden cultivar en el laboratorio
- Varían poco genéticamente
- Responden rápidamente a los tensores ambientales

Aceptación de los diversos taxa como indicadores de la calidad del agua

Ghetti & Bonazzi (1981) consideran los macroinvertebrados acuáticos como los de mayor popularidad como bioindicadores. Tienen la ventaja de tener un tiempo de vida largo y se observan a simple vista. Les siguen en popularidad las algas, los protozoos y las bacterias. Los virus, los hongos, las macrófitas y los peces sólo ocupan un 10% del total de organismos acuáticos. (Tabla 2).

Ventajas y desventajas de los diferentes grupos de organismos acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas

Prat (1998) compara las ventajas y desventajas de las bacterias, los protozoos, las algas, los macroinvertebrados, las macrofitas (en términos de biomasa) y los peces. Debido a que los macroinvertebrados acuáticos por su tamaño son observables a simple vista, por ser de amplia distribución, poseer ciclos de vida relativamente largos y adaptarse la mayor parte de los grupos a características muy definidas de agua, han sido seleccionados por la mayor parte de los investigadores como los mejores indicadores de calidad del agua (Tabla 3).

Los sistemas de bioindicación

De acuerdo con la literatura existente a partir de los años 50's la tendencia de la evaluación biológica ha sido la producir índices. Como resultado se conocen actualmente cerca de 100 índices. **De Pauw & Hawkes** (1993) discuten varias experiencias para Europa y están de acuerdo con los macroinvertebrados como los mejores bioindicadores de la calidad del agua. **Metcalf** (1989) distingue tres enfoques principales para evaluar la respuesta de las comunidades de los macroinvertebrados a la contaminación. Estos son: el *sapróbico*, el de *diversidad* y el *biótico*.

El enfoque sapróbico

Se basa en la tolerancia a la contaminación de las especies indicadoras presentes. **Liebmann** (1962) discute cómo autores desde mitad del siglo XIX hablaban de organismos de aguas limpias y de aguas contaminadas. **Kolkwitz & Marsson** (1902, 1908, 1909) basaron inicialmente su sistema en los microorganismos del plancton y el perifiton presentes en las corrientes de Europa Central. Posteriormente comenzaron a usarse los macroinvertebrados, las macrófitas y los peces.

Al igual que otros sistemas de bioindicación, el sistema sapróbico se desarrolló para dar un índice numérico, conocido como *índice sapróbico*. Actualmente en Alemania se utiliza ampliamente "el sistema saprobio", el cual está basado en el principio planteado por **Kolkowitz & Marsson** (1908, 1909). En este sistema se utilizan todos los organismos acuáticos desde los hongos y las algas hasta los vertebrados como indicadores de la calidad del agua. Es importante saber que para su aplicación se requiere conocer los organismos hasta el nivel de especie. También se tienen en cuenta algunos parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, la

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de bioindicación (Prat, 1998)

	Organismos usados	Usos	Contaminación indicada	Ventajas	Desventajas
Especies ind. macrófitas	invertebrados tendencias algas	impac.punt. eutroficación básicos	M.O baratos acidificación	simples uso local no equipos	taxonomía cambio nat.
Estudios com.	invertebrados	evaluación tendencias impactos	M.O eutroficación tóxicos	idem	uso local cambio nat.
Mét. microbi.	bacterias	impactos vigilancia	salud M.O.	simples baratos salud	resultados falsos (transporte)
Fisiol.bioqu.	invertebrados algas peces	impactos advertencia	M.O eutroficación tóxicos	sensitivos medidas en continuo	técnicas y conocimientos complejos
Bioensayo Test toxicidad	invertebrados peces	vigilancia advertencia impactos	M.O pesticidas tóxicos	rápidos simples continuos	laboratorio diferente campo
Análisis químicos organismos	peces moluscos plantas	impactos tendencias	tóxicos pesticidas salud	salud	caros equipos complejos
Histología Morfología	invertebrados peces	impactos advertencia básicos	tóxicos pesticidas M.O	sensibles	complejidad

Tabla 2. Aceptación de los diversos taxones como indicadores de la calidad del agua (Ghetti & Bonazi, 1981)

Grupo	Porcentaje %			
	0	10	20	30
Virus	xx			
Bacterias	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			
Hongos	xxxx			
Algas	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			
macrófitas	xxxxx			
Protozoos	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			
Macroinv.	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			
Peces	xxxxxx			

DBO5 y el amonio. Igualmente se incluye el "índice sapróbico" el cual es un valor que va de 1.0 a 4.0 y se obtiene mediante la ecuación abajo señalada. De acuerdo

con los resultados se obtienen siete clases de aguas que van desde las más limpias hasta las más críticamente contaminadas (Tabla 4).

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los diferentes grupos de organismos acuáticos como indicadores de la calidad de las aguas (Prat, 1998).

Organismo	Ventajas	Desventajas
Bacterias	Crecimiento rápido Fácil cultivo	Incertidumbre viabilidad Tiempos de vida cortos
Protozoos	Fácil muestreo Sistemas saprobios	Problemas de taxonomía Problemas deriva
Algas	Problemas muestreo cuantitativo. Eutrofia bien.	No indicadas metales. pesticidas. Probl.taxonóm.
Macroinvertebrados	Tiempo vida largo Indicadores sencillos	Muestro cuantitativo Grupos heterogéneos
Macrófitas (biomasa)	Visibles fácilmente Fácil muestreo	Cambios naturales Poca variedad
Peces	Mucha información Arriba red trófica	Movilidad Muestreo difícil

Indice Saprobio

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n Si \times Ai \times Gi}{\sum_{i=1}^n Ai \times Gi}$$

Donde:

- S= índice saprobico
- i = número de orden de taxones
- S= valor de saprobiedad de los taxones
- A= cifra de abundancia de los taxones
- G= peso indicativo de los taxones
- n = número de taxones

La ventaja del sistema saprobico es que incluye una gran variedad de taxones y comunidades y es aplicable a todo tipo de ríos. La desventaja es la de que solo en muy pocas regiones se tiene un conocimiento de los organismos hasta el nivel de especie.

El enfoque de la diversidad

Usa tres componentes de la estructura de la comunidad, a saber: riqueza, uniformidad y abundancia para describir la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. Una comunidad natural se caracteriza por tener una alta diversidad o riqueza y un bajo número de individuos por especie. Por el contrario, una comunidad

bajo la presión de la contaminación, se caracteriza por poseer un bajo número de especies, pero muchos individuos por especie. Esto lo provocan también condiciones naturales extremas. Basado en lo anterior, la diversidad de la comunidad se toma como una medida de la calidad del agua del río.

Se han desarrollado muchos índices para medir la diversidad. El más conocido y usado es el de **Shannon-Weaver** (1949). Este refleja igualdad: mientras más uniforme es la distribución entre las especies que componen la comunidad mayor es el valor.

Indice de Diversidad (Shannon-Weaver, 1949)

$$H' = -\sum_{i=1}^S (ni / n) \ln (ni / n)$$

H' = índice de diversidad
 ni = número de individuos por especie
 n = número total de individuos
 ln = logaritmo natural

Existen otros índices de diversidad muy populares como el de **Margalef** (1951) y el **Simpson** (1949), pero al igual que los anteriores, tienen el limitante de la identificación de los organismos hasta nivel de especie. Las siguientes son las respectivas fórmulas:

Tabla 4. Criterios para el dictamen de calidad de aguas corrientes basado en el sistema saprobio

Clase	Grado cont. orgánica	Grado de saprobied	Indice saprobio	DBO5 mg/l	NH4-N mg/l	O2 mg/l
I	poca o ninguna contaminación	oligosaprobio	1.0 - < 1.5	1	trazas	> 8
I - II	poca contaminación	oligosaprobio -betamesosaprobio	1.5 - < 1.8	1 - 2	ca. 0.1	> 8
II	mediana contaminación	betamesosaprobio	1.8 - < 2.3	2 - 6	< 0.3	> 6
II - III	contaminación crítica	alfa-betamesosaprobio	2.3 - < 2.7	5 - 10	< 1.0	> 4
III	contaminación fuerte	alfamesosaprobio	2.7 - < 3.2	7 - 13	> 0.5	> 2
III-IV	contaminación muy fuerte	alfamesosaprobio y polisaprobio	3.2 - < 3.5	10 - 20	> 0.5	< 2
IV	supercontaminado	polisaprobio	3.5 - 4.0	> 15	> 0.5	< 2

Indice de Diversidad (Margalef, 1951)

$$I = S - 1 / \log N$$

S = número de especies
N = número de individuos
logn = logaritmo natural

Indice de Diversidad (Simpson, 1949)

$$I = - \sum \frac{ni (ni - 1)}{N (N - 1)}$$

n_i = No. de individuos de especies diferente a las de arriba (valores invertidos)

Aunque el concepto de diversidad es muy atractivo en teoría, sus resultados pueden variar mucho con los métodos de muestreo, la naturaleza del sustrato y la época del año.

El enfoque biótico

Incluye los aspectos esenciales de la saprobiedad y de la diversidad, combinando una medida cuantitativa de diversidad de especies con la información cualitativa sobre la sensibilidad ecológica de taxones individuales en una expresión numérica simple. Beck (1955) propuso el índice biótico en los Estados Unidos el cual se basa en la relación entre especies intolerantes y tolerantes a la

contaminación; los valores van entre 0 - 10. Este índice parece haberse originado en el Trent Biotic Index (TBI) el cual fue usado por primera vez por el Trent River Board en los años 50's y descrito posteriormente por su proponente Woodwiss (1964).

Indice biótico (Beck, 1955)

$$I = 2Si - 2S1$$

Si = No. de especies intolerantes
S1 = tolerantes a la contaminación (Rara vez excede de 10)

Otros índices utilizados dentro de esta categoría son el déficit de especies de Kothé (1962) y saprobiedad de Pantle & Buck (1955); en el primero se tiene en cuenta el grado de saprobiedad (Liebmann, 1951) y en el segundo, el número de especies aguas arriba y aguas abajo después de la descarga.

Déficit de especies (Kothé, 1962) ó pérdida de especies

$$I = \frac{Su - Sd}{Su} \times 100$$

Su = No. De especies aguas arriba
Sd = No. De especies aguas abajo de la descarga

Índice de Saprobiidad (Pantle y Buck, 1955)

$$I = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

s= grado de saprobiidad (Liebmann, 1951)
 oligo = 1 , poli = 4
 h = abundancia (rara = 1, frecuente = 3, abundante = 5)

Cualquier índice tiene su utilidad y valor de acuerdo al criterio con que se use al conocimiento que se tenga sobre la fauna local.

Puntajes bióticos y valores BMWP

En 1970 el Biological Monitoring Working Party (BMWP) estableció en Inglaterra un método simple de puntaje para todos los grupos de macroinvertebrados identificados hasta nivel de familia y que requiere solo datos cualitativos (presencia / ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles (por ejemplo: Perlidae, Oligoneuridae) reciben una puntuación de 10; en cambio las más tolerantes a la contaminación (Oligochaeta) reciben una puntuación de 1. Familias intolerantes a la contaminación tienen puntajes altos y las tolerantes puntajes bajos (Armitage et al, 1983). La suma de los puntajes de todas las familias en un sitio dado da el puntaje BMWP total. El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon) esto es, el puntaje total BMWP dividido por el número de los taxa es un índice particularmente valioso para la

evaluación del sitio. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación basado en el conocimiento de la distribución y la abundancia. Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor (1996) hicieron una adaptación del BMWP inglés para España y lo denominaron BMWP'. La tabla 5 muestra las diferentes clases de calidad de agua, los valores BMWP' asignados y el significado que tiene para cada una de ellas. Los colores corresponden a símbolos internacionales. En representaciones cartográficas los ríos van coloreados de acuerdo a la calidad de agua correspondiente.

Una propuesta para Colombia

Planteamiento del Problema

Basados en la información anterior, es claro que desde hace varias décadas existen métodos biológicos para evaluar la calidad del agua que son de amplio uso principalmente en Europa, los Estados Unidos y Canadá, pero debido a que la fauna acuática allí existente es diferente a la nuestra, no pueden aplicarse en el trópico sin antes conocer qué tipo de organismos viven aquí, cuáles son sus exigencias ecológicas y su distribución geográfica. Debe tenerse en cuenta igualmente, que dentro de los métodos existentes los hay desde los más simples, en los cuales bastaría utilizar sólo grupos mayores de organismos (Por ejemplo, a nivel de ordenes y familias), hasta los más complejos como el sistema saprobio alemán, el cual exige llegar hasta el nivel especie.

Tabla 5. Clases de calidad de agua, valores BMWP' y colores para representaciones cartográficas (Zamora-Muñoz y Alba-Tercedor, 1996)

Clase	Calidad	BMWP'	Significado	Color
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencian efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Agúas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	Rojo

Debido a que el nivel de conocimiento en Colombia de la flora y fauna acuática de agua dulce aun es escaso e incompleto, se propone utilizar un método intermedio (familia) basado en el grupo de organismos mejor conocido, como es el de los macroinvertebrados acuáticos y restringido sólo a los ríos y quebradas de montaña, donde se tiene un mejor conocimiento actualmente.

Los macroinvertebrados acuáticos mejor conocidos en Colombia son los insectos y algo de anélidos y moluscos (Roldán, 1988, 1992). Aunque ya se tienen algunas experiencias con los bioindicadores en el trópico americano (Pérez & Roldán, 1978; Roldán, 1980; Machado & Roldán, 1981; Roldán, 1985; Zúñiga de Cardozo, 1985; Ramírez & Roldán, 1989; Zúñiga de Cardozo *et al.*, 1995; Kuhlman, 1997; Monroy, 1997; Viña y Ramírez, 1997; Roldán, 1997; Pinilla, 1998; Ospina, 1998; Caicedo & Palacio, 1998; Jacobsen, 1998), la mayoría se han basado en los métodos europeos y norteamericanos, sin que aun exista una propuesta basada en las condiciones propias de nuestros ecosistemas tropicales y las comunidades a ellos asociadas.

Valores BMWP para familias de macroinvertebrados: una experiencia en el neotrópico

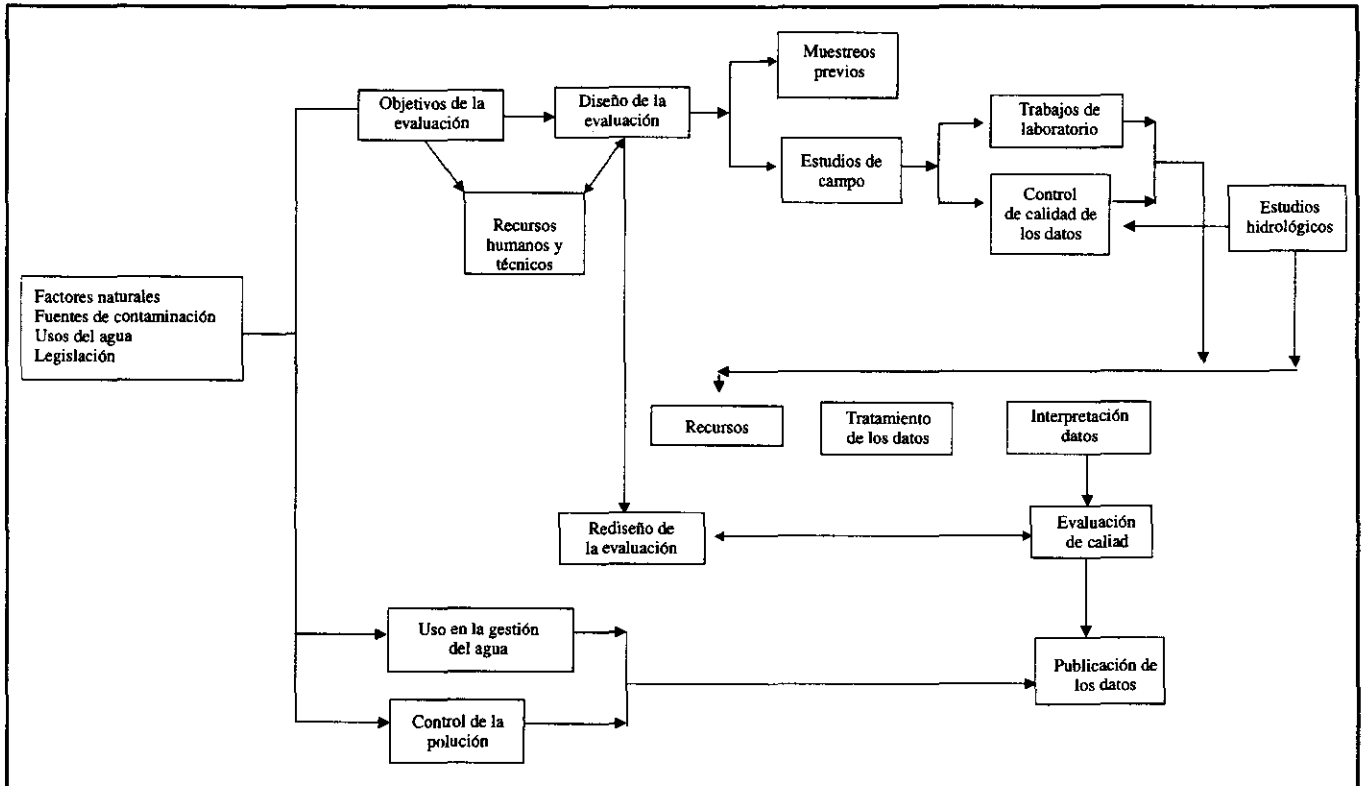
Zúñiga de Cardozo *et al.* (1997) realizan un estudio sobre bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Cauca (Valle, Colombia). En este estudio se propone una puntuación para las familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWP modificado y adaptado para la fauna local. La puntuación asignada a cada familia se basa en los estudios realizados por Armitage *et al.* (1983), Alba-Tercedor (1996) y Zamora-Muñoz & Alba-Tercedor (1996). Tiene la ventaja de que está hecha con base a familias encontradas en Colombia (Valle del Cauca) y es un punto de partida para su aplicación en otras regiones de Colombia.

Basados en los estudios realizados para Antioquia a partir de la década de los 80's Roldán (1988), se propone un índice BMWPA basado en la calificación de las familias aquí encontradas. La tabla 6 presenta un listado de estas familias y la puntuación dada a cada una de ellas. Actualmente se está planeando adaptar el sistema

Tabla 6. Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del índice BMWPA para Antioquia (Colombia)

FAMILIAS	PUNTUACION
Perlidae, Leptophlebiidae, Euthyplocidae, Oligoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Ptilodactylidae, Gomphidae, Polythoridae, Lampiridae, Psephenidae, Blepharoceridae	10
Baetidae, Leptoceridae, Hyalellidae, Polycentropodidae Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Simuliidae Hydrobiosidae, Pleidae, Philopotamidae, Corydalidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae	8
Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Scirtidae Leptohipidae	7
Coenagrionidae, Ancyliidae, Lutrochidae, Noteridae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Dryopidae	6
Hydropsychidae, Dugesiiidae, Gelastocoridae, Notonectidae	5
Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Tipulidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Pyralidae, Belostomatidae, Mesovelidae, Dolycopodidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Naucoridae, Scarabidae	4
Glossiphoniidae, Physidae, Lymneidae, Nepidae, Planorbidae, Hydrometridae, Gyrinidae, Hydrophilidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Oligochaeta	1

Figura 1. Programa de evaluación de la calidad del agua



BMWPA para ser usado a nivel de género, con el fin de buscar una mayor sensibilidad en los organismos indicadores.

Programa de evaluación de calidad de agua

La figura 1 presenta un diagrama de flujo a través del cual se muestran las diferentes rutas a seguir en un programa de evaluación de calidad del agua, desde la obtención de los datos en el campo y el laboratorio hasta la publicación de los datos.

Literatura citada

Alba-Tercedor, J, 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería. Vol.II: 203-213.

Armitage, P.D., D. Moss., J.F. Wright., & M.T. Furse, 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-waters sites. *Water Res.* 17: 33- 347.

Armitage, P. D. & G. E. Petts, 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macroinvertebrates for conservation purposes. *Aquatic*

Consv. Marine and Freshw. Ecosyst. 2: 1-17.

Barbour, M.T., J. Gerritsen., B. D., Snyder & J. B. Stribling, 1995. Revision to Rapid Bioassessment Protocols for Use in Stream and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. EPA 841-D-97-002.

Beck, W.M, 1955. Suggested method for reporting biotic data. *Sewage ind. Wastes* 27: 1193-1197

Brillouin, L, 1951. Maxwells demon cannot operate: Information and entropy. I and II. *J. appl. Phys.* 22: 334-343.

Caicedo, O. & J. Palacio, 1998. Los macroinvertebrados bentónicos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actual. Biol.* 20(69): 58-70.

De Pauw, N & H. A. Hawkes, 1993. Biological monitoring of river water quality. Eds. W. J. Walley and S. Judd.. Anston University, U. K. 249 pp.

Ghetti, P.F & G. Bonazzi, 1981. I macroinvertebrati nella sorveglianza ecologica dei corsi d'acqua. *Consiglio Nazionale delle Riserche Aq/ 1/127.*

Jacobsen, D, 1998. The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of ecuatorial highland streams. *Archiv. Hydrobiol.* 143(2): 179-195.

Karr, J. R., 1991. Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications.* 1 (1): 66-84.

- Kolkwitz, R. & W.A. Marsson**, 1902. Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorg. Abwasser ein., 1: 33-72.
- _____, 1908. Ecology of plant saprobia. Ver. dt. Ges. 26: 505-519.
- _____, 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologische Gewässerbeurteilung. Internationale Reueu der gesamten Hydrobiologie 2: 126-152.
- Kothé, P.**, 1962. Dtsch. Gewässerkunde. Mitt. 6. 60.
- Kuhlman, M.L.** 1997. Indicação ambiental da qualidade das águas do estado de Sao Paulo (BR). Indices integrados com macroinvertebrados bentônicos e ensaios ecotoxicológicos. Experiência da CETESB. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del Valle, Cali.
- Liebmann, H.**, 1962. Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-biologie. Vol. 1. 2nd ed. R. Oldenburg, München, 588 pp.
- Lorenz, C.M., G.M. van Dijk., A.G.M. van hattum & W.P. Coffino.** 1997. Concepts in river ecology: implications for indicator development. Regul. Rivers: Res. Mgmt. 13: 501-516.
- Machado, T. & G. Roldán.** 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. Actual. Biol. 10 (35): 3-19.
- Margalef, R.** 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. P.Inst. Biol. Appl. 9: 15-27
- _____, 1956. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. Investigación pesq. 3: 99-106.
- _____, 1958. Information theory in ecology. Gen. Syste. 3: 36-71.
- Metcalf, J. L.**, 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. Environm. Pollut. , 60: 101-139.
- Monroy, E.T.** 1997. Evaluación limnológica del impacto de actividades mineras auríferas en ríos del norte de la Paz, Bolivia. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del Valle, Cali.
- Munné, A., Solà, C. & N.Prat.** 1998. QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnología del Agua. 175: 20-37.
- Ospina, R & D. Muñoz.** 1998. Guía para la identificación de los Ephemeroptera de la Sabana de Bogotá. Actual. Biol. 20(69): (en prensa).
- Pantle, R. & Buck, H.** 1955. Die biologische Überwachung der Gäwasser und die Darstellung der Ergebnisse. Gas-u. WassFach. 96. 604.
- Patrick, R.** 1949. A proposed biological measure of stream conditions, based on a survey of the Conestoga basin, Lancaster County, Pennsylvania. Proc. Acad. Nat. Scvi. Philad. 101: 277-341.
- _____, 1950. Biological measure of stream conditions. Sewage ind. Wastes. 22: 926-939.
- Pinilla, G. A.**, 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Centro de Investigaciones Científicas, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Santafé de Bogotá.
- Prat, N., I. Muñoz., G.Gonzalez., & X. Millet,** 1986. Comparación crítica de dos índices de calidad de aguas: ISQUA y BIL. Tecnología del Agua. 31: 33-49.
- Prat, N. & J.V. Ward,** 1994. The tamed river. In: Margalef; R. Limnology now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V.
- Prat, N.** 1998. Bioindicadores de calidad de aguas. En: Manuscritos Curso Bioindicadores de calidad de Agua. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Ramírez, J. J. & G. Roldán,** 1989. Contribución al conocimiento limnológico y de los macroinvertebrados acuáticos de los ríos de la región del Urabá antioqueño. Actual. Biol. 18 (66): 113-121.
- Pérez, G. & G. Roldán,** 1978. Niveles de contaminación por detergentes y su influencia en las comunidades bentónicas del río Rionegro (Antioquia). Actual. Biol. 7 (24): 27-36.
- Resh, V.H., H.N. Richard., & M.T. Barbour,** 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. Australian Journal of Ecology. 20: 108-121.
- Roldán, G.** 1980. Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. Actual. Biol. 9 (34): 103-117.
- _____, 1985. Contribución al conocimiento de las ninfas de efemerópteros (Clase: Insecta. Orden: Ephemeroptera) en el Departamento de Antioquia, Colombia. Actual. Biol. 14 (51): 3-13.
- _____, 1988. Guía para el estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN-Colombia. Colciencias- Universidad de Antioquia. Ed. Presencia Ltda, Santafé de Bogotá.
- _____, 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- _____, 1997. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del Valle, Cali.
- Shannon, C.E. & W. Weaver,** 1949. The mathematical theory of communication. pp. 19-27, 82-105, 104-107. The University of Illinois Press, Urbana, IL.
- Sheldon, A.L.** 1969. Equitability indices: dependence on the species count. Ecology 50: 466-467.
- Simpson, E.H.** 1949. Measurment of diversity. Nature 163 (4148), 688.
- Towsend, C.R. & M.R. Scarsbrook,** 1997. Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. Am. Benthol. Soc. 16(3): 531-544.
- Viña, G. & A. Ramírez,** 1997. Criterios de calidad del agua y su relación con el bentos en el área de influencia del oleoducto Cusiana-Coveñas. En: Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua. Universidad del valle, Cali.
- Washington, H.G.** 1984. Diversity, Biotic and similarity indices. Water res. 18(6): 653-694.
- Wilhm, J. L.** 1967. Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes. J. Wat. Pollut. Control. Fed. 39: 1673-1683.

- Wilhm, J. L., 1968. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*. 49: 153-156.
- _____, 1970. Range of diversity index in benthic macroinvertebrate populations. *J. Wat. Pollut. Control. Fed.* 42: 221-224.
- Wilhm, J.L & T.C. Dorris, 1966. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. *Am. Midl. Nat.* 76: 427-
- _____, 1968. Biological parameters for water quality criteria. *Bioscience* 18: 447-481.
- Woodwiss, F. S., 1964. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry*. 14: 443-447.
- Wright, J.F. P.D. Armitage., M.T. Fuse, & D.Moss, 1989. Prediction of invertebrate communities using stream measurements. *Regulated Rivers: Research and Manag.* 4: 147-155.
- Wright, F. F., 1995. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Australian Jour. of Ecol.* 20: 181-197.
- Zamora-Muñoz, C & J. Alba-Tercedor, 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(3): 332-352.
- Zúñiga de Cardoso, M.C, 1985. Estudio de la ecología del río Cali con énfasis en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad. *Rev. AINSA* 8: 63-85.
- Zúñiga de Cardoso, M.C., A. M. Rojas & S. Mosquera, 1995. Biological aspects of Ephemeroptera in rivers of southwestern Colombia (South America). *Proceeding VIIth International Conference on Ephemeroptera, Switzerland.*
- Zúñiga de Cardoso, M.C., A. M. Rojas & G. Caicedo, 1997. Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. En: *Bioindicadores Ambientales de la Calidad del Agua*. Universidad del Valle, Cali.

GIAMBATTISTA VICO: UNA NUEVA CIENCIA, LA HISTORIA, (1725)

por

Mario Laserna

Laserna M.: Giambattista Vico: Una Nueva Ciencia, la Historia (1725). Rev. Acad. Colomb. Cienc 23(88): 389-406. 1999. ISSN 0370 -3908.

Resumen

Con base en el análisis de la obra "Principios de una ciencia nueva en torno de la común naturaleza de los pueblos" publicada por Giambattista Vico en 1725, se demuestra en forma inequívoca cómo la actitud mental que dio origen a la ciencia de la naturaleza, inicia su ascenso y vida con Galileo y la Escuela de Padua, para dar lugar a una nueva ciencia cuyo contenido son los procesos históricos. Mediante la aplicación del método demostrativo a fenómenos expresables en el lenguaje cotidiano. Vico convierte el tema de una ciencia en proceso histórico, contradiciendo el positivismo de que solamente la matematización de los temas logra el rigor científico. Gracias a la ciencia de las capacidades de la mente, expresada inicialmente por Vico, la ciencia moderna puede revelar la variedad y complejidad de la naturaleza espacio-temporal.

Palabras clave: Giambattista Vico, Nueva Ciencia, Revolución científica, Realismo positivista.

Abstract

Based on an analysis of the work "Principles of a new science concerning the common character of countries", published by Giambattista Vico in 1725, the author shows how the mental attitude that gave rise to a science of character gave rise to a new science whose content consists of historical processes. Using his demonstrative method on phenomena described in everyday language, Vico transformed the subject of a science of historical process, contradicting the positivistic attitude that only by quantifying subjects could one achieve scientific rigor. Using the science of the capabilities of the mind, expressed first by Vico, modern science can reveal the variety and complexity of spatial-temporal character.

Key words: Giambattista Vico, New science, Scientific revolution, Postivistic realism.

El problema común a las distintas ciencias características de la modernidad y que hunden sus raíces en el Siglo XVII, el 'siglo viril' (como lo llama A.N. Whitehead) consiste en determinar cuál es la raíz epistémica que fundamente la unidad de los conocimientos los cuales, tanto por su forma como por su contenido, se dejan sistematizar bajo el rótulo de una ciencia específica. Y es precisamente, un inherente potencial de científicidad, propio al relato histórico, lo que infunde a los *Principios de una Ciencia Nueva en torno de la Común Naturaleza de los Pueblos* (Principi di Scienza Nuova...) (N.C.) aparecida en 1725, del napolitano Giambattista Vico, su amplia variedad temática. Por consiguiente conviene a la claridad y coherencia de nuestro estudio ir adquiriendo tanta capacidad de penetración sobre lo que una visión científica de la Historia exige, como sobre lo esencial e indispensable a un contenido capaz de ser organizado en un sistema científico. Sistema que tenga aplicabilidad a la realidad del relato histórico y cuya adecuación a éste sometida a comprobación o refutación por parte de los hechos constitutivos de ese mismo relato. No sobra comunicar al lector que el propósito viquiano de concebir la Historia como una ciencia fue conocido por Marx quien en una significativa nota de pie de página en *El Capital* dice: "... Ya que, como anota Vico, la diferencia esencial entre la historia natural y la humana consiste en que la segunda es producto del hombre y la primera no, ¿no sería entonces, más fácil escribir la de la tecnología humana que la de la tecnología natural?" Intentemos, por consiguiente, profundizar sobre el tema de la eventual científicidad de los hechos que conforman el Relato Histórico.

Dentro del lenguaje de los Siglos XVII y XVIII, las ciencias particulares adquieren su verdad gracias a su carácter *demostrativo*. Veamos entonces, para adentrarnos en el tema, en que consiste la acción de *demostrar* una ciencia en que se fundamenta la Revolución Científica (RC) del Siglo XVII. Ahí está la clave tanto de la verdad científica que determina la visión del Cosmos asociada con la modernidad como de la utilización de la Tecnología frente a la Naturaleza. El tema, cuya discusión apenas empieza por parte de los estudiosos de la Filosofía de la Ciencia y del concepto mismo de una *Historia como Ciencia*, es complejo y algo confuso debido a la materia misma que le es propia. El tema de la *Historia como Ciencia* requiere paciencia y concentración por parte del lector deseoso de cosechar este extraordinario y extraño fruto de la mente filosófica en que culmina la singular actividad creativa de la Revolución Científica.

1. Demostración y científicidad

Examinemos en detalle algunos aspectos del concepto de ciencia *demostrativa*, el cual ha dominado la manera de pensar sobre nuestra actividad cognitiva desde la antigüedad clásica logrando un notable repunte en el Siglo XVII. Es un elemento común de toda ciencia demostrativa y constituye parte de su objetivo explicitar la relación existente entre:

a) La mente humana dando origen a complejos/conjuntos de relaciones funcionales que sirven de fundamento a la científicidad (los célebres Juicios Categóricos de Aristóteles expresan, dentro del sistema epistémico del llamado *realismo ingenuo*, las relaciones funcionales-gramaticales de la cotidianidad en que se originan). *El magno aporte de la matemática consiste en extender a un lenguaje de base e intención epistémica no-sensorial, la actividad demostrativa, desplegada por la mente en el sistema cognitivo del llamado "realismo aristotélico"*. De esta manera el paradigma del realismo aristotélico se convierte, desde la antigüedad hasta Galileo en la vara de medir la legitimidad cognitiva de los constructos que se hagan en lenguajes diferentes a los del realismo aristotélico. Esa vara expuesta en los escritos del Estagirita y adoptados por el tomismo cobra renovada vigencia durante la explosión creativa de la Revolución Científica, no obstante el predominio del lenguaje geométrico conque formulan su teoría del Cosmos pensadores como Francis Bacon, Galileo y Descartes. Los constructos mismos de la geometría preeuclidea no son abstracciones a la Hilbert sino que nacen, en el antiguo Egipto, provistos de reglas semánticas orientadas al espacio-tiempo empírico. Un triángulo o un círculo geométrico siendo constructos de la Mente, admiten y requieren ser confrontados con objetos triangulares o circulares percibidos por los sentidos. Lo cual de ninguna manera implica que sus propiedades lógicas dependan de nuestro aparato sensorial. La gran pregunta kantiana de la Estética Transcendental sobre la posibilidad de los juicios geométricos formulada en términos modernos es: ¿Cómo son posibles las reglas semánticas de la matemática indispensables para que constructos puramente formales, obtengan referencia empírica? Las raíces kantianas del tema aquí tratado, dentro de tal escenario histórico, se hacen perceptibles para un lector asiduo de la Crítica de la Razón Pura.

Al orientarse la reflexión filosófica sobre la armonía pre-establecida perceptible entre la geometría preeuclidea y la realidad física, (de la cual nos da noticia Thales de Mileto) reflexión semánticamente comprometida con una porción específica de la realidad, se cae en cuenta de que la Mente humana para crear el juego científico requiere ella misma

ser la inventora del juego Ciencia Matemático-experimental. De ahí se llega no solamente a una nueva manera de concebir la Mente, sino también a captar que,

b) Utilizando esta dimensión preeuclidea de espacio a la cual, luego de un lapso de veinte siglos, se añade el concepto Galileano de movimiento acelerado (la variable Tiempo) se logra dar nacimiento, sin saltos ni discontinuidades, pero aumentada en grado superlativo la complejidad matemática, a la Ciencia Física actual de la Relatividad y los Cuanta.

c) De manera análoga a lo hecho en la Física con el espacio-tiempo, pero bajo la condición de atribuir a la mente actividades *constructivas* se llega mediante constructos de la Razón, a identificar los eventos constitutivos del relato histórico-mítico. Estos relatos, inicialmente impregnados de un lenguaje mítico apropiado a su contenido, al pasar de la prehistoria a la Historia permiten,

d) Postular posibles eventos en calidad de *anticipaciones* del devenir histórico capaces, no obstante su carácter de meras *anticipaciones* de obtener una *verificación o refutación empírica*. Condiciones de verificabilidad referidas a eventos expresados en tradiciones de tipo heroico o de *Teogonias cum Creacion del Mundo* (La Ilíada. La Biblia...) Eventos los cuales, por causa del lenguaje mítico en el cual son expresados, no habían sido identificados adecuadamente en el relato histórico mismo como hechos históricos, en el sentido moderno de ese término.

Estos eventos, una vez detectados, se pueden integrar a una unidad o totalidad conceptual y metodológica la cual, (ello es lo sustancial de la noción viquiana) queda *expresada en una historia eterna e ideal*. Ocurre lo mismo con la estructura epistémica de la física galileana establecida en la R.C. de acuerdo con el paradigma geométrico establecido por el método analítico-resolutivo, no por el sintético asociado con la deducibilidad puramente lógica o formal. Comparando la Física con la Historia, y percibiendo su raíz común por ser ambos constructos de la mente, encontramos, en consecuencia, como notas compartidas.

1. Pluralismo en cuanto al contenido, sin menoscabo de la unidad de método.

La variedad temática que se presenta en la experiencia histórica debe ser considerada parte integral de su eventual cientificidad; en consecuencia, no debe ser discutida de manera separada de las relaciones funcionales que la constituyen ni de su capacidad para proponer anticiparnos. Porque en la *Ciencia Nueva* de Vico, la cual está basada en la demostración, el método y la plurali-

dad de contenido constituyen una unidad¹. Hasta el punto de que aun un error particular que se cometa en un asunto filológico puede validar una verdad filosófica al establecer una referencia pertinente hacia una área temática específica. El detalle fáctico, como experimento de pensamiento, aun cuando esté equivocado en el contenido, puede servir un fin útil al destacar nuestra capacidad de intelegir una totalidad orgánica (creación de la Mente) relacionando Teoría y Praxis. (La fundación de una ciudad; El Paraíso Perdido; un diluvio universal; la noción de un Padre Fundador; la existencia de una etnia originaria... (Moisés, Quetzalcoalt, Bochica, Eneas, los arios...). Una equivocación en cuanto al contenido individual puede, sin embargo, indicarnos *hacia dónde debemos mirar en busca de una validación experimental*. Se trata de un método capaz de anticipar la realidad, como ocurre con toda teoría con poder predictivo frente a esa misma realidad objetivamente concebida. *Establecido esto, procederemos, sin referencias o alusiones a un contenido propiamente histórico, orientando esta exposición sobre parámetros epistemológicos; los cuales se originan en una Metafísica de la Mente incorporada al tema mismo del acontecer histórico. Mente no pasiva, alimentada de datos sensoriales, sino Mente creadora de conceptos que sirven de base a la ciencia experimental*. En síntesis: La Revolución Científica asociada a los nombres de Galileo y Newton no es concebible sin una previa aceptación de que el método científico vigente en nuestros días (llamémoslo racionalismo experimental) en sí mismo, es, como los constructos de la matemática *también* un invento de la Mente.

Confiamos en los párrafos que preceden haber logrado un mínimo de claridad sobre los parámetros conceptuales que caracterizan el presente estudio. De lo contrario estaríamos adentrándonos en un verdadero laberinto filosófico proveniente de mezclar temas y hechos de contenido histórico con los principios mismos de una Teoría de la Historia; o, lo que sería peor aún, con los hechos históricos mismos. En efecto, desde comienzos del siglo XX; quizás aún más atrás, desde que aparece la filosofía

¹ Este principio fue formulado por Kant cuando estableció que la ley suprema de su idealismo trascendental está expresada en el siguiente principio: "Las condiciones de posibilidad de la experiencia (conocimiento científico) son también condiciones de la posibilidad del objeto de la experiencia". Además, en el Prefacio (Bxi-Bxxv) a la Segunda Edición de la Crítica de la Razón Pura, decide Kant adoptar para su Crítica de la Razón, idéntico camino epistémico (la demostración) al que adoptaron los geómetras griegos para la Geometría y veinte siglos más tarde Galileo para la Cinemática.

crítica kantiana con su planteamiento *no sobre el hecho de la Ciencia* en sí, sino sobre su *posibilidad*, algunos filósofos interesados en el lenguaje propio de la ciencia se dieron cuenta de la necesidad de precisar cual sea el origen de cada lenguaje específico a una área científica. El tema se convierte en Escuela filosófica con el llamado Círculo de Viena a través del *Tractatus* de Wittgenstein y de los estudios de Sintaxis y Semántica de Carnap y otros; con aplicación y atención especial a la fundamentación de la física-matemática experimental y de la Lógica. Es, dentro del escenario filosófico de esta última y espectacular transformación de la Mente en que se fundamenta la Revolución Científica donde debe el lector de abstrusos temas filosóficos ubicar el presente Ensayo. Su temática no son los fenómenos de la naturaleza espacio-temporal en sí misma sino las diversas formas conceptuales y lenguajes en que homo-sapiens intenta convertir sectores de la naturaleza en tema de una ciencia. Limitando nuestro tema, como lo hizo Vico, al de la Historia buscamos relacionarlo con la Transformación o Metafísica de la Mente que da origen a la Revolución Científica.

Estos Prolegomena a una Teoría de la Historia, aunque breves frente a la complejidad del tema, han sido necesarios a fin de precisar la contribución de Vico a una Ciencia de la Historia; por la sencilla razón de que, en lo que se refiere a científicidad, la argumentación requerida es esencialmente algo más abstrusa que cuando nos ocupamos con los sistemas de un cálculo geométrico. En efecto, estos últimos son de por sí lógicamente tan transparentes como intuitivos; igual a como ocurre con todo dato propio a la geometría o a una teoría gravitacional a la Newton. En cambio, cuando consideramos la materia que se aplica a los datos históricos, la técnica apropiada para convertirlos en tema de una ciencia *demostrativa* da origen, al siguiente problema: ¿Cuál es el lenguaje que se utiliza para expresar y proponer los principios y hechos que constituyen la experiencia histórica? La posibilidad misma de plantear tal pregunta indica que en nuestra investigación *hemos dejado atrás aquello que se refiere a las ciencias de la naturaleza. Estamos a la búsqueda de un lenguaje que exprese realidades cognitivas diferentes a las de la Ciencia Física. Avanzando así, en el arduo camino que nos conduzca a una Ciencia de la Historia.*

Síntesis de lo expuesto; examinando, de manera prevenida el período histórico conocido bajo el nombre de "La Revolución Científica del Siglo XVII". Asociada a los nombres de Galileo, Newton, Leibniz y otros se llega a la conclusión de que tan extraordinario escenario

histórico que da nacimiento a la Modernidad requiere, como condición previa para surgir, una transformación en el concepto de la mente humana propugnado por el realismo aristotélico-tomista. En efecto, para llegar al constructo mental llamado 'ciencia matemático experimental' es condición *indispensable* abandonar como principio cognitivo supremo el célebre principio del realismo cognitivo según el cual "*nada hay en la mente que no haya pasado previamente por los sentidos*" que domina nuestra visión de la cotidianidad. Cotidianidad expresada en los célebres "juicios categóricos" del Aristotelismo. Si toda nuestra posibilidad de pensar estuviera reducida a los juicios categóricos, la Ciencia Física moderna no hubiera podido surgir. Más aun, ese principio (el que limita el pensamiento a lo formulable dentro de los juicios categóricos) —lo estuvo hasta comienzos del Siglo XVII— aplicado dogmáticamente no sólo lleva a conclusiones erradas sino bloquea el acceso a toda la creación de la matemática, incluyendo la de la Grecia de Pitágoras, Euclides y Arquímedes. Quitando, además, toda racionalidad a las creaciones de la Física Matemática-Experimental que sirve de base a la tecnología moderna. La Revolución Científica del Siglo XVII requiere que la Mente sea considerada una facultad creativa *de modelos matemáticos capaces de anticipar las estructuras de la realidad.* Cuales de esos modelos anticipatorios corresponden a la realidad espacio-temporal se descubre por medio de experimentos. O sea que, como enseña Francis Bacon el experimento científico no se limita a percibir datos sensoriales espontáneos sino que indaga si determinado complejo sensorial, anticipado por una creación matemática, forma parte de la realidad. De ahí la inmensa importancia para la Ciencia del célebre dicho de Galileo "¡El gran libro del mundo está escrito en el lenguaje de la geometría!"

¿Cuáles de entre las múltiples expresiones de ese lenguaje que la mente inventa corresponden a la realidad?, lo decide tanto el ingenio de quienes inventan los conceptos o modelos matemáticos mismos, como el de quienes diseñan los experimentos que mediante complejas observaciones prescritas por la Teoría las verifican como realidad o como ficción. No caben dudas, por consiguiente, que sin una nueva ciencia de las capacidades de la mente aparecida a comienzos del Siglo XVII, la ciencia moderna no podría revelarnos la variedad y complejidad de la Naturaleza espacio-temporal conque termina este segundo milenio, cuyo siglo más espectacular y fructífero ha sido el XX, recogiendo la cosecha que sembró el XVII. Empero, no debemos limitarnos a pensar que la nueva misión de la mente no deba extenderse a áreas diferentes de la realidad a las que cubre la Física de Galileo.

En efecto, para abarcar la modernidad en toda su amplitud y complejidad debemos hacer el tránsito de la Física y la Biología a aquellas áreas de experiencia que el pensamiento alemán del Siglo XIX llama "Ciencias de la Cultura". Guardando la unidad del método y de la razón que permitió los grandes avances de la R.C.

Reiteramos, finalmente, una vez más nuestro propósito: Se trata en este Ensayo, guardando celosamente la continuidad del método, de mostrar en forma inequívoca cómo la actitud mental que da origen a la ciencia de la naturaleza inicia su ascenso y vida con Galileo y la Escuela de Padua para desembocar, cuatro generaciones más tarde, en esa Nueva Ciencia de Vico cuyo contenido son los procesos históricos. Sin que el cambio de contenido (infraestructura) conlleve la necesidad de acudir a un lenguaje diferente al de la vida diaria. Como, si es el caso de la Física cuando adopta como su lenguaje propio el de la matemática. Porque hoy día percibimos con toda claridad que es precisamente ese lenguaje de la vida cotidiana, de carácter aristotélico y humeano, lo que fue necesario sustituir para producir aquella modificación de la mente que hace posible la R.C. La gran visión viquiana sobre la posibilidad de convertir en tema de una ciencia el proceso histórico consiste en haber descubierto cómo aplicar el método demostrativo a fenómenos expresables en el lenguaje de la vida diaria. Tanto en referencia a su contenido como a su forma. Rechazando, de esta manera el principio tan cientifista como falso y caro al positivismo de nuestro siglo XX de que solamente mediante la matematización de los temas puede alcanzarse rigor científico. No constituye el menor mérito filosófico de Vico proclamar que la científicidad de la Historia es expresable en el lenguaje de la cotidianidad.

1. La revolución científica y la nueva ciencia de Vico

Vamos a empezar una exposición dedicada a Vico y a su manera de emplear la actividad demostrativa de la mente en la creación de una Ciencia Nueva, señalando el acontecer histórico como objeto y contenido de esa Ciencia. De ahí que, aunque ignorado por muchos tratadistas, quienes conocen e investigan con la necesaria profundidad la *Scienza Nuova* (C.N.) viquiana consideren a Vico el padre de la Historia como Ciencia.

En las partes transcurridas del presente Ensayo establecimos que el acto de la mente designado como demostrar sentó las bases en la R.C. para crear tanto las Ciencias Naturales, por parte de Galileo y la Escuela de Padua, como también al ser aplicado a la Ciencia Social, en el caso de Hobbes dar origen a su famoso *Leviathán*.

A través del procedimiento de la demostración *Leviathán* imprime carácter científico al supuesto pacto de asociación en que se origina la sociedad civil. Dentro del conjunto de la creación científica quedaría sin elaborar un tercer tema el cual también se aspira a convertir en Ciencia. *Este tercer tema se origina en la existencia del proceso histórico y lo que en él aparece como propio a la existencia de las distintas naciones.* A este problema se enfrenta el napolitano Gianbattista Vico, quien en 1725 publica su *Ciencia Nueva*. Obra frecuentemente ignorada en eruditas Historias del Pensamiento Filosófico tradicional quizás tanto por lo abstracto de sus argumentaciones como por la sutileza de su punto de vista. (O por lo inadecuado de la visión tanto realista como positivista sobre las bases epistémicas del conocimiento científico, que utilizan sus autores.) Lo cual no impide que la magnífica obra de Vico haya influido ocasionalmente en obras de filosofía aparecidas tanto en Alemania como en Francia o Inglaterra; y en la misma tierra natal de Vico, Italia, cuando se adopta como tema especulativo el proceso histórico.

No es en ningún momento mi propósito exponer el principio científico que determina el contenido de la Nueva Ciencia de Vico en sus diversas y variados aspectos como son en primer término el histórico; y de manera derivada el sociológico, el lingüístico, el religioso, el referido a la actividad jurídica, o cualquier otro relacionado con las Ciencias Sociales. Basta con anotar que la obra posee singular profundidad en cuanto señala una actividad —la del relato histórico— de la mente que se extiende a todos los aspectos de la vida civil de las naciones.

2. Galileo y Hobbes, predecesores de Vico

Nuestro actual empeño y propósito quedan exclusivamente restringidos a mostrar que la pretensión de Vico de estar haciendo una obra científica está fundamentada en aquella *Metafísica de la Mente que hizo posible la Revolución Científica*. De esto es perfectamente consciente el mismo Vico quien conoce bien cuáles han sido los constructos de la Física Galileana tanto en su dimensión teórica como en su aspecto experimental. Así también como le es familiar la actividad de Hobbes al proveer fundamento a lo que el celebre autor de *Leviathan* llama la Sociedad Civil. Esta diversidad temática, integrada de manera adecuada en una totalidad, crea una unidad que proviene (como analogía con el caso de la Física, la cual se extiende no sólo a la Mecánica y la Óptica, sino a todo lo que posteriormente se ha convertido en tema de ciencia Física), de los atributos de la mente misma. Y es, precisamente, para lograr la dimensión de científicidad que Vico reclama validez, en cuanto ver-

dad, para este modelo suyo de una historia ideal. La cual existe como visión de la mente y contiene lo que una concepción científica de la Historia exige.

De esta manera obtenemos una visión de lo que se puede organizar como sistema; y luego de la manera cómo éste sistema puede ser aplicado a la realidad para probar su adecuación o validez. Existe en este campo una interrelación propia a cualquier ciencia demostrativa entre A (lo que la mente inventa como una serie de principios funcionales) los cuales están referidos a una segunda cuestión que llamamos B, la cual está constituida por una porción de la realidad. Y así, finalmente, obtenemos las anticipaciones que se refieren a lo que es empíricamente verificable y que están o constituyen eventos en la historia del pasado. Una vez que han sido detectados estos eventos ocultos, pueden quedar integrados a una totalidad conceptual y metodológica, a la que llama Vico "la Historia Eterna". Este mismo proceso epistémico está vigente en la Física de Galileo y ello (constituir ese modelo) es lo que da lugar a la Revolución Científica. Tengamos en cuenta como punto de partida de la R.C. que *demonstrar* no se refiere, como habitualmente se piensa, el aspecto de *deducibilidad lógica* vigente en los sistemas axiomáticos o deductivos en los cuales simplemente se parte de un conjunto específico de axiomas o proposiciones para ir deduciendo otras que, en asocio con las que sirven de punto de partida le dan cuerpo científico al área temática respectiva.

3. Pluralismo temático. Contenido y unidad de método

La variedad temática que se presenta en la experiencia histórica debe ser considerada parte integral de su científicidad y, en consecuencia, no será tratada en el presente ensayo en abstracción ni de las relaciones funcionales ni de su eventual capacidad predictiva. Por eso, una Ciencia Nueva basada en la demostración, incluyendo tanto método como variedad temática, se constituye en una unidad holística. Esta unidad holística es tan fuerte que, inclusive si un error llega a ocurrir en una cuestión filológica, ello no impide que a través de este error se pueda validar un aspecto filosófico, simplemente orientando la referencia hacia un punto de vista particular temático que sea pertinente. Un ejemplo o Constructo específico en su calidad de "experimento mental" (o como dicen los tratadistas en inglés un *thought experiment*) aún cuando nos presente un constructo que no corresponde a una posibilidad de carne y hueso puede servir un propósito útil haciéndonos conscientes de nuestra capacidad de impartir inteligibilidad a una totalidad orgánica. En efecto, puede sugerir en qué dirección, dentro de qué categorías conviene orientar

la mente o los sentimientos con miras a obtener una actitud vivencial acertada (cual es el caso con las enseñanzas moralizadoras de los cuentos de hadas en los niños; o las novelas de Dostowiesky y Flaubert así como los Ejercicios Espirituales de Loyola en los adultos). Ciertos constructos de la literatura, del planeamiento militar y empresarial o de la vida espiritual son, por consiguiente, un método de anticipar la realidad igual a como ocurre con cualquier teoría científica que tenga capacidad predictiva. Una vez aclarado el papel psicológico y de empleo de las facultades creativas y analíticas de la mente en la creación de escenarios posibles, continuaremos en nuestro tema sin aludir a cuestiones de contenido; *concentrando, eso sí, nuestros esfuerzos en identificar los parámetros epistémicos (la Metafísica de la Mente) que imparten contenido esencial al tema histórico.*

4. Bajo el signo del realismo positivista

Cualquier intento de establecer un principio de unidad en cuanto al concepto de ciencia adoptado por los creadores de la RC, sin tomar en cuenta las salvedades y precisiones hechas arriba, nos expondría a un serio riesgo, de ello no me cabe ninguna duda, de extraviarnos en un laberinto filosófico. Por la sencilla razón de que, *en lo que se refiere a la aplicación de la demostración a la experiencia histórica, el asunto es bastante más abstruso y sutil que cuando teorizamos con algoritmos de cálculo y con datos de la intuición sensorial tomados de la Geometría Euclídea o de la Teoría Gravitacional de Newton.* Por otra parte, evitar tales riesgos requiere, por parte de los estudiosos de la Historia de la Ciencia, cobrar plena conciencia que la interpretación empiricista-realista de la ciencia a que estamos habituados *no es, de ninguna manera, la única posible no obstante ser, por carencia de una visión crítica frente al positivismo, la más frecuente en nuestros días* por parte de comentaristas e historiadores del proceso científico. Conviene, en consecuencia, que el lector esté preparado para adoptar, *así sea como mera hipótesis de trabajo*, una nueva interpretación. Interpretación consistente en asumir que la R.C. se origina en una transformación de la mente que aun no ha sido formulada, me atrevería a decir, ni siquiera percibida por los eruditos en la materia. Nuestro intento de modificar el criterio positivista Humeano con el cual nos es conocido un fenómeno tan importante para nuestra visión del Cosmos como la R.C. conlleva, en consecuencia, superar algunas serias dificultades.

Dificultades de carácter más epistémico que psicológico por cuanto provienen de la complejidad misma de la realidad que nos describe la Ciencia; y no únicamente del vigor intelectual del estudioso para manipular

constructos simbólicos. Por otra parte se considera que aceptar alternativas al realismo ingenuo, nos llevaría a un idealismo incompatible con el carácter experimental de la Ciencia Física de la modernidad. Por consiguiente, antes de entrar a considerar la aplicación a datos históricos de la técnica propia a una ciencia demostrativa, como cuestión previa algunos principios y términos preliminares deberían quedar discutidos y definidos: *¿Cuál es el lenguaje utilizado en exponer los principios y hechos constitutivos de la experiencia histórica?* Evidentemente, a lo menos hasta ahora, *no ha sido el lenguaje de las matemáticas empleado por la ciencia Galileana-newtoniana*. Ni para el caso concreto histórico (objeto de la filología) como tampoco para la metalengua de esta ciencia (la filosofía), la mente utiliza relaciones funcionales y descriptivas tomadas de la experiencia diaria individual. *Ya sea en cuanto a las estructuras lingüísticas (sintácticas y semánticas) que permiten emitir juicios; ya en cuanto al contenido mismo de estos juicios.*

Tanto en el caso de la experiencia histórica particular como de su integración a una determinada interpretación (económica, política, biogenética, climática, religiosa, etc. ...) especulativa de la historia, ambas interpretaciones están expresadas en el idioma de la vida diaria. O sea que a diferencia de lo que ocurre con el lenguaje de la Ciencia Física, es mediante el empleo de la Sintaxis aristotélica y de una Semántica correspondiente que alcanzamos visión y perspectiva del fenómeno histórico. Empero, precisamente ese lenguaje cotidiano propio a la visión aristotélica es el que debe ser abandonado para producir aquella *modificación de la mente* adecuada a la R.C. Creándonos esa capacidad de abarcar y sistematizar el área cognitiva que el Siglo XVII llamo *Filosofía de la Naturaleza (Philosophy of Nature)*; y que el actual denomina *Filosofía de las Ciencias Naturales* con el ánimo expreso de diferenciarla de las Ciencias del Espíritu.

Acatando normas demostrativas de su época –*Galileo y Newton para el Cosmos (Las Dos Ciencias Nuevas del primero y los célebres Principia del segundo)*; *Harvey para la medicina*; *Hobbes, para la Sociedad Civil*– la posibilidad de convertir en ciencia el relato histórico inspira al napolitano Giambattista Vico su *Ciencia Nueva (C.N.)* aparecida en 1725. La tarea viquiana no es trivial. Realizar su propósito no es fácil ni en cuanto al método que debe emplearse ni en cuanto al contenido o materia del asunto tratado. Dispone Vico, eso sí, de pautas científicas establecidas por los diversos Tratados y Filosofías de la Mente y del Entendimiento característicos de la explosión de talento creativo que ilumina el horizonte intelectual de su época. *Explosión de talento que nos lego*

obras dedicadas a la Filosofía de la Naturaleza cuyo alcance epistémico en cuanto a método, contenido y fuente de inspiración ha sido falseado por el positivismo dogmático propio al neo-realismo empiricista conque a partir del siglo XIX ha sido expuesto por historiadores y eruditos de la Historia de la Ciencia. En efecto estos últimos arrancando con Hume, adoptan el contenido dogmático en la Ilustración, el cual se sistematiza con el aporte de la lógica inductivista de John Stuart Mill para desembocar en el positivismo de inspiración matemática y formalista de Russell, Carnap y el Wittgenstein del Tractatus.

Dejamos a un lado, con esta breve alusión al contexto epistémico de la R.C., el antipositivismo de quien aporta a la Ciencia de la Lógica las únicas adiciones sustanciales que han tenido lugar desde los tiempos de Aristóteles: Gottlob Frege. Olvidemos, en consecuencia, para efectos de la presente discusión el neopositivismo de quienes, en nuestro siglo, desde Viena y Chicago nos han impuesto las pautas de interpretación de la R.C. Regresemos a la posición no-positivista que durante tan importante período del pensamiento cognitivo asume J.B. Vico preocupado por una Ciencia del Relato Histórico. Reconstruyamos, con base en los textos, *el camino del pensamiento viquiano; así también iremos captando la tergiversación que del concepto de cientificidad adoptado por la R.C. representa el dogmatismo positivista de nuestro propio siglo XX!* La originalidad de la visión viquiana en relación con la cientificidad, consiste en descubrir cómo aplicar el principio de la demostración a fenómenos expresados en el lenguaje de la vida diaria. Para constituir una ciencia es necesario referirla a segmentos de la realidad. En el caso de la historia, la realidad la experimentamos en el contenido espontáneo e intuitivo de la experiencia de la vida cotidiana; la cual se expresa en el lenguaje común y corriente de una comunidad tanto en cuanto a su contenido como a su forma.

5. Demostración y comportamiento institucional

Una vez el carácter científico de la acción cognitiva adquiere su validación en la actividad demostrativa, la mente Postrenacentista se lanza por el camino de la modernidad el cual la conduce a los amplios horizontes de la creación científica: *La tarea por realizar consiste, entre otras varias, en inventar maneras de aplicar la demostración, el método resolutivo-analítico de Descartes, a contenidos que no sean de tipo matemático.* Para el caso de una Ciencia de la Historia, su carácter de Ciencia exige determinar cómo encajar el quehacer de la vida diaria dentro de un contexto demostrativo; se deben pre-

cisar aquellas modificaciones de la mente que permitan formular relaciones o funciones de carácter histórico. *Estas relaciones deben de tener validez intersubjetiva, no obstante describir el comportamiento humano social en términos de comportamiento individual.* Empero, se trata de un comportamiento sometido a normas y principios provenientes de modificaciones de la mente que comportan, precisamente en virtud de su carácter cultural, un papel institucional significativo. Son las instituciones no el individuo sico-somático, las que nos revelan el factor dominante y permanente de la existencia histórica. *El punto de vista adecuado para entender el proyecto científico que se origina en Vico consiste en captar a homo-sapiens en su condición no sólo social prescrita por el Aristotelismo, sino en la de una sociabilidad sui-generis de animal institucional.* Es a través de una dimensión institucional que el ser humano revela tanto su racionalidad como su historicidad. *El relato histórico sin un enmarcamiento expresado en cambios traducidos al lenguaje de las instituciones carece de contenido propiamente histórico.* Las grandes personalidades, (los héroes de Carlyle) logran imprimir un carácter personal a la vida institucional, ello no se discute. Las instituciones, en consecuencia, debemos concluir, son a la Historia lo que las funciones matemáticas a los parámetros de la Física. Parafraseando a Galileo, podemos declarar: *"El gran Libro de la Historia está escrito en el lenguaje de las instituciones"*. Todo lo que nos da acceso a vivencias humanas está, necesariamente, plasmado y expresado en la vida de las instituciones.

La relación entre supervivencia de la persona humana e instituciones es, por una parte, descriptiva, y por otra, constitutiva de estructuras universales, de actitudes que expresan "El espíritu de las Instituciones", no solamente el de las leyes. Grupos étnicos diferentes sometidos a las mismas instituciones, como es el caso de los Estados Unidos, de Suiza o de España, adquieren una personalidad común y característica a esa nacionalidad. Poco importa que las instituciones lejos de asumir formas puras platónicas adquieran colorido local, presentándose a nuestra visión actual mimetizadas por causa de las circunstancias de tiempo y lugar vigentes en donde las *experimentamos* empíricamente. Con variaciones semejantes a las que afectan la vida familiar sometida a cambios climáticos o de guerra y de paz. *Lo que la mente del científico del acontecer histórico inventa es su aspecto ideal, no su forma empírica particular. Ese es problema del sociólogo y del antropólogo.* Las instituciones, en cuanto entidades intermediarias de comportamiento se integran a estructuras geopolíticas y normas de conducta individuales propias al espíritu de los tiempos. Para decirlo en términos

modernos: *Cumplen un papel de intermediación entre lo biológico, la obediencia ciega del animal al instinto, y lo cultural.* Como es el caso de los animales cuando obedecen un determinismo filogenético en el cual los signos exteriores dan ocasión a un comportamiento propio a cada especie (construir nidos, defender un territorio, cuidar de las crías ...); comportamiento el cual exhibe características muy poco flexibles.

6. Globalismo y determinismo

Parte del problema originado por el actual globalismo, proviene de la pretensión de un imperialismo cultural de imponer a las formas institucionales particulares una universalidad producto del imperialismo y de ciertos bienes de consumo. Para mantener la diversidad están las liturgias variadas del ceremonial de la Iglesia Católica; o la necesidad de aceptar un Eurocomunismo; o un marxismo para la China diferente al de Rusia. La tecnología post-industrial, no obstante, adoptada globalmente va eliminando diferencias. Un caso análogo al de la diversidad idiomática de los pueblos del Nuevo Mundo en la época anterior al Descubrimiento, diversidad que tiende a desaparecer ante el avance de un idioma imperialista que arrasa con los lenguajes locales. Como ha ocurrido con las lenguas indígenas de América del Norte frente al Inglés y, en menor grado, en las del Sur frente, al Castellano.

Al no tomar en cuenta la manera cómo el factor filogenético afecta el comportamiento de los seres humanos, surge la tendencia a atribuir diferencias de comportamiento al capricho personal, a la educación recibida, la mera ocurrencia, o a la suerte de cada persona. *En estas circunstancias el acontecer histórico aparece como el campo de conducta opuesto al determinismo de lo filogenético;* como la resultante de una conducta del ser humano basada en el libre arbitrio de cada individuo. Un libre arbitrio que necesariamente se ejerce dentro de normas culturales y de conducta ética prescritas por la circunstancia histórica. Recordemos dentro de este tema la célebre frase de Federico el Grande a sus cortesanos: *Pensad como os venga en gana... pero obedeced!* Evidentemente, el Prusiano reconocía la existencia del libre albedrío; y, precisamente por creer en la libertad del individuo le pide a éste condicionar patrióticamente sus actos a lo que determine el Estado. Obrar con libertad no implica, como piensan algunos, carecer de móviles para adoptar una decisión sino estar en capacidad de decidir como actuar. Afortunadamente, los seres humanos, no requerimos definir la libertad en la teoría sino ejercerla en la práctica. Sin ofrecer una solución al dilema que opone libre arbitrio y determinismo biológico, la ciencia moderna, especialmente la psicología y la medicina, apor-

tan a través de sus investigaciones nuevos y complejos datos a tan perdurable tema.

Al introducir una mediación institucional entre la percepción sensorial por una parte y el acto cognitivo del sujeto que determina la acción voluntaria por otra (voluntad condicionada por elementos sicosomáticos y tribales propios a todo ser humano) Vico establece el escenario concreto en que cobra realidad una Historia eterna e ideal. Dentro de una continuidad institucional que arrancando del paleolítico llega hasta el actual comportamiento de homo-sapiens en su etapa post-industrial. Sin la ocurrencia de saltos genéticos que rompan la continuidad entre el presente y las etapas anteriores inspiradas en la sabiduría poética o la virtud heroica. El instrumento requerido para captar la demostración de esta continuidad del proceso histórico lo suministra la mente (en este caso, la de Giambattista Vico) y su capacidad para inventar o definir (ésta es la inducción propiamente baconiana) las instituciones que vienen a liberarnos, así sea parcialmente, de la servidumbre filogenética que nos ata a la naturaleza. En nuestra opinión la introducción de una mediación institucional la cual fija condiciones al comportamiento del zoon-politikon de Aristóteles y la Escolástica es lo que hace posible la científicidad de la Historia².

La Historia ideal y eterna viquiana, en consecuencia, se nos presenta, conceptualmente, estrechamente entrelazada con la Historia de las Instituciones de cada conglomerado social en cuanto factores condicionantes de la conducta individual. Factores los cuales hacen posible, sin embargo, un estilo de comportamiento el cual, al trascender el determinismo biológico, hace que el relato histórico de los cronistas e historiadores sea posible. Relato cuya diversidad quizás correspondería estudiar a la Antropología Cultural. Relato donde están relacionados comportamiento individual y forma institucional. Mientras que en la conducta del animal domina lo que llamamos instinto, sin referencia institucional, el ser humano está capacitado, y solamente él lo está, para asumir un comportamiento histórico-cultural que hace posible que se entienda su conducta en un contexto de libertad. Cada relato histórico testimonia de un nivel de su-

pervivencia mas allá de lo puramente biológico. Este “*más allá de lo biológico*” impregna su identidad histórica-cultural.

7. Las instituciones y la historia

Una vez tal principio de supervivencia histórica queda establecido, las coordenadas que permiten una descripción del comportamiento en el cual se origina la científicidad, están suministradas por algunas instituciones específicas de carácter ideal y eterno. Frente a éstas, todas las otras adquieren carácter de instituciones derivadas (superestructuras) y dependen, en cuanto a su inteligibilidad, en ser captadas por el Entendimiento ante el cual exhiben un carácter original. Como resultado del descubrimiento viquiano de las instituciones ideales/eternas constitutivas del escenario en que se ejerce el libre albedrío surgen, para su Nueva Ciencia resultados significativos:

A. El dilema de un destino ciego, o uno en el cual la circunstancia fortuita (buena y mala suerte) determina el comportamiento humano, queda superado.

B. La posibilidad de un cambio histórico sometido a un sistema de primeros principios y axiomas, permitiendo interpolaciones hacia el pasado y el futuro análogas a aquellas que se pueden hacer en Geología o en Astronomía, obtiene un estatus y una validez fundamentada en el método mismo de la ciencia. (Teorías como la del Siglo XVIII sobre el progreso indefinido; o la del XX de la sociedad sin clases; o la de una democratización del poder político)

C. La Filología, con la totalidad de las ciencias culturales, se convierte en un instrumento capaz de reconstruir el pasado institucional de la humanidad en tanto que expresiones surgidas de modificaciones de la mente, condicionadas, sin embargo, por las instituciones definitorias de la infraestructura.

D. Todo lo expuesto, hasta ahora, por nosotros constituye tema de la Sección IV de la N.C. viquiana en donde bajo el subtítulo “*En cuanto al Método*”, se nos dice: “338. *Para completar el establecimiento de los principios que han sido adoptados para esta ciencia, nos resta discutir en este primer libro el método que debe seguirse... El cual debe empezar donde empieza su propio tema... Por consiguiente, debemos remontarnos al pasado con los filólogos y extraer estos principios de las piedras de Deucalión y Pirra; de las rocas de Anfión, de aquellos hombres que salieron de los surcos de Cadmus o del duro nogal de Virgilio. En cuanto a los filósofos, “(el método)... debemos obtenerlo de los sapos de Epicuro, de las cigalas de*

2 Las diferencias visibles de comportamiento entre los seres humanos y otros animales sociales, (perteneciendo a la última categoría una vasta diversidad de mamíferos, pájaros, peces y de manera paradigmática los insectos sociales) quizás se origine en que estos últimos aunque sociales carecen de instituciones que expresen “una modificación de la mente” (su estructura filogenética condiciona el comportamiento, el cual carece totalmente de flexibilidad).

Hobbes, o de los hombres primitivos de Grocio; de aquellos hombres que fueron arrojados a este mundo sin protección o ayuda de Dios... grandes y salvajes como esos Gigantes que llamamos Pies Enormes... "Es en el ambiente de estos orígenes cargados de mito que las instituciones que adquirieron dominio sobre estos hombres salvajes primero cobraron forma. "A fin de descubrir la manera en que los primeros pensamientos humanos surgen en el mundo de los gentiles... se requiere partir de alguna noción de Dios, aún de la que tiene el hombre más primitivo, salvaje y monstruoso... Ese hombre, caído en la desesperación frente a los acontecimientos de la naturaleza, requiere de algo que lo venga a salvar" (C.N. 338-39). De qué manera, aplicando qué principio, de tales experiencias de la prehistoria hemos de obtener conocimiento en cuanto al método a emplear, para entender la Ciencia del Relato Histórico, Vico no nos dice nada que nos aclare el asunto.

Con estas afirmaciones anticipa Vico algunos aspectos de la mentalidad que tienen los modernos y que podemos llamar "Biología de la Religión". En ella se le atribuyen diversas funciones a la religión tales como: Liberar al hombre de la sujeción al determinismo natural, el cual es ciego. Lo cual tiende a promover su supervivencia institucional. Dar comienzo al proceso de cambio (el proceso histórico que propiamente dicho es diferente a la "historia natural") basado en las modificaciones de la mente. A través de tal demostración del escenario histórico en que se desarrolla el teatro que podríamos llamar "la historia del animal humano" está siendo presentado y empieza a ser activado tanto por la naturaleza de la mente humana como por la divina providencia (el autor de la misma obra teatral)³.

Visto desde una perspectiva post-industrial percibimos que la forma viquiana de convertir la Historia en Ciencia se apoya en principios y valores provenientes de un subfondo gnóstico. *Empero, lo que tiene mayor significado para adquirir status científico proviene de estar de acuerdo con la Etología o ciencia de la conducta biológica de nuestra propia época; es decir, con una interpretación filogenética del comportamiento de homo-sapiens según la cual el genoma transmite no solamente características somáticas sino auténticos programas o complejos de comportamiento. ¡De esta manera se salvan no sólo las apariencias... sino también las diferencias!. Este es un resultado que no podemos*

dejar de admirar ya que establece una conciliación con reinterpretación de las relaciones que pueden existir entre la religión y la ciencia. Es más, expertos en la RC han anotado que Vico aplica el principio analítico asociado con el método geométrico analizado por Descartes en su Respuesta a la Segunda Serie de Objeciones formuladas a sus Meditaciones Metafísicas, mencionado arriba.

8. Historia empírica y científicidad

El contraste de la visión viquiana con la manera empírica de mirar la Historia consiste en que la visión empírica describe de manera dispersa eventos que no relaciona unos con otros. *La visión empírica tampoco ofrece principios de interpretación capaces de introducir orden y coherencia en el pluralismo de los hechos; ni relaciona los eventos particulares con las instituciones en una estructura ideal y eterna.* Estructura la cual por necesidad debería de dar cuenta del cambio; de un cambio que exhiba un visible grado de coherencia. Una identidad dentro de la diversidad. Al enfrentarnos con una Historia ideal y eterna, nuestra búsqueda de eventos que confirmen o desapruében esta visión no sólo está permitida sino que se convierte en una necesidad. De lo contrario la referencia empírica requerida por la ciencia demostrativa quedaría sin contenido al igual que las condiciones para una falsificación de la teoría. Por la simple razón de que la Historia mas que forma es una materia cuyo contenido está dado por nuestra experiencia del mundo⁴.

Para el caso de la Historia ocurre lo mismo que al establecer la noción de una ciencia demostrativa: Esta ha sido interpretada cuando se aplica al análisis y entendimiento de lo que significa la invención, por parte de Vico, de la Historia como una ciencia demostrativa; en la cual la separación del qué del cómo debe mantenerse

4 En la misma forma una teoría que relacione los elementos de nuestro sistema planetario ha predeterminado el objeto cuyo comportamiento está llamado a explicar o sistematizar: Precisamente nuestro Sistema Solar. De esta manera una teoría y su capacidad predictiva se aplican a un objeto concreto el cual ha sido bien identificado. El universo histórico constituye un dato de la experiencia en el mismo sentido en que lo es el universo físico. La diferencia consiste en el hecho de que el estar dado de ninguna manera excluye que sea la expresión de una modificación de la mente la cual, en consecuencia, puede ser entendida en su totalidad por la mente misma al tratarse de una creación y un desarrollo de la naturaleza humana... la cual es a su vez, creación de la Divina Providencia. La divinidad tiene en su poder el plan maestro de cómo los asuntos de la historia mundial van a desarrollarse. El hombre en verdad crea pero no a través de sus propósitos personales. El actúa en el drama histórico, debemos admitirlo, pero él no escribió el texto de la obra. Y tampoco está dirigiendo a quienes se desempeñan como actores en esa obra.

3 La obra de teatro, escrita por el norteamericano Thornton Wilder, llamada *La piel de nuestros dientes*. (By the skin of our teeth) también se ocupa de reconstruir la historia de la humanidad desde sus orígenes. Al desplegar en esto una mentalidad viquiana, no pienso que Wilder haya estado influido por Vico.

en relación con lo que estamos tratando de probar a través de nuestra argumentación.

La Historia debe convertirse en ciencia. Una forma del saber en la cual el experimento sea uno de sus elementos constitutivos en cuanto saber científico. Sin embargo, no puede ser ciencia en una forma completamente espontánea, ingenua o de observación sensorial que sirva como instrumento a leyes obtenibles por inducción enumerativa. Lo cual, para efectos de las teorías de la actualidad, significa que un modelo teórico debe ser inventado (demostrado) convirtiéndose en guía a las observaciones en busca de una evidencia que le asigne una validación apropiada. *Ello permitiría al historiador clasificar historias locales y parciales específicas como casos particulares de una eterna e ideal única. El modelo debe tener significado operativo en relación con los eventos históricos.* Este significado operacional es la razón para que se recurra a información específica proveniente de las ciencias particulares que cubren el área de la existencia histórica tal y como nos han enseñado la Filología, la Arqueología y otras disciplinas. En las palabras de León Pompa, un notable experto en Vico: *“Una aceptable explicación del método de Vico debería, por tanto, mostrar que era un método para introducir en la Historia principios científicos, y es con tal propósito que deben entenderse las observaciones que hace Vico mismo”*. Esta consideración postula una relación entre principios demostrados y los hechos históricos a efecto de que *“a la teoría filosófica se le asigne una aplicabilidad particular con referencia a la Historia, mientras que ésta debe convertirse en una ciencia en cuanto sea realizable de acuerdo con una teoría filosófica suficientemente sólida”*⁵

Vico, conscientemente y en forma directa aplica el criterio de científicidad, es decir, de un conocimiento demostrativo inherente en la metafísica de la mente tal

como es utilizado por Bacon, Descartes, Hobbes, Spinoza, Galileo, Locke y otros. Ciertamente no a la manera de Hume, a pesar de que este utilice un universo de la sintaxis en materia lingüística el cual también tiene universalidad. Sin embargo, la Semántica es diferente. En Vico se trata de una visión racionalista-demostrativa, la cual está basada en un método inductivo pero no enumerativo, tal como enseña Bacon en su *Novum Organum*, Reflexión 105⁶. A pesar de usar su universo lingüístico en cuanto a sintaxis se refiere a la par con una semántica que es diferente, pues se trata de una racionalista y demostrativa basada en utilizar el método inductivo de Francis Bacon en su forma auténtica. No tal y como se entiende vulgarmente. En consecuencia el presente Ensayo se limita a mostrar que la noción de científicidad en el contexto de una ciencia demostrativa, tal como la emplea Vico, es idéntica con la que se usa en la R.C. El esquema demostrativo de este uso:

A. Se refiere a la vida institucional que está unida en una determinada manera al comportamiento individual.

B. Suministra una unidad de explicación integrada a diferentes áreas de la existencia social. Unidad la cual establece un estilo de vida, (en nuestro mundo actual habría como ejemplos: el socialismo enfrentado al sistema capitalista; el individualismo occidental frente al colectivismo soviético).

C. Se trata de un efecto o consecuencia de la existencia social causado por una modificación de la mente que ocurre dentro de una estructura filogenética establecida por Dios vigente en la naturaleza humana.

D. Las variables que se organizan en la función histórica promovida por Vico consisten: i) De un elemento filogenético; ii) del medio ambiente, y, en tercer lugar, en proveer un instrumento a la supervivencia del grupo social.

5 Pompa, León: *Un estudio de la Ciencia Nueva*. Pág. 84 Cambridge. University Press, 1990.

A fin de tomar conciencia del racionalismo experimental y los cambios que introduce (enfrentado al empirismo sensorial) el significado y uso de los restos sintácticos y semánticos del lenguaje a fin de establecer la verdad, consúltese el escrito de Mario Laserna, *Wissenschaft als Demonstration bei Hobbes und Bacon*, *Wiener Jahrbuch für Philosophie Band 89*. De significado especial para un correcto entendimiento de la científicidad y de la RC en general, es el significado que tiene la operación mental llamada *inducción* en el siglo XVII. Si esto no se percibe con absoluta claridad y, por el contrario, se continúa aplicando la inducción como algo enumerativo se está falseando el asunto omitiendo dar debida atención a la advertencia que el mismo Bacon hace en su *Novum Organum* Reflexión n° 10.

6 En estas condiciones no existe ninguna posibilidad de apropiarse y aplicar el criterio de científicidad específico y constitutivo de la Revolución Científica. Ni tampoco en sus aplicaciones a la Filosofía Natural ni a la ciencia de Hobbes de la sociedad civil. Mantenemos en mente que la última proposición de la Introducción a *Leviatán* (luego de hablar sobre el conocimiento de la humanidad obtenible a través de la introspección), declara: *“Esta clase de doctrina no admite ninguna otra demostración”*. Lo que significa entre otras cosas que la demostración que se aplica a cada área del conocimiento depende tanto del tema como del contenido específico al cual se está aplicando tal operación. ¿Sería ese el caso si se tratase de una equivalencia de significado entre *demostración* y *deducibilidad formal*? ¿No perdería todo sentido la observación Hobbesiana?

9. *El pensamiento viquiano y la revolución científica (R.C.)*

Luego de exponer el qué de lo que he presentado sobre la posibilidad de la Historia como ciencia de acuerdo con los criterios que establece la R.C, llegamos al cómo de este programa. *El aspecto clave está en la manera de demostrar que Vico aplica el criterio corriente en la metafísica a la mente; concepción propia a un racionalismo experimental de la cual la R.C. ha sido un efecto.* La respuesta directa y sin ambigüedades nos obliga a citar textos viquianos que establecen la forma y el método de la científicidad. En cuanto al contenido, una vez que la prioridad del método sobre el contenido ha sido establecida, existen excelentes y eruditas exposiciones de la C.N.; en particular la de León Pompa "*Vico, un estudio en la Nueva Ciencia*". Esta clara y erudita exposición analiza los temas principales de la N.C. de manera sistemática, apoyándose en el texto viquiano.

Para probar una tesis sobre la base de citas de un autor existen diversos requerimientos: i) Las citas carecen de toda ambigüedad en cuanto al tema tratado. Como es el caso con la discusión Cartesiana del more geométrico.

ii) Cualquier ambigüedad que exista, (y el texto viquiano no carece de ellas como lo demuestra la variedad de interpretaciones a que ha dado lugar) queda eliminada por las alusiones que hace el autor al uso en otros autores. Para nuestro caso a los de la R.C. precisando así, un significado contextual.

10. *Vico y su nueva ciencia*

Para efectos de nuestra exposición de la Ciencia Nueva generada por J.B. Vico debemos precisar dos condiciones que permiten utilizar las citas para probar alguna tesis que se esté proponiendo: 1. El texto citado no puede contener ambigüedades en cuanto al tema que está tratando. Ello equivale simplemente a una exigencia requerida para mantener fidelidad al pensamiento original del autor. 2. Si existe alguna ambigüedad, (y en el caso de los textos viquianos su tradicional interpretación pone de manifiesto que sí existen ambigüedades) ésta debe desaparecer porque el texto mismo implica el uso y significado de los términos en que cada autor está empleando, según su uso, las palabras. *En nuestro caso, la referencia es al uso que se les da en la R.C. Claro está, presentando una autoridad y determinando su significado contextual.* Al aplicar al método hermenéutico, se sigue que, obrando conforme al método galileano desarrollado en la escuela de Padua cualquier pretensión de estar exponiendo la historia como una ciencia debe inventar, (a

través de la inducción baconiana) las instituciones de una historia eterna e ideal.

Conclusiones

a. El problema aquí expuesto tiene dos aspectos: Primero, ¿es el caso de afirmar que Vico tiene un conocimiento claro de lo que significa la demostración tal y como la concibe la Metafísica de la Mente y tal como sirve de vehículo a la científicidad? Para así desembocar en una visión veraz de la historia del hombre tal como la ha experimentado en su propia existencia y tal como se presenta en las artes (en la mecánica, la metalúrgica, la navegación, la arquitectura, la medicina, la sociedad civil...). Segundo: *tenía Vico claridad y una forma diferenciada de tomar conciencia de cómo la historia podría ser tratada al modo de una ciencia demostrativa? ¿Cuáles son los datos que podrían servir para el modelo teórico en el cual la naturaleza humana, la Divina Providencia, y el devenir histórico desempeñan un papel de variables independientes entrelazadas dentro de una relación funcional apropiada a conducirnos a una demostración de la ciencia histórica?* Por consiguiente, podemos preguntar para concebir la posibilidad de hacer de la historia una ciencia: *¿Es acaso, necesario y conveniente pasar por la etapa en que se crea, a partir de unos elementos preexistentes la sociedad civil? ¿A la manera en que, conforme a la concepción usual de los politólogos, lo hace Hobbes? ¿o, cómo ocurre con la demostración de la posibilidad de la Metafísica dentro de la mentalidad kantiana?*

Concluyamos, entonces: Un aspecto significativo que puede proveernos un contexto en el cual la Historia puede convertirse en una ciencia seria: *¿Qué tendría que haber demostrado previamente la Revolución Científica en su Metafísica de la Mente, en relación con las capacidades de la mente misma? Una conclusión inmediata que surge de esta pregunta nos revelaría en qué medida la aplicación de criterios racionales sería un intento fútil como medio de obtener una visión válida del método viquiano si no fuese integrándolo previamente dentro de la Metafísica de la Mente. Visión de la mente que ha condicionado la posibilidad de la R.C. en su aplicación por Galileo al mundo material y por Hobbes al de la sociedad civil.*

b. A fin de comprobar que la Nueva Ciencia de Vico resulta de aplicar a un campo particular de investigación el principio de la *demostración*, no existe método mas apropiado que presentar sus propios puntos de vista sobre el asunto. Afortunadamente tenemos referencias directas y explícitas, empezando con "*Los métodos de estudio en nuestro tiempo*" con la afirmación a efectos de

que; “estamos en la capacidad de demostrar las proposiciones geométricas porque nosotros mismos las creamos; si fuese posible para nosotros suministrar demostraciones a las proposiciones de la física estaríamos en capacidad también de crearlas ex nihilo”. (Debemos anotar que el original latino no contiene *ex nihilo* como término para decir que surge de la nada. Simplemente dice: “geométrica demostramos quia facimus. Si física demostrare posemus, seremus”. La razón para no incluir el término *ex nihilo* es bastante clara dentro del racionalismo experimental. Si la geometría fuera una creación ex nihilo, un simple juego lógico a la Hilbert, no podríamos saber qué tipo de objetos serían apropiados para su referencia en una ciencia empírica; y no tendríamos en la geometría como en realidad las tenemos, estas referencias, desde sus orígenes en el antiguo Egipto con el hecho de estar refiriéndose a relaciones espaciales. Kant se dio cuenta de manera clara de este carácter operativo-empírico de las definiciones geométricas a pesar de ser construcciones de la mente y no tener origen epistemológico en la referencia empírica. Es posible y muy probable que psicológicamente hayan surgido de la praxis en describir objetos. Pero tal origen no equivale a una validación epistemológica. Por consiguiente él, Kant, definía su referencia como originándose en la experiencia “y surgiendo de la intuición pura” sensorial pero no obstante a priori, indicando así que no es empírica. A este respecto convendría tomar en cuenta la nota de pie de página del apéndice de Prolegomena con referencia al carácter demostrativo de la verdad geométrica. (En esta característica de la verdad geométrica, Vico, Hobbes y Kant coinciden de manera plena).

Y así en la Ciencia Nueva (349) Vico al comprobar la presencia de una analogía entre ésta y la geometría, nos dice: “...y la historia no puede ser más cierta que cuando aquel que la crea en sus objetos y hechos también es el que la narra. Así como la geometría cuando construye el mundo de la cantidad tomándolo de sus elementos, o contempla el mundo mismo y de esta manera está creando para sí misma, también nuestra ciencia crea para sí misma el mundo de las naciones; empero con una realidad aún mayor pues son instituciones que tienen que ver con asuntos humanos los cuales son más reales que los puntos, líneas y figuras. A través de esta acción creativa el hombre trasciende sus poderes normales como una criatura que pertenece al mundo de la naturaleza”.

Nos está proponiendo Vico, aquí, algo que sería inaceptable para el realismo; nos está hablando de algo que es posible sin necesidad de que sea una existencia real. En consecuencia, Vico exclama “¡oh, lector!, estas prue-

bas tienen un cierto carácter divino, ya que en Dios el conocimiento y la creación son una y la misma cosa”. Esta analogía con los poderes divinos es también acogida por Hobbes en la primera frase de su *Leviatán*: “La naturaleza (el arte por medio del cual Dios ha hecho y gobierna el mundo) es imitada como en otras cosas por el arte del hombre de suerte que puede crear un animal artificial”. La mente humana (contrario a como ocurre con los sentidos que siempre requieren ayudas) ejerce actos de creatividad. Por lo tanto atraviesa las tres etapas de la historia ideal y eterna.⁷

11. La reconstrucción de la historia en Vico

Nuestro problema ahora consiste en reconstruir el descubrimiento metodológico hecho por Vico en su propia mente de una Historia que es, por su esencia misma, demostrable. Sólo así puede concebirse una Historia que tenga el carácter de una ciencia. Dos aspectos requieren ser considerados: 1.- Porque es la historia tradicional, carente de aspecto científico, un producto subjetivo así como los informes de los eventos que nos transmite poseen validez meramente subjetiva *¿Qué efecto de supervivencia para la vida de una comunidad tiene la historia subjetiva trivial a fin de que una tal tendencia, como*

⁷ Para una breve y clara exposición de las relaciones que existen entre las variables, las funciones lógicas y las operaciones de “saturar” un texto, o sea reemplazar las variables por constantes, puede el lector interesado consultar lo que dice E. Nagel en *La Estructura de la Ciencia*, cap. 8 “Espacio y Geometría”, secc. II, 2. El erudito profesor Nagel considera que la demostración es equivalente a la deducibilidad formal. Por consiguiente encontramos, de su pluma, afirmaciones como la siguiente: “cuando la geometría euclídea queda discutida como una disciplina demostrativa, podemos ignorar los significados que atribuimos a los términos geométricos en los axiomas y teoremas del sistema y podríamos reemplazar esos términos con variables adelantando así la tarea de probar teoremas atendiendo sólo a las relaciones lógicas que resultan de las formas de los términos con que iniciamos la discusión”. A continuación, en un tono en que demuestra cierta sorpresa no carente de confusión en cuanto a las ideas, continúa: “sin embargo, aunque con esto se trata de un punto de vista bastante elemental, parece que esto no se les ha ocurrido a ninguno de los antiguos matemáticos y filósofos a pesar del hecho de que tenían gran familiaridad con este tema en conexión con los argumentos de tipo silogístico”. En una conversación personal que mantuve con Nagel, poco antes de su muerte, sugerí, a éste mi antiguo profesor de lógica con el que mantuve una buena amistad después de que quedó pensionado en la Universidad de Columbia, que su *perplejidad probablemente se originaba en no haber tomado en cuenta que en la geometría griega la demostración no era equiparable con la deducibilidad formal, considerando, esta, claro esta, como operación de la Mente. Ambas operaciones de la mente.*

cuestión de hecho, sea repetida en cada comunidad? ¿De manera análoga a las impresiones sensoriales individuales? La respuesta es que la narrativa histórica subjetiva no intenta escribir historia científica sino promover, crear conciencia en los individuos a través de una tal narrativa de la identidad de la respectiva comunidad. En consecuencia, la medida inicial que confronta Vico consiste en redefinir lo que se entiende por conocimiento histórico. Para ese fin es necesario definir, demostrar las categorías que van a constituir y construir la ciencia de la historia, o mejor aún, la historia como ciencia.

La analogía con la ciencia galileana y newtoniana en cuanto al rol creativo que debe desempeñar la mente es demasiado obvia para requerir comentario. Por consiguiente, el primer principio para establecer la posibilidad de la historia como una ciencia consiste en establecer el papel de la mente en *definirla* y constituir la siguiendo el camino que Descartes en su discusión del *more geometrico* llama el procedimiento del análisis. Tomando ese punto de referencia y de partida se hace necesario establecer los parámetros, es decir, las variables que vienen a definir la función del acontecimiento histórico. Por consiguiente, no se trata de una cuestión consistente en explicar la sociedad civil a través de un modelo en el cual la civilización se extiende mediante una influencia directa y de una propagación; se trata más bien de hacer explícita una naturaleza humana compartida que avanza por etapas predeterminadas, eso sí, condicionada por un medio ambiente natural y geopolítico en su lucha por sobrevivir en relación con el entorno que lo rodea.

Si alcanzamos una explicación basada en un efecto de imitación el asunto entonces sería: ¿por qué imitamos?, ¿por qué la tecnología ha logrado una aceptación global? La respuesta sería: Porque da solución a un problema del que participamos todos y por consiguiente, tiene relación con el carácter filogenético de la naturaleza humana. No estamos repitiendo el fenómeno de las especies naturales en sus respectivos nichos ecológicos a través de una especialización de sus órganos perceptivos y motores. Esto por la simple razón de que el homo-sapiens no se adapta al mundo circundante con sus órganos sensoriales sino a través de sus operaciones de tipo mental, a través de la tecnología. En otras palabras, el tiempo de la historia es más darwiniano que newtoniano. No existe ninguna relatividad inherente al significado último del proceso histórico; la única relatividad es de tipo espacial, geográfica, climática, geo-política. Las variables utilizadas por Montesquieu en su "Espíritu de las leyes" en el cual sin embargo, negando que el puro azar sea la fuerza motriz del proceso, declara: "y yo no creo que esta infinitud de variedad en las cos-

tumbres y leyes sea pensable como originándose sólo en su imaginación".

Continuando en formular los criterios que van a permitir definir una ciencia de la historia, Vico establece: a) se trata de fijar el tema que trata el asunto histórico; b) luego deben precisarse las variables de esta función histórica que se ha logrado definir. La función histórica abarca, en primer lugar, el proceso de supervivencia de una comunidad dentro del proceso temporal, y las etapas por las que este proceso atraviesa. El tercer elemento que se requiere dentro de un método científico, corresponde a lo que vulgarmente se designa como "salvar las apariencias". Con estos elementos ya el proceso de demostración queda terminado, en cuanto a las condiciones que se requieren para llevarlo a cabo. Se ha formulado una estructura ideal esquemática que pertenece a los elementos de una demostración, tal como ella se presenta en los conceptos que hemos expuesto del siglo XVII. La prueba para demostrar su veracidad y validez, mostrar claramente que se saca de su aplicación a un caso concreto de un método general que garantiza la científicidad es lo que le corresponde hacer a la Ciencia Nueva tal como la presenta la inteligencia de Vico. Y en este caso también hay que tomar en cuenta el vocabulario empleado: la historia ideal tiene sus axiomas y sus reglas de deducibilidad. En el fondo se trata de otro caso *more geometrico*, no en la significación trivial del método deductivo-axiomático, sino en el más serio que se relaciona con el acto de descubrir, tal como ha quedado expuesto en la Descartes.

12. Evidencia empírica y demostración

La importancia de la acción demostrativa como base de la científicidad de un cierto campo de la experiencia está en que ella provee líneas directrices y orientaciones para observar la realidad. No dando a conocer objetos sensoriales, sino estableciendo-inventando relaciones causales a través de conectar fenómenos. Y de esta manera nuestras observaciones vienen a aparecer como sucediéndose una a otras en el tiempo. Y por otra parte se establece que se trata de relaciones entre objetos y no de observaciones de objetos aislados lo que constituye la racionalidad. Mostrando y conduciéndonos hacia lo que debemos observar como pertinente para el problema entre manos. En otras palabras, dándonos criterios para proceder en una manera sistemática que nos permita escoger entre alternativas; contrariamente a lo que hace el instinto ciego cuando está procediendo de manera determinista como es el caso de los animales. Se trata de sustituir los datos de los sentidos por principios que nos guían sobre cómo observar, seleccionar y relacionar los

datos sensoriales. Esa es la estructura de método que está relacionada con el proceso demostrativo funcional que conduce o que expresa la cientificidad.

El problema en relación con la historia se plantea entonces de la siguiente manera: ¿cuáles son los hechos y cómo los vamos seleccionando de manera de tenerlos relacionados y así llegar a un resultado del que se obtiene la historia externa e ideal de las naciones? Afirmar que la ciencia de la historia es imposible significa entre otras cosas que renunciamos a relacionar los eventos de una manera causal, la cual es una forma que (relacionar eventos) asociada con la memoria y la imaginación y que se cumple bajo el patrocinio de una programación genética. La historia busca, a través de instituciones hechas por el hombre, establecer esta relación no sólo de manera causal sino continua, en una forma análoga a como se procede en los temas y con los objetos que tienen que ver con la filosofía de la naturaleza o ciencia de la física. Ahí se plantea el problema de cómo se puede considerar la ciencia histórica *more geométrico*. No simplemente una imitación externa de la geometría sino concibiendo el proceso de demostración. Se trata de no pensar que lo que se busca es un sistema deductivo formal sino algo más profundo como corresponde a las respuestas que da Descartes a las objeciones que se le hacen a la Segunda Meditación. Para lograr esto es necesario afirmar que dentro de la ciencia demostrativa la Geometría tiene el status de ser un simple paradigma. Históricamente, como habiendo aparecido como el primero, más sencillo y más fácil al cual se puede aplicar el método demostrativo. Eso es lo que afirma Hobbes cuando, pensando en aplicar el método demostrativo para la creación del Leviathán anuncia que también utilizará el método que siguió la mente para la creación de la geometría; siendo aquella "la primera ciencia que plugio a Dios entregar a la humanidad", y frente a la cual coincide con Kant en lo que este expresa en el Prefacio B.

Por consiguiente, el "meollo del asunto" no es simplemente, como se ha creído, utilizar el método geométrico en su aspecto formal deductivo en otras áreas del conocimiento sino que se trata de aplicar a esas otras áreas precisamente lo que tuvo tal éxito en el área de las relaciones espaciales. Empero, es conveniente repetirlo en forma continuada, no se trata del proceso externo, sino de la utilización de una facultad de la mente llamada *demostración*, en virtud de la cual se logra convertir un tema determinado en ciencia. Esa es, sin ninguna duda, la gran lección epistémica del Siglo XVII. El tema plantea una cuestión y un problema que se expresaría diciendo que en el caso de que existan unas funciones propias de la cientificidad his-

tórica se trata de *saturarlas* en los lugares donde existen variables con datos históricos. Sin embargo, esta labor implica redefinir qué son los datos históricos. Por lo tanto, ver la historia como un escenario en que los actores no son individuos sino instituciones-sistemas de relaciones entre individuos. Este es un proceso que ocurre en el tiempo y se desarrolla a través de instituciones que responden a una programación filo-genética. Tal como se enseña en la biología moderna, y especialmente en esa rama que se llama Etología. Empero, para el caso de la historia, por tratarse de seres humanos, el proceso se desarrolla sin el determinismo ciego a que están sometidos las especies animales diferentes al hombre, en las cuales la relación entre el organismo individual y el medio ambiente (el interno o el externo) a que corresponden los organismos, ocurre a través de una mediación institucional. Y no como ocurre en la pura función animal de comer, defenderse, reproducirse, estar sometidos a un orden y unas jerarquías sociales, morir, etc.

13. Las tres etapas del desarrollo

De ahí lo que Vico llama *las tres etapas del desarrollo de la humanidad*, las cuales se presentan en toda sociedad de seres humanos. Y donde toman formas determinadas por las circunstancias que condicionan el aspecto específico de estas relaciones. Lo que hay de nuevo en el planteamiento de la historia conforme a la fórmula Vico es que ya sabemos en dónde debemos buscar los datos que constituyen el sistema. El procedimiento es el mismo que tiene lugar en las Ciencias Naturales y su estructura, para efectos de la mente, es similar. Se deben llenar espacios no saturados de una función histórica con datos que son dados por la experiencia.

En consecuencia, era necesario pasar por las siguientes etapas para llegar a este resultado que nos va a permitir formular la idea de una Ciencia de la Historia que tiene carácter demostrativo y que viene a ser definida de una manera operativa en relación con la realidad empírica. En segundo lugar, teníamos que establecer la estructura formal que rige dentro del modelo respectivo, como es el caso de toda ciencia; en tercer lugar también sería indispensable definir las variables y organizar las relaciones en que estas intervienen con una mentalidad funcional (lo que hizo el marxismo de manera diligente dentro de la formulación de infraestructura y superestructura que se presentaba a través del materialismo dialéctico). Finalmente, era necesario organizar los datos a los cuales se aplica la teoría, o sea las cualidades primarias que tienen existencia histórica como objetos se vuelve un factor indispensable. Si estas condiciones anteriores

son satisfechas, uno ha encontrado la demostración de una historia ideal y eterna, en la cual "el orden de las ideas sigue aquel orden de las instituciones" (S.N. 238) pero ya nos había dicho el número 236 en forma de advertencia: "la mente humana está naturalmente inclinada a seguir lo que los sentidos le presentan en forma externa al cuerpo, y solamente con gran dificultad llega ella a entenderse a sí misma a través de la reflexión". Esto fue hecho de manera diligente por Vico y más tarde por Marx. Este último (o sus discípulos responsables del establecimiento del socialismo real, como se nos dice ahora) pensaba que podía inventar la naturaleza humana y no solamente dar a conocer estructuras y formas de comportamiento postuladas en el acontecer histórico. Y fue a través de este invento o formulación de lo que es una naturaleza humana nacida de elucubraciones intelectuales que el socialismo científico se estableció. Y de ahí que tuvo una duración histórica bastante más corta de lo que esperaban los entusiastas del sistema. Porque no hay duda de que Perestroika y Glasnost fueron lo que comprobaron, como diría un lógico de tendencias modernas en materias de ciencias sociales, que las constantes con que los espacios vacíos fueron llenados para producir una teoría con contenido empírico estuvieron lamentablemente equivocados. Lo que de ninguna manera puede ser tomado ni como una refutación que la historia como ciencia demostrativa no pueda existir, ni en segundo lugar que el modelo global democrático que se propagó a partir de los principios de Filadelfia y aliado con la economía industrial capitalista haya llenado los espacios vacíos con constantes apropiadas a la solución de los problemas que la misma sociedad industrial avanzada ha creado.

14. La etología y la historia

En consecuencia existe una cierta urgencia para que las personas familiarizadas con el comportamiento filogenético que estudia la biología moderna de la conducta originada en K. Lorenz y en N. Tinbergen y otros, debe estar buscando criterios para que entendamos y reflexionemos sobre los nubarrones oscuros que se están presentando en el firmamento de la historia de finales del siglo XX y que continuarán preocupándonos en el siglo XXI. El fin de la historia, contrario a lo que algunas predicciones optimistas que pensaron en un milenio del capitalismo industrial una vez que desapareció el modelo marxista-leninista, no está a la vista. Ese fin que podríamos llamar de un Jerusalén Terrestre. Pero, sin embargo, las amenazas contra el bienestar de la especie humana —ya sea a través del conflicto Norte-Sur o de la crisis ecológica que continúa en aumentar su aceleración

y amenaza— si está avanzando de manera evidente⁸. Es un problema de importancia evidente mostrar el contenido empírico-experimental de una Teoría de la Historia que adopta la estructura de una ciencia demostrativa. De ahí que el experto en esta teoría viquiana, León Pompa, haga una observación a efectos de que "una forma aceptable de entender el método de Vico tendría que mostrar que se trata de una manera de lograr introducir principios científicos en el estudio de la historia." Y es, en el contexto de este escenario que debe entenderse lo que este autor, Pompa, nos está exhibiendo. De ahí debe entenderse que *el objetivo por el perseguido es crear una ciencia a la cual los filósofos están llamados a darle certitud con sus razonamientos*", y que, además, para realizar tales propósitos también pueden echar mano a lo que digan los historiadores⁹. Se introduce, con este planteamiento, un escenario de intercambio de conceptos y argumentos entre modelo teórico y eventos empíricos. Sin embargo, la Ciencia Nueva, también desarrolla sistemáticamente, la posibilidad de elaborar un concepto de lo que debe ser la historia como ciencia, el cual concepto también sería aplicable a las historias sectoriales o tribales considerándolas como modificaciones demostrativas de la mente definidas frente a áreas específicas. Estas conclusiones se deducen sin ninguna dificultad de lo anterior. De tal suerte que debemos tener agradecimiento con Vico por haber abierto a la actividad de los eruditos un

8 En la Revista Fortune, Agosto de 1955 el sagaz y bien informado y científicamente ultracompetente miembro fundador con A. Einstein del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, John von Neumann, también miembro de la Comisión de Energía Atómica, publicó un artículo "¿Podremos sobrevivir a la Tecnología?" en el cual plantea como un principio general la posibilidad de una crisis-amenaza a nuestro planeta para fines del siglo XX. El escenario de esta anticipada crisis lo determina el hecho de que nuestro medio ambiente no parece tener ni el tamaño ni la organización adecuada en el cual el progreso tecnológico necesariamente ocurre. Las predicciones un tanto sombrías que hizo este gran hombre de ciencia en ese artículo, de mano de una impresionante serie de argumentos y datos, anticipando tanto el deshielo de las capas polares como el aumento de la contaminación de la biosfera, los cambios climáticos así como otros posibles desastres de tamaño cósmico, pasaron sin afectar al establecimiento industrial. Casi medio siglo más tarde al premonitorio aviso de Johnny, en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1993, cundió la alarma. Quizás ya fuese demasiado tarde para salvar nuestra biosfera.

9 León Pompa, 2ª edición de "Vico, un Estudio de la Nueva Ciencia" p. 90, Cambridge U.P. 1990. Yo tengo la clara sensación de que el erudito Pompa encontraría la llave para resolver los enigmas que él de manera tan sutil y sería detecta en el texto viquiano si utilizara como hilo conductor del concepto de científicidad el mismo que se desarrolló durante la R.C. y con el cual se llegó a definir lo que se debe entender por "ciencia demostrativa".

horizonte tan fructífero. “*La introducción de principios científicos en la historia se puede lograr solamente cuando se fundamenta la interpretación de esta última sobre principios que sean aplicables a la humanidad de todas las naciones.*” El ideal eterno e histórico es por consiguiente una teoría empírica deducida de ciertas presuposiciones en cuanto a principios-leyes a los cuales estamos obligados a reconocerles su validez de autoridad cuando interpretamos las evidencias históricas en determinado sentido. Estas presuposiciones son necesarias dentro de un sistema de interpretación, pero ciertamente no son válidas a priori puesto que si no se encuentra una interpretación adecuada que permita presentar posibles casos de falsificación; entonces habría que revisar esta interpretación e inclusive rechazarla. Por otra parte estas predicciones tampoco son inductivas; son, sin embargo, sometibles a verificación, no directamente sino a través de la aceptación de esos hechos a cuya constitución ellas mismas contribuyen”.

Es evidente aquí que Pompa, a pesar de su inclinación por una visión viquiana, pero con una aproximación clara al método racionalista experimental usa los términos “a priori” e “inductivo” con el sentido que se les atribuye a esas modificaciones mentales por parte del empirismo sensorial. De esta manera se está desviando un poco del contexto viquiano. Sin embargo, con relación a una interpretación que permita deducir de una lectura del texto lo que viene a continuación: esta interpretación implica una sede diferenciada de afirmaciones: la idea de una historia eterna ideal tiene forma deductiva; sus premisas son todas necesarias dentro del sistema, o sea que no son directamente falsificables o sometibles a prueba de manera independiente aunque el sistema si lo sea; la totalidad de la teoría es empíricamente verificable a través de los hechos cuya interpretación adecuada hace posible¹⁰. “Y si así se ven confirmadas entonces estas proposiciones llegan a adquirir el estatus de leyes”. Una vez que tal forma epistemológica ha sido definida lógicamente, Pompa agrega una advertencia: “una cosa es, claro está, sugerir que tal concepción serviría para

dar solución a un problema con el cual Vico está preocupado, y otra mostrar que en realidad este concepto está en Vico”¹¹.

15. Historia y demostración

Vamos a reconstruir usando el modelo y la categoría viquiana de explicación como una modificación de la mente lo que Pompa hace, o sea, atraer del contexto multidisciplinario histórico que se presenta en la Ciencia Nueva, a fin de dejar expuesto su esqueleto o estructura pura demostrativa -el mismo método seguido por Hobbes al extender a la ciencia del hombre de la sociedad civil (Leviathan) el método de la geometría. Lo cual él, Pompa, liberando los huesos lógicos de la carne y sangre histórica de manera acertada y válida afirma: “este es el método que Vico debe usar si va a ser interpretado de forma coherente”. Muy cierto. Consecuentemente, nosotros hemos, en el presente Ensayo, aplicado de manera perspicaz y fiel el método que se encuentra en Vico tal como ha sido abstraído de la Ciencia Nueva por el mismo Pompa.

Reflexiones finales: en las observaciones introductorias a la parte I de este estudio sugeríamos que la Ciencia Nueva, de manera análoga a como Pallas-Atenea nace de la cabeza de Júpiter, genera la Ciencia de la Historia. O, si se quiere ahondar más aún, la ciencia de una historia de la filosofía. La base y posibilidad de estos nacimientos inesperados en una ya sobrepoblada academia está siendo provista por la C.N. de Vico. En particular por su postulación de “*un lenguaje mental común a todas las naciones, el cual de manera uniforme vaya a tomar posesión de lo que es posible como realización en la circunstancia social humana pudiéndose expresar a través de tantas y diversas modificaciones como existan cosas que tengan aspectos diferentes*”. En otras palabras,

Esto es igualmente cierto, tanto para conceptos como “rojo”, “árbol”, como para conceptos como “distancia”, “átomo”, etc.”.

Carta a Mario Laserna del 22 de septiembre de 1953. Especialmente significativo para nuestra argumentación en relación con la R.C. es el pronunciamiento de Einstein cuando rechaza la “inducción” como un proceso mental lógicamente deducible de nuestras experiencias primitivas o crudas. Un punto de vista que a este respecto se puede encontrar también en Bacon quien expresamente rechaza la inducción enumerativa.

Esta observación más adelante se encuentra también “esta interpretación daría una solución a los problemas que confrontamos con Vico aunque si esta es parte de su teoría es cosa que sería necesario verificar”. En relación con la R.C. uno simplemente puede decir: ¡claro que es de Vico! Y proviene de la metafísica de la mente que dio origen a la R.C.!

10-11 El método inventado por Pompa para hacer del texto de Vico algo coherente es el mismo que considera A. Einstein que se usa en la ciencia moderna física: “toda afirmación conceptual está totalmente restringida a la esfera conceptual, los conceptos, en cuanto que tengan alguna base son -juzdados desde un punto de vista lógico- invenciones libres de la mente (junto con las proposiciones que los conectan). Pero esos conceptos y esas proposiciones exhiben su valor y justificación exclusivamente a través de las conexiones intuitivas que tienen con nuestras percepciones (Erlebnissen). No existe una manera lógica para deducir conceptos de nuestras experiencias crudas (“inducción”).”

al introducir y aplicar la noción de “modificación de la mente” y ubicar ahí la demostración como principio de cientificidad se abre una amplia posibilidad de horizonte a la actividad de la razón. Horizonte en el cual cada modificación específica de la mente puede dar lugar a una ciencia nueva. Una creación de la mente —cada ciencia nueva— que presupone la teoría general de Vico de la historia como la idea ideal eterna en sus modificaciones más profundas. Tal fundamento de cientificidad para que sirva de guía en el escribir la historia específica de cada

comunidad, he ahí lo que puede ser una confusión. Y esta posibilidad se hace posible mediante una aplicación seria y sistemática de las enseñanzas que encierra la obra maestra de Vico. Quien es, además, perfectamente consciente de este su descubrimiento magnífico (C.N. 162): *“Este lenguaje común mental es el propio de nuestra ciencia; su luz permitirá a los eruditos en materias lingüísticas construir un vocabulario mental común a todos los lenguajes diversos articulados tanto de los vivos como de los muertos”*¹².

12 Esta ciencia particular tiene su origen en un principio propio del vocabulario mental. A fin de demostrar tal ciencia particular la mente debe previamente haber captado como sus modificaciones mismas dicen relación a su propio desempeño en generar, en cuanto necesidad histórica, una R.C. Solamente entonces se puede concebir que la R.C. haya tenido lugar. Y respecto a la cadena de modificaciones de la mente, causa de la aparición de nuevas ciencias, ello solo se percibe posteriormente a través de la R.C. a la cual ha dado cuerpo el método analítico-resolutivo del more geométrico cartesiano. Solamente así puede surgir la Ciencia Nueva de Vico. Y, a través de ella, las ciencias particulares relacionadas con el desarrollo histórico de cualquier área específica del conocimiento científico, incluyendo una Ciencia de manera como la cientificidad *puede ser aplicada a un tema o área precisa de conocimiento*. En consecuencia Pompa afirma con sobrada razón (op. cit. p. 132) *“Vico ha derivado de la idea eterna de la historia un principio en virtud del cual la etimología misma puede convertirse en una disciplina científica”*. Reflexionando sobre esto tres generaciones después de Vico y considerando los elementos constitutivos de la vida histórica de la mente en las revoluciones científicas, las cuales son cualitativamente diferentes a las analizadas por I. Bernard Cohen en su libro-catálogo “Revolución en la Ciencia”, Kant llega a la conclusión (B xiii) de que *“la razón solamente entiende aquello que ella misma, de acuerdo con sus mismos propósitos, está en capacidad de producir”*.

LA FAMILIA PHAKOPSORACEAE (UREDINALES) EN EL NEOTROPICO – IV. GÉNEROS: *CROSSOPSORA*, *CEROTELIUM*, *PHRAGMIDIELLA* Y *CATENULOPSORA*

por

Pablo E. Buriticá C.*

Resumen

Buriticá, Pablo E.: La familia Phakopsoraceae (Uredinales) en el neotrópico – IV. Géneros *Crossopsora*, *Cerotelium*, *Phragmidiella* y *Catenulopsora*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 407-431. 1999. ISSN 0370-3908.

Se describen las especies de Uredinales Neotropicales de los géneros *Crossopsora*, *Cerotelium*, *Phragmidiella* y *Catenulopsora*, correspondientes a la familia Phakopsoraceae.

Palabras clave: Neotrópico, Uredinales, Phakopsoraceae.

Abstract

The Neotropical species of Uredinales-Phakopsoraceae belonging to the genera *Crossopsora*, *Cerotelium*, *Phragmidiella* and *Catenulopsora* are described.

Key words: Uredinales, Phakopsoraceae, Neotropic.

Introducción

Esta es la cuarta entrega, del trabajo global referente al tratamiento taxonómico de las especies de la familia Phakopsoraceae, en el Neotrópico. Las publicaciones anteriores se han hecho en esta misma revista y bajo el mismo formato. Las referencias incluidas en este trabajo engloban las correspondientes a las entregas anteriores.

Géneros

9. **CROSSOPSORA** H. & F. Sydow, Ann. Mycol. 16: 243, 1918.

Especie tipo: *Crossopsora zizyphi* (Sidow & Butler) H. & P. Sidow, *l.c.*

= *Cronartium zizyphi* H. & P. Sydow & Butler, Ann. Mycol. 10: 268, 1912.

Tipo: no escogido. Colecciones designadas sobre *Zizyphus oenopliae* Miller (Rhamnaceae): INDIA: Madras, Godavari, Samalkot, 4 Feb. 1909, E.J. Butler

* Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

1594; Dacca, 16 Mar. 1910, A.L. Som (E.J. Butler 1492)
Dacca, 16 Mar. 1910, A.L. Som (E.J. Butler 1491).

Anamorfo: *Macabuna zizyphi* (Patouillard) Buriticá & Hennen, Rev. Acad.Colombiana Cienc. 19(72): 50, 1994.

= *Uredo zizyphi* Patouillard, Bull. Soc. Myc. Francia 12: 135, 1896.

Tipo: sobre *Zizyphus sp.* (Rhamnaceae), VIETNAM; Tonkin.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratauka & Hiratauka, 1980). Anamorfos en *Macabuna* Buriticá & Hennen; *Peridipes* Buriticá & Hennen; *Malupa* Ono, Buriticá y Hennen y *Physopella* Arthur. La mayoría de especies en *Malupa* con soro profundo y parafisos largos; teliosoro subepidermal en origen con tejido hifoide periférico o parafisos, erumpente en columnas filiformes; teliosporos unicelulares, pigmentados, en cadenas fuertemente unidas, con espacios intersticiales entre los esporos, poro germinativo único; germinación sin reposo; metabisidio externo.

Distribución: especies típicamente tropicales en América, África y Asia; sobre especies de las subclases Magnoliidae, Hamameliidae, Dilleniidae, Rosidae y Asteridae.

Ciclo de Vida: completamente expandido y reducido; especies autóicas, isomórficas y dimórficas.

Clave para especies:

1. Anamorfo en *Peridipes*, sobre leguminosae, *Hymenaea* *Crossopora hymenaeae* Buriticá y Hennen.
1. Anamorfo en *Malupa* o *Physopella* 2
2. Anamorfo en *Physopella*, sobre Vitaceae, *Cissus* *Crossopora wilsoniana* (Arthur) Arthur
2. Anamorfo profundo en *Malupa*;

Sobre Asclepidiaceae

1. Abundantes parafisos septados en el himenio del anamorfo, parafisos periferales del teliosoro rectos y largos *Crossopora asclepidiaceae* Buriticá & Hennen
1. Parafisos en el himenio ausentes, parafisos en la periferia del teliosoro rectos y cortos *Crossopora mateleae* Dale.

Sobre Apocynaceae

1. Parafisos del soro anamórfico rectos, con mas de 100 µm de largo *Malupa condilocarpi* (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen
1. Parafisos periferales del anamorfo, incurvados, y de menos de 50 µm de largo 2
2. Parafisos periferales del teliosoro > 80 µm de largo *Crossopora angustata* Jøerstad
2. Parafisos periferales del teliosoro < 80 µm de largo *Crossopora stevensii* Sydow.

Sobre Piperaceae

1. Soro de *Malupa* con parafisos hialinos, flexuosos .
... *Malupa piperinum* (Sydow) Buriticá & Hennen.

Sobre Malpighiaceae

1. Parafisos del anamorfo cortos, ornamentación de los esporos irregular, con áreas lisas y verrugas alargadas. *Crossopora notata* (Arthur & Johnson) Arthur.
1. Parafisos del anamorfo largos, ornamentación de los esporos de espinas uniformemente distribuidos
..... *Crossopora byrsonimatis* (Hennings) Peterson

Sobre Bixaceae

1. Parafisos del anamórfico curvados
..... *Crossopora bixae* Buriticá.

Sobre Solanaceae

1. Parafisos largos y delgados en el anamorfo, sobre *Cyphomandra* y *Solanum*
..... *Crossopora uleana* (Sydow) Peterson

Sobre Asclepidiaceae

1. Abundantes parafisos septados en el himenio del anamorfo, parafisos en la periferia del teliosoro rectos y largos
Crossopora asclepidiaceae Buriticá & Hennen
1. Parafisos en el himenio del anamorfo ausentes, parafisos en la periferia del teliosoro rectos y cortos *Crossopora mateleae* Dale

9.1 *Crossopora asclepidiaceae* Buriticá & Hennen, sp. nov.

Tipo: sobre Asclepidiaceae, BRASIL: Bahía, 20 Km. N. de Vitoria de Conquista, 9 Mar. 1984, J.F. & M.M. Hennen 84-227.

Anamorfo: *Malupa peckoltiae* (Sydow) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo peckoltiae* Sydow, Ann. Mycol. 1: 332, 1903.

Tipo: sobre *Peckoltiae pedalis* Fournier (Asclepiadiaceae), BRASIL: Goyas, s.d., Gardner.

= *Uredo apocynaceae* Hennings, Hedwigia 48: 3, 1908.

Tipo: sobre *Cyathostelma sp.* (Asclepiadiaceae), BRASIL: Sao Paulo, Serra de Cantareira, Mar. 1903, *Puttemans 694*.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soriis anamorphis in Malupa, hypophyllis, aggregatis, rotundatis, flavidis, subepidermalibus, poro centrati aperti; hymenio concavus, subepidermalibus; paraphysibus rectus vel curvatis, 36-60 X 6-9 µm; pariete 1.0-1.5 µm crassa, 4 µm incrassata dorsalibus in paraphysis curvatis; sporiis flavidis, elipsoideis, 27-32 X 20-23 µm; pariete 1.0-1.5 µm crassa, aequaliter, minute echinulatis; poro germinationis 2-4 circa aequator. Soris teleutosporiferis hypophyllous, filiformibus, brunneis, rectangularibus, 30-36 X 8-12 µm; pariete flavide, 1 µm crassa, aequaliter, uniporis germinationis subaequatorialibus.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Malupa*, hipófilo, solitarios ó en grupos, circular, amarillento, subepidermal, abierto por un poro; himenio cóncavo, subepidermal; parafisos rectos, 36-50(-60) X 6-9 µm; pared hialina, 1.0-1.5 µm gruesa; parafisos periféricos curvados, 36-40 X 6-9 µm; pared amarillenta, hasta 4 µm de gruesa dorsalmente; esporos de *Malupa* amarillentos, de elipsoides a ampliamente elipsoides, 27-32 X 20-23 µm; pared 1.0-1.5 µm de gruesa, uniforme, finamente equinulada; poros germinativos, 2-4, mas ó menos equatoriales. Teliosoro hipófilo, filiforme, café claro, solitarios; parafisos periféricos suavemente curvados, 30-50 X 6-8 µm; pared amarillenta, hasta 4 µm de grosor; teliosporos en cadena formando vellos largos y compactos, 7-8 esporos a través, carmelitos, rectangulares, 30-36 X 8-12 µm; pared amarillenta, 1 µm de grosor, uniforme; poro germinativo único, abajo del ecuador. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Asclepiadiaceae, sobre *Peckoltia pedalis* Fournier, BRASIL. Goyaz, s.d., Gardner; sobre *Schubertia grandiflora* Martius; BRASIL. Para, Castanhal, 5 Jul. 1960, *Albuquerque 779*; sobre Asclepiadiaceae, BRASIL. Bahia, 20 km. N. Victoria de

Conquista, 9 Mar. 1984, *J.F. & M.M. Hennen & Goncalves 84 - 227* (tipo); Itubera, Fazenda Inferno Verde, 15 Sep. 1978, *Cardozo 78 - 76*; Minas Gerais, Lavras, 15 Jun. 1988, *J.F. & M.M. Hennen & Ono 88 - 320*; 88 - 323; Sao Paulo, Serra de cantareira, Mar. 1903, *Puttemans 694*.

Observaciones: esta especie se separa de *Crossopsora mateleae* Dale, por los parafisos en el himenio del anamórfo y por su septación; así como por los parafisos largos en la boca del teliosoro. Los teliosporos también son más cortos y anchos.

9.2 Crossopsora mateleae Dale, Mycol. Paper C.M.I. 59: 4, 1955.

Tipo: sobre *Matelea viridifolia* (Meyer) Woods (Asclepiadiaceae), TRINIDAD: River State, Diego Martin, 4 Mar. 1947, *W.T. Dale 1335*.

Anamorfo: *Malupa mateleae* Buriticá. En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 187, 1996.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Malupa*, anfigineo, redondo, en grupos, carmelito, subepidermal, abierto por un poro; himenio cóncavo, subepidermal, aparafisado; parafisos periféricos curvados, 25-58 X 8-9 µm; pared amarillenta, hasta 5 µm de gruesa dorsalmente; esporos de *Malupa* carmelitos, de elipsoides a ampliamente elipsoides, como angulares, 29-33(-37) X 20-33 µm; pared amarillenta, 1 µm de grosor, uniforme, finalmente equinulada; poros germinativos 3-5, más ó menos equatoriales. Teliosoro hipófilo, filiforme, café oscuro, solitario; parafisos periféricos rectos en el borde del soro, 21-35 X 8-10 µm; pared amarillenta, hasta 5 µm de gruesa; teliosporos en cadenas formando vellos largos y compactos, 5-7 esporos a través, carmelitos, rectangulares, 40-55 X 6-9 µm; pared amarillenta, 1 µm de grosor, uniforme; poro germinativo único, abajo del ecuador. Germinación sin reposo.

Distribución: Antillas, Centro América.

Especímenes estudiados: sobre Asclepiadiaceae; *Gonolobus broadwayi* Schlechter. TRINIDAD. N. Coast Rd., 27 Ene. 1952, *Baker*. Sobre *Matelea maritima* (Jacquin.) Woods, GRENADA. 31 Ene. 1946, *Baker*. Sobre *Matelea viridifolia* (Meyer) Woods, TRINIDAD. River State, 4 Mar. 1947, *Dale*. (Tipo); ST. VINCENT. Belle Isle, 4 May. 1948, *Dale*; TOBAGO. Kin's bay, 27 Ago. 1947, *Dale*; Sobre *Macroscepis sp.*, GUATEMALA. Zacapa, 1 Ene. 1908, *Kellerman 7022*.

Observaciones: como sólo hasta 1955, Dale (*l.c.*) aclaró la situación de esta especie respecto a *Crossopora stevensii* Sydow sobre Apocynaceae, es posible que su rango geográfico sea más amplio. Registros hechos para el Brasil pertenecen a *Crossopora asclepiadaceae* Buriticá & Hennen.

Sobre Apocynaceae.

1. Parafisos del soro anamórfico rectos, con más de 100 µm de largo
Malupa condilocarpi (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen.
1. Parafisos periferales del anamorfo, curvados, menos de 50 µm de largo 2
2. Parafisos periferales del teliosoro > 80 µm de largo *Crossopora angustata* Jøerstad.
2. Parafisos periferales del teliosoro < 80 µm de largo *Crossopora stevensii* Sydow.

9.3 **Malupa condylocarpi** (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo condylocarpi* Jackson & Holway, En: Jackson, Mycologia 23: 493, 1931.

Tipo: sobre *Condylocarpon rauwolfiae* Mueller (Apocynaceae), BRASIL. Sao Paulo, Sao Joao, 2 Jul. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway*, 1986.

De acuerdo con la morfología del soro y los esporos, esta especie anamórfica, es sin duda un miembro del género *Crossopora* Sydow. Hasta ahora solo se conocía el tipo, pero aquí se han estudiado 3 colecciones nuevas, en las cuales, desafortunadamente no se observó el estado teliomórfico.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre *Condylocarpon rauwolfiae* Mueller (Apocynaceae), BRASIL. Sao Paulo, Sao Joao, 2 Jul. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway* 1986 (tipo). Sobre *Condylocarpon spp.* (Apocynaceae), BRASIL. Sao Paulo cerca a Conchal, Fazenda Campininha, 5 Jul. 1988, *López-Franco & de Carvalho*, 88-414; Minas Gerais, cerca a Monte Bello, Fazenda Monte Alegre, 3 Jun. 1988, *J.F. & M.M. Hennen & Ono* 88 - 182; 88 - 161.

9.4 **Crossopora stevensii** Sydow, Mycologia 17: 255, 1925.

Tipo: no designado. Colecciones citadas por el autor, sobre *Echytes tomentosa* Vahl. (Apocynaceae), TRINIDAD: Cumuto, 16 Ago. 1922, *F.L. Stevens*; sobre

Mandevilla scabra Schumann (Apocynaceae), GUYANA (British Guiana); Rockstone, 17 Jul. 1922, *F.L. Stevens* 490 - 491.

Anamorfo: *Malupa mandevillae* (Mayor) Buriticá. En: Buriticá & Pardo-Cardona,
Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 187, 1996.

= *Uredo mandevillae* Mayor, Mem. Soc. Neuchatel Sci. Nat. 5: 591, 1913.

Tipo: sobre *Mandevilla cf. mollissima* (H.B.K.) Schumann
(Apocynaceae), COLOMBIA: Antioquia, entre Sabaletas y Titiribí, 15 Sep- 1910, *E. Mayor* 226.

Espermogonio desconocido. Anamórfico en *Malupa*, hipófilo, solitarios o en grupos en la misma lesión, abiertos por un poro, subepidermales; himenio cóncavo, parafisos rectos, 34-50 X 6-11 µm; pared 2-4 µm engrosada en el ápice, amarillenta; parafisos periferales curvados, 30-40 X 6-11 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de grosor, uniforme, finamente equinulados; poros germinativos imperceptibles, varios, supra- equinulados. Teliosoro hipófilo, filiforme, café oscuro, solitarios; parafisos periféricos, suavemente curvados, en el borde del soro, 30-60 X 6-8 µm; pared amarillenta, hasta 4 µm de gruesa; teliosporos en cadenas formando vellos largos y compactos, 5-7 esporos a través, carmelitos, rectangulares, 50-58 X 8-14 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de grosor, uniforme; poro germinativo único, alrededor del ecuador. Germinación sin reposo.

Distribución: Centro América, Antillas, Colombia.

Especímenes estudiados: sobre Apocynaceae, *Mandevilla hirsuta* (Richard) Schumann, (= *Mandevilla tomentosa* (Vahl) Kuntze), TRINIDAD: Cumuto, 16 Ago. 1922, *Stevens* 933 (syntipo); Maracas Bay Rd., 3 Mar. 1947, *Baker*; Cumuto, Arepo Savanna, Abr. 1913, *Thaxter*; La Selva Valley, Abr. 1913, *Thaxter*; Lady Chancellor Rd., 18 Mar. 1921, *Seaver* 3258; Piarco Savanna, 15 Mar. 1921, *Seaver* 3285; O-Meara Savanna, 22 Mar. 1921, *Seaver* 3297. Sobre *Mandevilla scabra* Schumann, GUYANA (BRITISH GUIANA). Rockstone, 17 Jul. 1922, *Stevens* 490-491 (syntipo). Sobre *Mandevilla subsaginata* (Ruiz & Pavón) Woods., GUATEMALA. Santa Rosa, Cuilapa, 20-27 Nov. 1940, *Standley* 77952.

Observaciones: esta es la primera vez que los parafisos del teliosoro son descritos para las especies de *Crossopora* sobre Apocynaceae y las que parasitan Asclepiadiaceae. Anteriormente se pensó que los teliosporos eran producidos exclusivamente en el anamórfico.

9.5 *Crossopora angustata* Jøerstad, Arkiv. Bot. Ser. 2,3(14): 448, 1956.

Tipo: sobre *Echites sulphurea* Velloso (Apocynaceae), BRASIL: Mato Grosso, Guayabá, 19 Jun. 1922, G.O. Malme.

Anamorfo: *Malupa joerstadae* Buriticá & Hennen, sp. anamorph. nov.

Tipo: sobre *Echites sp.* (Apocynaceae), BRASIL: Sao Paulo, Horto Forestal en Luis Antonio, 8 Jul. 1983, J.F. & M.M. Hennen & C. Adell 83 - 528.

Soriis, anamorphiis, hypophylliis, minutissimae, flavidiis, subepidermalibus; paraphysibus lateralibus curvatis, 27-32 X 5-9 µm; pariete flavidi, usque 4-6 µm incrassatis; sporis ellipsoideis, 26-30(-36) X 19-24 µm; pariete flavidi, 1.0-1.5 µm crasso, aequaliter, minute equinulatis, poros germinationibus 4-5, aequatorialibus.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Malupa*, hipófilo, circular, solitarios, amarillo pálido, subepidermal, abierto por un poro; himenio cóncavo, subepidermal, aparafisado; parafisos periféricos curvados, 27-32 X 5-9 µm; pared amarillenta, 4-6 µm gruesa dorsalmente; esporos de *Malupa*, amarillo pálido, elipsoides, 26-30(-36) X 19-24 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de grosor, uniforme, finamente equinulada; poros germinativos 4-5, más o menos equatoriales. Teliosoro hipófilo, filiforme, café, en grupos; parafisos periféricos rectos en el borde del soro, 80-150 X 3-5 µm; pared amarillenta, 2-3 µm de gruesa; teliosporos en cadenas formando vellos largos y compactos, 5-6 esporos a través, carmelitos tectangulares, 40-56 X 5-8 µm; pared amarillenta, 1 µm de grosor, uniforme; poro germinativo uno, hacia un extremo. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Apocynaceae, *Echites sulphurea* Velloso, BRASIL. Mato Grosso, Guayabá, 19 Jun. 1922, Malme (tipo). *Echites sp.* BRASIL. Sao Paulo, Horto Forestal at Luis Antonio, 8 Jul. 1983, L.F. & M.M. Hennen & Adell 83 - 528 (tipo de *Malupa joerstadae* Buriticá & Hennen); 83 - 527; 21 Feb. 1984, 84 - 205. Sobre Apocynaceae, BRASIL. Sao Paulo, Sao Manoel, 15 Mar. 1983, Hennen & Figueiredo 83 - 58; Horto Forestal Luis Antonio, 29 May. 1988, J.F. & M.M. Hennen & Ono 88 - 55.

Observaciones: cuando Jøerstad (*l.c.*) describió esta especie, solo mencionó los teliosoros y teliosporos, e indicó que parecía tener un ciclo reducido. En este estudio

encontramos el soro anamórfico, que es muy pequeño y de corta duración; pues, no se encuentra en todas las muestras. Esta especie parece estar perdiendo la necesidad de usar su estado anamórfico.

Sobre Bignoniaceae

9.6 *Crossopora crassa* Buriticá & Hennen, sp. nov.

Tipo: sobre *Xylophragma myriantha* (Chamisso) Sprague (Bignoniaceae), BRASIL: Minas Gerais, S.W. de Leopoldina, en la carretera hacia Juiz de Fora, 14 Nov. 1976, J.F. & M.M. Hennen 76-648.

Anamorfo: *Malupa crassa* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo

Spemogoniis adhuc ignotis. Anamorphiis in Malupa, hypophylliis, dispersis vel 3-5 aggregatis, minutis, erumpentis, crateriformibus, subepidermalibus; hymenio semiconcavo, profunde inmersi; paraphysiis peripheralis elevatis per contextus hipoideis, curvatis, septatis, ramificatis, 30-35 X 9-12 µm; pariete flavidi, 6 µm incrassata dorsalibus; sporiis obovoideis, 31-39 X 18-23 µm; pariete palide, flavidi; 0.5-1.0 µm crassa, minute echinulati; poriis germinationis 2, uni superne uni inferne. Soris teleutosporiferis hypophyllis, solitariis vel aggregatis, subepidermalibus; 40 µm latiis; contextus hipoideis peripheralis; teliosporis cuboideis rectangularibus, 35-45 X 9-11 µm, brunneis; pariete externis usque 2 µm crassa, internis usque 1 µm; uniporis germinatio is versus extremis.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Malupa*, hipófilo, dispersos o en grupos de 3-5, pequeño 0.1-0.25 µm de diámetro, subepidermal, erumpente, crateriforme; himenio semicóncavo, inmerso en el tejido del hospedante; parafisos periféricos levantados por tejido hifoide, curvados, ramificados, septados, 30-35 X 9-12 µm; pared amarillenta, hasta 6 µm de grosor dorsalmente; esporos de *Malupa*, obovoideos, 31-39 X 18-23 µm; pared pálida, amarillenta, 0.5-1.0 µm de grosor, ocasionalmente 1-2 µm en el ápice, finalmente equinulada; poros germinativos 2, uno hacia el ápice el otro hacia la base. Teliosoro hipófilo, solitarios o en grupos, subepidermal; himenio plano, subepidermal; teliosporos en cadenas largas unidas lateralmente para formar filamentos, 5-6 esporos a través, 40-45 µm de ancho, hasta 1 µm de largo, tejido hifoide en la periferia, teliosporos cuboideos-rectangulares, 35-45 X 9-11 µm, carmelitos; pared externa de los esporos exteriores hasta 2 µm de grosor, interna hasta 1 µm; poro germinativo único, en un extremo. Germinación *in situ*, sin reposo.

Distribución: conocida solo en el este del Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Bignoniaceae, *Xylophragma myriantha* (Chamisso) Sprague, BRASIL: Goias, 5 Km. W. de Estreito, 19 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77 - 230*; Minas Gerais, 50 Kms. SO. de Leopoldina, en la vía a Juiz de Fora, 14 Nov. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76 - 636; 76 - 648* (tipo); *76 - 639*.

Observaciones: esta especie se diferencia de las otras de la familia Phakopsoraceae, sobre Bignoniaceae, por el tipo de anamorfo (*Malupa* vs. *Physopella*), esporos (2 poros germinativos) y obviamente por el tipo de teliosoro.

Sobre Leguminosae

9.7 *Crossopora hymeneaea* Buriticá & Hennen. *En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 213, 1996.*

Tipo: sobre *Hymeneae sp.* (Leguminosae), BRASIL: Goias, entre Riales y Rianapolis, 15 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79 - 178*.

Anamorfo: *Peridipes hymeneaea* (Mayor) Buriticá & Hennen, *En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 213, 1996.*

= *Uredo hymeneaea* Mayor, *Mem. Soc. Neuchatal Sci. Nat. 5: 586, 1913.*

Tipo: sobre *Hymeneae sp.* (Leguminosae), COLOMBIA: Antioquia, entre Sabaletas y Titiribí, 15 Sep. 1910, *E. Mayor 149*

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Peridipes*, hipófilo, solitario o en grupos, redondo, carmelito, abierto por un poro, subepidermal; himenio cóncavo, subepidermal, pequeño; peridio hifoide; parafisos en el himenio, cilíndricos, flexuosos, 40-48 X 9-12(-17) μm ; pared delgada, ocasionalmente 2-3 μm en el ápice; esporos de elipsoides a obovoides, carmelitos, 29-33(-38) X 16-20 μm ; pared amarillenta, 1 μm de grosor, engrosada en el ápice hasta 3-5 μm , finamente equinulada, con espinas más grandes en la base y en el ápice; poros germinativos 3-4, supraequatoriales. Teliosoros no formados o aislados, hipófilos, filiformes, subepidermales, carmelitos; himenio plano, subepidermal; teliosporos producidos en el anamórfo y en teliosporos en cadenas unidas lateralmente, carmelitos, rectangulares, 26-32 X 7-10 μm ; pared delgada, 1 μm de grosor, uniforme, hacia el borde imperceptiblemente aserrada, poro germinativo único, hacia un extremo; germinación sin reposo.

Distribución: Antillas, Centro y Sur América.

Especímenes estudiados: sobre *Hymenaea courbaril* Linneo, MEXICO: Chiapas, Tuxtla Gutierrez, 20 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74 - 311*; EL SALVADOR: Cuscatlan, Cojutepeque, 19 May. 1977, *Hennen & McCain 77 - 026*; CUBA: Santiago de las Vegas, 26 Nov. 1915, *Johnston 296*; REPÚBLICA DOMINICANA: Espaillat, Valle del Cibao, 15 Ene. 1930, *Ciferri*; PUERTO RICO: Mayaguez, 31 Oct. 1913, *Stevens 3897*; Joyuda, 31 Mar. 1913, *Stevens 962*; Mayaguez, La Jagua, 6 Mar. 1916, *Whetzel & Olive 177*; sobre *Hymenaea stignocarpa* Martius; BRASIL: Brasilia, 25 Ago. 1978, *Heringer 1834*; Parque Nacional Aguas Emendadas, 4 Ago. 1976, *Hennen et al 76 - 253*; Matto Grosso, Barra de Garcas, 7 Jun. 1966, *Hunt 5856*. Sobre *Hymenaea sp.*; BRASIL: Goias, entre Rialma y Rianapolis, 15 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79 - 178* (tipo); N. de Cabanas do Rio Quiate, 12 Oct. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76 - 474*; Mato Grosso do Sul, NE. de Caxim sobre Rio Taquari, 18 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen et al 83 - 213*; Minas Gerais, E. de Uberlandia, 10 Oct. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76 - 457*; 34 Km W. de Formiga, 13 Abr. 1986, *Hennen 86 - 128*; (9 colecciones en Minas Gerais por *Hennen et al* en diferentes épocas); Sao Paulo, Horto Forestal Luis Antonio, 8 Jul. 1983, *J.F. & M.M. Hennen et al. 83 - 551; 83 - 550*.

Observaciones: anamorfo muy característico; con peridio hifoide y parafisos en el himenio, los cuales no habían sido descritos con anterioridad. Especie con amplia distribución geográfica en los trópicos americanos y colectada en diferentes años y sitios, pero, sus teliosoros solo han sido encontrados en el serrado Brasileño (hasta el presente).

Sobre Piperaceae

9.8 *Malupa piperinum* (Sydow) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Caroteliium piperinum* Sydow, *Ann. Mycol. 37: 318, 1939. nom. illegit.*

Tipo: sobre *Piper cf. pastasani* Diels (Piperaceae), ECUADOR: Napo - Pastaza, 21 Feb. 1937, *Sydow 883*.

Varias colecciones provenientes del Brasil fueron estudiadas, entre ellas una realizada por Puttemans (sobre Piperaceae, Brasil: Rio de Janeiro, Petropolis, May. 1913, *Puttemans 1959*) la cual coincide en su anamorfo con *Ceroteliium piperinum* Sydow (l.c.). Pero lo más notorio de esta colección es que presenta teliosoros, los cuales pertenecen al género *Crossopora*. No se describen los teliosoros y los teliosporos debido al poco material en esta colección y queda en espera de una buena colección de esta especie de *Crossopora*, para ser descrita.

Sobre Vitaceae

9.9 *Crossopora wilsoniana* (Arthur) Arthur, N. Amer. Fl. 7(10): 696, 1925.

= *Cronartium wilsonianum* Arthur, Mem. Torrey Bot. Club 17: 114, 1918. Tipo: sobre *Cissus rhombifolia* Vahl (Vitaceae), CUBA: Isla de los Pinos, San Juan, 15-17 Mar. 1916, N.L. & E.G. Britton & F. Wilson 15552.

= *Crossopora caucensis* Kern, Thurston & Whtzel, Mycologia 25: 456, 1933.

Tipo: sobre *Cissus rhombifolia* Vahl (Vitaceae), COLOMBIA: Antioquia, Andes Occidentales, 28 Sep. 1910, E. Mayor 91.

Anamorfo: *Physopella caucensis* (Mayor) Buriticá, En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 233, 1996.

= *Uredo caucensis* Mayor, Mem. Soc. Neuchatel Sci. Nat. 5: 587, 1913.

Tipo: sobre *Cissus rhombifolia* Vahl, (como *Vitis sp.*) (Vitaceae), COLOMBIA: Antioquia, Andes Occidentales, 28 Sep. 1910, E. Mayor 91.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Physopella*, hipófilo, redondo, aislados o algunas veces en grupos en lesiones redondas, amarillo pálido, tempranamente abierto por un poro, posteriormente abierto, subepidermal; himenio plano, subepidermal, erumpente; parafisos periferales hialinos, clavados, flexuosos, 35-42 X 13-15 µm; pared hialina, delgada, menos de 1 µm, uniforme; esporos obovoides, 24-27 X 18-22 µm; pared hialina, 1 µm de grosor, uniforme, finamente equinulada, poros germinativos imperceptibles, más o menos 6, dispersos. Teliosoro hipófilo, filiforme, hasta 3 µm de largo, 5-7 esporos a través, café; parafisos en la boca del soro originados en hifas que cubren el soro como un peridio, 50-110 X 13-15 µm; pared hialina, 1 µm de grosor; himenio plano, subepidermal; teliosporos en cadenas unidas lateralmente, rectangulares, café claro, 45-60 X 10-13 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de grosor, uniforme; poro germinativo no visto, germinación en el ápice, sin reposo.

Distribución: Centro América, Antillas y norte de Sur América.

Especímenes estudiados: sobre Vitaceae, *Cissus rhombifolia* Vahl., GUATEMALA: Los Andes, 17 Ene. 1905, Kellerman 5340; HONDURAS: Cuyamel, Comagalpa, 18 Dic. 1922, Carleton 406; COSTA RICA: Orotina,

30 Dic. 1915, Holway 323; CUBA: Isla de los Pinos, 15-17 Mar. 1916, Britton & Britton & Wilson (Tipo). Sobre *Cissus sp.*, MEXICO: Tamaulipas, camino al rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, Hennen & Buriticá 74-94; 74-111.

Observaciones: dos detalles importantes se describen por primera vez: los parafisos en la boca del teliosoro, que son originados en hifas que envuelven el soro formando un peridio, y la germinación de los teliosporos, que se hace por la parte apical sin tener un poro evidente.

Sobre Malpighiaceae

1. Soro en *Malupa* con parafisos cortos, ornamentación de los esporos irregular, con áreas lisas y verrugas alargadas
.... *Crossopora notata* (Arthur & Johnston) Arthur

1. Soro de *Malupa* con parafisos largos y gruesos, ornamentación con espinas uniformemente distribuidas *Crossopora byrsonimatis* (Hennings) Peterson

9.10 *Crossopora byrsonimatis* (Hennings) Peterson, Tottori Myc. Inst. (Japón), 10: 210, 1973.

= *Cronartium byrsonimatis* Hennings, Hedwigia 48: 2, 1908.

Tipo: sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) de Candolle (Malpighiaceae), BRASIL: San Paulo, Morro Pellado, Jul. 1904, Puttemans 1140.

Anamorfo: *Malupa notata* (Arthur) Buriticá, En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 219, 1996.

= *Uredo notata* Arthur, Mycologia 9: 89, 1917.

Tipo: sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) de Candolle (Malpighiaceae), PUERTO RICO: Mayaguez, 7 Mar. 1916, H.H. Whetzel & E.W. Olive.

= *Uredo amicos* Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 45: 121, 1919.

Tipo: sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) De Candolle (Malpighiaceae), publicada erróneamente como sobre *Chrysophyllum caimito* Linneo (Sapotaceae), PUERTO RICO: Mayaguez, 29 Mar. 1917, H.E. Thomas.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Malupa*, hipófilo, carmelito, redondo, aislados, ocasionalmente en grupos, subepidermal; himenio cóncavo, subepidermal, aparafisado; parafisos periféricos, 79-95(-115) X 10-14 µm;

pared 2.5-3.5 uniformemente gruesa, amarillenta; esporos de *Malupa*, de obovoides a elipsoides, 36-40 X 28-31 μm , amarillentos; pared amarillenta, 2.5-3.5 μm de gruesa, engrosada hasta 10-12 μm en el ápice en algunos esporos, con abundantes espinas uniformemente distribuidas; poros germinativos 3-5, supraequatoriales. Teliosoro hipófilo, filiforme, café obscuro, solitario; parafisos periferales similares a los del soro de *Malupa*; teliosporos en cadena, formando vellos largos, compactos, 5-8 esporos a través, carmelito claro, de rectangulares a elipsoides, 55-70 X 30-38 μm ; pared amarillenta, 3-5 μm de gruesa en el costado exterior, lisa; poro germinativo único, hacia el ápice; germinación sin reposo.

Distribución: Centro América, Antillas, Sur América.

Especímenes estudiados: sobre Malpighiaceae, *Byrsonima affinis*, H. Anderson, BRASIL: Minas Gerais, 40 Km. S. de Bertigoa hacia baiões, 29 Abr. 1986, *Hennen* 86-313; 29 Km. NW. de Araxa, 9 Oct. 1976, *J.F. & M.M. Hennen* 76-442; 20 Km. N. de Plata, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen* 79-202. Sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) De Candolle., MEXICO: Michoacan, 7-15 Km. de Ario de Rosales a Gabriel Zamora, 22 Feb. 1970, *W.R. & C. Anderson* 5844; Chiapas, 16 Km. N. de Arriaga hacia Tierra y Libertad, 20 Nov. *Hennen & Buriticá* 74-308; 3-5 Km de Tierra y Libertad sobre Hwy 35, 20 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá* 74-316; 121 Km. SW. de Tuxtla Gutierrez hacia Tehuantepec, 29 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá* 74-470; Hwy 35 hacia Tuxtla Gutierrez, 20 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá* 74-314; GUATEMALA: laguna Atescatempra, 14 abr. 1937, *Johnston*; HONDURAS: Escuela Agrícola Panamericana, 12 Ene. 1951, *Muller* 435; EL SALVADOR: 1924, *Calderón* 2274; CUBA: San Marcos, 18 Nov. 1915, *Johnston* 186; PUERTO RICO: Mayaguez, 7 Mar. 1916, *Whetzel & Olive* (tipo *Uredo notata* Arthur); 29 Mar. 1917, *Thomas* (tipo *Uredo amica* Arthur), VENEZUELA: Monagas, Uverito, 20 Ene. 1983, *Hodges*; BRASIL: Para, Ipean, 5 Ene. 1971, *Albuquerque* 1291; Sao Paulo, Morro Pellado, Jul. 1904, *Puttemans* 1140 (tipo *Crossopsora byrsonimatis* Hennings); BOLIVIA: Nor. Yungas, Hacienda Anacuri, 4 Jun. 1920, *E.W.D. & M.M. Holway* 717. Sobre *Byrsonima intermedia* Jussieu., BRASIL: Minas Gerais, E. de Lavras, 19 May. 1983, *J.F. & M.M. Hennen* 83-344; 34 Km W. de Formiga, 13 Abr. 1986, *Hennen* 86-176; Sao Paulo, Conchal a Fazenda Campiniinha, 16 Sep. 1976, *Hennen & Figueiredo* 76-399; Horto Forestal, Mogi-Mirim, 18 Mar. 1984, *Hennen* 84-318; 18 Feb. 1984, *J.F. & M.M. Hennen* 84-138; Fazenda Hollambra, 9 Sep. 1976, *Hennen & Figueiredo* 76-362; E. de Riberao Preto, 10 Dic. 1977, *J.F. & M.M. Hennen* 77-373; Mandaqui, 25 May. 1922,

E.W.D. & M.M. Holway 1886; 15 Feb. 1922 *E.W.D. & M.M. Holway* 1560; Horto Forestal Luis Antonio, 8 Jul. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Adell* 83-557. Sobre *Byrsonima pachyphylla* Jussieu., BRASIL: Goias, cerca a Itumbiara, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen* 79-190.

Observaciones. Producto del cúmulo de nuevas colecciones en Brasil, se ha ampliado el rango de hospedantes de esta especie. *Crossopsora byrsonimatis* (Hennings) Peterson; tal como ha sido definida en este trabajo, presenta una gran variación en los esporos de su anamorfo. Esta, se detecta especialmente en la variación de forma y tamaño de los esporos, así como en el tamaño, distribución y densidad de las espinas, pero en todos los casos estando uniformemente distribuidos, aspecto que lo separa de *Crossopsora notata*.

9.11 *Crossopsora notata* (Arthur & Johnston) Arthur, N. Amer. Fl. 7(10): 695, 1925.

= *Cronartium notatum* Arthur & Johnston, Mem. Torrey Bot. Club 17: 114, 1918.

Tipo: sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) de Candolle (Malpighiaceae), CUBA: Las Tunas, 29 Mar. 1916, *J.R. Johnston*.

Anamorfo: *Malupa miuma* Buriticá, *sp. nov.*

Tipo: el mismo que para *Crossopsora notata* (Arthur & Johnston) Arthur.

Soriis hipophyllis, rotundatis, subepidermalibus; hymenio concavus; paraphysibus peripheribus, 25-35 X 10-12 μm , alliquot 58-65 X 10-12 μm , flavidis; sporis flavidis, obovoideis ves ellipsoideis, 42-46 X 27-34 μm ; crasso, subinde 6-8 μm apice incrassato, cum prominentis verrucae, distributis irregularis sed aggregis in series; poro germinationis 2-3(4), supraequatorialibus.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Malupa*, hipófilo, redondo, aislados, ocasionalmente en grupos 2-3, carmelita claro, subepidermal, abierto por una ranura; himenio cóncavo, subepidermal, aparafisado; parafisos periféricos rectos, 25-35 X 10-12 μm ; raramente curvados, 58-65 X 10-12 μm ; pared 6-8 μm , amarillenta, esporos de *Malupa*, carmelitos claros, de obovoides a elipsoides, 42-46 X 27-34 μm ; pared amarillenta, 3-4 μm de gruesa, ocasionalmente 6-8 μm en el ápice, con prominentes verrugas, irregularmente distribuidas pero agrupadas en series, áreas lisas presentes; poros germinativos 2-3(4), supraequatoriales. Teliosoros hipófilos, filiforme, café obscuro, solitarios; tejido hifoide que termina en parafisos, 25-35 X 10-12 μm , rodeando los esporos;

teliosporos en cadenas formando vellos largos y compactos, 5-8 esporos a través, carmelitos claros, rectangulares a elipsoides, 55-65 X 30-36 μm , pared amarillenta, 4-6 μm de gruesa en el costado exterior, lisa; poro germinativo único, hacia el extremo superior. Germinación sin reposo.

Distribución: Cuba, Brasil, probablemente Centro América y el resto de Sur América.

Especímenes estudiados: sobre Malpighiaceae; *Byrsonima coccolobifolia* H.B.K.; BRASIL: Minas Gerais, 20 Km N. de Prata, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen* 79-192; Distrito Federal, entre Plananltina y Formosa, 15 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen* 77-220; Parque Nacional Aguas Emendadas, 4 Ago. 1976, *Hennen, Ono & Heringer* 76-252. Sobre *Byrsonima crassifolia* (Linneo) De Candolle, CUBA: las Tunas, 29 Mar. 1916, *Johnston* (tipo para teliomorfo y anamorfo). Sobre *Byrsonima intermedia* Jussieu, BRASIL: Sao Paulo, Horto Forestal Mogi-Mirim, 29 Dic. 1976, *J.F. & M.M. Hennen & Figueiredo* 76-817; Horto Forestal Luis Antonio, 8 Jul. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Adell* 83-556; Mato Grosso do Sul, W. de Coxim, 17 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Antunes* 83-192. Sobre *Byrsonima rotunda* Grisebach., BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional, 5 Ago. 1976, *Hennen & Ono* 76-276, 76-278. Sobre *Byrsonima sp.*, BRASIL: Sao Paulo, 25 Km N. de Sao Manoel, 28 Ene. 1984, *J.F. & M.M. Hennen & Adell* 84-78; Minas Gerais, 2 Km E. de Lavras, 18 May. 1983, *Hennen & Deslandes* 83-336.

Sobre Bixaceae

9.12 **Crossopora bixae** Buriticá, *Caldasia* 12(57): 166, 1978.

Tipo: sobre *Bixa orellana* Linneo (Bixaceae), COLOMBIA: Meta, 26 Km de San Juan de Arama a Vista Hermosa, 10 Ene. 1976, *P. Buriticá* 76-056.

Anamorfo: *Malupa bixae* (Arthur) Buriticá, *Rev. I.C.N.E. Medellin*: 5(2): 188, 1994.

= *Uredo bixae* Arthur, *Mycologia* 7: 327, 1915.

Tipo: sobre *Bixa orellana* Linneo (Bixaceae), PUERTO RICO: Adjuntas, 2 Mar. 1913, *F.L. Stevens* 462.

Espermogonio desconocido. Anamorfo anfigíneo, principalmente hipófilo, redondo, aislados o en pequeños grupos, abierto por un poro, subepidermal; parafisos periferales levantados por tejido hifoide, suavemente curvados, 38-44 X 7-9 μm ; pared amarillenta, 5-8 μm en-

grosada dorsalmente; esporos amarillentos, de obovoides a elipsoides, 30-34 X 23-26 μm ; pared amarillenta, 1 μm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 5(-6) alrededor del equador. Teliosporos hipófilos, esparcidos o formando grupos, filiforme, 2-3 μm de largo por 40-50 μm de ancho, carmelito; teliosporos rectangulares, 35-45 X 8-11 μm ; pared 0.5-1.0 μm de gruesa, amarillenta, lisa; poro germinativo ecuatorial.

Distribución: Puerto Rico, Colombia, Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Bixaceae, *Bixa orellana* Linneo, PUERTO RICO: Adjuntas, 2 Mar. 1913, *Stevens* 462 (tipo *Uredo bixae* Arthur); Rio Tamania, 6 Jul. 1915, *Stevens* 7864; Maricao, 25 Mar. 1916, *Whetzel & Olive* 326; 8 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro* 2379; BRASIL: Amazonas, Manaus, 13 May. 1982, *J.F. & M.M. Hennen*; Para, Belem, 20 Feb. 1978, *Freire*.

Sobre Solanaceae

9.13 **Crossopora uleana** (H. & R. Sydow) Peterson, *Rept. Tottori Myc. Inst. (Japón)*, 10: 221, 1973

= *Cronartium uleanum* H. & P. Sydow, *Ann. Mycol.* 14: 70, 1916.

Tipo: sobre *Cyphomandra sp.* (Solanaceae), BRASIL-PERÚ: Rio Acre, Seringal Auristella, May. 1911, *E. Ule* 3422.

= *Crossopora oposita* Sydow, *Ann. Mycol.* 37: 319, 1939.

Tipo: sobre *Solanum theobromaefolium* Bitter (Solanaceae),

ECUADOR: Tungurahua, Baños, Hacienda San Antonio, 12 Ene. 1938, *Sydow* 717.

Anamorfo: *Malupa montesina* Buriticá, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para *Cronartium uleanum* Sydow

Spermogoniis adhuc ignotis. Soriis anamorphis amphigeneis, praecipue hypophyllis, rotundatis, profunde immersis, poro apertis; hymenio subepidermale, concavus; paraphysis peripheralis flavidi, flexuosis, 28-70 X 7-11 μm ; parieti flavide, 2-4 μm crasso; sporis obovoideis vel elipsoideis, 26-30 X 19-24 μm ; pariete flvidi, 1.0-1.5 μm crasso, minuteque aculeato; poris germinationis +/- 3, supraequatorialis.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico en grupos formando círculos, anfigíneo, principalmente hipófilo, redondo, crateriforme profundo, abierto por un

poro; himenio subepidermal, profundo, cóncavo; parafisos periferales amarillentos, flexuosos, 28-70 X 7-11 μm ; pared amarillenta, 2-4 μm gruesa, apareciendo irregularmente engrosada; esporos sesiles, de obovoides a elipsoides, 26-30 X 19-24 μm ; pared amarillenta, 1.0-1.5 μm de gruesa, con abundantes espinas, uniformemente distribuidas; poros germinativos +/- 3, supraequatoriales. Teliosoro en círculos alrededor del anamorfo, filiforme, carmelito, 10 esporos a través, 1-3 μm de largo, espacios intersticiales redondos; himenio subepidermal, profundo, de plano a levemente cóncavo; parafisos en la boca del soro, originados en tejido hifoide, flexuosos, 80-110 X 6-8 μm ; pared amarillenta, 2-4 μm de gruesa; teliosporos carmelitos, lineares, 60-80 x 5-8 μm ; pared carmelita, menos de 1 μm de gruesa, +/- uniforme; poro germinativo único, supraecuatorial.

Distribución: Colombia, Ecuador y Brasil.

Especímenes estudiados: El tipo y sobre Solanaceae, *Cyphomandra arctocarpophyllus* Winkler, ECUADOR: Terecita, 13 Oct. 1924, Stevens 170. *Cyphomandra hartwegii* (Miers) W.M.P. COLOMBIA: Antioquia, 4-5 km. en la vía a San Pablo, márgen río Calderas, 3 Feb. 1996, P. Buriticá 94-090.

Observaciones: esta especie de *Crossospora* presenta uno de los teliosporos más largos. Los parafisos en la boca del teliosoro son comparables con aquellos presentes en *Crossospora angustata* Jøestard.

Seguimos el criterio postulado por Peterson (l.c.) al decir que *Crossospora uleana* y *Crossospora opposita* son nombres para el mismo organismo.

Especie que tenemos el gusto de nombrar en su anamorfo, en homenaje al gestor de importantes proyectos de investigación y desarrollo agrícola en Colombia: Dr. Gabriel Montes Llamas.

10. **CEROTELIUM** Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 33: 30, 1906 (publicado como *Ceratelium* y corregido en Bull. Torrey Bot. Club 33: 513, 1906).

Especie tipo: *Cerotelium canavaliae* Arthur, l.c.

Tipo: sobre *Canavalia ensiformes* de Candolle (Leguminosae), PUERTO RICO: Mayaguez, 16 Abr. 1904, G.P. Clinton 87.

Anamorfo: *Milesia canavaliae* Ono, Buriticá & Hennen, Mycol. Res. 96(10): 846, 1992.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamorfo en *Milesia* White; *Physopella* Arthur; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen y *Uredendo* Buriticá & Hennen. Teliosoro subepidermal en origen, posteriormente erumpente; cupuliforme, con tejido hifoide alrededor; teliosporos unicelulares, sesiles, libres, compactados en el soro, en capas de más de dos, sin un arreglo determinado, ocasionalmente aparecen 2-3 en cadena hacia la base, pared delgada, pálida, germinación sin reposo; metabasidio externo.

Distribución: eminentemente tropical, en Asia, África y América. Sobre especies de las subclases; Magnoliidae, Hamameliidae, Caryophyllidae, Dilleniidae, Rosidae y Asteridae, de la clase Magnoliopsida y sobre la subclase Zingiberiidae, de la clase Liliopsida.

Ciclo de vida: especies con ciclo no expandido, parcialmente expandido y completamente extendidos; autoicas-isomórficas.

Clave para las especies Neotropicales

1. Únicamente teliosoros y teliosporos presentes .2
 1. Anamórfos presentes 3
 2. Himenio del teliosoro plano, teliosporos embebidos en una matriz gelatinosa, sobre Annonaceae, *Xylopia*
Cerotelium xylopieae Buriticá & Hennen
 2. Himenio del teliosoro cóncavo, teliosporos sin matriz gelatinosa, sobre Onagraceae, *Ludwigia*
Cerotelium mariae Buriticá & Hennen
 3. Anamórfo sin estructuras periferales (*Uredendo*), sobre Rubiaceae, *Randia*
Cerotelium figueiredae Buriticá & Hennen
3. Anamórfo con estructuras periferales, *Milesia* o *Physopella* 4
4. Anamórfo en *Milesia* 5
4. Anamórfo en *Physopella* 6
5. Teliosoro profundo en el tejido del hospedante, himenio cóncavo sobre Leguminosae, *Canavalia*
Cerotelium canavaliae Arthur
5. Teliosoro subepidermal, himenio plano, sobre Caryocaraceae, *Caryocar*
Cerotelium giacomettii Dianese, Santos & Medeiros
6. Parafisos en *Physopella* septados 7
6. Parafisos en *Physopella* sin septos 8

7. Sobre Lecythidaceae, *Eschweilera*
 *Cerotelium nuxae* Buriticá & Hennen
7. Sobre Moraceae, *Ficus*
 *Cerotelium ficicola* Buriticá & Hennen.
8. Parafisos periferales engrosados dorsalmente,
 sobre Rubiaceae, *Sabicea*
 *Cerotelium sabiceae* Buriticá & Hennen
8. Parafisos no engrosados. 9
9. Himenio de *Physopella* cóncavo, teliosporo pequeño, cupular, sobre Maranthaceae
 *Cerotelium rectangulata* Buriticá & Hennen
9. Himenio de *Physopella* plano, teliosoro evidente, erumpente, con lóbulos, sobre Polygonaceae, *Coccoloba*
 *Cerotelium coccolobae* Buriticá & Hennen

Sobre Annonaceae

10.1 *Cerotelium xylopiæ* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Xylopiæ* *sp.* (Annonaceae), BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional Aguas Emendadas, 18 Oct. 1976, J.F. & M.M. Hennen 76-492.

Anamorfo: no se forma.

Spermogoniis et anamorphis adhuc ignotis. Soris teleutosporiferis hypophyllis, circinatis, melleis, ceraceis, pulvinatis, primo epidermide tectis tandem erumpentis et apertis, determinatibus, coalescentibus, subepidermalibus; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis irregulariter in 3-6 stratis dispositis, in matricis gelatinosis, incoloris, obovoideis vel late ellipsoideis, 32-42 X 16-20 µm; parieti incoloro, tenuo.

Espermogonio y anamorfos desconocidos. Teliosoro hipófilo, en grupos circulares, ambar, ceroso, cupular, inicialmente cubierto por la epidermis posteriormente erumpente y abierto, crecimiento determinado, coalescentes, subepidermal; himenio subepidermal, plano; teliosporos arreglados irregularmente, 3-6 capas, inmersos en una matriz gelatinosa, hialinos, de obovoides a elipsoides, 32-42 X 16-20 µm; pared hialina, delgada, uniforme, germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Annonaceae, *Xylopiæ* *sp.*, BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional, Aguas Emendadas, 15 Oct. 1976, J.F. & M.M. Hennen 76-492 (Tipo); 4 Ago. 1976, Hennen, Ono & Heringer 76-258; 76-256; Goias, Sur de Santa Teresa, 6 Dic. 1977, J.F. & M.M. Hennen 77-355.

Observaciones: aun cuando no hay espermogonios, la distribución y organización de los teliosporos (irregular y sueltos) en el soro, hace que se incluya perfectamente en el género *Cerotelium*. Lo diferencia de *Baeodromus* Arthur los hospedantes (Compuestas) y con teliosporos unidos lateralmente. El tipo de hospedante y de organización de los teliosporos hace presumir que el ciclo de vida de esta especie no es expandido.

Sobre Moraceae

10.2 *Cerotelium ficicola* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Ficus* *sp.* (Moraceae), TRINIDAD: North Coast Rd., 27 Ene. 1952, R.E.D. Baker (Fungi of Trinidad 2482)

Anamorfo: *Physopella ficicola* (Spegazzini) Buritica & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo ficicola* Spegazzini, An. Soc. Cient. Argentina, 17: 120, 1883.

Tipo: sobre *Ficus* *sp.* (Moraceae), PARAGUAY: Cordillera de Peribeby, Jul. 1883, B. Balansa 3881.

= *Uredo ficina* Jüel, Bihang, M. Suensk, Vet. Akad. Handl. 23, Ald. 3(10): 25, 1897.

Tipo: sobre *Ficus* *sp.* (Moraceae), PARAGUAY: San Antonio, Jul. 1893, Lindman 802

= *Physopella ficina* (Jüel) Arthur, N. Amer. Fl. 7(21): 103, 1907.

Soris teleutosporiferis hypophyllous, ceraceis, albidis, rotundatis, subepidermalibus, 4-6 stratis sporis, cupulae formantis; teliosporis hyalinis, libres, irregulariter dispositis, cuboideis vel elipsoideis, 24-31 X 11-15 µm; pariete hialina, <1 µm crassa, aequaliter; status germinationis evidenter.

Espermogonio desconocido. Anamorfo en *Physopella*, hipófilo, carmelito, disperso, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; parafisos periféricos curvados, septados, 35-39 X 7-10 µm; pared amarillenta, engrosada en el lado cóncavo hasta 4 µm; esporos de *Physopella*, de amarillentos a carmelito claro, de elipsoides a redondeados, 24-30 X 18-23 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de gruesa uniforme, con espinas prominentes, ralas; poros germinativos 3-5, dispersos. Teliosporos hipófilos, dispersos, inicialmente cerosos posteriormente blanquecinos, redondos, subepidermales, con 4-6 capas de esporos formando cúpulas; teliosporos hialinos, compactados en el soro, libres, irregularmente arreglados, de cuboides a elipsoides, 24-31 X 11-15 µm; pared

hialina, delgada, <1 µm de gruesa, uniforme. Germinación sin reposo, metabasidio externo.

Distribución: desde el Sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina.

Especímenes estudiados : sobre Moraceae: sobre *Ficus angustifolia* Miquel, ECUADOR: Guayaquil, 31 Jul. 1920, *E.W.D. & M.M. Holway 802*. Sobre *Ficus aurea* Nuttall., USA: Florida, Miami, 9 Ene. 1908, *Bessey*; 25 Mar. 1903, *Holway*; Fort Myers, 29 Feb. 1916, *Standley 13100*; Key Largo, 4 Mar. 1944, *Rhoads*; Coconut Grove, 28 Feb. 1924, *Nuttall*, GUATEMALA: Zacapa, 1 Ene. 1906, *Kellerman*. Sobre *Ficus brevifolia* Nuttall, U.S.A.: Florida, Jerome, 19 Dic. 1948, *Sharp*. Sobre *Ficus combsii* Warburg., CUBA: Santiago de las Vegas, Minas, 12 Feb. 1915, *Johnston 371*; San Diego de los Baños, 2 Jul. 1915, *Johnston 175*; Camaguey, San José, 4 Nov. 1918, *Johnston*. Sobre *Ficus crassinervia* Desp., PUERTO RICO: El Yunque, 12 Abr. 1916, *Whetzel & Olive 338*. Sobre *Ficus hemsleyana* Standley., PANAMÁ: Ft. Sherman, 6 Oct. 1924, *Stevens 1055*. Sobre *Ficus ibapoby* Martius., BRASIL: Sao Paulo, Sao Joao, 2 Jul. 1922, *F.W.D. & M.M. Holway 1992*. Sobre *Ficus involuta* (Liebmann) Miquel., GUATEMALA: Santa Rosa, entre Chiquimulilla y el Ahumado, 7 Dic. 1940, *Standley*. Sobre *Ficus laevigata* Vahl., PUERTO RICO: Santurce, 22 Ene. 1913, *Stevens*; Vega Baja, 20 Feb. 1913, *Stevens*; Isla Mona, 20-21 Dic. 1913, *Stevens*; Dos Bocas, 30 Dic. 1913, *Stevens*; Barcelonita, 8 Abr. 1916, *Whetzel & Olive*; Fajardo, 30 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro*. Sobre *Ficus mexiae* Standley., BRASIL: Minas Gerais, Vicosá, 1 May. 1944, *Dupmond*. Sobre *Ficus padifolia* H.B.K. GUATEMALA: Retalhuleu, San Felipe, 13 Ene. 1917, *Holway*. Sobre *Ficus pertusa* Linneo., BRASIL: Para, Belem, 25 Feb. 1971, *Albuquerque*. Sobre *Ficus radulina* Willdenow., U.S.A.: Florida, Winter Haven, 15 Oct. 1959, *Burnett*. Sobre *Ficus sp.*, GUATEMALA: Retalhuleu, 26 Feb. 1916, *Holway*; COSTA RICA: San José, 10 Dic. 1915, *Holway*; CUBA: Guantanamo, 16 Feb. 1918, *Johnston*; PUERTO RICO: Jayreya, 1 Mar. 1913, *Stevens*; TRINIDAD: North Coast, 27 Ene. 1952, *Baker* (tipo); ECUADOR: Bodegas, Dic, 1890, *Lagerhein*; BRASIL: Sao Paulo, Campinas, Jul. 1976, *Figueiredo 76-182*; PARAGUAY: Peribeby, *Balansa*.

Observaciones: especie bien caracterizada por el tipo de anamorfo, que la separa de los otros miembros de la familia Phakopsoraceae sobre *Ficus*. Los esporos redondeados, con espinas prominentes, ralas, pigmentados de carmelita y poros germinativos evidentes, son entre otras características, las que complementan la fácil identificación de esta especie. Algunas diferencias fueron observa-

das entre las colecciones de las Antillas y las provenientes del Brasil. Diferencias que no justifican la separación.

Sobre Onagraceae

10.3 *Cerotelium mariae* Buriticá y Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Ludwigia sp.* (Onagraceae), BRASIL: Santa Catarina, 10 Kms. al N. de la Unión de la carretera 101 y la que va hacia Torres, 2 Dic. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76-764*.

Anamorfo: no se forma.

Spermogoniis et anamorphiis adhuc ignotis. Soris teleutosporiferis amphygenis, praecipue hypophyllis, aggregatis, circinatis, rotundatis, ceraceis, flavidis vel rufis, pulvinatis, determinatis, coalescentibus, 4-6 sporis stratos, primo tectis tandem erumpentis; hymenio intraepidermali, primo globoso tandem hemisphaericali; supreme teliosporis irregulariter, inferne seriatim dispositis, liberis, cuboideis vel oblongo-ellipsoideis, 18-30 X 7-14 µm; pariete hialino vel flavido, 0.5-1.0 µm crasso, 3-4 µm irregulariter incrassato in sporis superioribus.

Espermogonios y anamorfos desconocidos. Teliosoro anfigéneo, principalmente hipófilo, en manchas definidas, en grupos circulares, redondos, cerosos, de amarillento a rojizos, cupulares, crecimiento determinado, coalescentes, 4-6 capas de esporos, en principio cubiertos por la epidermis posteriormente erumpentes abiertos; himenio intraepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados en la parte superior del soro, más o menos uno debajo del otro en la base, sueltos, cuboides, oblongos-elipsoides, 18-30 X 7-14 µm; pared de incolora a amarillenta, 0.5-1.0 µm de gruesa, 3-4 µm irregularmente engrosada en los esporos superiores.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados : el tipo.

Observaciones: el epíteto de esta especie es propuesto como tributo a tres mujeres que han contribuido al desarrollo de los estudios uredinológicos: Marie Clemens, Mary Holway y Mary Hennen.

Esta especie como la anterior (*Cerotelium xylopieae*) es del género *Cerotelium* y presenta ciclo de vida no expandido, pero, la ausencia de peridio en el telio, la organización de los esporos en el telio, la no presencia de células intercalares, nos da la seguridad de no confundirla con especies de *Baeodromus* Arthur. La no presencia de erumpencia la diferencia de las especies de *Uredopeltis* Hennings.

Sobre Rubiaceae.**10.4 Cerotelium figueiredeae** Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Randia sp.* (Rubiaceae), BRASIL: Sao Paulo, Fazenda Campininha, cerca a Conchal, 27 Jun. 1988, J.F. & Hennen, & R.M. López-Franco 88-355.

Anamorfo: *Uredendo figueiredeae* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el telioromorfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Anamorphiis in Uredendo figueiredeae soris amphyginiis plerumque hypophyllis, solitaris, rotundatis, flavidis, subepidermalibus; hymenio subepidermali, applanato; indeterminatis; intra sori paraphysibus, hyalinis, 21-35 X 9-11 µm; pariete tenuo, 1-2 µm crasso, hyalinis uniformibus; Uredendo sporiis sessilibus, flavidis vel brunneis, ellipsoideis vel obovoideis, 20-24(-29) X 16-19 µm; pariete flavide, 1 µm crasso, uniformibus prominentii echinulatis; poro germinationis obscuris, seri teleutosporiferis hypophyllis, circa vel intra Uredendo soros, brunneis, ceraceis, crust formibus, applanatis vel cupulatis, indeterminatis, coalescentibus, 2-4 sporis stratis; hymenio applanato, indeterminatis; teliosporis irregulariter dispositis, hyalinis, 17-23 X 11-13 µm; pariete hyaline, 1 µm crasso, uniformis; germinationis sine quiescenti.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico (*Uredendo figueiredeae*) anfigíneo principalmente hipófilo, disperso, redondo, de blanquecino a amarillento, subepidermal; himenio subepidermal en origen pero posteriormente erumpente, plano, crecimiento indeterminado; parafisos intrasorales, hialinos, 21-35 X 9-11 µm; pared delgada, 1-2 µm de gruesa, hialina, uniforme; esporos de *Uredendo* sésiles, de amarillentos a carmelitos, de obovoides a elipsoides, 20-24(-29) X 16-19 µm; pared amarillenta, 1 µm de gruesa uniforme, espinas prominentes y abundantes; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor o en el soro anamorfo, ambar, ceroso, cupular, blanquecino por germinación de los esporos; himenio subepidermal, plano, crecimiento indeterminado; teliosporos sin arreglo en el soro, 2-4 esporos en profundidad, hialinos, 17-23 X 11-13 µm; pared hialina, 1 µm de gruesa, uniforme; germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados : sobre Rubiaceae: *Randia sp.*, BRASIL: Sao Paulo, Fazenda Campininha, cerca a

Conchal, 27 Jun. 1988, Hennen & López-Franco 88-355 (tipo); 15-20 Kms. Sur de Pereira Baretto, 15 Jul. 1988, Hennen & López-Franco 88-534.

Observaciones: de las distintas especies en toda la familia Phakopsoraceae, éste es la única que presenta soros anamórficos en el género *Uredendo*, por fuera de las encontradas en gramíneas.

Especie nombrada como un reconocimiento al Dr. Mario B. Figueiredo, quien ha recolectado y desarrollado estudios de Uredinales en el Brasil, además de apoyar y colaborar con el coautor de este trabajo durante los varios viajes de colección de Uredinales en el Brasil.

10.5 Cerotelium sabiceae Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Sabicea villosa* Willdenow (Rubiaceae), BRASIL: Sao Paulo, al pie de la Colina cerca a Mongangua, 22 Ago. 1979, J.F. & M.M. Hennen & M.B. Figueiredo 79-276.

Anamorfo: *Physopella sabiceicola* (Arthur) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo sabiceicola* Arthur, Mycologia 7: 325, 1915.

Tipo: sobre *Sabicea hirsuta* H.B.K. (Rubiaceae), PUERTO RICO: Mayaguez, 2 Nov. 1913, F.L. Stevens 1047.

Spermogoniis adhuc ignotis. Physopella soris amphyginiis, albidis, vel flavidis, primo poro centrali apertis tandem perfecte apertis, subepidermalibus; hymenio primo subepidermali tandem erumpenti, applanato; paraphysibus peripheralibus ad basim conjunctis, non hymenium obducentibus, quoque in hymenio liberis, curvatis, flavidis, 24-38 X 10-15 µm; pariete flavido, 2-4 µm crasso dorsaliter et apice; Physopella sporis sessilibus, albidis vel flavidis, ellipsoideis vel obovoideis, 20-26 x 17-20 µm; parieti hyalino vel flavido, 0.5-1.0 µm crasso, dense et minuteque aculeato; poris germinationis obscuris. soris teleutosporiferis hypophyllis, circa Physopella soros hyalinis vel succineis, ceraceis, cupuliformibus, determinatis, primo epiderme tectis tandem erumpentibus; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis seriatim, dispositis in 3-6 stratis, hyalinis, 14-21 x 10-16 µm; pariete tenuo, hyalino.

Espermogonio desconocido. Anamorfo (*Physopella sabiceicola*), anfigíneo, de blanquecino a amarillento, al principio abierto por un poro, pero posteriormente completamente abierto, subepidermal; himenio subepidermal en origen posteriormente erumpente, plano; parafisos periferales unidos en la base, no cubriendo el himenio, también libres en el himenio, curvados, amarillentos, 24-

38 x 10-15 µm; pared amarillenta, 2-4 µm de gruesa en el lado externo y en el ápice; esporos de *Physopella* sesiles, de blanquecinos a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 20-26 x 17-20 µm; pared de hialina a amarillenta, 0.5-1.0 µm de gruesa, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor de los soros de *Physopella*, de hialino a ambar, ceroso, cupular, crecimiento determinado, 3-6 capas de esporos, al principio cubiertos por la epidermis, posteriormente erumpentes, himenio subepidermal, plano; teliosporos uno debajo del otro, libres, hialinos, 14-21 x 10-16 µm; pared delgada, 1 µm de gruesa, hialina. Germinación sin reposo.

Distribución: Centro América, Antillas y Sur América.

Especímenes estudiados: sobre Rubiaceae, *Sabicea aspera* Aublet., TRINIDAD: La Selva Valley, Mar-Abr. 1913, Thaxter 196. Sobre *Sabicea hirsuta* H.B.K., PUERTO RICO: Mayaguez, 1 May. 1913, Stevens 1047 (tipo *Uredo sabiceicola* Arthur); Mayaguez, La Jagua, 1 Mar. 1916, Whetzel & Olive 236; Maricao, 23 Mar. 1916, Whetzel & Olive 237. Sobre *Sabicea villosa* Willdenow., BRASIL: Sao Paulo, cerca a Mongangua, 22 Ago. 1979, J.F. & M.M. Hennen & Figueiredo 79-276 (tipo); 79-273.

Observaciones: se separa de otros *Cerotelium* en Rubiaceae por el tipo de parafisos en el anamorfo y de otros Phakopsoraceae en Rubiaceae por la erumpencia del teliosoro. Además del espécimen tipo, los teliosporos fueron encontrados en el espécimen proveniente de Trinidad.

Sobre Leguminosae

10.6 *Cerotelium canavaliae* Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 33: 30, 1906.

Tipo: sobre *Canavalia ensiformes* de Candolle (Leguminosae), PUERTO RICO: Mayaguez, 16 Abr. 1904, G.P. Clinton 87.

= *Dietelia canavaliae* (Arthur) H & P. Sydow, Monographia Uredinearum 3: 525, 1915.

Anamorfo: *Milesia canavaliae* Ono, Buriticá & Hennen, Mycol. Res., 96(10): 846, 1992.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Anamorfo en *Milesia*, anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos de manchas definidas, abierto por un poro, amarillento, subepidermal; peridio de apariencia hifoide, parafisos intrasorales, hialinos, 28-35 x 6-8 µm; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 26-34 x 18-23 µm; pared incolora, 1.0-1.5

µm de gruesa, uniforme, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos 4, supraequatoriales. Teliosoro hipófilo, pequeño, alrededor de los soros anamórfos, subepidermales en origen, envueltos en tejido hifoide, posteriormente erumpentes; teliosporos producidos en sucesión basipétala, 5-7 esporos en capas, libres, de cuboides a oblongos, 13-20 x 6-10 µm; pared 1 µm de gruesa, uniforme, hialina; germinación sin período de reposo.

Distribución: Antillas.

Especímenes estudiados: sobre Leguminosae, *Canavalia ensiformis* de Candolle., PUERTO RICO: Mayaguez, Estación Experimental, 16 Abr. 1904, Clinton 87 (tipo); 4 May. 1913, Stevens 1833; Barcelonata, 25 Feb. 1916, Whetzel & Olive 380; Manati, 5 Nov. 1913, Stevens 4321. Sobre *Canavalia gladiata* (Savi.) De Candolle, PUERTO RICO: Rio Piedras, 8 Nov. 1915, Stevens 9278, 9504; Mayaguez, 5 Oct. 1917, Thomas.

Sobre Caryocaraceae

10.7 *Cerotelium giacomettii* Dianese, Santos & Medeiros, Fitopatol. Bras. 18(3): 444, 1993.

Tipo: sobre *Caryocar braziliensis* Cambess. (Caryocaraceae), BRASIL: Minas Gerais, Buritis, 31 May. 1993, Dianese 4008.

Anamorfo: *Milesia caryocae* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio desconocido. Soro de *Milesia* hipófilo, en grupos en manchas cloróticas, de amarillento a carmelito, redondo, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; esporos de *Milesia* sésiles, amarillentos, elipsoides, 29-33(-37) x 19-22 µm; pared amarillenta, 1.5-3.0 µm de gruesa, uniforme, con espinas pequeñas y dispersas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, dispersos, cerosos, blanquecinos por germinación de los esporos, de cupular a columnar, erumpente, crecimientos determinado, con 2-4 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos sueltos en cadenas en la base, irregularmente arreglados en la parte superior, libres, de obovoides a elipsoides, 26-30(-33) x 9-11(-14) µm; pared hialina, 0.5 µm de gruesa, uniforme; germinación sin reposo.

Especímenes estudiados: sobre Caryocaraceae, *Caryocar braziliensis* Cambessedes, BRASIL: Minas Gerais, EN de Lagoa de Prata, 28 Abr. 1986, Hennen & Figueiredo 86-221 (tipo); E. de Furnastur-SW de Formica, 14 Jun. 1988, J.F. & M.M. Hennen & Ono 88-299; S de Ibia, 11 Jun. 1988,

J.F. & M.M. Hennen & Ono 88-289; Sao Paulo, Mogi Mirim, Horto Forestal, 27 May. 1990, *J.F. & M.M. Hennen & Ono 88-63*; 9 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Adell 83-380*; 12 de Jun. 1983, *83-412*; 25 Jun. 1983, *83-481*; 21 Ene. 1984, *Hennen 84-68*; 18 Feb. 1984, *84-136*.

Sobre Lecythidaceae

10.8 *Cerotelium nuxae* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Eschweilera jaranae* (Hubbard) Ducke (Lecythidaceae), BRASIL: Para, Belem, Embrapa C.P.T.U., Black Biological Preserve, 27 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 27-285*.

Anamorfo: *Physopella jaranae* Albuquerque) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph, nov.*

= *Uredo jaranae* Albuquerque, *Pesq. Agrop. Brasil, Ser. Agron. 6*: 141, 1971.

Tipo: sobre *Eschweilera jaranae* (Hubbard) Ducke (Lecythidaceae), BRASIL: Para, Belem, I.A.N., 27 Jun. 1962, *Albuquerque* (Fungos de Amazonía 880).

Spermogoniis adhuc ignotis. Anamorphis in Physopella jaranae, amphigenis, praecipue hypophyllis, affregatis in macular incoloris, rotundatis, flavidis, epidermis erumpentibus, subepidermalibus; hymenio primo subepidermali tandem matricale, primo applanato tandem concavo; paraphysibus peripheralibus et in hymenio, abundantis, liberis, cylindratis, capitatis, septatis, 24-40 x 12-20 µm; pariete hialino, 3-6 µm apece incrassato; Physopella- sporis pedicelatis, brunneis, ellipsoideis vel reniformibus, 24-40 x 16-24 µm; parieti 0.5 µm aequaliter crasso, brunneo, minute et sparce aculeatis; poris germinatis 2-3 super aequatorialibus. Soris teleutosporiferis hypophyllis, cerca Physopella soros, ceraceis, alvidis vel flavidis, pulvinatis, erumpentibus, determinatis, epidermis rumpentibus; hymenio intraepidermale, lobosis; teliosporis primo seriatim tandem in 4-6 stratis irregulariter dispositis, liberis, ellipsoideis vel obovoideis, 15-18 x 8-12 µm; parieti hyalino vel flavido, 0.5 µm aequaliter crasso.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfo (*Physopella jaranae*), anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos circulares en manchas cloróticas, amarillentos, ruptura de la epidermis evidente, subepidermales; himenio en estados tempranos subepidermal plano, posteriormente profundo y cóncavo en el tejido del hospedante; parafisos periferales y en el himenio iguales, abundantes, libres, cilíndricos, capitados, septados, 24-40 x 12-20 µm; pared incolora, 3-6 µm de gruesa en el ápice; esporos en pseudo pedicelos cortos, carmelitos, elipsoides, reniformes, 24-40 x 16-24 µm; pared 0.5 µm de gruesa,

uniforme, carmelita, con espinas pequeñas y esparcidas; poros germinativos 2-3, supraequatoriales. Teliosoro hipófilo, alrededor de los soros de *Physopella*, ceroso de blancuzco a amarillento, cupular, erumpente, crecimiento determinado, 4-6 esporos en capas; himenio subepidermal, profundo, cóncavo, teliosporos originados en cadenas, posteriormente irregularmente dispuestos, libres, de elipsoides a obovoideis, 15-18 x 8-12 µm; pared incolora o amarillenta, 0.5 µm de gruesa, uniforme. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Lecythidaceae, *Eschweilera jarana* (Hubbard) Ducke., BRASIL: Para, Belem, I.A.N., 27 Ene. 1962, *Albuquerque* (tipo de *Uredo jaranae*); Embrapa, Black Biological Preserve, 27 Nov. 1977, *J.F. Hennen & M.M. Hennen 77-285* (tipo); Cachoeira de Black, 9 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-149*.

Observaciones: El anamorfo de esta especie presenta una serie de características típicas: esporos reniformes, parafisos rectos, capitados y septados en el himenio y esporos con pseudo pedicelos (célula disyuntora alargada) cortos. Con estas características es fácil su separación de otras especies de *Cerotelium*.

Es recomendable hacer el estudio de este anamórfo en estados tempranos, ya que a medida que van produciendo esporos, los nuevos van empujando los ya maduros; el soro va entonces profundizándose en el tejido del hospedante y los parafisos periferales son difíciles de observar.

Los esporos de *Physopella* aparecen "pedicelados" porque las células intercalares se han alargado apareciendo como tal; siendo que los esporos son producidos percurrentes, la apariencia alargada de la célula intercalar no es un verdadero pedicelo, comparable con el presente en *Peridipes* o *Macabuna* y que la célula esporógena no produce los esporos simpodialmente, nos da seguridad de mantener este anamorfo en *Physopella*.

Sobre Polygonaceae.

10.9 *Cerotelium coccolobae* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Coccoloba sp.* (Polygonaceae), BRASIL: Mato Grosso do Sul, Coxim, Iate Club Rioverde, 18 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & R. Antunes 83-224*.

Anamorfo: *Physopella coccolobae* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo coccolobae* Hennings, Hedwigia 35: 253, 1896.

Tipo: sobre *Coccoloba populifolia* Weddell (Polygonaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, E. Ule 728.

Spermogonio adhuc ignotis; *Physopella soriis hypophylliis, agragatis, rotundatis, flavidis vel brunneolis, epidermis erumpentis, subepidermalibus; hymenio concavus, profundis immersis; paraphysis peripheralis et in hymenio, cilindraces, flexulosas, 26-43 x 6-11 µm; pariete hyaliniis, 1.0-1.5 µm crasso, uniformiis; Physopella sporiis sessilibus, flavidis vel brunneis, ellipsoideis vel obovoideis; 20-24 x 15-18 µm; pariete 1.0-1.5 µm crasso, uniformis, flavidiis, prominentii et minuti echinulati; poro germinationis obscuriis, plus quam 3, sparsis. Soriis teleutosporiferis hipophylliis, protrudentibus anamorphiis vel separati, aggregatis, ceraceis, cinereus ab sporiis germinationis, primo crustiformibus tandem lobulis, erumpentibus, determinatis, coalescentibus, 3-5 sporiis stratis; hymenio subepidermalibus, applanato; teliosporiis, primo catenatis tandem irregulariter dispositis, liberis, ellipsoideis vel cylindraces, 17-21 x 14-16 µm; pariete hyalina, 1 µm crasso, uniformibus. Germinationis sine quiescenti.*

Espermogonio desconocido. Soro anamórfo (*Physopella coccolobae*), hipófilo, en grupos, redondos, de amarillentos a carmelitos, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio cóncavo, profundo en el hospedante; parafisos periferales y en el himenio, cilíndricos, flexuosos, 26-43 x 6-11 µm; pared incolora, 1.0-1.5 µm de gruesa, uniforme; esporos de *Physopella*, sésiles, de amarillentos a carmelitos, de obovoides a elipsoides, 20-24 x 15-18 µm; pared de 1.0-1.5 µm de gruesa, uniforme, amarillenta, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, aparentemente más de tres, dispersos. Teliosoro hipófilo, en el anamórfo o alrededor, en grupos, cerosos, blanquecinos por la germinación de los esporos, primero cupuliformes, posteriormente trilobado, erumpente, crecimiento determinado, coalescente, 3-5 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos originados en cadenas, libres, arreglados irregularmente, de elipsoides a cilíndricos, 17-21 x 14-16 µm; pared incolora, 1 µm de gruesa, uniforme. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Polygonaceae, *Coccoloba* sp., BRASIL: Matto Grosso do Sul, IATE Club Rioverde Cokim, 18 Abr. 1983, J.F. & M.M. Hennen & Antunes 83-224 (tipo); 4-5 Km. Oeste de Coxim, Fazenda

Sao Francisco, 19 Abr. 1983, J.F. & M.M. Hennen & Antunes 83-240.

Observaciones: hasta el presente esta es la primera especie de la familia Phakopsoraceae registrada en esta familia, orden y subclase de hospedante.

Morfológicamente se caracteriza esta especie por producir un teliosoro que se origina como una cúpula, pero a medida que crece, los esporos laterales crecen hacia los lados mientras los centrales siguen en columna. Al final el soro toma una apariencia de lobulado (como un bonete). En ninguna otra especie aparece ésta organización de los teliosporos, haciendola única.

La distribución geográfica de esta especie ha sido confundida con *Malupa uvifera* (Sydow) Buriticá & Hennen (= *Uredo uvifera* Sydow) sobre *Coccoloba uvifera* (Linneo) Jacquin.

10.10 **Malupa uvifera** (Sydow) Buriticá & Hennen, comb. anamorph. nov.

= *Uredo uvifera* Sydow, Monographia Uredinearum Jacquin (Polygonaceae), PUERTO RICO y CUBA.

Especie diferente de *Cerotelium coccolobae* Buriticá & Hennen (= *Physopella coccolobae* (Hennings) Buriticá & Hennen) por el tipo de soro, tamaño de los esporos y morfología de los parafisos. El soro anamórfo en *Malupa uvifera* (Sydow) Buriticá & Hennen está sentado profundamente en el tejido del hospedante, los parafisos son más grandes, su pared más gruesa (2-4 µm de gruesa) y los esporos son más grandes, 29-38 x 20-24 µm.

Distribución: U.S.A. (Florida) y Antillas.

Especímenes estudiados: sobre Polygonaceae; *Coccoloba uvifera* (Linneo.) Jacquin., U.S.A. Florida, Palm Beach, 11 Mar. 1914; Boynton, 6 Mar. 1944, Rhoads, CUBA. Santiago de Las Vegas, Marianao, 2 Jun. 1916, Johnston 440; 13 May. 1916, Johnston 699. PUERTO RICO: Boqueron, 11 Mar. 1916, Whetzel & Olive 343; San German, 1 Abr. 1916, Whetzel & Olive 344; Mayaguez, 3 Mar. 1916, Whetzel & Olive 342; Humacao, 1 Jul. 1924, Whetzel, Kern & Toro 2428; Vieques, 17 Jul. 1924, Whetzel, Kern & Toro 2097; Haino, 30 Mar. 1926, Kern & Toro 104.

Observaciones: la distribución geográfica de esta especie ha sido confundida con la de *Cerotelium coccolobae* Buriticá & Hennen. De los especímenes estudiados se deduce que *Malupa uvifera* (Sydow) Buriticá & Hennen está en la región del Caribe, mientras que *Cerotelium coccolobae* Buriticá & Hennen está en el Brasil. Es muy

probable que el estado teliomórfico de esta especie pertenezca a la familia Phakopsoraceae, género *Cerotelium*.

Sobre Maranthaceae.

10.11 *Cerotelium rectangulata* Buriticá & Hennen, *sp. nov*

Tipo: sobre Maranthaceae, BRASIL: Para, Belem, Plantación de Caucho de Embrapa, cerca de 5 Km. del edificio principal, 24 Nov. 1977, J.F. & M.M. Hennen & F.G. Albuquerque 77-263.

Anamorfo: *Physopella rectangulata* (Albuquerque) Buriticá & Hennen, *comb anamorph nov*.

= *Uredo rectangulata* Albuquerque, *Pesq. Agropec. Brasil, Ser. Agron. 6: 142, 1971.*

Tipo: sobre *Heliconia pesittacorum* Linneo (Heliconiaceae), BRASIL: Para, Belem, 17 May. 1962, F.C. Albuquerque 872.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis in Physopella rectangulata hypophyllis, in flavidis maculis secundum nervos, flavidis vel brunneis, erumpentibus, subepidermalibus; hymenio primo subepidermali tandem erumpenti, primo concavo tandem applanato; paraphysibus periferilibus, curvatis, 20-30 x 9-12 µm; parieti flavido, 1-2 µm aequaliter crasso; Physopella sporis sessilibus, globosis vel obovoides, flavidis vel brunneis, 21-26 x 19-23 µm; parieti hyalino, 0.5 µm crasso, aequaliter, dense minuteque aculeato; poris germinationis obscuris. Soris teleutosporiferis hypophyllis, cerca Physopella soros, pulvinatis, succinatis, cecaceis, determinatis, erumpentibus, coalescentibus, subepidermalibus, circa gelatinum contextum, 2-4 sporis stratiis, hymenio subepidermali, primo globoso tandem hemisphaericali; teliosporis uni infra alios, adherentibus, subinde bilocularibus, hyalinis, globosis, ovoideis vel ellipsoideis, 9-15 x 8-10 µm; parieti aequaliter tenuo, hyalino.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico (*Physopella rectangulata*), hipófilo, en manchas amarillentas delimitadas por las venas, amarillento-carmelito, erumpente, subepidermal, ruptura de la epidermis evidente; himenio subepidermal en origen, posteriormente erumpente, inicialmente cóncavo, posteriormente plano; parafisos periferales curvados, 20-30 x 9-12 µm; pared amarillenta, 1-2 µm de gruesa, uniforme; esporos de *Physopella* sésiles, redondos, ovoides, de amarillentos a carmelitos, 21-26 x 19-23 µm; pared incolora, 0.5 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo,

alrededor del soro anamórfico, ambar, ceroso, cupular, crecimiento determinado, erumpente, coalescentes, subepidermal con matriz gelatinosa, 2-4 capas de esporos; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos más o menos uno debajo del otro, adheridos, ocasionalmente apareciendo bicelulares, embebidos en una matriz gelatinosa, hialinos, redondos, ovoides, elipsoides, 9-15 x 8-10 µm; pared delgada, hialina, uniforme. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil

Especímenes estudiados: sobre Heliconiaceae, *Heliconia pessittacorum* Linneo (?), BRASIL: Para, Belem, 19 May. 1962, Albuquerque 872 (tipo de *Uredo rectangulata*). Sobre *Ischnosiphon abciquus* (Ruage) Koernike (Maranthaceae), BRASIL: Para, Belem, Rubber Plantation of Embrapa, 24 Nov. 1977, J.F. & M.M. Hennen & Albuquerque 77-263 (tipo).

Observaciones: el estudio de esta especie en su estado teliomórfico, requiere que los soros se seccionen en estados tempranos, ya que cuando ha transcurrido el tiempo aparecen los teliosporos mezclados con metabasidios, lo que puede llevar a confundir la identificación de esta especie con miembros de la familia Chaconiaceae.

La identificación de los hospedantes involucrados requiere mayor estudio ya que es dudoso que este uredinal parasite dos familias hospedantes. Desafortunadamente, con las fracciones de las hojas, en el herbario, fue imposible determinar con certeza la posición de los distintos hospedantes.

11. **PHRAGMIDIELLA** Hennings, Engler's Bot. Jahrb. 38: 104, 1905.

Especie tipo: *Phragmidiella markhamiae* Hennings, *l.c.*

Tipo: sobre *Markhamia sansibarensis* Schumann (Bignoniaceae), TANZANIA (Africa Oriental Alemana, 1905); Usambara, Estepa de Makinguni, Ene. 1903, Zimmerman 180.

Anamorfo: *Macabuna markhamiae* Buriticá & Hennen, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* 19(72): 60, 1994.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo

= *Methamyces* Mundkur & Thirumalachar, *Mycologia* 37: 620, 1945.

Especie tipo: *Phakopsora stereospermi* Mundkur, *Mycologia* 35: 542, 1943.

Tipo: sobre *Stereospermum suaveolens* Wall, (Bignoniaceae), INDIA: Nagpur, 17 Sep. 1922, *R.T. Pearl*.

Anamorfo: *Macabuna stereospermi* (H. & P. Sydow) Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 60, 1994.

= *Uredo stereospermum chelonioides* (Linneo) De Candolle (Bignoniaceae), SRI LANKA (Ceylan): Paradeniva, 8 Jul. 1913, *T. Petch*. = *Santapauella Mundkur & thirumalachar*, Mycologia 37: 625, 1945.

Especie tipo: *Santapauella heterophragmae* Mundkur 6 Thirumalachar, Mycologia 37: 627, 1945.

Tipo: sobre *Heterophragma roxburghii* de Candolle (Bignoniaceae), INDIA: Bangalore, Lalbagh, 8 Sep. 1944, *M.J. Thirumalachar & B.B. Mundkur*.

Anamorfo: *Macabuna heterophragmae* Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 60, 1994.

Tipo: el mismo que para el telomorfo.

= *Jacksoniella Kamat & Sathe*. En: Satha, Indian Phytopath. 25: 78, 1972. (no Lindquist, 1971). *nom. nudum*.

Especie tipo: *Cerotelium holwayi* Jackson, Mycologia 24: 86, 1932.

Tipo: sobre Bignoniaceae, BRASIL: Rio de Janeiro, Jacarepagua, 16 Nov. 1921, *E.W.D. Holway 1315*.

Anamorfo: *Macabuna arrabideae* (Hennings) Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 60, 1994.

= *Uredo arrabideae* Hennings, Hedwigia 35: 250, 1896.

Tipo: sobre *Arrabidaea subsericea* de Candolle (Bignoniaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, *E. Ule 692*.

= *Thirumalachariella Sathe*, Indian Phytopath. 27: 617, 1974. Nombre propuesto para reemplazar *Jacksoniella Kamat & Sathe*.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Macabuna* Buriticá & Hennen. Teliosoro subepidermal en origen, erumpente desde muy temprano, cupuliforme, compuesto por cadenas de teliosporos compactados; teliosporos unicelulares, hialinos, pared delgada, formando cadenas, que permanecen como tal, libres lateralmente y sésiles; soros no

diferenciados; germinación sin reposo involucrando todo el probasidio; metabasidio externo.

Distribución: Tropical, sobre especies de las subclases Dileniidae, Rosidae y Asteridae.

Ciclo de vida: Parcialmente expandido, completamente expandido; autoico-isomórfico.

Clave para las especies neotropicales.

1. Parafisos periferales pocos, hialinos, cortos sin septas 2
1. Parafisos periferales abundantes, amarillentos, largos, con septas 3
 2. Esporos anamórficos elipsoides, sobre Anacardiaceae, *Spondias* *Phragmidiella aliena* (Sydow & Butler) Buriticá & Hennen.
 2. Esporos anamórficos redondos, sobre Bignoniaceae, *Cydista* *Phragmidiella bignoniacearum* (Dale) Buriticá & Hennen.
3. Esporos anamórficos con espinas uniformemente distribuidas 4
3. Esporos anamórficos con espinas únicamente en la mitad superior, sobre Bignoniaceae, *Arrabidaea*
 - *Phragmidiella paulista* Buriticá & Hennen
 4. Esporos anamórficos con la pared engrosada en el ápice, sobre Bignoniaceae
 - *Phragmidiella holwayi* (Jackson) Buriticá
 4. Esporos anamórficos con pared uniforme, sobre Bignoniaceae, *Arrabidaea*
 - ... *Phragmidiella minuta*. (Arthur) Buriticá & Hennen.

Sobre Anacardiaceae

11.1 *Phragmidiella aliena* (H. & P. Sydow & Butler) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Chrysomyxa aliena* H. & P. Sydow & Butler, Ann. Mycol. 10: 267, 1912.

Tipo: sobre *Spondias mangifera* Willdenow (Anacardiaceae), INDIA: Chittagong, 21 Dic. 1911, *R. Sen*.

= *Kuehneola aliena* (H. & P. Sydow & Butler) P. & H. Sydow & Butler, en: P. & H. Sydow, Monographia Uredinearum 3: 322, 1914.

= *Cerotelium spondiadis* Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44: 510, 1917.

= *Cerotelium alienum* (H. & P. Sydow & Butler) Arthur, N. Amer. Fl. 7(10):698, 1925.

Anamorfo: *Macabuna spondiadis* (Petch) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, redondo, en círculos concéntricos, carmelito claro, subepidermal; himenio plano, subepidermal; parafisos periferales pocos, levemente curvados, 29-35 x 4-6 µm; pared delgada, 1-2 µm, uniforme; parafisos en el himenio del mismo tipo que los periféricos; esporos de *Macabuna*, amarillentos, de obovoides a elipsoides, 25-31 x 19-24 µm; pared amarillenta, 1.0-1.5 µm de gruesa, con pequeñísimas y pocas espinas; poros germinativos 4-5, alrededor del equador. Teliosoros en círculos alrededor del anamórfo, redondos, blanquecinos, cupuliformes, subepidermales; teliosporos 3-5 formando cadenas libres lateralmente, hialinos, cuboides, 13-16 x 12-14 µm; pared hialina, < 1 µm; germinación sin reposo.

Distribución: India, África y Puerto Rico.

Especímenes estudiados: sobre Anacardiaceae; *Spondias mangifera* Willdenow., INDIA: Chittagong, 12 Dic. 1911, *Sen* (tipo); SRI LANKA (Ceylan): Peradeniya, Mar. 1913, *Petch*. Sobre *Spondias mombin* Linneo, NIGERIA: Unuko, Ukehe, Nsukka, 27 Abr. 1979, *Eboh*; PUERTO RICO: Manati, 30 Mar. 1923, *Seaver* & *Chardon* 2065.

Observaciones: hemos colocado el anamorfo de esta especie en el género *Macabuna* con algunas reservas, especialmente porque la célula disyuntora entre el esporo y la célula esporógena no se halla completamente diferenciada en pedicelo. Esta se alarga y se rompe hacia el centro. Por las demás características es un típico *Macabuna*. Esta es la primera vez que los parafisos son descritos y el número de poros germinativos se determina con precisión, Sydow (l.c.) cita únicamente dos.

Esta especie, fue sin duda introducida en los trópicos americanos (Puerto Rico) y solo ha sido registrada en una localidad.

Sobre Bignoniaceae.

11.2 *Phragmidiella bignoniacearum* (Dale) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Cerotelium bignoniacearum* Dale, Commonw. Mycol. Inst. Mycol. Papers 59: 3, 1955.

Tipo: sobre *Cydista aequinoctialis* (Linneo) Miers (Bignoniaceae), TRINIDAD: Dropouche, Nov. 1949, *R.E.D. Baker*.

Anamorfo: *Macabuna daleae* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, anfigéneo, principalmente hipófilo, solitario o en grupos pequeños, de amarillento a carmelito, redondo, subepidermal; himenio plano, subepidermal; parafisos periferales pocos, amarillentos, 18-26 x 8-12µm; pared hialina, verrucosa; esporos carmelitos, de redondos a elipsoides, 20-28 x 14-20 µm; pared amarillenta, 1 µm de gruesa, uniforme, con espinas pequeñas dispersas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, lenticular, ceroso, carmelito, subepidermal, 3-5 capas de esporos; teliosporos en cadenas, cuboides, 10-16 x 10-15 µm; pared hialina, menos de 1 µm de gruesa, uniforme. Germinación sin reposo.

Distribución: Trinidad y Panamá.

Especímenes estudiados: sobre Bignoniaceae, *Clytostoma noterophyllum* (Martius.) Boreau & Shumann., TRINIDAD: Los Iros, 16 Sep. 1945, *Dale*. Sobre *Cydista aequinoctialis* (Linneo) Miers, TRINIDAD: Mosquito Creek, Nov. 1949, *Baker* 2204 (tipo) 23 Mar. 1947, *Baker* 1373; 15 Sep. 1945, *Dale* 696; 30 Sep. 1947, *Dale* 1691; Manzanilla, 9 Mar. 1921, *Seaver* 3092, PANAMÁ: Summit, 12 Sep. 1924, *Stevens* 462.

Observaciones: los parafisos periferales se observan mejor en soros ya maduros, pues son pocos y pequeños. No habían sido descritos con anterioridad.

11.3 *Phragmidiella paulista* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Arrabidaea chica* (Humbolt & Bonpland) Verlot (Bignoniaceae), BRASIL: Sao Paulo, Mogi Guacu, Fazenda Sete Lagoas, 29 Sep. 1977, *J.F. & M.M. Hennen* 77-124.

Anamorfo: *Macabuna adenocalymatis* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo adenocalyma* Hennings, Hedwigia 35: 249, 1896.

Tipo: sobre *Adenocalyma* sp. (Bignoniaceae), BRASIL: Santa Catarina, Blumenau, Abr. 1888, *E. Ule* 902.

Spermogoniis adhuc ignotis. Anamorphiis in Macabuna, hypophyllis, rotundatis, castaneis, subepidermalibus;

hymenio applanato, primo subepidermali tandem erumpentis; paraphysibus peripheralis, curvatis, pungentis, 23-24 x 6-8 µm; pariete levis, flavidis, 2-4 µm dorsaliter intrassata; sporis castaneis, obovoideis, 22-26 x 15-18 µm; pariete flavide, 1 µm crassa, aequaliter, minute echinulatis in dimidium superioris; poros germinationis 4(-5), subequatorialibus. Soris teleutosporiferis hypophyllis, rotundatis, albidis, cupuliformibus, subepidermalibus, cum paraphysis, 5-7 sporis in stratis; teliosporis cuboideis, 15-18 x 8-12 µm; pariete hyaline, usque 1 µm crassa. Germinationis sine dormantis.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, carmelito, redondo, subepidermal; himenio plano, subepidermal en origen luego erumpente; parafisos periféricos, curvados, con una septa, terminando en punta, 23-34 x 6-8 µm; pared lisa, amarillenta, hasta 2-4 µm de gruesa dorsalmente; esporos carmelitos, obovoides, 27-26 x 6-8 µm; pared lisa, amarillenta, 1 µm de gruesa, uniforme, finamente equinulada hasta la parte media; poros germinativos 4(-5), subequatoriales. Teliosoro hipófilo, redondo, blanquecino, cupular, subepidermal, con parafisos, 5-7 esporos en profundidad; teliosporos cuboideos, 15-18 x 8-12 µm; pared hialina, menos de 1 µm de gruesa. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Bignoniaceae; *Adenocalymna* sp., BRASIL: Santa Catarina, Blumenau, Abr. 1888, *E. Ule* 902 (tipo *Uredo adenocalymnatis* Hennings). Sobre *Arrabideea chica* (Humbolt. & Bonpland) Verlot., BRASIL: Sao Paulo, Mogi Guaca, 29 Sep. 1977, *J.F. & M.M. Hennen* 77-124; Mogi Mirim, 10 Jun. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Adell* 83-363; 31 Oct. 1983, 83-683; 24 Dic. 1983 83-891; 13 Ene. 1984, 84-5; 29 Ene. 1984, 84-102; 18 Mar. 1984, 84-314; Sao Manoel, 15 Mar. 1983, *Hennen & Figueiredo* 83-54.

Observaciones: especie que se separa de otras del género *Phragmidiella* sobre Bignoniaceae, por los parafisos cortos, uniseptados y por la ornamentación no uniforme de los esporos anamórficos.

11.4 *Phragmidiella holwayi* (Jackson) Buriticá. *en*: Buriticá & Pardo-Cardona, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* 20(77): 189, 1996.

= *Cerotelium holwayi* Jackson, *Mycologia* 24: 86, 1932.

Tipo: sobre Bignoniaceae, BRASIL: Rio de Janeiro, Jacarepagua, 16 Nov. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway* 1315.

= *Jacksoniella holwayi* (Jackson) Kamat & Sathe. *En*: Sathe, *Indian Pytopath*, 25: 78, 1972.

= *Thirumalachariella howayi* (Jackson) Sathe, *Indian Phytopath.* 27: 617, 1974.

Anamorfo: *Macabuna arrabideae* (Hennings) Buriticá & Hennen, *En*: Buriticá, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* 19(72): 60, 1994.

= *Uredo arrabideae* Hennings, *Hedwigia* 35: 250, 1896.

Tipo: colecciones originales, sobre *Arrabidaea subsericea* Linneo (Bignoniaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, *E. Ule* 692

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, solitario, redondo, de amarillento a carmelito, subepidermal; himenio plano, inicialmente subepidermal luego erumpente; parafisos periferales curvados carmelitos, 2-4 septas terminando en punta, 35-60 x 6-15 µm; pared amarillenta, irregularmente engrosada, hasta 6-8 µm; esporos amarillentos, obovoides, 21-28 x 16-19 µm; pared amarillenta, con abundantes y pequeñas espinas, 1 µm de gruesa, engrosada hasta 4 µm en el ápice; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, redondo, ceroso, carmelito, 6-8 esporos en profundidad, inicialmente subepidermal posteriormente erumpente; parafisado; teliosporos hialinos, catenulados, cuboideos, 15-18 x 12-15 µm; pared hialina, delgada, uniforme; poros germinativos 2-4 (?); germinación sin período de reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Bignoniaceae, *Arrabideea subincana* Martius., BRASIL: Bahia, entre Texeira de Freitas e Itamaraju, 23 Jun. 1979, *J.F. & M.M. Hennen* 79-89. Sobre *Arrabideea subsericea* Linneo, BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, *Ule* 692 (tipo *Uredo arrabideae* Hennings); Para, Belem, Bosque Rodríguez Alves, 27 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen* 77-289; Mato Grosso do Sul, Miranda, 21 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Antunes* 83-251. Sobre Bignoniaceae, BRASIL: Rio de Janeiro, Jacarepagua, 16 Nov. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway* 1315 (Tipo *Cerotelium holwayi* Jackson); San Francisco, 23 Sep. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway* 1142; Sao Paulo, Pindamonhangaba, 4 May. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway* 1812; Mogy das Cruces, 4 Jul. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway* 2001.

Observaciones: los esporos del anamórfo con el ápice engrosado, el tamaño de los parafisos y el grosor de su pared, son características en el anamórfo que separan esta especie de sus relacionadas en Bignoniaceae.

11.5 *Phragmidiella minuta* (Arthur) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Cerotelium minutum* Arthur, Bot. Gaz. 73: 59, 1922.

Tipo: sobre *Arrabidaea sieberi* de Candolle (Bignoniaceae), TRINIDAD: La Selva Valley, 9 Jun. 1921, R. Thaxter 38.

Anamorfo: *Macabuna marnavea* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

= *Uredo luteola* Spegazzini, *in sched.*

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, amarillento, solitario, redondo, subepidermal; himenio plano, inicialmente subepidermal, posteriormente erumpente; parafisos periferales curvados, terminando en punta, de amarillentos a carmelitos, 2-4 septas, 36-42 x 8-10 µm; pared amarillenta, engrosada irregularmente hasta 3-4 en el lado dorsal; esporos pálidos, de obovoides a globoides, 18-26 x 13-16 µm; pared amarillenta a hialina, 1 µm de gruesa, uniforme, con espinas pequeñas uniformemente distribuidas; poros germinativos 3-5, dispersos. Teliosoro hipófilo, ceroso, amarillo pálido, pequeño, erumpente, formando columnas de 30-50 µm de alto, 3-5 esporos en profundidad; con parafisos; himenio subepidermal, plano; teliosporos catenulados, de elipsoides a cuboides 13-16 x 12-14 µm; pared carmelita, 1 µm de gruesa, uniforme, lisa.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Bignoniaceae, *Arrabidaea sieberi* De Candolle., TRINIDAD: La Selva Valey, Abr. 1913, Thaxter 38 (tipo); 5 May. 1913, Thaxter 39; Caura Valley, 19 Feb. 1945, Dale 514. Sobre el 514. Sobre *Arrabidaea conjugata* Saint-Hilaire., BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, Ule 909; sobre *Arrabidaea chica* (Humbolt & Bonpland) Verlot, BRASIL: Belem, Para, 15 Mar. 1962, Pires; sobre *Arrabidaea subexserta* Bureau & Schumann., BRASIL: Bahia, entre Jacobina y Junco, J.F. & M.M. Hennen 79-138; sobre *Fridericia speciosa* Martius., BRASIL: Minas Gerais, entre Murfac y Leopoldina, 14 Nov. 1976, J.F. & M.M. Hennen 76-633; sobre *Pyrostegia venusta* Miers, PARAGUAY: Asunción, Jul. 1919, Spegazzini.

Observaciones: en un cuidadoso y detallado estudio de cada uno de los especímenes asignados a esta especie, se buscó el estado de teliosoro, el cual fue encontrado en el tipo (Harvard) y en el espécimen Thaxter 39. La descripción que se acompaña para el teliosoro y teliosporos es la original dada por Arthur (l.c.), que según su publi-

cación proviene de la observación de una placa elaborada por Thaxter, que fue posible localizar en Harvard y complementada por nuestro hallazgo. Esta especie es fácil de separar de sus relacionadas en Bignoniaceae por la forma y ornamentación de sus esporos anamórficos, así como por los parafisos periferales.

En esta especie como en sus relacionadas (*P. paulista*, *P. bignoniacearum* y *P. holwayi*), el teliosoro presenta parafisos periferales. Si estos parafisos son parte del teliosoro o los teliosporos son producidos en el anamórfo, queda como un interrogante para ser resuelto en el futuro.

12. *CATENULOPSORA* Mundkur. *En:* Mundkur & Thirumalachar, Ann. Bot. N. Ser. 7: 216, 1943.

Especie tipo: *Catenulopsora flacourtia* Mundkur & Thirumalachar, *l.c.* p. 217.

Tipo: sobre *Flacourtia sepiaria* Roxburg (Flocourtiaceae), INDIA: Bangalore, Yashvantur, 28 Dic. 1940, M.J. Thirumalachar.

Anamorfo: *Macabuna uguressae* (Petch) Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 61, 1994.

= *Uredo uguressae* Petch. ann. Royal Bot. Gard. Peradeniya 4(5): 303, 1909.

Tipo: sobre *Flacourtia ramontchi* L'Heriter y *Flacourtia sp.* (Flacourtiaceae), SRI LANKA (Ceylan), Petch.

= *NEWINIA* Thuang, Mycologia 45: 702, 1973.

Especie tipo: *Newinia heterophragmae* Thuang, *l.c.* p.703.

Tipo: sobre *Heterophragma sulfurum* Kuntze, (Bignoniaceae), BURMA: Mandatoy, Sedawgale, 2 May. 1971, M.M. Thuang.

Anamorfo: *Macabuna thaungeae* Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 61, 1994.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Macabuna* Buriticá & Hennen. Teliosoro no forinado o erumpente, compuesto de cadenas laxas de teliosporos, libres lateralmente; teliosporos unicelulare, pigmentados, formando cadenas levantadas con un tenue alargamiento del esporo basal; poros germinativos evidentes, uno o varios; germinación sin reposito; metabasidio externo.

Distribución: tropical, sobre especies de las subclases Dilleniidae y Asteridae.

Ciclo de vida: parcialmente expandido y completamente expandido; autoicas - isomórficas.

Clave para las especies Neotropicales.

1. Parafisos periferales del anamórfo, pocos, hialinos, cortos, con pared delgada, sobre Malvaceae
Catenulopsora praelonga (Spegazzini) Buriticá & Hennen

1. Parafisos periferales del anamórfo, abundantes, largos, con pared amarillenta y engrosada, sobre Sapotaceae
Catenulopsora hennena Buriticá

Sobre Malvaceae.

12.1 *Catenulopsora praelonga* (Spegazzini) Buriticá, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(74):464, 1995.

= *Rostrupia praelonga* Spegazzini, Contribución al estudio de la flora de la Sierra de Ventana. En: Ministerio de Obras Públicas, Buenos Aires, La Plata, p. 83, 1896.

Tipo: sobre *Pavonia polymorpha* Saint-Hilaire (Malvaceae), ARGENTINA: Sierra de Ventana, 1896, Spegazzini.

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

= *Cerotelium malvicolum* (Spegazzini) Dietel, Die Naturlich. Pflanzfam. 2, 6: 70-71, 1928.

Anamórfo: *Macabuna malvicola* (Spegazzini) Buriticá, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(74): 464, 1995.

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

Tipo: sobre *Abutilon* sp. (Malvaceae), PARAGUAY: Paraguari, Cerro Hu, Abr. 1883, B. Balansa.

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

Tipo: sobre *Hibiscus syriacus* Linneo (Malvaceae), ESTADOS UNIDOS: Louisiana, Martinsville, Jun. 1889, A.B. Langlois.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, disperso, redondeado, pulverulento, carmelito, erumpente, subepidermal; himenio plano, subepidermal; parafisos periferales pocos, hialinos, lisos, suavemente

curvados, 45-60 x 9-13 μm ; pared hialina, delgada, unifornne; esporos de elipsoides a redondos, 20-28 x 16-22 μm ; pared amarillenta, 1.0-1.5 μm de gruesa, con diminutas y abundantes espinas; poros germinativos 2-3, ecuatoriales o alrededor del equador. Teliosoro hipófilo, disperso, redondo, cupuliforme, carmelita y blancuzco por la germinación de los esporos; teliosporos en cadenas libres de más de 6, célula basal alargada, de cilíndricos a cúbicos, 14-22 x 12-18 μm ; pared amarillenta, 1.0-1.5 μm de gruesa, uniforme, un poro germinativo apical en el esporo superior, uno en el extremo del borde superior en los esporos intermedios.

Distribución: del sur de los Estados Unidos al norte de Argentina.

Especímenes estudiados: sobre Malvaceae; *Abutilon* sp. COLOMBIA: Medellín, 2 Ago. 1996. P. Buriticá; *Hibiscus cardiophyllus* Gray USA., Texas, Star Co., Rio Grande, 1 Dic. 1933, Claver 1373a. Sobre *Hibiscus mutabilis* Linneo, BRASIL: Sao Paulo, Abr. 1913, Puttermans 1970; Sao Paulo, Chacara Dierberger (Casa), Feb. 1913, Puttermans 1972. Sobre *Hibiscus rosa-sinensis* (?), MEXICO. Veracruz, Naolinco, El Espinal, 21 Abr. 1980, G.L. Carrion 53. Sobre *Hibiscus syriacus* Linneo, U.S.A. Louisiana Martinsville, jun. 1889, Langlois (Ellis & Everhart 2408, como *Uromyces heterogenous* Ck. ?) (tipo designado para *Uredo hibisci* Sydow y para *Kuehneola malvicola* Arthur); Lafayette, 30 Oct. 1889, Langlois; Mississippi; Gulfport, Ago. 1926, Wedgworth; Alabama, Tuskegee, 20 Sep. 1909, Carver; Texas, Brownsville, 26 Nov. 1945, Kevirkian; CUBA. Santiago de las Vegas, 14 Mar. 1906, Horne; 21 Ago. 1907, Baker 3147. Sobre *Hibiscus* sp., MEXICO. Veracruz, South of Tantoyuca, 11 Nov. 1974, Hennen & Buriticá 74-202. Sobre *Malache scabra* Vogel., PUERTO RICO. Martin Peña, 10 Abr. 1916, Whetzel & Olive 94. Sobre *Malache speciosa* (H.B.K.) Kuntze, CUBA. Pinar del Rio, Central Galope, 5 Ene. 1919, Johnston 1113. Sobre *Malvastrum* sp., BRASIL. Rio de Janeiro, 20 Dic. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1410. Sobre *Malvaviscus arboreus* Cavanilles., CUBA. Santiago de las Vegas, 23 Oct. 1916, Johnston 904; GUATEMALA. Antigua, 1 Mar. 1916, Holway 543; Sacatepequez, Mazatenango, 28 Feb. 1905, Kellerman 5375; COSTA RICA. San José, La Caja, 6 Ene. 1925, Sydow; Cartago, Feb. 1924, Standley 33369. Sobre *Cienfuegosia drummondii* (Gray) Lewton., U.S.A. Texas, Austin, 31 Oct. 1909, Heald 6 Wolf 372; Mission, 11 May. 1915, Tharp 41a. Sobre *Malvaviscus mollis* de Candolle., GUATEMALA. Huehuetenango, 22 Ene. 1917, Holway 766; GUATEMALA, 2 Feb. 1905, Kellerman 5359. Sobre *Malvaviscus* sp. GUATEMALA. Chimaltenango, Alameda, 15 Ago. 1936, Johnston 69; BRASIL. Río de Janeiro, 12 Nov. 1921, E.W.D. & M.M. Holway

1293, ARGENTINA. Chaco Resistencia, 5 May. 1941, diFonzo. Sobre *Pavonia lasiopetala* Schiele., U.S.A. Texas, San Marcos, 11 Ene. 1915, Long 5488. Sobre *Pavonia sepium* Saint-Hilaire., BRASIL. Rio de Janeiro, Copacabana, 21 Sep. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1139. Sobre *Pavonia speciosa* H.B.K., BRASIL. Sao Paulo, Guarulhos Ry, Villa Augusta, 25 Feb. 1922, E.W.D. & M.M. Holway 1598. Sobre *Pavonia spiniflex* Carvanilles., BRASIL. Sao Paulo, Sao Roque, 24 Jul. 1978, Figueiredo 78-64; Jundial, Fazenda Experimental do IAC, 20 Nov. 1979, Hennen & Figueiredo 79-385; Maringue, 24 Jul. 1978, Figueiredo 7857; 78-52; 19 Ene. 1922, E.W.D. & M.M. Holway 1480; Forest preserve Mogi da Cruces, 14 Sep. 1976, Hennen & Figueiredo 76-376; Horto Forestal, Serra de Campitarefa, 19 Sep. 1975, Hennen & Figueiredo 75-110; Santa Ana do Pamaiba, 6 Jul. 1978, Figueiredo 78-24. Sobre *Pavonia* sp., BRASIL. Minas Gerais, South of Ponte Nova, 29 Oct. 1977, J.F. & M.M. Hennen 77-197; Sao Paulo, Maringue, 24 Jul. 1978, Figueiredo 78-51. Sobre Malvaceae, PARAGUAY. Paraguari, Abr. 1883, Balansa (tipo *Uredo malvicola* Spegazzini).

Observaciones: este uredinal se halla presente únicamente en los trópicos americanos, pues para un registro hecho en 1931 sobre *Malvastrum coromandelianum* (Linneo) Garbari en las Filipinas, el estudio de la colección respectiva mostró que corresponde a *Phakopsora gossypii* (Lagerheim) Hiratsuka.

Sobre Sapotaceae.

12.2 *Catenulopsora henneneae* Buriticá, sp. nov.

Tipo: sobre *Pouteria* sp. (Sapotaceae), BRASIL: Minas Gerais, N. Sao Gotardo, 16 Jun. 1988, J.F. Hennen & Y. Ono 88-243.

Anamorfo: *Macabuna henneneae* Buriticá, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Anamorphis in Macabuna, hypophyllis, brunneis, pulverulentus, primo subepidermalibus tandem erumpentis; hymenio applanato, subepidermalibus; paraphysis peripheralis curvatis, 1-2 septatis, ramificatis, 26-40 x 5-9 µm; pariete flavidi, dorsaliter incrassata usque 4 µm; paraphysis in hymenio flexuosis. Sporibus brunneis, obovoideis, reniformis, 26-32 x 18-24 µm; pariete flavide, 2-3 µm crasso, aequalitar, minute et disperse echinulate, poro germinationis 2-4, dispersis. Soros teleutosporiferis non viso; teliosporibus in anamorphis formantibus, unicelularibus, 5-7 in catenas, brunneis, ovoides vel cuboides, supra lobulados, 12-16 x 14-18 µm; pariete flavidi, 1 µm crasso, aequaliter, laevis. Germinationis sine dormantibus.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Macabuna*, hipófilo, carmelito, pulverulento, subepidermal en origen, posteriormente erumpente; himenio plano, subepidermal; parafisos periferales, curvados, 1-2 septas, ramificados, 26-40 x 5-9 µm; pared amarillenta, engrosada en el dorso hasta 4 µm; parafisos en el himenio flexuosos; esporos carmelitos, obovoideos, reniformes, 26-32 x 18-24 µm; pared amarillenta, 2-3 µm de gruesa, uniforme, con pequeñas y ralas espinas, uniformemente distribuidas; poros germinativos 2-4, dispersos. Teliosoro no visto; teliosporos formados en el anamórfo, unicelulares, formando cadenas de 5-7, carmelitos de ovoides a cuboides, lobulados en la parte superior, 12-16 x 14-18 µm; pared amarillenta, 1 µm de gruesa, uniforme, lisa. Germinación sin reposo.

Distribución: Brasil.

Especímenes estudiados: sobre Sapotaceae, *Pouteria* sp., BRASIL: Minas Gerais, 16 Km. N. de Sao Gotardo, 16 Jun. 1988, Hennen & Ono 88-243 (tipo); 24 Km. W. de Uberlandia, 11 Oct. 1976, J.F. & M.M. Hennen 76-464; Sao Paulo, Horto Forestal Mogi-Mirim, 2 Sep. 1976, Hennen & Figueiredo 76-334; 25 Jun. 1983, J.F. & M.M. Hennen 83-486; cerca Conchal, Fazenda Campininha, 1 Oct. 1976, Hennen & Figueiredo 76-4071; Horto Forestal Luis Antonio, 8 Jul. 1983, J.F. & M.M. Hennen & Adell 83-570.

Observaciones: este es el primer registro de la familia Phakopsoraceae parasitando la familia Sapotaceae. Los esporos carmelitas separan esta especie de las demás. Los esporos ariñonados separan esta especie de las demás en *Catenulopsora*.

Especie dedicada con gusto al insigne maestro de los uredinales Dr. Joe F. Hennen de Purdue University.

Literatura citada

N.B. Esta literatura, cubre los trabajos previos sobre la familia PHAKOPSORACEAE y que ya han sido publicados en diferentes entregas, en esta Revista.

Arthur, J.C. 1906. Eine auf die Struktur und entwicklungsgeschichte begründete Klassifikation der Uredineen. Result. Sci. Congr. Intern. Bot. Vienne (1905) pp. 331-348.

_____ Club 44: 501-511.

_____ 1925. Uredinales. N. Am. Flora 7: 730pp.

_____ 1934. Manual of the rusts in ten United States and Canada. Purdue Res. Found. Lafayette, Indiana, U.S.A., 438pp.

Bonar, L. 1968. *Doassancia gossypii*: a correction. Mycologia 60: 710-711.

Buriticá, P. & J.F. Hennen. 1980. Pucciniosireae (Uredinales, Pucciniaceae), Flora Neotropica. Monografía 24, 50pp.

- _____. 1994. Familia Phalopsoraceae (Uredinales). 1. Géneros anamórficos y teliomórficos. Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 47-62.
- Buriticá, P.** 1991. Familias del orden Uredinales con ciclo de vida completamente reducido. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18(69): 131-148.
- _____. 1994. Cambios taxonómicos y nuevos registros de Uredinales de la Flora Andina, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 173-190.
- _____. 1995. Nuevos registros de Uredinales para la Flora Colombiana y países adyacentes. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(74): 463-467.
- Buriticá, P. & V.M. Pardo-Cardona.** 1996. Flora Uredineana Colombiana. Rev. Acad. Colombiana Cienc. 20(77): 183-236.
- Clements, F.E.** 1909. Genera of Fungi. H.W. Wilson. Minneapolis, 227pp.
- Clements, F.E. & C.L. Shear.** 1931. The genera of fungi. H.W. Wilson Co. New York, 496pp.
- Cronquist, A.** 1981. An Integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press, New York, 1262pp.
- Cummins, G.B. & M.J. Thirumalachar.** 1953. *Pucciniostele*, a genus of rust fungi. Mycologia 45: 572-578.
- Cummins, G.B. & P. Ramachar.** 1958. The genus *Physopella* (Uredinales) replaces *Angiopsora*. Mycologia 50: 741-744.
- Cummins, G.B.** 1959. Illustrated genera of rust fungi. Burgess Publ. Co. 131pp.
- Cummins, G.B. & Y. Hiratsuka.** 1983. Illustrated genera of rust fungi. The American Phytopathological Soc. 152pp.
- _____. 1984. Families of Uredinales. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 22: 191-208.
- Dietel, P.** 1900. Uredinales. Die Nat. Pflanzfamilien. Engler & Prantl 1(1): 24-81; 546-553.
- _____. 1910. Uredineen aus Japan. III. Ann. Mycol. 8(3): 304, 314.
- _____. 1928. Reihe Uredinales. Die Nat. Pflanzfamilien. Engler & Prantl 6: 24-98.
- Heath, M.C. & M.R. Bonde.** 1983. Ultrastructural observations of the rust fungus *Physopella zaeae* in *Zea mays*. Can. J. Bot. 61: 2231-2242.
- Hennen, J.F. & M.B. Figueiredo.** 1979. *Intraptes*, a new genus of fungi imperfecti (Uredinales) from Brazilian cerrado. Mycologia 71: 836-840.
- Hennen, J.F. & P. Buriticá.** 1980. A brief summary of modern rust taxonomy and evolutionary theory. Rept. Tottori, Mycol. Inst. (Japón) 18: 243-256.
- Hennen, J.F., M.M. Hennen & M.B. Figueiredo.** 1982. Índice das ferrugens (Uredinales) do Brasil. Arq. Inst. Biol. Sao Paulo 49(1): 1-201.
- Hennen, J.F., M.B. Figueiredo, C.P. Pimentel & O.M.R. Russomanno.** 1984. The life cycle and taxonomy of *Puccinia pampeana* Speg. and *Endophyllum pampeanum* (Speg.) Lindq. on *Capsicum* spp. and other Solanaceae. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 22: 209-220.
- Hennings, P.** 1895. Fungi goyazenses. Hedwigia 34: 88-116.
- Hiratsuka, N.** 1927. Contribution to the knowledge of the Melampsoraceae of Hokkaido. Japanese J. Bot. 3(4): 289-322.
- _____. 1935. *Phakopsora* pf Japan. 1. Bot. Mag. Tokyo 49: 781-788.
- Hiratsuka, Y. & G.B. Cummins.** 1963. Morphology of spermogonia of the rust fungi. Mycologia 55: 487-507.
- Hiratsuka, Y.** 1975. Recent controversies and terminology of the rust fungi. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 12: 99-104.
- Hiratsuka, Y. & N. Hiratsuka.** 1980. Morphology of spermogonia and taxonomy of rust fungi. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 18: 257-268.
- Holm, L.** 1973. Some notes on rust terminology. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 18: 257-268.
- Hughes, S.J.** 1970. Ontogeny of spore forms in Uredinales. Can. J. Bot. 48: 2147-2157.
- International Code of botanical nomenclature.** 1988. International association for plant taxonomy. Koeltz Sc. Books. Alemania, 93pp.
- Jackson, H.S.** 1931. The rusts of South America based on the Holway collection. V. Mycologia 23: 463-503.
- Joerstad, I.** 1956. Uredinales from South America and tropical North America, chiefly collected by Swedish botanist. Ark. Bot. ser. 2, 3(14): 443-490.
- Kenney, N.J.** 1970. Comparative morphology of the Uredia of the rust fungi. Purdue Univ. Ph.D. Thesis. 76pp.
- Laundon, G.F.** 1963. *Uredopeltis* (Uredinales). Trans British Mycol. Soc. 46: 503-504.
- _____. 1965. The generic names of Uredinales. Mycological papers 99: 1-24.
- _____. 1967. The taxonomy of imperfect rusts. Trans British Mycol. Soc. 50(3): 349-353.
- León-Gallegos, H. & G.B. Cummins.** 1981. Uredinales (Royas) de México. Vol. 1-11. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (I.N.I.A.), Culiacan, Sinaloa, México.
- Leppik, E.** 1972. Evolutionary specialization of rust fungi (Uredinales) on the Leguminosae. Ann. Bot. Fennici 9: 135-148.
- Lindquist, J.C.** 1982. Royas de la República Argentina y zonas limítrofes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Argentina. 574pp.
- Mains, E.B.** 1921. Unusual rusts on *Nyssa* and *Urticacatum*. Amer. J. Bot. 8: 442-451.
- _____. 1934. *Angiopsora* a new genus of rusts on grasses. Mycologia 26: 122-132.
- _____. 1934. The status of the genus *Schroeteriaster*. Ann. Mycol. 32: 256-259.
- Marchetti, M.A., F.A. Vecker & K.R. Bromfield.** 1975. Uedial development of *Phakopsora pachyrhizi* in soybeans. Phytopathology 65: 822-823.
- Mose, E.H.** 1926. The Uredo stage of the Pucciniastae. Ann. Bot. 40: 813-847.
- Mundkur, B.B. & M.J. Thirumalachar.** 1943. *Catenulopsora*, a new genus of rusts. Ann. Bot. 7: 213-220.

- _____. 1945. Two new genera of rusts on Bignoniaceae. *Mycologia* 37: 619-628.
- Ono, Y.** 1978. Taxonomic revision of the tribe Oliveae and morphologically related genera. Purdue Univ. Ph.D. Thesis. 254pp.
- _____. 1983. Taxonomy of the Chaconiaceae genera (Uredinales). *Trans. Mycol. Soc. Japón* 24: 369-402.
- Ono, Y., P. Buriticá & J.F. Hennen.** 1992. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. *Mycol. Res.* 96(10): 825-850.
- Peterson, R.S.** 1973. Studies of *Cronartium* (Uredinales). Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 10: 203-223.
- Ramakrishnan, T.S.** 1950. Some interesting rusts of South India. *Indian Phytopath.* 3: 43-50.
- Sathe, A.V.** 1968. *Stakmania*, a new genus of Uredinales from India. *Sydowia* 20: 252-255.
- _____. 1969. *Peridiopsora*, a new form-genus of Uredinales. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 53(1): 143-145.
- _____. 1972. Taxonomic status of the genus *Cerotelium* (Uredinales). *Indian Phytopath.* 25: 76-79.
- _____. 1977. Morphology and classification of Uredinia. *Kavaka* 5: 59-63.
- Savile, D.B.O.** 1976. Evolution of the rust fungi (Uredinales) as reflected by their ecological problems. *Evol. Biol.* 9: 137-207.
- _____. 1979. Fungi as aids in higher plant classification. *Bot. Rev.* 45(4): 377-503.
- _____. 1989. Raveneliaceae revisited. *Can. J. Bot.* 67: 2983-2994.
- Singh, S. & P.C. Pandey.** 1971. *Tunicopsora*, a new rust genus on bamboo. *Trans. British Mycol. Soc.* 56: 301-318.
- Sydow, H. & P. Sydow.** 1915. *Monographia Uredinearum*. Vol. 3. 726pp.
- Teng, S.C.** 1940. Supplement to higher fungi in China. *Sinensi* 11: 105-130.
- Thaung, M.M.** 1973. A new genus of rusts from Burma. *Mycologia* 65: 702-704.
- Thirumalachar, M.J., M.J. Narashimhan & K.S. Gopalakrishnan.** 1947. Morphology of spore forms and heteroecism of plant bamboo rust, *Dasturella divina*. *Bot. Gaz.* 108: 371-379.
- Thirumalachar, M.J. & B.B. Mundkur.** 1949. Genera of rusts. I-II. *Indian Phytopath.* 2: 65-101; 193-244.
- Thirumalachar, M.J. & M.J. Narasimhan.** 1951. Critical notes on some plant ruste-III. *Sydowia* 5: 476-483.
- Vanky, K.** 1987. Illustrated genera of smut fungi. *Cryptogamic studies*. Vol. I. Gustav Fisher Verlag, 159pp.
- Yen Jo-Min.** 1974-1975. Etude sur les champignons parasites du sud-est asiatique. 24- Les uredinees de Formose. *Rev. Mycol.* 39: 251-267.

CARACTERIZACIÓN INMUNOQUÍMICA Y MOLECULAR DE LOS ALERGENOS DE *BLOMIA TROPICALIS*, UN ACARO CAUSANTE DE ASMA EN EL TRÓPICO

por

Luis Caraballo, M.D.*

Resumen

Caraballo, L.: Caracterización inmunoquímica y molecular de los alergenos de *Blomia tropicalis*, un ácaro causante de asma en el trópico. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(88): 433-443. 1999. ISSN 0370- 3908.

La mayoría de los casos de asma son de origen alérgico. Esta enfermedad es causada, en personas genéticamente susceptibles, por los alergenos de los ácaros del polvo de habitación. En el trópico, los ácaros más comunes son *B. tropicalis* y *Dermatophagoides pteronyssinus*. La importancia clínica del primero se ha descrito en la última década y gran parte de esta información se ha generado en nuestro laboratorio. Este artículo describe los procedimientos y resultados de la caracterización inmunoquímica y molecular de los alergenos de *B. tropicalis*, en un enfoque general que llevaría a su manipulación genética con el fin de obtener reactivos para el tratamiento de las enfermedades alérgicas.

Palabras clave: Alergeno recombinante, asma, *Blomia tropicalis*, alergias, IgE.

Abstract

The etiology and pathogenesis of asthma cases involve an allergic mechanism. Allergens from house dust mites are the main cause of asthma within a genetically susceptible population. *B. tropicalis* and *D. pteronyssinus* are the commonest domestic mites in the tropics. During this decade, important advances have been made in our laboratory, in regard to the clinical role of *B. tropicalis*. Here we describe the general approach and results we have obtained in the immunochemical and molecular characterization of several allergens from this mite. This goal includes the possibility of genetic manipulation of the cloned allergens to get safe reagents for diagnosis and Immunotherapy of allergic diseases.

Key words: recombinant allergen, asthma, *Blomia tropicalis*, allergy, IgE.

* Instituto de Investigaciones Inmunológicas. Universidad de Cartagena. Apartado Aéreo 445 Cartagena, Colombia. Fax: 6698491, E-mail: lcarabal@cartagena.cetcol.net.co

Introducción

El asma es un problema respiratorio de distribución mundial cuya incidencia, al igual que la mortalidad, está aumentando en la mayoría de los países. Esta enfermedad es consecuencia del efecto de factores ambientales, los cuales, en personas genéticamente predispuestas, inducen una respuesta alérgica mediada por IgE, que en la mayoría de los casos inicia el proceso inflamatorio crónico del árbol bronquial, característico de este padecimiento. Los factores genéticos parecen ser múltiples y son estudiados ampliamente en la actualidad (Caraballo L., 1999). Los factores ambientales son esencialmente los alérgenos de los ácaros que se encuentran en el polvo de habitación, hoy denominados ácaros domésticos. Aunque no se conoce con exactitud la prevalencia de asma en Colombia, en Cartagena este problema afecta a un 12.2% de la población general (Caraballo L, et al. 1992). Además, la mortalidad por asma es también alta en este país, llegando a ratas de hasta 1.6 por 100.000 habitantes (Vergara C, et al. 1998).

Blomia tropicalis, un ácaro doméstico que pertenece a la familia Echinomphididae (O'Connor B. 1982), es un componente importante del polvo de habitación en regiones tropicales y subtropicales, siendo además muy sensible a las variaciones de temperatura y humedad. En el trópico las condiciones ambientales son tan apropiadas para el crecimiento de estos ácaros (temperatura media de 28°C y humedad relativa de 85% durante todo el año) que la sensibilización (es decir, la inducción de un estado alérgico en una persona) es muy frecuente entre la población y los cultivos de ácaros no requieren condiciones artificiales especiales para crecer bien. Por otro lado, varios estudios han demostrado que la prevalencia de sensibilización por este ácaro es mucho menor en sitios como Santafé de Bogotá y Ciudad de México, donde la humedad relativa es baja (Fernández-Caldas E, et al. 1993). *B. tropicalis* se ha encontrado en todos los países tropicales donde se ha investigado su presencia, con excepción de ciertas regiones de Tailandia. En orden de frecuencia es el cuarto ácaro más común en Estados Unidos, y junto con *D. pteronyssinus*, es uno de los ácaros más comunes en el mundo. *B. tropicalis* también se ha detectado como un ácaro de almacenamiento en el arroz en Filipinas y en una panadería en Barcelona (Portus M, et al. 1976), lo cual muestra que su distribución puede ir más allá de los ambientes tropicales y subtropicales.

Actualmente, la investigación sobre la etiología del asma a nivel mundial se centra en la identificación de los factores de riesgo, tanto genéticos como ambientales. Aunque teóricamente cualquier alérgeno inhalado puede

causar asma, la evidencia indica que los ácaros son las fuentes de alérgenos más frecuentemente asociados con la génesis y la patogénesis de esta enfermedad y por lo tanto el factor de riesgo más importante. La investigación sobre las características de los alérgenos de *B. tropicalis* ha sido particularmente importante en el Instituto de Investigaciones Inmunológicas de la Universidad de Cartagena durante los últimos diez años. En el presente artículo se describe la trayectoria general de esta línea de investigación, así como los adelantos originales obtenidos más recientemente en este campo.

Aspectos metodológicos generales

El proceso de caracterización de un alérgeno comprende varias etapas que van desde confirmar su alergenicidad hasta definir su estructura y función, con el fin de explorar las posibilidades de eliminar la respuesta IgE que dicho alérgeno induce o modificar la ya existente. Los enfoques y técnicas empleadas pueden variar, pero todos se sustentan esencialmente en el desarrollo de la inmunología, la bioquímica y la biología molecular. Los alérgenos tienen distintos orígenes, denominados fuentes de alérgenos. Las fuentes más comunes son los ácaros, los pólenes, los mohos, los alimentos, los epitelios de animales, los insectos, etc. A continuación se enumeran los principales pasos que hemos seguido con el fin de caracterizar los alérgenos de *B. tropicalis*.

Demostración de la unión a la IgE

Siendo estrictos, la demostración de la alergenicidad de un producto biológico debería hacerse experimentalmente, demostrando la capacidad de la molécula (o la fuente de alérgeno) para inducir la respuesta IgE en las personas o animales, ya sea *in vivo* o *in vitro*. Sin embargo, lo que habitualmente se hace es asumir que ésta es capaz de inducir dicha respuesta y evaluar la capacidad de unión del alérgeno a la IgE del suero de pacientes ya sensibilizados, es decir, alérgicos. Para el caso del extracto alérgico, esto se hace con pruebas cutáneas, "radioalergosorbent test" (RAST) o cualquiera de las variantes de ELISA. Si se desea identificar la unión IgE a cada uno de los componentes no purificados, entonces se utiliza el "immunoblotting".

Importancia clínica y epidemiológica

El papel que juega un alérgeno como inductor de síntomas en la población, es decir, como productor de enfermedades alérgicas, muchas veces se sospecha por las historias clínicas acumuladas por los clínicos, y usualmente se demuestra mediante dos métodos. El más di-

recto emplea pruebas de provocación, entre las cuales estan la provocación bronquial, la nasal, la conjuntival, la oral, la cutánea y la prueba de liberación de histamina por los basófilos, que es un ensayo *in vitro*. Una manera indirecta es hacer estudios epidemiológicos, investigando así una relación causa-efecto a nivel de población. Estos estudios han pasado de simples descripciones de prevalencia de reacción IgE contra alergenitos entre los pacientes, a investigaciones rigurosas sobre el impacto clínico de los alergenitos en pacientes y controles.

Purificación

Aislar un alergenito de su fuente es un paso esencial para analizar sus propiedades físicas, químicas, inmunológicas y funcionales. Actualmente el procedimiento más utilizado es clonar el gen del alergenito en un vector y hacer que la proteína recombinante sea producida por bacterias, levaduras u otras células eucariotas. Para esto se necesita construir bibliotecas ("libraries") de cDNA, en donde se almacenan los genes de las proteínas que la fuente de alergenitos utiliza. La identificación de los alergenitos entre esa gran cantidad de proteínas se hace aprovechando la IgE específica de los sueros de pacientes alérgicos. Otra opción para purificar alergenitos es separando los componentes del extracto natural, para lo cual se emplean variadas técnicas de cromatografía e inmunológica. Aunque es más dispendioso que el anterior, este enfoque tiene la ventaja de que se aísla y purifica el alergenito nativo, que conserva la mayoría de sus propiedades biológicas, lo que no siempre sucede con los recombinantes.

Cuando se obtiene un alergenito purificado, es posible entonces denominarlo de acuerdo a las normas internacionales (WHO/IUIS). La nomenclatura incluye básicamente las tres primeras letras del género seguidas de la primera letra de la especie y finalmente un número que indica el grupo a que pertenece dicho alergenito. Por ejemplo, un alergenito de *Blomia tropicalis* que pertenezca al grupo 5 se denominará Blo t 5. Los grupos resultan de similitudes estructurales (especialmente de la secuencia de aminoácidos), funcionales o inmunológicas de los alergenitos y están limitados a cada fuente de alergenitos. Es decir, el grupo 5 de alergenitos provenientes de pólenes de árboles es distinto al grupo 5 de los alergenitos de ácaros.

Secuencia de aminoácidos

Para esto se usan métodos químicos convencionales, actualmente bastante automatizados, que dan resultados confiables siempre que la proteína esté lo suficientemente

purificada. Sin embargo, en el caso de proteínas grandes no es fácil obtener toda la secuencia por estos métodos y se acostumbra a secuenciar sólo el extremo N-terminal de la molécula. Cuando se clona el gen del alergenito, se puede predecir la secuencia de aminoácidos de la proteína, empleando el código genético. Generalmente esto se confirma secuenciando químicamente el segmento N-terminal de la proteína recombinante. De la secuencia de aminoácidos, se derivan muchas de las propiedades fisicoquímicas del alergenito, pero es especialmente importante su comparación con las restantes proteínas descritas, para determinar homologías con la secuencia de otros alergenitos, lo que a su vez, permite predecir aspectos relevantes como la reactividad cruzada y la función biológica.

Reactividad cruzada

La propiedad de una molécula alérgica de inducir la producción de anticuerpos IgE capaces de reaccionar contra otras tiene implicaciones clínicas muy importantes. Teóricamente, el número y características de las reacciones alérgicas no podrá conocerse mientras no se determinen completamente las reacciones cruzadas entre los alergenitos. Para esto se emplean estudios de correlación estadística y pruebas de inhibición de la unión a IgE entre diferentes moléculas. De estas pruebas, las más populares son la inhibición del RAST y del "immunoblotting". El principio básico es el siguiente: si una molécula B es capaz de inhibir la unión de la IgE específica contra la molécula A, es porque comparte sitios de unión de IgE con la molécula A. El uso de monoclonales y clonas de células T también ha sido de mucha utilidad para estudiar este fenómeno.

Identificación de epitopes

Con el fin de analizar en detalle la respuesta inmunológica contra los alergenitos, es muy conveniente disecar los componentes inmunogénicos de estos, ya sea a nivel celular (epitopes T) o humoral (epitopes B). Simplificando, puede decirse que los epitopes son las unidades mínimas reconocidas por los anticuerpos o los receptores de los linfocitos T. Generalmente, para identificar y localizar epitopes ("epitope mapping") es necesario conocer la secuencia de aminoácidos, a partir de la cual se sintetizan pequeños péptidos que, superponiéndose parcialmente en sus extremos, equivalen a toda la secuencia del alergenito. Observando la linfoproliferación inducida por esos péptidos o sus combinaciones, se pueden identificar los epitopes T. De manera similar, estudiando la unión de esos péptidos a los anticuerpos (monoclonales o contenidos en el suero de pacientes) se detectan los

epitopes B. Cuando los anticuerpos que se unen al epitope son del isotipo IgE, se denominan epitopes alergénicos.

Utilidad diagnóstica

La utilidad diagnóstica de un extracto alergénico, ya sea de pólen, ácaro, alimento, epitelio de gato, etc., se calcula por la correlación positiva entre las pruebas cutáneas o el RAST con dicho extracto y la sintomatología clínica. La utilidad diagnóstica de una molécula alergénica se mide por su potencial para reemplazar al extracto total, ya sea por sí solo o en compañía de otros alérgenos purificados del extracto. Los alérgenos mayores son los que inducen la producción de IgE específica en más del 50% de los pacientes y son responsables de más del 10% de la actividad alergénica del extracto total. Un alérgeno contra el cual reaccione el 90% de los pacientes sería un buen candidato para reemplazar el extracto total. Por lo anterior, actualmente se evalúa la prevalencia de positividad contra cada uno de los alérgenos purificados, en la perspectiva de que sirvan como reactivos diagnósticos, tanto para pruebas cutáneas como para pruebas *in vitro*.

Potencial terapéutico

Desde el punto de vista médico, el objetivo principal de la caracterización de los alérgenos es su aplicación para el control de las enfermedades alérgicas. Durante el presente siglo la inmunoterapia ("hiposensibilización") con extractos alergénicos se ha mantenido como la única opción terapéutica capaz de modificar el curso natural de las enfermedades alérgicas, especialmente la anafilaxia por picaduras de insectos y los problemas respiratorios provocados por aeroalérgenos. Sin embargo, este tratamiento aún se puede mejorar en cuanto a riesgos y eficacia. Como consecuencia de los avances logrados en la caracterización de los alérgenos, para el próximo siglo se proyectan alternativas terapéuticas novedosas. Estas van desde su modificación química o genética para disminuir la reactividad IgE hasta su administración conjunta con secuencias de nucleótidos inmunoestimuladoras de la respuesta Th1, dado que las alergias están dirigidas básicamente hacia una respuesta Th2. También se contempla la posibilidad de profilaxis con vacunación temprana de la población genéticamente susceptible. Teóricamente, el potencial terapéutico de los alérgenos purificados es grande, aunque su demostración mediante ensayos clínicos en animales y en humanos tomará todavía algún tiempo.

Determinación de la función biológica

La función que desempeña una molécula cuando está en su fuente natural pudiera estar relacionada con su po-

tencial alergénico. Sin embargo, esto ha podido demostrarse sólo en algunos casos. La mayoría de los alérgenos son enzimas con funciones importantes en el metabolismo o en las defensas de las plantas o los animales de donde provienen. Las pruebas empleadas para establecer la función biológica de un alérgeno dependen del tipo de proteína y su homología con las ya existentes. Actualmente la determinación de la función biológica de los alérgenos es más que todo de interés científico y está muy relacionado con el estudio de la estructura de dichas moléculas.

Estructuras secundaria y terciaria

La estructura tridimensional de un alérgeno puede predecirse mediante programas de modelaje molecular que aprovechan su homología con moléculas estudiadas experimentalmente con anterioridad. Sin embargo, para establecer con certeza la estructura nativa son necesarios los estudios de espectroscopía (con resonancia magnética nuclear o dicroísmo circular) y cristalografía mediante difracción de rayos X. Al definir la estructura, se pueden analizar mejor las regiones alergénicas e inmunogénicas, así como su relación con las regiones biológicamente activas. Los cambios estructurales globales secundarios a la mutagénesis dirigida también se perciben mejor en estas condiciones. Dado que estos procedimientos corresponden a disciplinas hasta el momento poco relacionadas con la alergología experimental, su aplicación ha sido escasa, a pesar del gran potencial informativo que ofrecen. Sin embargo los adelantos que se han obtenido en el análisis inmunológico y funcional de diversos alérgenos cuya estructura primaria está definida, hacen pensar que en los próximos años se obtendrán muchos avances en esta importante etapa de la caracterización de los alérgenos.

*Los alérgenos de *B. tropicalis**

El número exacto de alérgenos que contiene un extracto de *B. tropicalis* no se ha definido todavía ya que esto depende del origen de los sueros utilizados para detectarlos, los que a su vez contienen un conjunto policlonal de anticuerpos que reflejan el grado de exposición y susceptibilidad genética de la población. Por ejemplo, mediante "immunoblotting" revelados con sueros de pacientes asmáticos de Cartagena, encontramos 25 fracciones alergénicas en un rango de 11 a 85 Kd en un extracto de cuerpo de *B. tropicalis*. En ese estudio se pudieron identificar un alérgeno mayor de 11-13 Kd y tres importantes alérgenos adicionales con porcentaje de unión cercano al 50% y correspondiendo a las bandas de 64, 36 y 33 Kd (Caraballo L, et al. 1994). En otro estudio, usando sueros de pacientes asmáticos de Taiwan se

detectaron tres alérgenos mayores en el extracto de *B. tropicalis*, con pesos moleculares de 14.3, 106.5 y 94 Kd (Tsai J, et al. 1998). Estos resultados sugieren la existencia de diferencias en el patrón de sensibilización en los pacientes que viven en ambientes tropicales, lo que también puede estar influido por las características genéticas tanto de la población como de los ácaros.

Distribución de los alérgenos de *B. tropicalis*

Los alérgenos de *B. tropicalis* se pueden encontrar durante todo el año en los colchones y pisos de las casas en las regiones tropicales, tal como fué detectado en Cartagena usando un extracto de polvo de habitación para inhibir la reactividad IgE (RAST) contra el extracto total del ácaro (Puerta L, et al. 1996) y en Singapore empleando una prueba de inhibición similar a la anterior (FAST) la cual emplea fluorescencia en lugar de material radioactivo (Zhang L, et al. 1997). También se obtuvieron resultados semejantes cuando se determinaron de manera secuencial los alérgenos de *D. pteronyssinus*, lo cual indica que en el trópico los niveles de alérgenos de ácaros no están sometidos a variaciones estacionales. Esta permanencia de los alérgenos en el ambiente durante todo el año es posible que suceda también con otros ácaros y puede explicar el alto grado de sensibilización en la población afectada, aún en aquellos lugares en donde las concentraciones de algunos alérgenos mayores se han encontrado por debajo de lo esperado.

Impacto clínico de los alérgenos de *B. tropicalis*

Aunque la concurrencia de otros ácaros (como por ejemplo, *D. pteronyssinus*, *D. farinae*, *Suidasia medanensis*) en el polvo de habitación dificulta la evaluación del papel específico de *B. tropicalis* en la etiología y patogénesis de las enfermedades alérgicas respiratorias, el impacto clínico de este ácaro se ha asumido con base en estudios epidemiológicos y de provocación *in vivo*, los cuales han mostrado su gran importancia entre los pacientes con asma y rinitis. Según resultados derivados de estudios que utilizan pruebas cutáneas, RAST y pruebas de linfoproliferación, la sensibilización a *B. tropicalis* es frecuente e intensa en los pacientes con asma y rinitis en las regiones tropicales y subtropicales. Usando cualquiera de estas pruebas, la diferencia de reactividad entre los pacientes y las personas normales es altamente significativa ($p \sim 0.0001$). Las cifras de prevalencia de sensibilización contra este ácaro (Figura 1) pueden ser tan altas como un 92%, como fué encontrado (usando RAST) en niños asmáticos de 6 a 16 años de Sao Paulo, Brasil (Rizzo M, et al. 1997); 87% en ni-

ños de Singapore (Lee B. 1997); 85% en Cuba (Ferrandiz R, et al. 1996); 80.5% en Cartagena (Puerta L, et al. 1993) y 73.3% en Taiwan (Tsai J, et al. 1998).

La sensibilización por *B. tropicalis* también es alta entre los pacientes que consultan las salas de emergencias por crisis de asma aguda. Dos estudios, uno realizado en Tampa, Florida, una región subtropical y otro en Cartagena, una ciudad del Caribe (Tabla 1), han demostrado que la sensibilización a *B. tropicalis* es mucho más frecuente ($p = 0.0001$) y más intensa ($p = 0.001$) en pacientes asmáticos (tanto niños como adultos) que consultan por crisis de asma que en aquellos pacientes que consultan a la misma sala de urgencias por motivos distintos a asma (Nelson R, et al. 1996; Caraballo L, et al. 1998). Es importante anotar que en el estudio de Tampa, la prevalencia de RAST positivos contra *B. tropicalis* entre los controles no asmáticos fué cero ($p = 0.0002$). Por otro lado, la especificidad de la respuesta alérgica hacia *B. tropicalis* encontrada en los pacientes también se ha verificado *in vivo* mediante provocación nasal, lo

Tabla 1. Influencia de dos ácaros en el asma aguda

Sensibilización por ácaros asma aguda			
Acaro	Pacientes	Controles	OR
<i>D. pteronyssinus</i>	64/99	28/100	4.9
<i>B. tropicalis</i>	74/99	40/100	4.4

Niveles de IgE específica en asma aguda			
Alérgeno	Pacientes	Controles	p
<i>D. pteronyssinus</i>	8.4	3.6	0.001
<i>B. tropicalis</i>	5.6	2.2	0.001

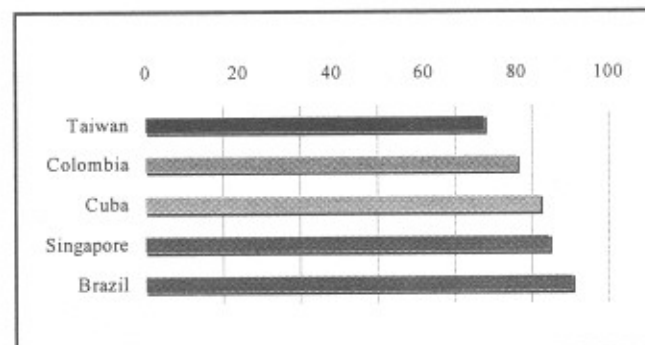


Figura 1. La prevalencia de sensibilización a *B. tropicalis* en niños y adultos en países tropicales de Asia y Sur América es muy alta. Aunque también se ha descrito en otras regiones tropicales y subtropicales, las cifras de esta figura son las más elevadas.

que sugiere que éste ácaro debería considerarse como una causa de rinitis alérgica cuando se evalúan pacientes que viven en áreas donde este ácaro es endémico (Stanaland B, et al. 1996). En este último estudio, solamente aquellos pacientes con prueba cutánea positiva a *B. tropicalis* tuvieron una prueba de provocación nasal positiva, aunque todos eran sensibles a *D. pteronyssinus*.

Reactividad cruzada con alérgenos de otros ácaros

Dado que la población está expuesta a alérgenos provenientes de diversos ácaros del polvo de habitación, la reactividad cruzada entre los alérgenos de *B. tropicalis* y aquellos de otros ácaros es un tema de mucha importancia y por lo tanto ha merecido la atención de varios grupos de investigación. Algunos estudios han encontrado que existe una reactividad cruzada entre *B. tropicalis* y *D. pteronyssinus* cercana al 30%, la cual, según nuestros estudios se sustenta principalmente en los alérgenos del grupo 5 (Arruda K, et al. 1991; Stanaland B, et al. 1994; Caraballo L, et al. 1998).

Lo anterior sugiere que la mayoría de los alérgenos de estos dos ácaros son especie-específicos, sustentando la necesidad de incluir los alérgenos de *B. tropicalis* en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades alérgicas respiratorias en el trópico, donde ambos ácaros son abundantes en el polvo de habitación (Figura 2). Sin

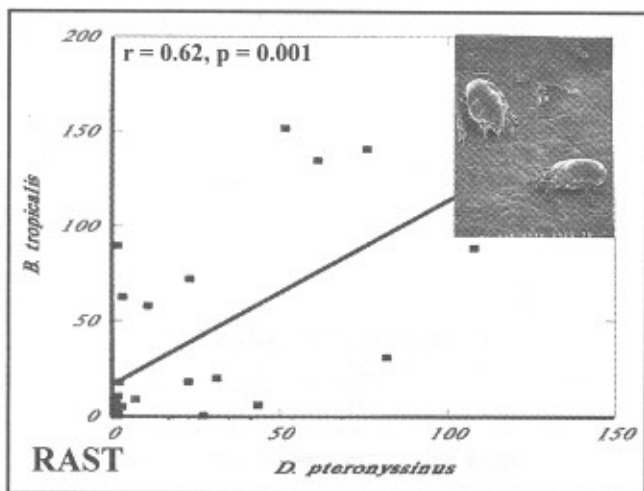


Figura 2. Debido a que los ácaros *B. tropicalis* y *D. pteronyssinus* son endémicos en el polvo de habitación en el trópico, es frecuente que los pacientes presenten sensibilización simultánea a los alérgenos de ambos.

Sin embargo, esta respuesta común, cuya correlación altamente significativa se puede observar en esta gráfica, también está influida por la reactividad cruzada entre algunos de sus alérgenos, especialmente los del grupo 5.

embargo hay otros alérgenos que podrían estar involucrados en la reactividad cruzada de estos dos ácaros. Por ejemplo, usando radioinmuno electroforesis cruzada se han encontrado dos componentes adicionales de reactividad cruzada entre ellos (Arlan L, et al. 1993). Además, el alérgeno recombinante Lep d 2, del ácaro *Lepidoglyphus destructor*, parece tener reactividad cruzada con una banda de 14.5 Kd del extracto de *B. tropicalis*, cuando los "immunoblots" se detectan con un "pool" de sueros de pacientes procedentes de Suecia (Johansson E, et al. 1997).

Por otro lado, nosotros hemos observado recientemente que el alérgeno recombinante Der p 2, del ácaro *D. pteronyssinus*, puede inhibir la unión de IgE de un "pool" de sueros alérgicos, a una banda de 14.8 Kd del extracto de *B. tropicalis*. Las dos evidencias anteriores sugieren que *B. tropicalis* contiene un alérgeno del grupo 2, aunque hasta el momento su aislamiento ha sido particularmente difícil. Entre *B. tropicalis* y *L. destructor* existe una mayor reactividad cruzada (Puerta L, et al. 1991) y los resultados obtenidos al estudiar la reactividad cruzada entre *B. tropicalis* y *D. siboney*, aunque demuestran reactividad cruzada, la intensidad de ésta ha mostrado

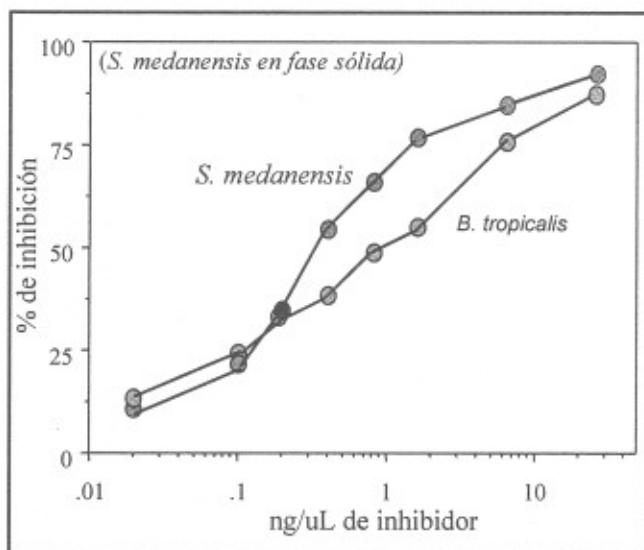


Figura 3. Resultado de un experimento de inhibición del RAST entre *B. tropicalis* y *S. medanensis*. En este caso el extracto de *S. medanensis* está en la fase sólida, es decir fijado en la placa de ensayo. Una mezcla de sueros con alta reactividad contra *B. tropicalis* y *S. medanensis* fue adsorbida por separado con concentraciones crecientes de *B. tropicalis* y *S. medanensis*. Luego de la adsorción, se repite el RAST y se cuantifica el porcentaje de inhibición. Obsérvese que ambos extractos inhiben la unión de la IgE casi completamente.

algunas contradicciones (Ferrandiz R, et al. 1995; Ferrandiz R, et al. 1998).

Actualmente en nuestro laboratorio estamos estudiando la reactividad cruzada entre *B. tropicalis* y *S. medanensis*, un ácaro que también se encuentra con frecuencia en el trópico y cuyo papel en el asma está en investigación. Hemos encontrado que existe reactividad cruzada entre los dos ácaros, pero *B. tropicalis* contiene la mayoría de los epítopes de *S. medanensis* (Caraballo L, et al. 1999). Las Figuras 3 y 4 muestran los resultados de experimentos de inhibición del RAST con extractos de estos dos ácaros. Estos experimentos sugieren que tal vez no sea necesario incluir de rutina la evaluación de alergia a *S. medanensis* en pacientes asmáticos, puesto que la mayoría de los epítopes de este ácaro están contenidos en el extracto de *B. tropicalis*. Sin embargo, un número pequeño de pacientes pudiera reaccionar exclusivamente a los pocos epítopes específicos de *S. medanensis*, por lo tanto se necesita ampliar estas investigaciones para definir con certeza el impacto clínico de este ácaro.

Alergenos recombinantes de *B. tropicalis*

Durante los últimos 5 años hemos obtenido varios de los alergenicos de *B. tropicalis* mediante tecnología de DNA

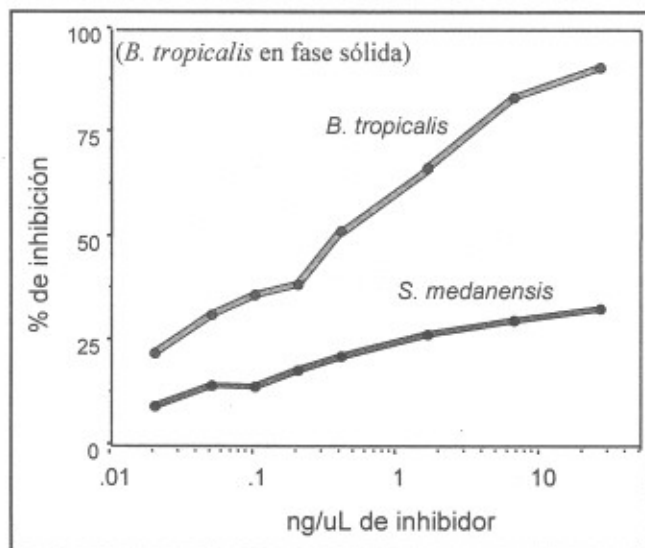


Figura 4. Cuando *B. tropicalis* está en la fase sólida, *S. medanensis* es capaz de inhibir solamente el 30% de la unión IgE contra *B. tropicalis*. Esto, de conjunto con el experimento de la Figura 2, demuestra que existe reactividad cruzada entre los dos extractos de ácaros, pero *B. tropicalis* tiene casi todos los epítopes de *S. medanensis* y además un número importante de epítopes específicos de especie.

recombinante (Tabla 2). Esto ha permitido tenerlos de manera purificada y en cantidades apropiadas para caracterizarlos mejor desde el punto de vista inmunológico y para explorar formas de manipular su alergenidad y antigenicidad. El primer alérgeno recombinante descrito para *B. tropicalis* fue BtM (Caraballo L, et al. 1996), el cual resultó ser un alérgeno del grupo 5, cuya secuencia de amino ácidos muestra una alta homología con el alérgeno Der p 5 (del *D. pteronyssinus*) y es idéntico al extremo C-terminal de Blo t 5, otro alérgeno recombinante de *B. tropicalis* (Arruda K, et al. 1997).

Parece ser que BtM es una clona parcial de Blo t 5, sin embargo, esta molécula posee la mayoría de los epítopes del equivalente natural y comparte epítopes con alergenicos de 14 y 16 Kd del extracto de *B. tropicalis*. El mapeo de epítopes B de BtM (Figura 5) sugiere que esta

Tabla 2. Alergenicos recombinantes de *Blomia tropicalis*

Nombre	%Unión-IgE	Función	MW (Kd)	Referencia
Bt-M	52-79 %	desconocida	8,5	Caraballo L, et al. 1996
Blo t 5	45-73 %	desconocida	14	Arruda L, et al 1997
Blo t 12	18-50 %	desconocida	14,2	Puerta L, et al. 1996
Blo t 13	11 %	FABP	14,8	Caraballo L, et al. 1997

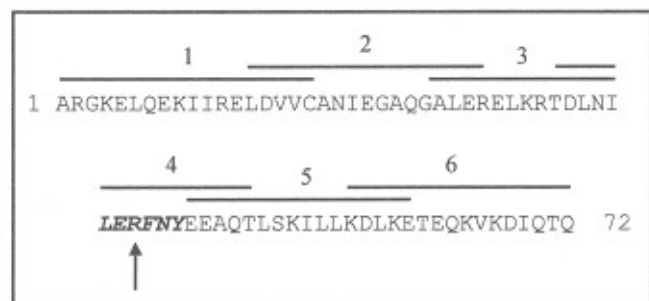


Figura 5. La secuencia de amino ácidos de BtM comprende 72 residuos.

Las líneas horizontales sobre la secuencia indican los péptidos sintetizados. Cada péptido comparte residuos con el siguiente. De acuerdo con la capacidad que tenga cada péptido de inhibir la unión de la IgE a la molécula completa de BtM, se pueden localizar los epítopes correspondientes. En este experimento, el péptido 4 fue el que mostró la mayor capacidad inhibitoria. Dado que los péptidos 3 y 5 mostraron una inhibición mucho menor, se concluye el péptido 4 define un epítipo secuencial (lineal) en la molécula de BtM, dicho epítipo parece estar limitado a sólo 6 residuos.

molécula tiene un epítipo alergénico mayor de carácter lineal, detectado mediante inhibición de la unión IgE con péptido superpuestos (Moreno L, et al. 1997). La frecuencia de unión de IgE de éste alérgeno recombinante varía entre 52 y 79%, de acuerdo a dos estudios con sueros de pacientes asmáticos de Cartagena, alérgicos a los ácaros. Por su parte, el recombinante Blo t 5 reacciona con el 45% de los sueros de asmáticos alérgicos a *B. tropicalis* procedentes de Brasil. Ambos recombinantes inducen pruebas cutáneas positivas entre los pacientes pero no entre los controles.

Se han producido anticuerpos monoclonales contra Blo t 5, uno de los cuales se ha propuesto como útil para monitorear los niveles de exposición a este alérgeno (Baybek S, et al. 1997). El anticuerpo monoclonal 3G8 producido contra BtM, detecta solamente una banda de 8-10 Kd en el extracto total de *B. tropicalis* y no tiene ninguna reactividad cruzada con Der p 5. Esta banda parece corresponder al alérgeno de bajo peso molecular identificado con los sueros de los pacientes, lo cual indica que este monoclonal pudiera ser útil para monitorear la concentración de este alérgeno mayor de *B. tropicalis* en los extractos y en el medio ambiente.

Recientemente, han sido clonados otros alérgenos de *B. tropicalis*, entre ellos, Blo t 12, que tiene una frecuencia de unión a IgE entre 18 y 50% entre pacientes asmáticos y cuya función es desconocida (Puerta L, et al. 1996); Blo t 13, una proteína de unión a ácidos grasos que pertenece a la superfamilia de FABP/Lipocalinas, con 10% de frecuencia de unión a IgE (Caraballo L, et al. 1997) y un alérgeno de 18 Kd identificado como troponina C (Simpson A, et al. 1997).

Función biológica de Blo t 13

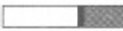


La función biológica de Blo t 13 ha sido confirmada experimentalmente usando ensayos de unión de ligandos fluorescentes. La proteína es capaz de unir los ácidos cis-parinarico y oleico. Este es, hasta el momento, el único alérgeno de *B. tropicalis* cuya función (proteína de unión a ácidos grasos, FABP) se ha demostrado experimentalmente después de que esta función fué sugerida por la homología en la secuencia de amino ácidos con ese grupo de proteínas (Puerta L, et al. 1999). Como parte de un estudio colaborativo con el Centro Nacional de Biopreparados de La Habana hemos obtenido anticuerpos monoclonales contra este recombinante (manuscrito en preparación) para investigar las relaciones entre las propiedades inmunológicas y biológicas de esta molécula.

Sistemas de expresión de los alérgenos recombinantes

En nuestro laboratorio, la mayoría de los alérgenos recombinantes se han clonado como proteínas de fusión con la "Gluthione-S-transferase", empleando vectores como el pGEX-4T-3 y cepas de *E. coli* como sistemas de expresión. De esta hemos alcanzado a producir hasta 0.8 mg de alérgeno por litro de cultivo (Figura 6). Sin embargo, con el fin de obtener mayores cantidades de alérgenos y analizar mejor sus propiedades biológicas y estructurales, últimamente hemos expresado algunos de ellos (Blo t 12 y Blo t 13) en la levadura *Pichia pastoris*, lo cual brinda mayor cantidad de producción (60 mg/L de cultivo) y las moléculas mantienen su capacidad alergénica natural (Puerta L, et al. 1999).

Análisis estructural de Blo t 13

Dado que gran parte de los epítipes alergénicos (B) son conformacionales, es decir, que dependen de la estructura terciaria de la proteína, en algunos casos es necesario obtener experimentalmente la estructura terciaria de la molécula. En el caso de Blo t 13, los estudios preliminares de mapeo de epítipes B con péptidos superpuestos efectuados en colaboración con científicos de la Universidad de Kuala Lumpur en Malasia, sugieren que esta molécula no tiene epítipes lineales (secuenciales) importantes y que posiblemente sus epítipes mayores sean conformacionales. Por otra parte, la estructura secundaria de esta molécula ya fué obtenida experimentalmente mediante dicroísmo circular, lo cual permitió proponer un modelo de estructura terciaria (Figura 7), basa-

Vector	Producto	Unión a IgE	Unión ácidos grasos	Rendimiento
pGEX-4T3/ <i>E. coli</i>		+	+	0.8 mg/L
pGEX-4T3/ <i>E. coli</i>		+	+	< 0.8 mg/L
pPIC9/ <i>P. pastoris</i>		+	+	60 mg/L




 GST  Blo t 13  17 extra-a.a.

Figura 6. Diferentes propiedades de Blo t 13 analizadas después de su expresión en sistemas procaríotes (*E. coli*) y eucariotes (*P. pastoris*). Puede verse que en ambos sistemas las propiedades inmunológicas (unión a IgE) y funcionales (unión a ácidos grasos, FAB) persisten, pero la productividad en cuanto a concentración de proteína por litro de medio de cultivo es mucho mayor cuando se expresa en levadura.

dos en la homología de este alérgeno con otras FABPs cuyas estructuras ya habían sido establecidas de manera experimental. Esto, sumado al interés de establecer la relación estructura-función en este alérgeno, ha llevado a nuestro grupo al proyecto de obtener, en colaboración con científicos de la Universidad de Glasgow, la estructura terciaria de Blo t 13 mediante cristalización y difracción de Rayos X. Este proyecto, actualmente en curso, nos permitirá dar pasos concretos en la manipulación genética de esta proteína alérgica, con el fin de obtener isoformas hipoalérgicas que puedan ser experimentadas en inmunoterapia.

Utilidad diagnóstica de los alérgenos recombinantes

Dado que tanto *B. tropicalis* como *D. pteronyssinus* están fuertemente asociados con asma y rinitis en el trópico, se hace necesario definir la utilidad diagnóstica que puedan tener los alérgenos purificados de estos ácaros en comparación con la del extracto total. En ese sentido, recientemente hicimos un estudio para definir la prevalencia de la IgE específica contra algunos de los alérgenos purificados de estos ácaros en 90 pacientes asmáticos procedentes del medio ambiente tropical, con pruebas cutáneas positivas a los extractos totales de dichos ácaros y en individuos con pruebas cutáneas negativas, con el fin de evaluar el uso de estos alérgenos en el diagnóstico de enfermedades respiratorias en el trópico. Los alérgenos recombinantes utilizados fueron: BtM, Blo t 12 y Blo t 13 de *B. tropicalis* y Der p 1, Der p 2, Der p 5, Der p 7, y

Der p 10 de *D. pteronyssinus*. Exceptuando Blot 12 que fue expresado en la levadura *P. pastoris*, las otras moléculas fueron expresadas en *E. coli*, como proteínas de fusión con Glutathione-S-transferasa (GST). El Der p 1 fue aislado y purificado del extracto de *D. pteronyssinus*, como alérgeno nativo. La IgE específica fue determinada mediante RAST.

Ochenta y cinco por ciento de los pacientes fueron alérgicos al extracto de *D. pteronyssinus*, y la distribución de la IgE específica dentro de este grupo fue (Figura 8): para Der p 2, 75% (valores de RAST entre 0.5 – 55%); Der p 1, 70% (0.5- 58%); Der p 5, 41% (0.5-60%); Der p 10, 19% (0.6-66%); Der p 7, 17% (0.6-45%). Al tomar de conjunto las reactividades positivas de Der p 1, Der p 2 y Der p 10, se pudo detectar el 93% de los sueros positivos a *D. pteronyssinus*. Setenta y ocho por ciento de los pacientes reaccionaron al extracto de *B. tropicalis*, siendo la distribución por alérgenos así: BtM, 52% (0.6-64%); Blo t 12, 18% (0.5-26%); Blo t 13, 10%, (0.6-54%). Setenta y dos por ciento de los pacientes fueron alérgicos a ambos extractos y se encontró una correlación significativa entre los niveles de IgE específica contra Der p 1 y Der p 2 ($p > 0.0001$) y entre BtM y Der p 5 ($p > 0.0001$).

Este estudio muestra el potencial que tienen los alérgenos recombinantes como elementos diagnósticos en las enfermedades alérgicas. En el caso de *B. tropicalis*, aunque la reactividad contra BtM es frecuente, no tenemos todavía un grupo de alérgenos que pueda reemplazar el extracto total, lo que significa que deben aislarse más recombinantes de este ácaro y determinar sus frecuencias de positividad al RAST entre pacientes y con-

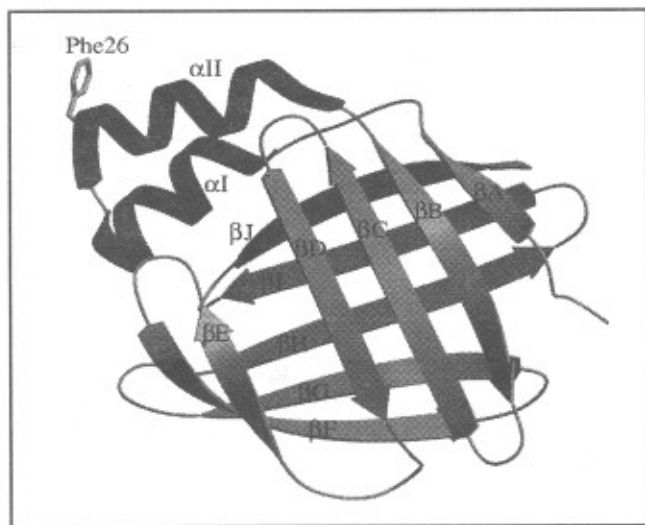


Figura 7. Modelo de estructura tridimensional del alérgeno Blo t 13, obtenido a partir de su estructura secundaria y la homología que presenta con otras FABPs.

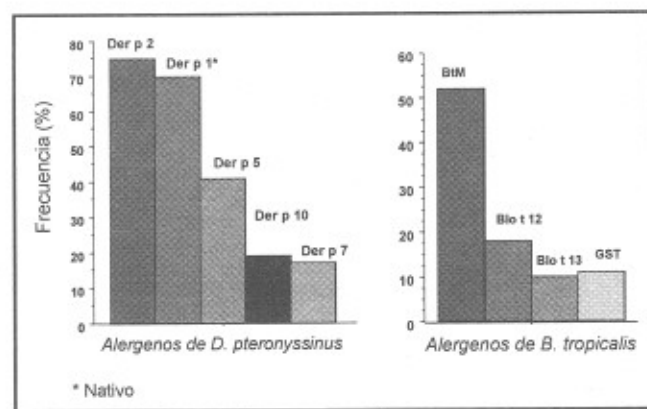


Figura 8. Frecuencia de reactividad alérgica (IgE específica) de pacientes asmáticos contra un grupo de alérgenos purificados de *D. pteronyssinus* y *B. tropicalis*.

troles. Sin embargo, en relación con el *D. pteronyssinus* encontramos que, para diagnóstico, un grupo de 3 alérgenos de este ácaro podría reemplazar el extracto total. Actualmente estamos evaluando las pruebas cutáneas hechas con los alérgenos recombinantes, ya que sería una manera más fácil para su utilización por los médicos en sus consultorios.

Referencias

- Arlian L, Vyszanski-Moher D, & Fernández-Caldas E.** 1993. Allergenicity of the mite, *Blomia tropicalis*. *J Allergy Clin Immunol* 91:1042-50.
- Arruda K, Rizzo M, Chapman M, Fernández-Caldas E, Baggio D, Platts-Mills T, & Naspietz C.** 1991. Exposure and sensitization to house dust mite allergens among asthmatic children in Sao Paulo, Brazil. *Clin Exp Allergy* 21: 433-439
- Arruda K, Vailes L, Platts-Mills T, Fernández-Caldas E, Montealegre F, Lin K, Chua K, Rizzo M, Naspietz 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.
- Bavbek S, Vailes L, Wah L, Arruda L, & Chapman M.** 1997. Development of an ELISA for recombinant *Blomia tropicalis* allergen, Blo t 5: use in monitoring environment allergen exposure. *J Allergy Clin Immunol* (Abstract) 99: S162.
- Caraballo L, Puerta L, Fernandez-Caldas E, Lockey R, & Martínez B.** 1998. Sensitization to mite allergens and acute asthma in a tropical environment. *J Invest Allergol Clin Immunol* 8.
- Caraballo L, Avgioglu A, Marrugo J, Puerta L, & Marsh D.** 1996. Cloning and expression of cDNA 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, Puerta L, Martínez B, & Moreno L.** 1994. Identification of allergens from the mite *Blomia tropicalis*. *Clin Exp Allergy* 24: 1056-1060.
- Caraballo L, Lagares A, Mercado D, Puerta L, & Fernández-Caldas E.** 1999. Sensitization to the mite *Suidasia medianensis* in asthmatic patients. *J Allergy Clin Immunol* (Abstract) 103:S189.
- Caraballo L, Mercado D, Jiménez S, Moreno L, & Puerta L.** 1998. Analysis of the cross-reactivity between BitM and Der p 5, two Group 5 recombinant allergens from *Blomia tropicalis* and *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Int Arch Allergy Immunol* 117:38-45
- Caraballo L.** 1999. The influence on genes on the etiology of asthma. *Allergy and Clin Immunol International*. 11: In press.
- Caraballo L, Cadavid A, & Mendoza J.** 1992. The prevalence of asthma in a tropical city of Colombia. *Annals of Allergy* 68:525-529.
- Caraballo L, Puerta L, Jiménez S, Martínez B, Mercado D, Avgioglu 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* 1997; 112: 341-347
- Ferrandiz R, & Casas R, Dreborg S.** 1998. Cross-reactivity between *Dermatophagoides siboney* and other domestic mites. *Int Arch Allergy Immunol* 116:206-214
- Fernández-Caldas E, Baena-Cagnani C, López M, Patiño C, Neffen H, Sánchez-Medina M, Caraballo L, Huerta J, Malka S, Naspietz C, & Lockey R.** 1993. Cutaneous sensitivity to six mite species in asthmatic patients from five Latin American countries. *J Invest Allergol Clin Immunol* 3:245-249
- Ferrandiz R, Casas R, & Dreborg S.** 1996. Sensitization to *Dermatophagoides syboney*, *Blomia tropicalis* and other domestic mites in asthmatic patients. *Allergy* 51:501-505
- Ferrandiz R, Casas R, Dreborg S, Einarsson R, & Fernández B.** 1995. Crossreactivity between *Dermatophagoides siboney* and other house dust mite allergens in sensitized asthmatic patients. *Clin Exp Allergy* 25:929-934
- Johansson E, Schmidt M, Johansson S, Machado L, Olsson S, & van Hage-Hastem M.** 1997. Allergenic cross-reactivity between *Lepidoglyphus destructor* and *Blomia tropicalis*. *Clin Exp Allergy* 27:691-699
- Lee B.** 1997. An evaluation of indoor allergens and the efficacy of allergen control modalities in Singapore. *Singapore Paediatric Journal* 39(Suppl):8-27
- Moreno L, Hamilton R, Rafnar T, Jiménez S, Marsh D, & Caraballo L.** 1997. Identification of an IgE-binding epitope of a recombinant allergen from the mite *Blomia tropicalis* (Bt). *J Allergy Clin Immunol* [Abstract] 99:S351
- Nelson R, DiNicolo R, Fernández-Caldas E, Seleznick M, Lockey R, & Good R.** 1996. Allergen-specific IgE levels and mite allergen exposure in children with acute asthma first seen in an emergency department and in non asthmatic control subjects. *J Allergy Clin Immunol* 98:258-263
- Oconnor B.** 1982. Astigmata. in: Parker S (ed): *Synopsis and Classification of living Organisms*. Vol 2. New York, Mc Graw Hill, 1982, pp 146-169.
- Portus M, Blasco C, & Fontarnau R.** 1976. Presencia en España de *Blomia tropicalis* (Bronswijk, Cock y Oshima, 1973, Glycyphagidae, sarcoptiformes) y estudio de su morfología al SEM. *Rev Iber Parasitol* 36:175-180
- Puerta L, Jiménez S, Lagares A, & Caraballo L.** 1999. High level expression of the *Blomia tropicalis* allergen, Blo t 13, in *Pichia pastoris*. *J Allergy Clin Immunol* (Abstract) 103:S185
- Puerta L, Kennedy M, Jiménez S, & Caraballo L.** 1999. Structural and ligand binding analysis of recombinant Blo t 13 allergen from *Blomia tropicalis* mite, a fatty acid-binding protein. *Int Archives Allergy Immunol* 119: En Prensa
- Puerta L, Fernández-Caldas E, Lockey R, & Caraballo L.** 1993. Mite allergy in the tropics: Sensitization to six domestic mite species in Cartagena, Colombia. *J Invest Allergol Clin Immunol* 3:198-204
- Puerta L, Caraballo L, Fernández-Caldas E, Avjioglu A, Marsh D, Lockey R, & Dao M.** 1996. Nucleotide sequence analysis of a complementary DNA coding for a *Blomia tropicalis* allergen. *J Allergy Clin Immunol* 98:932-937
- 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* 97:689-91
- Puerta L, Fernández-Caldas E, Caraballo L, & Locket R.** 1991. Sensitization to *Blomia tropicalis* and *Lepidoglyphus destructor* in *Dermatophagoides* spp-allergic individuals. *J Allergy Clin Immunol* 88:943-950
- Rizzo M, Fernández-Caldas E, Sole D, & Naspitz C.** 1997. IgE antibodies to aeroallergens in allergic children in Sao Paulo, Brazil. *J Investig Allergol Clin Immunol* 7:242-248
- Simpson A, Arruda K, & Chapman M.** 1997. Antigenic Interrelationships among mite allergens (*Blomia* and *Dermatophagoides* spp). *Clin Rev Allergy Immunol* 15:461-469
- W, Lockety Stanaland B, Fernández-Caldas E, Jacinto C, & Trudeau R.** 1994. Sensitization to *Blomia tropicalis*: Skin test and cross-reactivity studies. *J Allergy Clin Immunol* 94:452-457
- Stanaland B, Fernández-Caldas E, Jacinto C, Trudeau W, & Lockety R.** 1996. Positive nasal challenge responses to *Blomia tropicalis*. *J Allergy Clin Immunol* 97:1045-9
- Tsai J, Wu H, Shen D, Hsu E, & Wang S.** 1998. Sensitization to *Blomia tropicalis* among asthmatic patients in Taiwan. *Int Arch Allergy Immunol* 115:144-149
- Vergara C, Caraballo L.** 1998. Asthma mortality in Colombia. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 80:55-60.
- Zhang L, Chew F, Soh S, Yi F, Law S, Goh D, & Lee B.** 1997. Prevalence and distribution of indoor allergens in Singapore. *Clin Exp Allergy* 27:876-885.

EXTRACCIÓN, PURIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DOS LECTINAS EN SEMILLAS DE *DIOCLEA SERICEA*

por

Adriana Yanett Sierra & Gerardo Pérez¹

Resumen

Sierra, A. Y. & G. Pérez: Extracción, purificación y caracterización de dos lectinas en semillas de *Dioclea sericea*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 445-454. ISSN 0370-3908.

Las semillas de *Dioclea sericea* contienen dos tipos de lectinas obtenidas por extracción salina y precipitación entre el 30 y 70% s con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ o por precipitación con ácido tricloroacético al 2.5%; la lectina tipo P_4 se purificó por cromatografía de afinidad sobre Sephacryl S-200; la lectina tipo P_2 se purificó por cromatografía hidrofóbica sobre Phenyl-Sepharosa. A cada una de las lectinas se les determinó su especificidad por carbohidratos, pI, M_r de subunidades, peso molecular de la proteína nativa, contenido de carbohidratos, concentración mínima inhibitoria, capacidad de aglutinación de eritrocitos animales, composición en aminoácidos y secuencia N-terminal de las cadenas α , β y γ de la lectina P_4 y α de la lectina P_2 . Se establecieron los contenidos de las dos lectinas en las semillas maduras.

Palabras clave: *Dioclea sericea*; Fabaceae, purificación; caracterización, lectina

Abstract

Two types of lectins from *Dioclea sericea* seeds were obtained by saline extraction and precipitation with 30-70% s $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ or by 2.5% trichloroacetic acid precipitation. The P_4 lectin was purified by affinity chromatography on Sephacryl S- 200; the P_2 lectin was purified by hydrophobic chromatography on Phenyl- Sepharose. The following properties were determined for each lectin: carbohydrate specificity, pI, subunit M_r , molecular weight of the native protein, carbohydrate content, minimal inhibitory capacity, animal erythrocyte agglutination, amino acid composition, and N-terminal sequence of the α , β and γ chains of P_4 lectin and α chain of the P_2 lectin. The lectin content in mature seeds was established.

Key words: *Dioclea sericea*, Fabaceae, purification, characterization, lectin

(1) Autor a quien se debe dirigir la correspondencia.

Introducción

Las lectinas son proteínas de origen no inmune enlazantes de carbohidratos, las cuales tienen la propiedad de aglutinar células, estimular mitogénicamente linfocitos, generar células supresoras y mediar en la fagocitosis de células blancas. Estas proteínas son herramientas fundamentales en glicobiología ya que se utilizan para el aislamiento, purificación y estudio estructural de carbohidratos, caracterización de superficies celulares, cambios en glicoproteínas y/o glicolípidos durante transformaciones malignas, tipificación sanguínea y aislamiento de linfocitos. (Lis & Sharon, 1986).

Grupo de Investigación en Proteínas, Laboratorio de Bioquímica, Departamento de Química, Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

Las similitudes encontradas a nivel funcional y estructural entre las lectinas aisladas de *Dioclea grandiflora*, *Dioclea lehmanni* y *Canavalia ensiformis* señalan la importancia de estudiar detalladamente la *Dioclea sericea* por ser una planta silvestre muy extendida en nuestro país y poco estudiada hasta el momento (Bernal & Jiménez, 1990)

Las lectinas se han detectado en gran variedad de leguminosas y gramíneas y en las primeras la subtribu *Diocleinae*, con 30-50 especies, ha sido objeto de varios estudios, particularmente la *Canavalia ensiformis* de donde se aisló la ConA que es la lectina mejor caracterizada y con mayor número de aplicaciones biomédicas (Lis & Sharon, 1986).

Otras especies también ya estudiadas incluyen la *D. grandiflora*, *D. lehmanni* y *D. altissima* en las cuales se han encontrado lectinas de tipo P_4 con estructura y propiedades similares a la Con A teniendo entre sí una alta homología. Estas lectinas poseen tres subunidades características α , β y γ con pesos moleculares aparentes de 25-26, 13-14 y 8-9 kDa respectivamente, son afines por la glucosa o manosa; para su actividad requieren iones Ca^{+2} y Mn^{+2} (Moreira et al., 1983; Pérez et al., 1989; Moreira et al., 1997)

Las lectinas tipo P_4 de *D. grandiflora* y *D. altissima* no se encuentran glicosiladas a diferencia de la lectina P_4 de *D. lehmanni*; estas lectinas presentan alta afinidad por los trimanósidos que están presentes en las uniones carbohidrato-asparagina, su composición de aminoácidos muestra un bajo contenido de cisteína y ausencia de metionina y es rico en aminoácidos ácidos e hidroxílicos. (Ainouz et al., 1987; Pérez et al., 1989; Moreira et al., 1997).

Respecto a la segunda lectina, denominada P_2 , se ha determinado su presencia en *D. grandiflora*, *D. lehmanni* y en *Canavalia ensiformis* (Melgarejo & Pérez, 1997; Pérez, 1998); de esta lectina se ha determinado su estructura dimérica, su baja afinidad por la glucosa y la manosa, su relativa especificidad por lactosa y sacarosa, su pI de carácter ácido, su composición en aminoácidos y su secuencia N-terminal. El contenido de proteína es de 184 mg/100 g de harina de semillas maduras en *D. lehmanni* (Pérez, 1998).

Tanto la lectina P_2 como la P_4 de *D. lehmanni* se localizan en los cuerpos proteicos de los cotiledones de la semilla madura (Melgarejo & Pérez, 1997).

La especie *Dioclea sericea* no ha sido estudiada hasta ahora; sólo se conoce su clasificación botánica realizada por Humboldt (Humboldt & Bonpland, 1823), es una enredadera, localizada en zonas secas y pedregosas en contraposición a la *D. lehmanni* que se localiza en las orillas de los ríos.

Materiales y métodos

Las semillas de *Dioclea sericea* se recolectaron en la cercanía al Boquerón (Viotá, Cundinamarca), se recolectaron semillas verdes y maduras. La planta fue clasificada por el Dr. Roberto Jaramillo (ICN).

Se escogieron las semillas que presentaron apariencia sana en vaina, se desgranaron, lavaron y molieron hasta obtener un polvo fino.

Se realizó un ensayo preliminar para escoger el mejor material a trabajar, así como las mejores condiciones de extracción. La proteína de las semillas verdes y maduras, se extrajo por tres veces consecutivas con NaCl 1% en relación 1:10 (p:v) a 4 °C durante 16 h; se centrifugó (18.000 r.p.m., 30 min., 4 °C) y se determinó el título específico (TE) de cada extracto. A los extractos de las semillas maduras se les adicionó $(NH_4)_2SO_4$ hasta 30% de saturación (8 h, 4 °C) y se centrifugó (18.000 r.p.m., 30 min, 4°C); al sobrenadante se adicionó $(NH_4)_2SO_4$ hasta 50% s y luego de precipitar y centrifugar, se precipitó el sobrenadante hasta 70% s con $(NH_4)_2SO_4$.

A la harina de las semillas maduras se le realizaron los siguientes análisis proximales: Humedad (Método 14004), Extracto Etéreo (Método 7045), Fibra Cruda (Método 7054), Cenizas (Método 14006), Proteína Bruta (Método 7016), según las normas AOAC (1.975) y Nitrógeno no proteico (Villarraga & Peña, 1979).

Con base en los resultados preliminares obtenidos, se realizó un ensayo a pequeña escala con la harina de las

semillas maduras que se extrajeron con NaCl 1% por cuatro veces consecutivas; el conjunto de extractos se dividió en dos porciones. A una de ellas se le realizó precipitación fraccionada con sulfato de amonio entre el 0 y el 20% de saturación, entre el 20 y 30% de saturación, entre el 30 y 70% de saturación y entre el 70 y 90% de saturación. Cada una de estas fracciones se centrifugó (18.000 r.p.m., 1 h, 4°C), los precipitados se resuspendieron en NaCl 1% y se dializaron contra NaCl 1%. El extracto salino inicial fue ensayado para detectar la presencia de inhibidores de tripsina (Hamerstrand et al, 1981).

A la segunda porción del extracto salino se le adicionó ácido tricloroacético (ATA) hasta 2.5% (4°C, 30 min), se centrifugó (10.000 r.p.m., 45 min, 4 °C); el sobrenadante se neutralizó con NaOH 1N y se ultrafiltró por Amicon PM10, con el fin de eliminar los inhibidores de tripsina presentes. El precipitado obtenido con ATA se resuspendió en NaCl 1% hasta disolver toda la lectina presente y se neutralizó con NaOH 1 N.

De acuerdo a los resultados obtenidos se realizó una extracción a gran escala (75 g harina) en donde se cuantificó la proteína por microKjeldahl (Steyermark, 1961) y se determinó el título y título específico. Las fracciones que provienen de las distintas precipitaciones de proteína y que poseen actividad aglutinante, se cromatografiaron sobre Sephacryl S-200 (160 x 2.5 cm), la fracción retenida (P_4) se eluyó con Glucosa 0.2 M - NaCl 1%; a esta fracción se le eliminó un posible agregado pasándola por Biogel P 150 (100x 0.5 cm) equilibrado en buffer fosfato 20 mM, pH 7. La fracción no retenida (P_2), eluída con NaCl al 1%, que presentó actividad eritroaglutinante, se cromatografió por Phenyl-Sepharosa (60 x 0.5 cm), esta columna se eluyó inicialmente con NaCl 1% y luego con gradiente lineal de acetonitrilo al 70%.

Como control de la presencia de la lectina se utilizó el ensayo de aglutinación (Villarraga & Peña, 1979) con eritrocitos A+, B+ y O+, en sistema tubo y microtiter.

La pureza de las proteínas se determinó por electroforesis (Laemmli, 1970) (T 15%). Las proteínas se caracterizaron determinando su contenido de carbohidratos (Dubois et al., 1956), punto Isoeléctrico en condiciones desnaturizantes (Bollag et al, 1991) y no desnaturizantes (Hoeffler, 1992), peso molecular de la lectina nativa por HPLC (Sierra, 1997) por espectrometría de masas MALDI-TOFT y de sus subunidades por electroforesis (Weber & Osborn, 1975), aglutinación de eritrocitos animales, inhibición de la eritroaglutinación por carbohidratos, mínima concentración inhibitoria, com-

posición en aminoácidos (Hirs y Stein., 1956) y secuencia N-terminal de las subunidades a, b y g de la lectina P_4 transferidas sobre membranas de PVDF (Matsudaira, 1987) tratadas con Biobrene Plus y de la cadena a de la lectina P_2 en solución, utilizando un secuenciador Applied Biosystems 477A.

Resultados y discusión

Se detectó actividad eritroaglutinante en semillas verdes (TE = 15.16) y maduras (TE = 52.89) siendo mayor la actividad de lectina en las últimas. El análisis proximal de las semillas maduras arrojó un contenido de humedad del 12%, cenizas 3.22%, grasa 2.29%, 10% de fibra y un contenido de proteína bruta de 22.12%. El valor de proteína insoluble en ATA 10% es de 14.56%, siendo inferior al de *D. lehmanni*. Estos resultados indican que la semilla no es fuente de reserva lipídica y que posee un alto contenido de carbohidratos como cutinas, pentosas, celulosa, suberina y ligninas lo cual facilita la extracción de la proteína. En el ensayo preliminar con semillas maduras, se encontró actividad aglutinante con eritrocitos humanos A,B y O + en cada uno de los extractos. En las semillas verdes se encontró actividad de lectina hasta el tercer extracto salino siendo los valores de título específico menores que en los extractos de semillas maduras. En el ensayo a pequeña escala se utilizaron rangos más pequeños de sulfato de amonio para obtener un mejor fraccionamiento; sin embargo se observó la presencia de lectina desde el 20% de saturación con un título de 1:1, hasta un 70% de saturación con un título de 1:32. Esta amplia distribución de lectina en las diferentes fracciones confirma los resultados obtenidos previamente en *D. lehmanni* y *D. grandiflora* (Melgarejo y Pérez, resultados sin publicar); luego de cuantificar la lectina, en el ensayo a gran escala se encontró en mayor cantidad al precipitar al 70% de saturación.

Se estableció en los extractos salinos la presencia de inhibidores de tripsina y con el objeto de separar las lectinas de los inhibidores, se realizó la precipitación con ATA 2,5%, encontrándose la actividad inhibitoria en el sobrenadante. La lectina se detectó tanto en el sobrenadante como en el precipitado; aprovechando el bajo PM de los inhibidores de tripsina se logró eliminarlos del sobrenadante por ultrafiltración con Amicon PM10 concentrando y restituyendo el volumen original con NaCl 1% varias veces.

Los resultados obtenidos en el ensayo a gran escala se presentan en las Tablas 1 (conjunto de extractos concentrado se toma como referencia (con un valor unitario de 1) para calcular posteriormente el factor de purificación. La precipitación con ATA muestra cantidades apreciables de

Tabla 1. Cantidad de proteína y título específico en los extractos salinos de *D. sericea*.

ETAPA	Proteína (mg/ml)	Título	Título Específico	Factor de Purificación
1ª Extracción NaCl	30.09	1 : 32	1.06	
2ª Extracción NaCl	4.39	1 : 8	1.82	
3ª Extracción NaCl	0.33	1 : 4	12.05	
Pool Extractos NaCl	7.52	1 : 32	4.26	1 (Referencia)

Tabla 2. Distribución de las lectinas P_2 y P_4 en las fracciones obtenidas por Acido Tricloroacético y por Sulfato de Amonio.

ETAPA	Proteína mg /100 g harina	Título	Título Específico	Factor de Purificación
Fraccionamiento con A. Tricloroacético				
P_4 Precipitado	870.42	1 : 2	25.6	6
P_4 Sobrenadante	514.16	1 : 1	34.9	8.16
Total lectina P_4	1384.58			
P_2 Precipitado	761.39	1 : 64	42.7	10.07
P_2 Sobrenadante	106.19	1 : 8	71.1	16.69
Total lectina P_2	867.58			
Fraccionamiento con Sulfato de Amonio				
P_4 Precipitado 0-30% saturación	77.58	1 : 2	32	4.32
P_4 Precipitado 30-70 % saturación	1010.5	1 : 8	57.8	7.81
Total lectina P_4	1088.08			
P_2 Precipitado 0-30% saturación	420.27	1: 64	23.3	3.14
P_2 Precipitado 30-70% saturación	314.3	1 : 64	80.1	10.82
Total lectina P_2	734.57			

lectina tipo P_4 en el precipitado y en el sobrenadante; por el contrario gran parte de la lectina P_2 precipita con el ATA. En la precipitación con $(NH_4)_2SO_4$ se observa que la gran mayoría de la lectina P_4 se recupera de la fracción 30-70% s mientras que la lectina P_2 está similarmente distribuida entre las fracciones 0-30 % y 30-70% s. En consecuencia, por razones que desconocemos, la precipitación de la lectina P_2 ocurre en un rango muy amplio de concentraciones de $(NH_4)_2SO_4$. En la figura 1 se observa el perfil electroforético de los extractos y de las fracciones obtenidas por precipitación.

De la comparación de los métodos de precipitación podemos concluir con respecto a la proteína P_4 , que si el objetivo es buscar una proteína con un mayor título específico, se debe precipitar con sulfato de amonio al 70% s, pero si el objetivo es buscar es una mayor recuperación de proteína ello se obtiene de la reunión del sobrenadante y precipitado con ATA 2.5% (1385 mg / 100 g harina). Para la lectina P_2 el contenido es de 867 mg / 100 g harina. Comparando estos valores con los disponibles para otras

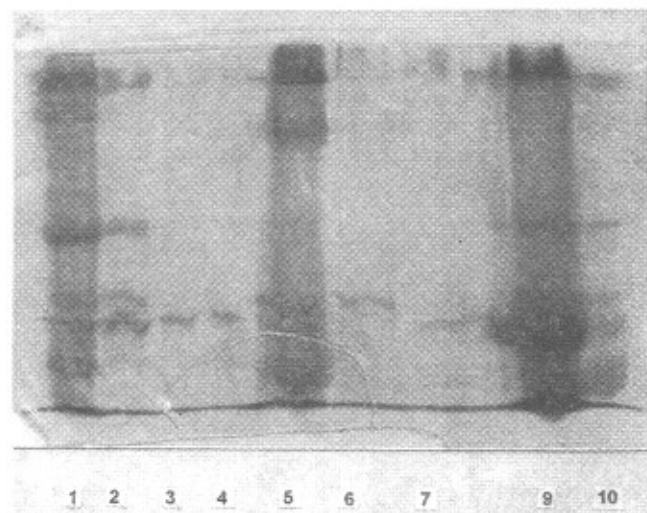


Figura 1. Electroforesis de los extractos salinos y de las fracciones precipitadas con sulfato de amonio (SA) y ATA. Carriles 1-4: extractos salinos 1 a 4; carril 5: precipitado SA 30-70 %s; carril 6: precipitado SA 0-30 %s; carril 7: precipitado SA 70-90 %s; carril 9: precipitado ATA 2.5%; carril 10: sobrenadante precipitación con ATA 2.5%.

especies de la subtribu *Diocleinae* el contenido de P_4 es menor y el de P_2 es considerablemente mayor (Melgarejo, 1997; Pérez, 1998), lo que señala a *D. sericea* como una buena fuente para la obtención de lectina P_2 .

La cromatografía de afinidad del precipitado obtenido con ATA 2.5% (Fig 2A), del sobrenadante con ATA 2.5% (Fig 2B) y del precipitado con $(NH_4)_2SO_4$ 30-70% σ (Fig 2C), evidencia la retención de la lectina P_4 sobre el soporte y la presencia, en cantidades variables, de un pico no retenido que posee actividad eritroaglutinante donde está presente la lectina P_2 . La cromatografía hidrofóbica de la fracción conteniendo la lectina P_2 , presentó un perfil de elución (Fig 3) en el cual el primer pico eluido con el gradiente de acetonitrilo, es el único que posee actividad. Los perfiles obtenidos en la cromatografía hidrofóbica para las fracciones P_2 del Sephacryl S-200 provenientes de los diferentes métodos de precipitación son similares y por tanto no se muestran.

La pureza de las dos lectinas se evaluó por electroforesis en SDS (Fig 4); la lectina P_4 (carril 2) presentó las tres bandas características α (29.9 kDa), β (16.5 kDa) y γ (13.4 kDa) análogas a las observadas en *D. grandiflora*, *D. lehmanni* y *D. altissima*. Un contaminante ocasional (banda en 45 kDa) es removido por filtración en Biogel P150. La lectina P_2 (carril 1) presenta una banda mayoritaria en 30 kDa y a veces una banda en 60 kDa probablemente debida a una reducción incompleta. La determinación por punto isoeléctrico, en placa o en tubo en condiciones desnaturalizantes mostró la presencia en P_2 de cinco isolectinas con pI comprendidos entre 5.84 y 6.66. Para la lectina P_4 se obtienen tres bandas en la región básica (9.36-8.68) que corresponden a la cadena b, dos bandas en la región neutra (6.56-6.36) que provienen de la cadena α y una banda ácida (3.50) de la cadena γ ; estos resultados son similares a los obtenidos por electroenfoque con las subunidades de la lectina de *D. grandiflora* (Ainouz et al, 1987).

Los ensayos de aglutinación con las proteínas puras utilizando eritrocitos humanos A+, B+ y O+, presentaron para la lectina P_2 el mayor título con B+ y para la lectina P_4 con A+ y B+.

La caracterización de las lectinas (Tabla 3) permitió establecer, que la proteína P_4 en su forma nativa posee un peso molecular de 57.3 (± 0.4) kDa determinado por filtración por gel y de 52.85 kDa determinado por MALDI-TOFT donde también se detecta la subunidad con 26.53 kDa (cadena α) y un fragmento con 13.23 kDa (cadena β y/o γ). La proteína es dimérica, se encuentra glicosilada (5.85% carbohidratos neutros) en mayor proporción que

Tabla 3. Propiedades moleculares de las lectinas P_2 y P_4 de *Dioclea sericea*.

	P_2	P_4
Mr proteína nativa (kDa)		
- Biogel P150	64.6	56.9
- Sphergel TSK 3000	57.3	57.7
- MALDI - TOFT	53 273 26 582	52 856 26 532 13 231
Mr subunidades (kDa)		
- SDS-PAGE	30.0	29.9 16.5 13.4
Inhibición eritroaglutinación	Lactosa Melibiosa Sacarosa	Glucosa Manosa
Contenido Triptófano (%)	4.41	3.50
Carbohidratos neutros (%)	1.52	5.85
pI (cond. desnaturalizantes)	5.84 - 6.66 (5 bandas)	9.36 6.57 3.50
pI (cond no desnaturalizantes)	5.72 - 5.38	6.85 - 6.64

su análoga en *D. lehmanni*, por electroforesis en SDS presenta las subunidades α (29.9 kDa), β (16.5 kDa) y γ (13.4 kDa) también presentes en las lectinas de la *D. lehmanni* y *D. grandiflora*, que poseen pesos similares; aglutina eritrocitos de diversas especies animales (caprino, canino, ratón, conejo y muy débilmente bovino). Los ensayos de inhibición con diversos carbohidratos (Tabla 4) mostraron que la lectina reconoce glucosa/manosa o sus derivados siendo el mejor inhibidor el p-nitrofenil- α -D-manopiranosido. La composición en aminoácidos de la lectina P_4 (Tabla 5) muestra que los aminoácidos e hidroxilados son los más abundantes; los azufrados son poco abundantes pero es de destacar que se encuentran 4 residuos de CySH y de Met por molécula, lo cual es inusual en las lectinas. La comparación con la lectina de *Dioclea lehmanni* muestra diferencias importantes en los contenidos de Arg, Gly, Phe, además de los azufrados (Pérez et al, 1991). La secuencia de aminoácidos N-terminal de la cadena α (Fig 5) es idéntica en los primeros 20 residuos con las de *D. lehmanni* y *D. grandiflora*, con la interesante excepción de la sustitución de Ile⁴ e Ile¹⁷ (altamente conservadas en

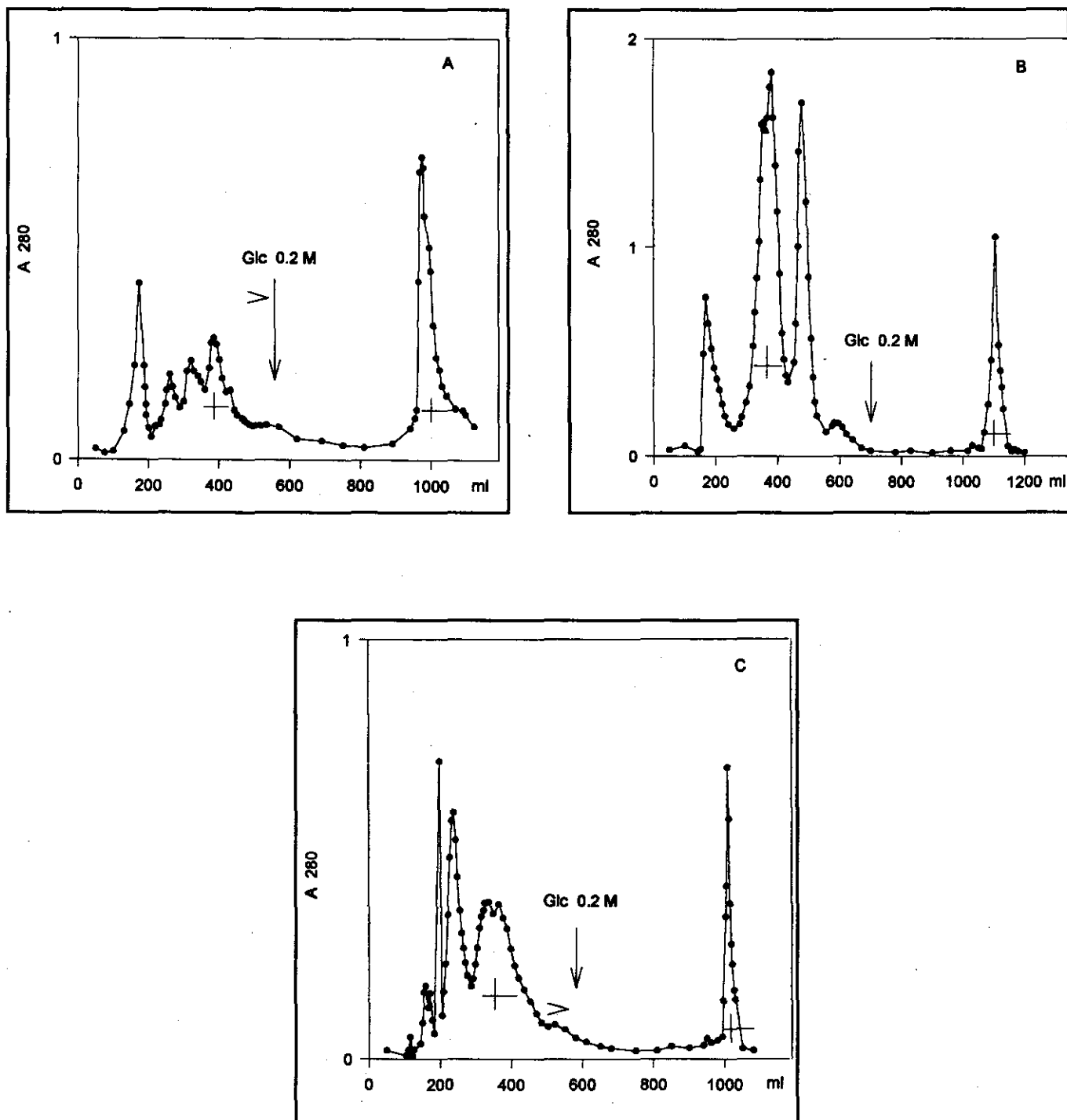


Figura 2. Purificación por cromatografía de las lectinas P_2 y P_4 de *D. sericea*.
 2A: Cromatografía sobre Sephacryl S-200 del precipitado con ATA 2.5%.
 2B: Cromatografía sobre Sephacryl S-200 del sobrenadante con ATA 2.5%.
 2C: cromatografía sobre Sephacryl S-200 del precipitado con sulfato de amonio 30-70% s.
 Las cruces indican las fracciones donde se encuentran presentes las lectinas

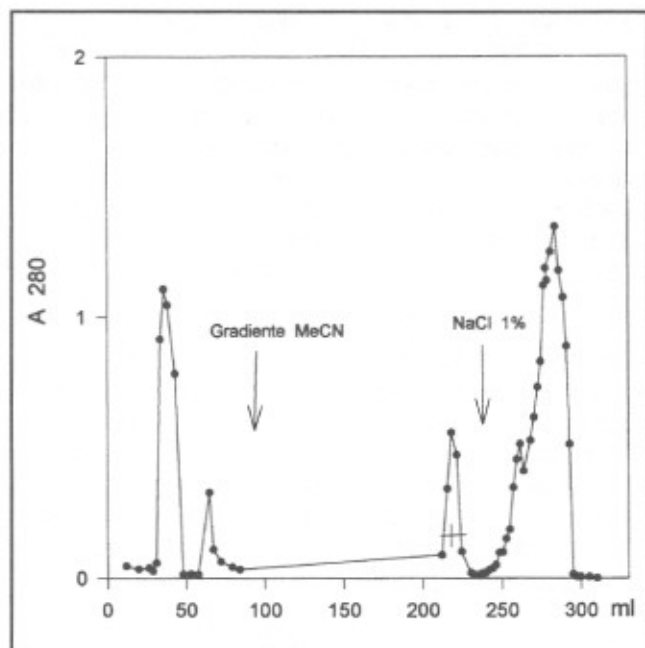


Figura 3. Cromatografía sobre Phenyl-Sepharosa del precipitado con ATA 2.5%. La cruz indica la fracción donde se encuentra presente la lectina.

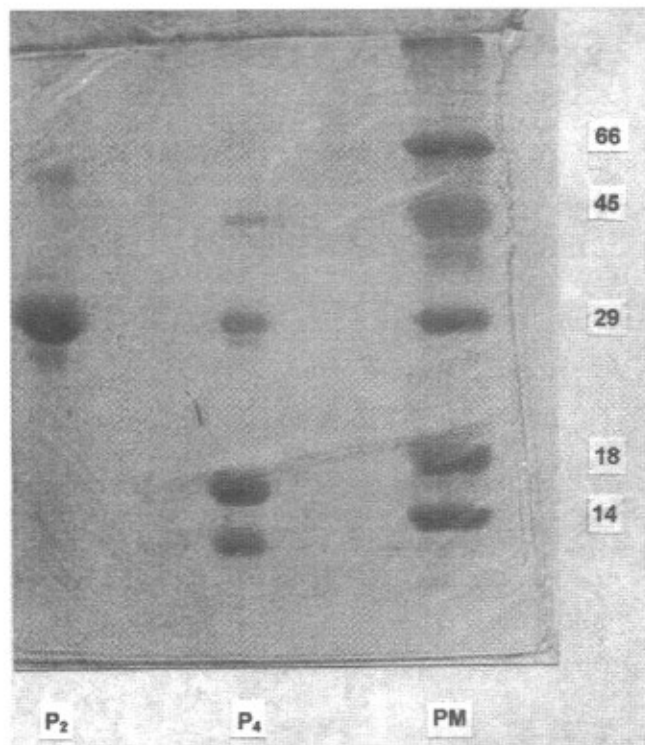


Figura 4. Electroforesis en SDS de las lectinas P_2 y P_4 de *D. sericea*. Carril 1: lectina P_2 ; carril 2: lectina P_4 ; carril 3: patrones de peso molecular.

Tabla 4. Mínima concentración inhibitoria de carbohidratos para las lectinas P_2 y P_4 de *Dioclea sericea*.

CARBOHIDRATO	LECTINA P_2 (1:4)	LECTINA P_4 (1:4)
Glucosa 0.6 M.	?	0.175 M.
Manosa 0.6M.	N.D.	0.125 M
Sacarosa 0.3M	N.D	0.075 M
Melezitosa 0.3 M.	0.075 M	0.0125 M.
Lactosa 0.3 M.	0.125 M.	N.D
Melibiosa 0.3M	0.25 M	N.D
Celobiosa. 0.3 M.	0.066 M	N.D
Sacarosa 0.3 M.	0.125 M	N.D
Galactosa 0.6 M.	0.15 M	N.D
α -Metil-D-Manosa 0.6 M	N.D	0.025 M
N-Acetil- α -D-glucosamina 0.6M	N.D	0.125 M
2-Desoxi-D-Glucosa.0.6 M.	N.D	No Inhibio
p-Nitrofenil- β -D-Manopiranosido 37 m M.	N.D	No inhibio
p-Nitrofenil- α -D-glucopiranosido 37 mM.	N.D	No Inhibio
p-Nitrofenil- β -D-glucopiranosido 37 mM.	N.D	No Inhibio
p-Nitrofenil- α -D-Manopiranosido 37 mM.	N.D	9.25. mM
Palatinosa 0.6M.	N.D	0.0125 M.
1-O-Metil- β -D-glucopiranosido 0.6 M.	N.D	No Inhibio
1-O-Metil- α -D-glucopiranosido 0.6 M	N.D	0.1M.

Tabla 5. Composición en aminoácidos de las lectinas de *Dioclea sericea*

	LECTINA P ₂		LECTINA P ₄	
	g AA/ 100g proteína	Residuos /mol	g AA/ 100g proteína	Residuos /mol
Lys	4.400	9	4.745	8
His	1.198	2	1.863	3
Arg	2.346	4	2.382	3
Asx	14.085	33	11.621	23
Thr	7.130	19	7.220	16
Ser	11.135	35	12.061	31
Glx	6.224	13	5.368	9
Pro	3.318	9	2.877	7
Gly	7.014	33	8.179	32
Ala	8.168	31	7.062	22
Cys	0.0	0	2.007	4
Val	7.985	22	6.197	14
Met	1.445	3	2.345	4
Ile	5.836	14	6.962	14
Leu	6.848	16	7.949	16
Tyr	3.985	7	3.331	5
Phe	4.655	9	4.399	7
Trp	4.410	6	3.500	4

las Diocleas) por Lys^a y Lys¹⁷; esta secuencia es también altamente homóloga con la región equivalente en las lectinas del género *Canavalia*. En la posición 15 los datos obtenidos indican una variante molecular en la que Thr está reemplazada por Asn. La secuencia N-terminal de la cadena β (Fig 5) es idéntica en los primeros 16 residuos a la de la cadena α, como es esperar si se presenta un procesamiento posttranscripcional confirmándose la sustitución Lys⁴ y la microheterogeneidad T/N en 15.

La secuencia N-terminal de la subunidad γ (14 residuos) es altamente homóloga (75%) en los primeros 8 aminoácidos y luego varía considerablemente cuando se compara con las cadenas γ de *D. lehmanni* y *D. grandiflora* (Fig 6); esta situación permite postular la presencia en las semillas de *D. sericea* de una asparaginasa que actuaría a nivel de las posiciones 118-119 (Asn-Ser) de la cadena intacta (cadena α) que requiere de una región muy conservada en las lectinas P₄ de *Dioclea* (hasta el residuo 126) para ejercer su actividad. Este procesamiento posttranscripcional es análogo al que ocurre en *C. ensiformis* (Bowles & Papin, 1988).

La homología con la región N-terminal de la cadena γ de las lectinas del género *Canavalia* es bastante baja (25%).

La lectina P₂, no es afín a la glucosa o manosa y tiene un peso molecular de 57.3 kDa (SpheroGel TSK 3000); por MALDI-TOFT se observa la forma dimérica con 53.27 kDa y el monómero con 26.58 kDa, éste último en mayor proporción. La proteína está formada por dos subunidades de igual peso molecular que también están

	1	10	20	
Concanavalina A cadena α	A	D T I V A V E L D T Y P N T D I G D P D Y	.....(a)	
<i>C. maritima</i> cadena α	A	D T I V A V E L D T Y P N T D V G D P S Y	.....(a)	
<i>Dioclea lehmanni</i> cadena α	A	D T I V A V E L D S Y P N T D I G D P S Y	..... (a)	
<i>D. grandiflora</i> cadena α	A	D T I V A V E L N S Y P N T D I G D P S Y	..... (b)	
<i>Dioclea sericea</i> cadena α	A	D T K V A V E L D S Y P N T D K G D P	(c)	
		N		
<i>Dioclea sericea</i> cadena β	A	D T K V A V E L D S Y P N T D	(c)	
		N		
(a): Pérez et al , 1991				
(b): Ainouz et al , 1987				
(c): Este trabajo				

Figura 5. Comparación de la secuencia N-terminal de las cadenas α y β de la lectina P₄ de *Dioclea sericea* con las de otras lectinas de la subtribu *Diocleinae*

presentes en *D. lehmanni* y *D. grandiflora*. Esta proteína aglutina eritrocitos de diversas especies animales (caprino, canino, ratón y conejo) y humana A+, B+ y O+ y es incapaz de aglutinar eritrocitos de bovinos difiriendo marcadamente de la lectina P₂ de *D. lehmanni*. Esta última es incapaz de aglutinar eritrocitos de ratón y canino y aglutina débilmente los de conejo (Pérez, 1998). Por el método del fenol-sulfúrico se determinó un contenido de carbohidratos de 1.52%, por ensayos de inhibición, con los mismos carbohidratos ensayados para la lectina tipo P₄, se encontró que se une a lactosa, melibiosa y sacarosa pero con una afinidad relativamente baja. Su composición en aminoácidos (Tabla 5) muestra una proporción importante de residuos hidrofóbicos lo que explica su comportamiento cromatográfico y difiere de la lectina P₂ de *D. lehmanni* en el contenido de Arg, Glx, Gly y Ala. (Pérez, 1998).

La secuencia N-terminal de la lectina P₂ (19 residuos) es altamente homóloga con las cadenas de *D. lehmanni* y *D. grandiflora* y *C. ensiformis* (Fig 7) siendo notable la sustitución de Phe⁶, Phe⁸ y Phe¹¹ (presentes en estas últimas) por Ile⁶, Ile⁸ e Ile¹¹. Esta secuencia confirma la presencia en la subtribu *Diocleinae* de una segunda lectina nueva, diferente de las descritas por otros grupos.

En términos generales se encontró una apreciable similitud de la lectina denominada P₄, con la Concanavalina A y las lectinas P₄ de *D. grandiflora* y *D. lehmanni*. En forma análoga, la lectina P₂ de *D. sericea* es muy similar a las lectinas P₂ de *D. lehmanni* y *D. grandiflora*. Este trabajo confirma la existencia simultánea en semillas de la subtribu *Diocleinae* de dos lectinas con propiedades moleculares diferentes planteando interrogantes tales como la presencia de lectinas análogas en otras especies de Fabaceas fuera de la subtribu *Diocleinae*, la razón de

	119	130	
Concanavalina A	STHQTNALHFMFNQFSK	.....	(a)
<i>C. maritima</i>	STHETNALHFMFNQFTK	.....	(a)
<i>Dioclea lehmanni</i>	SIADANDLHFSFSQFSQ	.....	(a)
<i>D. grandiflora</i>	....SIADENSLHFSFNQFSQ	.....	(b)
		HK	
<i>Dioclea sericea</i>	SKADENHLLIIIQ	.....	(c)

(a) : Pérez et al , 1991
 (b) : Ainouz et al , 1987
 (c) : Este trabajo

Figura 6. Comparación de la secuencia N-terminal de la cadena g de la lectina P₄ de *Dioclea sericea* con las de otras lectinas de la subtribu *Diocleinae*

	1	10	20	
Concanavalina A	+GAVYF	+FTKFTTS	+S+LTLQ	..... (a)
<i>Dioclea lehmanni</i>	AGAVYFKFTKFTTSSSSLTLQ	.....	(b)	
<i>D. grandiflora</i>	AGAVYFKFTKFTTSSSSLTLQ	.....	(a)	
<i>Dioclea sericea</i>	AGAVYIRITFITISSSVLTL	.....	(c)	

La + indica un residuo de aminoácido no identificado.

(a) : Melgarejo , 1997
 (b) : Pérez, 1998
 (c) : Este trabajo

Figura 7. Comparación de la secuencia N-terminal de la lectina P₂ de *Dioclea sericea* con las de otras lectinas de la subtribu *Diocleinae*

su procesamiento posttranscripcional diferente, sus potenciales interacciones en el endospermo entre sí y con proteínas de reserva y sobre los factores que regulan su expresión.

Agradecimientos

Al Departamento de Química de la U. Nacional, por su apoyo en la realización de este trabajo. Al Dr Roberto Jaramillo (ICN) por la clasificación botánica. A la Facultad de Veterinaria por el suministro de las muestras de sangre animal. A la Química Fanny Guzmán (Instituto de Inmunología) por proveer las facilidades para la secuenciación de las proteínas.

Bibliografía

- Ainouz I.I., Moreira, R. A., Campos, F.D.A.P., Richardson, M., Begbie, R., Stewart, J.C., Watt, W.B. & Pusztai A. 1987. "The isolation and amino acid sequence of the b- and g-subunits of the lectin from the seeds of *Dioclea grandiflora*". *Phytochemistry* **26**, 1435-1440.
- Andrews, P. 1965. "The gel filtration behaviour of proteins related to their molecular weights over a wide range" *Biochem. J.* **96**, 595-606.
- A.O.A.C. 1975, Official methods of analysis of the Association of Agricultural Chemists "12^a Edition, Washington.
- Bernal, H. & Jiménez, L. 1990. "Haba Criolla". SECAB. Programa de recursos vegetales del SECAB. Editorial Guadalupe. Bogotá, Colombia.
- Bollag, D., Edelstein S. & Stuart., J. 1991 "Isoelectric focusing (IEF)". *Protein Methods*. Wiley-liss, New York. pp 162-164.
- Bowles, D.J. & Papin, D.J. 1988. "Traffic and assembly of concanavalin A". *Trends Biochem. Sci.*, **13**, 60-64.
- Deutscher, M. 1990. "Guide to protein purification" *Meth. Enzymol.* **182**, 339-402.
- Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P. & Smith, F. 1956. "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". *Anal. Chem.*, **28**, 350-356.
- Galvis, M. & Múnera, M. 1974. "Evaluación de la proteína de *Canavalia ensiformis*". Tesis, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Gupta, D., Osscarson, S., Raja, T., Stanley, P., Toone, E. & Brawer, C. 1996. "A comparison of the fine saccharide-binding specificity of *Dioclea grandiflora* lectin and concanavalin A." *Eur. J. Biochem.*, **242**, 320-326.
- Hamerstrand, G.E., Black, L.T. & Glover, J.D. 1981. "Trypsin inhibitors in soy products: Modification of the standard analytical procedure" *Cereal Chem*, **58**, 42-45.
- Hirs, W. & Stein, H. 1956. "Peptides obtained by Chymotryptic hidrolisis of performic acid-oxidized ribonuclease. A partial structural formula for the oxidized protein". *J. Biol. Chem.* **221**, 151-169.
- Hoeffler. 1992. "2-D Gel Electrophoresis". *Scientific Instruments*. 136-140.
- Humboldt, A. & Bonpland, A. 1823. "Nova genera et species plantarum". *Sixieme partie botanique*. Apud Gide Filium, Bibliopolam. No. 20, 457-458, 576.
- Laemmli, U. 1970. "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Bacteriophage T4" *Nature*, **227**, 680-685.
- Lakhtin, V.M. 1989. "Biotechnology of lectins" *Biotekhnologiya*. **5**, 676-91.
- Lis, H. & Sharon, N. 1986. "Applications of lectins" in *The lectins*, (Liener I., E., Sharon N., Goldstein I.J., eds.) Academic Press, Orlando, pp 293-370.
- Matsudaira, P. 1987. "Sequence from picomole quantities of proteins electroblotted onto polyvinylidene difluoride membranes". *J. Biol. Chem.*, **262**, 10035-10038.
- Melgarejo, L. M. 1997. Localización intracelular de las lectinas P₂ y P₄ de *Dioclea lehmanni* y estudio de la homología de la región amino terminal de las lectinas P₂ presentes en *Dioclea grandiflora* y *Canavalia ensiformis*. Tesis Doctorado. Depto Química, Universidad Nacional de Colombia.
- Melgarejo, L.M. & Pérez, G. 1997. Immunolocalization of the lectins P₂ and P₄ from *Dioclea lehmanni* seeds". *Plant Cell Physiol.*, **38**, 480-483.
- Moreira, R., Barros, A., Stewart, J. & Pusztai, A. 1983. "Isolation and characterization of a lectin from the seeds of *Dioclea grandiflora*." *Planta*, **158**, 63-69.
- Moreira, R., Monteiro, A., Horta, A., Oliveira, J. & Cavada, B. 1997. "Isolation and characterization of *Dioclea altissima* Var. *Megacarpa* seed lectin". *Phytochemistry*. **46**. 139-144.
- Pérez, G. 1998. Isolation and characterization of a novel lectin from *Dioclea lehmanni* (*Fabaceae*) seeds. *Int.J. Biochem Cell Biol.*, **30**, 843-853.
- Pérez, G., Hernández, M. & Mora, E. 1989. "Isolation and characterization of a lectin from the seeds of *Dioclea lehmanni*". *Phytochemistry*, **29**, 1.749-1.759.
- Pérez, G., Pérez, C., Sousa, A, B., Moreira, A, R. & Richardson, M. 1991. "Comparison of the amino acid sequences of the lectins from seeds of *Dioclea lehmanni* and *Canavalia maritima*." *Phytochemistry*, **30**, 2619-2621.
- Sierra, A.Y. 1997. "Extracción, purificación y caracterización parcial de las lectinas presentes en las semillas de *Dioclea sericea*" Tesis, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Steyermark, B. 1961. *Quantitative organic microanalysis*. Second edition, Academic Press, New York, pp 188-209.
- Villarraga M. & Peña, M. 1979. "Purificación y caracterización parcial de la lectina presente en la *Erythrina rubrinervia*". Tesis, Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Weber, K. & Osborn, M. 1975. "Proteins and sodium dodecyl sulfate: Molecular weight determination of polyacrylamide gels and related procedures" en "The proteins". 3^a edición, Neurath H., Hill R.L. (eds.), Academic Press. New York Vol. 1. pp 179-223.

POSIBILIDADES DE UN CONTROL BOTÁNICO ANALÍTICO DE LA HIERBA DE SAN JUAN *HYPERICUM PERFORATUM* L.

por

Gloria Montenegro R.¹, Raúl C. Peña ¹, Ana María Mujica ¹, Liliana Iturriaga ¹,
Luis González ¹ y Bárbara N. Timmermann ²

Resumen

Montenegro G. R., Peña R. C., Mujica A. M., Iturriaga, L., González & B. N. Timmermann. Posibilidades de un control botánico analítico de la hierba de San Juan *Hypericum perforatum* L. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (88): 455-460, 1999 ISSN 0370-3908.

La Hierba de San Juan, es un recurso fármaco botánico que está siendo intensivamente exportado desde Chile. Se entregan los antecedentes farmacognósticos para una identificación precisa de la droga, consistente en las sumidades floridas de *Hypericum perforatum* L.

Palabras clave: *Hypericum perforatum*, Hierba de San Juan, Chile, anatomía, exina, Chile.

Abstract

Saint John's wort, a pharmaceutical crude drug is a resource for export from Chile. A monographic treatment of *Hypericum perforatum* L., besides other pharmaceutical aspects, is given.

Key words: *Hypericum perforatum*, Saint John's wort, anatomy, exine, Chile.

Introducción

Dado los ingentes requerimientos de la industria farmacéutica, tanto de producción como de control de cali-

dad (Büter et al 1998) y siendo Chile uno de los principales exportadores, es necesario un tratamiento del material obtenido de fuentes locales, de la mejor calidad (Mulry 1999). Además hay que considerar la importancia relativa del recurso dentro de la economía nacional. La exportación de Hierba de San Juan subió en un 97 % entre los años 96 y 97, con un retorno de 10 millones de dólares (ODEPA 1998).

En Chile se encuentran tres especies del género *Hypericum* todas malezas de la zona central. Matthei

1 Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecología, Laboratorio de Botánica Terrestre. c/o. Prof Gloria Montenegro Casilla 114 D, Santiago C P. 6513677, E-mail: gmonten@genes.bio.puc.cl., CHILE.

2 Department of Pharmacology and Toxicology, College of Pharmacy. The University of Arizona, Tucson, Arizona 85719, USA.

(1995) en su monografía sobre las malezas de Chile con-
signa *H. perforatum*, como una planta ampliamente dis-
tribuida entre las regiones sexta a la décima en el conti-
nente y en las Islas Más a Tierra y Más Afuera del Archi-
piélago Juan Fernández; además otras dos especies de
cultivo *H. androsaemum* L., en las regiones sexta y déci-
ma; y el híbrido *H. x inodorum* Miller que se encuentra
en las regiones quinta y décima.

La hierba de San Juan, *Hypericum perforatum* L., repre-
senta una planta medicinal tradicional con un amplio es-
pectro de aplicaciones propuestas. Entre esas aplicaciones,
la actividad antidepresiva de los extractos obtenidos de plan-
tas floridas y los efectos anti virales de la hipericina, un
constituyente de estos extractos son los más importantes
(Bombardelli y Morazzoni 1995, Ernst 1998). En con-
traste a muchas otras especies sugeridas en la fitoterapia
tradicional, se ha presentado abundante evidencia clínica
para probar la efectividad de los productos a base de *H.*
perforatum. De hecho, *H. perforatum* pertenece las plantas
medicinales más profusamente investigadas en el mundo.

Material y método

Muestras secas de la Hierba de San Juan *H. perforatum*
L. fueron adquiridas en el Laboratorio Homeopático
Ximena Polanco.

Se aplicó la técnica histológica consistente en deshi-
dratación con una batería de alcoholes butílicos y
terbutílicos, impregnación con parafina, Paraplast®,
tinción con safranina fast green y montaje en medio sín-
tético Entellan®.

La microscopía de barrido (MEB) se utilizó para
las muestras de polen. Las exinas de los granos de po-
len de *Hypericum perforatum* se examinaron por MEB.
Los granos se metalizaron con una capa de oro paladio
30-40 nm de espesor y se fotografiaron en un micros-
copio Autoscan Siemens siguiendo el método de Lynch
& Webster (1975). Las mediciones se obtuvieron des-
de las micrografías de baja resolución y la ornamenta-
ción de la exina se describió de las micrografías de
10000 x aumentos. Una colección de muestras perma-
nentes se conserva en el Laboratorio de la Prof. G.
Montenegro.

Monografía de *Hyperici herba* o, Hierba de San Juan

Parte usada:

La hierba de San Juan corresponde a las sumidades
floridas o las partes aéreas secas de *Hypericum perforatum*

L. recolectadas poco antes de la antesis (Schlemmer &
Hörhammer, 1939; Lam 1b). Contiene no menos de
0,04% de naftodiantronas del grupo de las hipericinas
(así llamadas hipericinas totales), calculadas como
hipericina (C₃₀H₁₆O₈ PM 504,5).

El material corresponde con los títulos de la
Farmacopea Francesa y del Codex de Medicamentos Ale-
mán (Deutschmann et al 1984).

Constitución química

Los constituyentes típicos son las naftodiantronas
(generalmente 0,11-0,15%), principalmente hipericina
y pseudohipericina. Niveles inferiores de 0,1% pueden
resultar de la cosecha de las partes inferiores de la hier-
ba (Hänsel et al. 1993) o de la variedad empleada, por
ejemplo var. *perforatum* en el Norte de Europa, vs var.
angustifolium DC. del Mediterráneo: la variedad típica
es menos tóxica que la que aparece cerca del Medite-
rráneo (Southwell & Campbell 1991). Sin embargo, las
variaciones entre diferentes partes de la misma planta
superan a las diferencias de la misma parte de la planta
de las dos variedades de *H. perforatum* observadas en
Australia (Southwell & Campbell 1991). Otras sustan-
cias características son los precursores biosintéticos de
la hipericina y pseudohipericina, es decir la protohi-
pericina y protoseudohipericina, que se transforman en
los compuestos cíclicos por exposición a la luz
(Brockmann et al. 1939; Brockmann et al., 1974). Un
componente menor es ciclo- pseudohipericina
(Häberlein et al. 1992). Otro grupo de componentes
son los flavonas y flavonoles (2-4%), principalmente
glicósidos de quercetina incluyendo hiperósido (0,7%),
quercitrina, isoquercitrina y rutina (0,3% de cada uno);
también la aglicona quercetina, kaempferol, luteolina,
y miricetina (Hölzl et al. 1987). Biflavonoides, tales
como 3, 8-biapiigenina (0,01-0,5%) se presentan princi-
palmente en las flores (Berghöfer & Hölzl 1987, 1989).
Otras constituyentes son: aceite esencial (0,1-1%), con
n-alcanos (Roth 1990); xantonas características (hasta
10 ppm), principalmente 1,3,6,7-tetra-hidroxantonas
(noratriol) (Sparenberg 1993), taninos catéquicos (6,5-
15%) (Roth 1990; Maisenbacher 1991), procianidinas
(Melzer et al. 1991) y derivados del floriglucinol, prin-
cipalmente hiperforina (2-4%), que son inestables
Maisenbacher & Kovar 1992).

El nivel de naftodiantronas se correlaciona con el de
hiperforina, flavonas, flavonoles (Ostrowski 1988) y
procianidinas (Brantner et al. 1994), y el nivel de
pseudohipericina (Brantner et al. 1994).

Antecedentes clínicos

Indicaciones: estados depresivos leves a moderados (ICD-10³ categoría F32.0, F32.1), trastornos somatoformes incluyendo síntomas como intranquilidad, ansiedad e irritabilidad (22-45).

Posología y vía de administración:

Adultos: tinturas estandarizadas o extractos fluidos (44), o extractos hidroalcohólicos secos estandarizados (43), equivalentes a 0,2-1 mg de hipericina total (determinados por métodos específicos) diarios; 2-4 g de medicamento diario para infusos (45). Mayores: la misma dosis que los adultos. Niños: de 6 a 12 años sólo bajo vigilancia médica: la mitad de la dosis adultos.

Vía de administración: oral.

Duración del tratamiento: Generalmente sin restricción.

Contra indicaciones: Ninguna conocida.

Precauciones y restricciones: Si no existe una respuesta efectiva en los trastornos depresivos dentro de 4 - 6 semanas discontinuar la medicación.

Interacciones con otros medicamentos: Ninguna informada.

Sobre - dosis: Fotosensibilidad a altas dosis, ha sido informado en tratamiento con hipericina sintética en el tratamiento de pacientes HIV. Los síntomas fototóxicos típicos incluyen rash, prurito y edema. El tratamiento consiste en evitar la exposición a la luz.

Propiedades farmacológicas

Experimentos *in vitro*:

Preparados hidroetanólicos de Hierba de San Juan inhiben selectivamente la monoaminoxidasa (MAO) (Sparenberg et al. 1993).

Por otra parte la hiperforina (Bronz et al. 1982), tiene efecto antibiótico (Hobbs 1989). Un extracto hidroalcohólico equivalente a 2,8 g fue probado en roedores por sus propiedades antiinflamatorias, en las pruebas de aceite de crotón y edema inducido en 50% comparado a los controles (Brantner et al. 1994). En el mismo estudio se concluía de los experimentos de fraccionamiento que el principio antiinflamatorio se concentraba en la

fracción lipofílica. En diferentes modelos *in vitro* e *in vivo* se ha encontrado efectos antivirales fuertes de hipericina sintética (0,5 mg/kg *in vivo*) (Hudson et al. 1993; Meruelo et al. 1988)

Genotoxicidad: La que corresponde al tenor de quercetina (Poginsky et al. 1988)

Morfología y anatomía de la Hierba de San Juan

Descripción de la planta *Hypericum perforatum* L. Fig. 1 a

Hierba de consistencia semileñosa con yemas de renuevo en la superficie del terreno. Tallos 10-100 cm de alto, ramificados, glabros, erectos o decumbentes notoriamente biaristados. Hojas 8-30 mm de largo, ovadas a elípticas, opuestas, sésiles, con punteaduras translúcidas en la cara inferior. Flores dispuestas en densas cimas dicotómicas. Cáliz formado por 5 sépalos lanceolados y agudos. Pétalos 5, de 10 mm de largo, obovados, atenuados en la base, de color amarillo. Estambres numerosos, fasciculados. Ovario trilobular, con tres estigmas. Fruto una cápsula ovoide membranácea, de 6mm de largo, con numerosas semillas de 1 mm de largo, cilíndricas y cubiertas de filas longitudinales de depresiones, placentación central.

Hoja, sección transversal Fig. 2 a

Lámina foliar. Bifacial. Epidermis monoestratificada, con gruesa cutícula de hasta 2 µm. Parénquima en empalizada monoestratificado, con abundantes cloroplastos. Parénquima esponjoso claramente diferenciado del anterior. Estomas solamente en la epidermis inferior, con pequeñas células estomáticas, cuyo ostiolo se comunica con una cavidad subestomática poco profunda.

Nervio medio. Bastante prominente por el envés. Haz vascular colateral abierto rodeado por una vaina esclerenquimática. Cambium notorio y generalmente biestratificado, colénquima escaso hacia la superficie adaxial. Más abundante hacia la superficie abaxial, donde consta de dos a tres estratos, de colénquima lacunar.

Tallo, sección transversal por un ejemplar de un año Fig. 2b

En tallos de 1 año de edad se observa una epidermis, de células tabulares, con gruesas cutículas que diferencia células estomáticas al nivel de la superficie del tallo. Hipodermis pluriestratificada esclerenquimatizada. Parénquima cortical de varios estratos, cuyas células engruesan significativamente su pared con celulosa, está li-

3 International Classification of diseases, 10th Revision Chapt. V (F). World Health Organization, 1991.

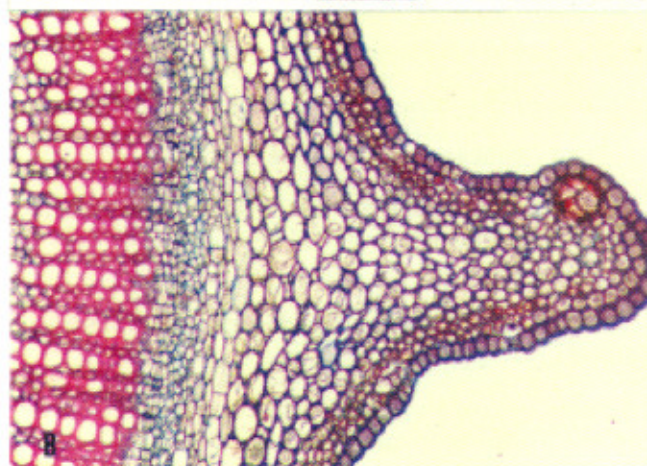
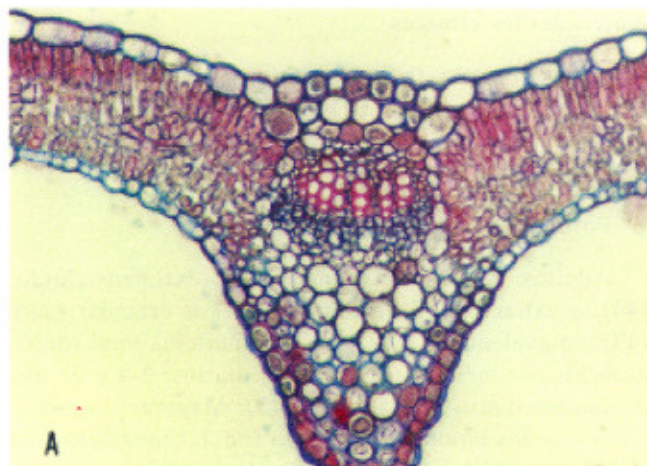


Figura 2A. Corte transversal por la lámina foliar x 600.

Figura 2B. Corte transversal por el tallo de un año mostrando una arista x 600.



Figura 1A. Hábito de la Hierba de San Juan (Hager, 1885).

Figura 1B. Droga, detalles de pétalos y tallos.

mitado por una vaina de células de paredes delgadas, continua, de periciclo. Floema conspicuo y cambium vascular de unos cuatro estratos celulares, activo al momento de la aparición de las yemas florales. Xilema de poro difuso y parénquima medular prominente, eventualmente fistuloso. La arista del tallo presenta idioblastos acumuladores de compuestos secundarios del metabolismo.

Flores Fig. 3 a, b

Ovario con estigma papiloso.

Pétalos ligeramente crenados con abundantes idioblastos con pigmento rojo, principalmente en los bordes.

Sépalos glabros con algunas glándulas.

Estambres: anteras ditecas con abundante polen.

Grano de polen Fig. 4 a, b

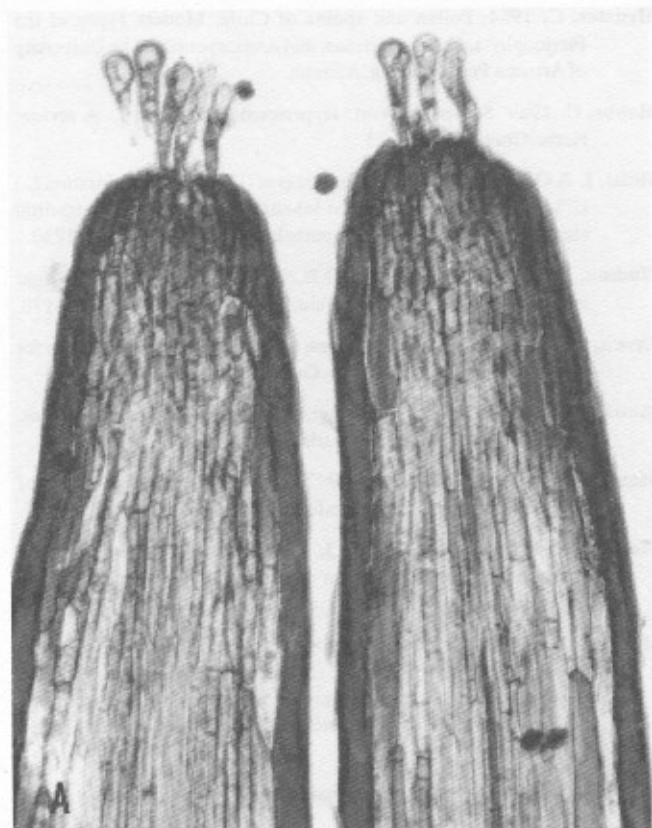


Figura 3A. Detalle del estigma papiloso x 600.
Figura 3B. Corte transversal por el ovario x 600.

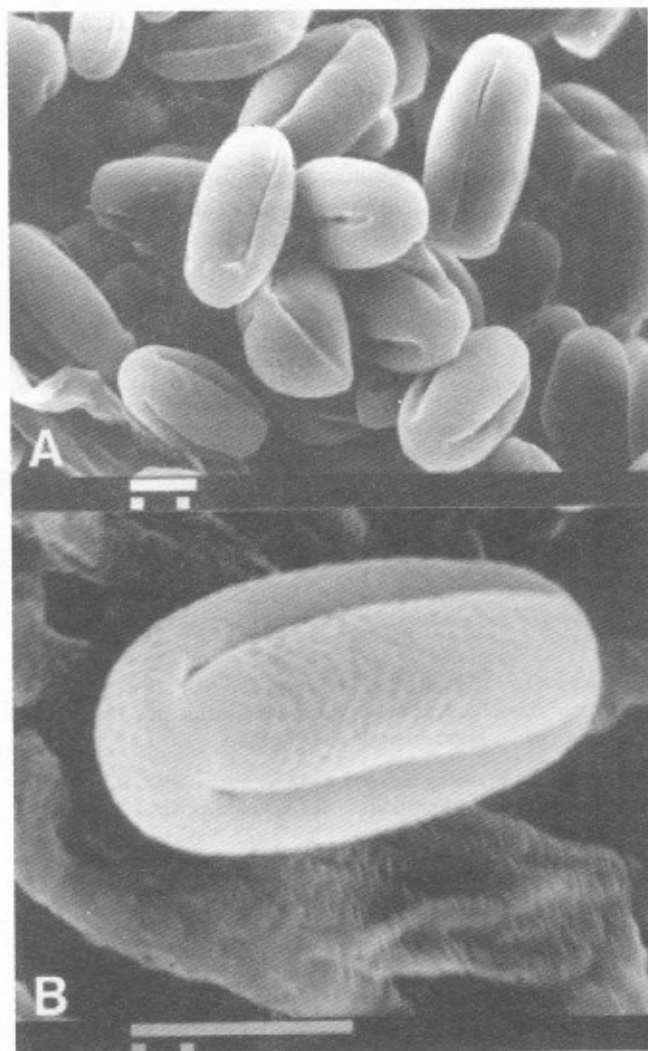


Figura 4 A, B. MEB del grano de polen de *Hypericum perforatum* x 4500, Cúmulo x 1500.

Monadas isopolares, radiosimétricas, tricolporado, colpos largos o cortos, recesos, constrictos en el ecuador, poros indistintos, subprolados a prolados, ámbito circular, exina de aprox. 1 μm de espesor, tectada, suprarreticulada, heterobrocada, retículo de 1 μm o menos, 28-36 x 19-28 μm (Heusser 1964; Erdtman 1986).

Droga Fracturada (Deutschmann et al. 1984). Fig. 1b

Pétalos pardo amarillento sueltos con puntos en bandas en los bordes (característicos). Yema floral, que al humectarla se expande dejando ver el tipo de inflorescencia. Restos de hipanto verde, enteros, punteados. Tallos amarillos, en parte lignificados, fistulosos, cilíndricos o con dos líneas longitudinal solevantadas. Al hidra-

to de cloral el contenido de las glándulas se torna rojo característico

Agradecimientos

Este artículo fue financiado parcialmente por los Proyectos Fondecyt 1980967 (G. Montenegro) y NIH 2 U01 - TW 00316 - 06 (B. N. Timmermann).

Bibliografía

Berghöfer, R. & Hölzl, J. 1987. Biflavonoids in *Hypericum perforatum* Part 1. Isolation of Biapigenin. *Planta medica* 53:216-217.

Berghöfer, R. & Hölzl, J. 1989. Isolation of Biapigenin (amentoflavone) from *Hypericum perforatum*. *Planta medica*. 55:91.

Bombardelli, E. & Morazzoni, P. 1995. *Hypericum perforatum*. *Fitoterapia* 66:43-68.

Branntner, A. Kartnig, Th., & Quehenberger, F. 1994. Vergleichende photochemische Untersuchungen an *Hypericum perforatum* L. und *Hypericum niaculatum* Crantz. *Scientia Pharmaceutica*. 62: 261-276.

Brockmann, H., Haschad, M.N., Maier, K., & Pohl, F. 1939. Hypericin, den photodynamisch wirksamen Farbstoff aus *Hypericum perforatum*. *Naturwissenschaften* 27:550.

Brockmann, H., Fraussen, V., Spitzner D., & Augustiniak, H. 1974. Zur Isolierung und Konstitution des Pseudohypericin. *Tetrahedron Letters*. 1991-4

Bronz, I., Greibokk, T., Groth, P.A. & Aasen, A.J. 1982. The relative stereochemistry of hyperforin an antibiotic from *Hypericum perforatum* L. *Tetrahedron Letters* 23:1299-1300.

Büter, B., Orlacchio, C. Soldati, A. & Berger, K. 1998. Significance of genetic and environmental aspects in the field cultivation of *Hypericum perforatum*. *Planta medica* 64: 431-437.

Deutschmann, F., Hohman, B., Sprecher, E. & Stahl, E. 1984. *Pharmazeutische Biologie*. 3. Drogenanalyse I: Morphologie und Anatomie. 2 neuarbeitete und erweiterte Auflage. Pp 452.

Erdman, G. 1986. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms (An Introduction to Palynology). Leiden, E. J. Brill, Netherlands. pp. 553.

Enst, E. 1998. Complementary therapies for depression. *Archives of General Psychiatry*. 55:1026-1032

Häberlein, H., Tschiersch, K.D., Stock S., & Hölzl, J. 1992. Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) Teil 1, Nachweis eines weiteren Naphthodianthrone. *Pharmazeutische Zeitung der Wissenschaften* 137:169-174.

Hänsel, R., Keller, K., Rimpler, H., & Schneider, D.G. (eds.) 1993. *Hypericum*. In *Hagers Handbuch der Pharmazeutische Praxis* 5th ed. Vol. 5. Drogen E-O. Berlin, Springer Verlag 474-495.

Heusser, C. 1964. Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.

Hobbs, C. 1989. St. John's Wort: *Hypericum perforatum* L. A review. *HerbalGram* 18/19:24-33

Hölzl, J. & Ostroski, E. 1987. Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) HPLC-Analyse der wichtigen Inhaltsstoffe und deren Variabilität einer Population. *Deutsche Apotheker Zeitung*. 127: 1227-1230.

Hudson, J.B., Harris, L. & Towers G.H.N. 1993. The importance of light in the anti HIV effect of hypericin. *Antiviral Research* 20:173-178.

Lynch, S.P. & Wester, G.L. 1975. A new technique of preparing pollen for scanning electron microscopy. *Grana* 15: 127-136.

Maisenbacher, P. 1991. Untersuchungen zur Analytik von Johanniskraut. (Tesis). Tübingen Eberhard Karls-Universität.

Maisenbacher, P. & Kovar, K.A. 1992. Adhyperforin: A homologue of hyperforin from *Hypericum perforatum*. *Planta medica* 58:291-293.

Melzer, R., Fricke, U. & Hölzl, J. 1991. Vasoactive properties of procyanidins from *Hypericum perforatum* L. in isolated porcine coronary arteries. *Planta medica* 58: 291-293.

Meruelo, D., Lavie, G. & Lavie, D. 1988. Therapeutic agents with dramatic antiretroviral activity and little toxicity at effective doses: Aromatic polycyclic diones hypericin and pseudohypericin. *Proceeding of the National Academy of Science of United States of America* 85: 5230-5234.

Mulry, M. C. 1999. First International Conference on St. John's Wort. *HerbalGram* 45:60-65.

ODEPA. 1998. Mercado de plantas medicinales. El Campesino. Febrero, Marzo 4-40.

Ostrowski, E. 1988. Untersuchungen zur Analytik, 14C-Markierung und Pharmakokinetik phenolischer Inhaltsstoffe von *Hypericum perforatum* L. (Tesis). Marburg, Philipps Universität.

Poginsky, B., Westendorf, J., Prosenc, N. Kuppe, M., & Marquardt, H. 1988. Johanniskraut (*Hypericum perforatum* L.) Genotoxizität bedingt durch den Quercetingehalt. *Deutsche Apotheker Zeitung* 128:1364-1366.

Roth, L. 1990. *Hypericum Hypericin: Botanik, Inhaltsstoffe, Wirkung* Landberg. Ecomed Verlagsgesellschaft mbH 28-87, 97-121.

Southwell, I. & M. H. Campbell. 1991. Hypericin content variation in *Hypericum perforatum* in Australia. *Phytochemistry* 30(2):475-478.

Schlemmer, F. & Hörhammer, L. 1939 Die Pharmakognostische Tee Analyse. *Deutsche Apotheker Verlag Dr Hans Hösel, Berlin*.

Sparenberg, B. 1993. MAO-inhibierende Eigenschaften von Hypericum-inhaltsstoffen und Untersuchungen zur Analytik und Isolierung von Xanthonen aus *Hypericum perforatum* L. (Tesis). Marburg, Philipps Universität.

PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

por

Luis Eduardo Mora-Osejo, Dr.rer.nat.¹

Resumen

Mora-Osejo, L.E.: Propuesta de un nuevo modelo de educación superior. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23(88): 461-466, 1999 ISSN 0370-3908.

Se plantea la necesidad de introducir, en los países en desarrollo, cambios cualitativos profundos en los planes de estudio de la educación superior; tales cambios deben ser acordes con el incremento exponencial del conocimiento científico y con las nuevas tecnologías, así como con la capacidad de construir una capacidad científica sólida e impulsar la investigación fundamental y aplicada para crear conocimientos. El mejoramiento de la enseñanza en todos los niveles permitirá el diseño de un modelo de desarrollo sostenible acorde con las realidades naturales, sociales y culturales de cada región y disminuirá el distanciamiento entre los países en desarrollo y los países desarrollados.

Palabras clave: Educación, desarrollo.

Abstract

For developing countries, it is necessary to introduce fundamental qualitative changes in the plans of study in higher education. Such changes are made necessary by the exponential growth of scientific knowledge and new technologies if higher education is to respond to societal needs that may be met by science and technology. Improvement in teaching at all levels will permit the design of a model of sustainable development in agreement with the natural, social and cultural realities of each region and reduce the separation between developing countries and those developed.

Key words: Education, development.

En el "Documento de Trabajo" discutido en la Conferencia Mundial de la UNESCO, sobre la Enseñanza Su-

perior en el Siglo XXI; que tuvo lugar en París, entre el 5-9 de octubre de 1998, entre otros temas, trató de la necesidad urgente de introducir cambios en las instituciones de educación superior, en particular, en los países en desarrollo, dirigidos a la actualización de los esquemas tradicionales de la enseñanza, de tal modo que

¹ Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Profesor Especial de la Universidad Nacional de Colombia¹

los estudiantes se preparen a la altura de las exigencias de los nuevos desafíos que ahora mismo y en los próximos siglos y milenio afrontará la humanidad.

El documento de trabajo en referencia, recoge las experiencias de países desarrollados y de los países en desarrollo y fue elaborado con base en los informes de las "Conferencias Regionales de la UNESCO" que tuvieron lugar entre 1996 y 1998 en La Habana, Dakar, Tokio, Palermo y Beyrouth.

Entre las causas de tales desafíos, señalados en el mismo documento de trabajo, se destaca el punto relacionado con el crecimiento exponencial del conocimiento científico en todas las disciplinas de las Ciencias Naturales y Sociales; fenómeno que habrá de agudizarse en el futuro, en razón de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, entre otros factores.

Se estima que si los países en desarrollo permanecen a la zaga de tal crecimiento, se verán cada vez más obligados a efectuar grandes inversiones, así sea endeudándose, para tener acceso a los nuevos conocimientos y adquirir no solo las nuevas tecnologías que se diseñen a partir de los nuevos conocimientos, sino también el sinnúmero de los nuevos y cada vez más sofisticados artefactos.

De allí la necesidad de los cambios cualitativos profundos en las instituciones de educación superior y la urgencia de construir una capacidad científica sólida, en los países en desarrollo. De lo contrario, queramos o no, se ampliará la brecha que nos separa de los países desarrollados.

Deberíamos comenzar por poner mayor interés y hacer esfuerzos, de modo prioritario, para vincular a las instituciones de educación superior, personal docente idóneo, capaz de contribuir a realizar los cambios necesarios; plantear y resolver los problemas y crear los conocimientos científicos, con ayuda del personal académico asociado y auxiliar y, desde luego, de los estudiantes, todos apoyados en la infraestructura de sus respectivas cátedras, o "Unidades Académicas" Nuevos conocimientos, tan necesarios, entre otros, para la puesta en marcha de modelos de desarrollo sostenible, acordes con las realidades naturales, sociales y culturales de las respectivas regiones y del país, en general.

No sobra insistir en que la calidad de la enseñanza superior, en particular, de todas y cada una de las ciencias exactas, físicas y naturales, será de significado crucial, en los esfuerzos que se realicen para la construcción de la capacidad científica nacional. Tan necesaria, como ya se destacó aquí, para evitar que se profundice

aún más aquella profunda brecha que en materia de conocimientos científicos y tecnológicos separa a los países desarrollados de los países en desarrollo, y que tanto influye y seguirá influyendo en la polarización Norte-Sur del planeta, si no llegáramos pronto a ponernos de acuerdo y, de consuno, y realizamos con decidida persistencia la formidable tarea de poner al día nuestras instituciones de educación superior.

Con tal propósito, será necesario implementar las infraestructuras en que se apoye la puesta en marcha de nuevos programas de enseñanza superior, bajo nuevos enfoques metodológicos, de tal manera que los niveles de calidad y cobertura se aproximen, cada vez más, al menos, a los que se consideran aceptables en el contexto universal.

Por otro lado, como se recomendó, el pasado mes de Octubre entre las conclusiones de la Conferencia Mundial de la UNESCO, sobre la enseñanza superior, el propósito de alcanzar niveles de calidad, cada vez más próximos a los internacionales, en la enseñanza de las ciencias, no puede ser obstáculo para dar cumplimiento a la contextualización de tales programas de estudio, en referencia con la realidad natural y social de la región y del país, tal que permita a las instituciones de educación superior y a sus egresados, responder a las necesidades concretas y específicas de las diferentes regiones del país, comenzando por conocer cuáles son las características, singularidades y cuáles las ventajas y desventajas comparativas del medio natural que las sostiene, entre otras muchas. Desde luego, en vano se trabajará por lograr la contextualización de las instituciones de educación superior de un país o de una región si se desconoce cuál ha sido su desenvolvimiento cultural, desde sus orígenes, de las sociedades regionales y de la nación en su conjunto.

Del conocimiento de los componentes naturales, sociales y culturales se irán moldeando paulatinamente las formas de contextualización que le imprimirán dinámica y regulación endógena al modelo propuesto.

De allí también la necesidad de impulsar la investigación fundamental y la investigación aplicada, en estrecha complementariedad con la docencia en las instituciones de educación superior. Sin ello no será posible ni en el corto ni en el largo plazo, alcanzar el objetivo de la contextualización de la educación superior en la realidad natural, económica, social y cultural del país, ni menos aún, lograr que los profesores y estudiantes sobrepasen la etapa de la información con base en la simple repetición de los contenidos de los libros. Precisa avanzar a las etapas de la confrontación crítica de la información con la realidad

circundante y desde allí a la creatividad, es decir, a la creación de nuevos conocimientos.

Para ello la calidad académica de los docentes, de los asistentes científicos y del personal auxiliar y, en general, de quienes componen el cuerpo docente y científico de la entidad, es indispensable. La misma calidad que permitirá que ésta funcione como un sistema totalizador, capaz de interactuar coherente y creativamente con el entorno; es decir, capaz de identificar problemas por resolver a través de los programas y proyectos de investigación científica que se diseñen al interior de sus cátedras y mediante la participación solidaria de profesores y estudiantes.

Las instituciones de enseñanza superior no pueden encerrarse en sí mismas. Por el contrario, con las herramientas del conocimiento científico y mediante las labores investigativas de profesores y estudiantes, tienen que auscultar la realidad local y regional, identificar y plantear problemas por resolver y abordar su solución, mediante esfuerzos mancomunados del personal de las correspondientes unidades académicas, especializadas en una disciplina científica particular; utilizando preferentemente la metodología interdisciplinaria, cuando quiera que ello resulte recomendable.

Sin embargo, la contextualización de las instituciones de educación superior, dentro de la realidad regional, de ninguna manera debe ser obstáculo para que la enseñanza superior descuide los contextos nacional y universal. Las políticas de cooperación internacional, científica y académica tienen que dirigirse a obtener los recursos que resultaren necesarios. Los países en desarrollo, tienen que convencer a los países desarrollados acerca de la necesidad de colaboración y apoyo, de tal modo que se fomente y facilite la creación de nuevas tecnologías, en los países en desarrollo, con base en los nuevos conocimientos que se logren a través de los programas de investigación. Así podrán reducirse, cada vez más, las desigualdades en lo que concierne al saber, y así también, se evitará que el avance tecnológico sea un medio de distanciamiento, cada vez mayor, entre los países en desarrollo, con respecto a los países desarrollados.

Si bien, la enseñanza superior y la contribución al avance del conocimiento y a la formación integral de las nuevas promociones de profesionales y científicos constituyen tareas fundamentales de las instituciones de educación superior; sin embargo, cuanto antes y con toda decisión deben asumir otra tarea no menos importante, como es la formación de docentes y educadores para los niveles primario y secundario del sistema educativo y otras modalidades de la enseñanza.

Para que nuestro "Sistema Educativo" sea realmente un sistema, no sólo en el nombre sino en la acción, se requiere la interacción de sus componentes de modo cada vez más intenso. La experiencia muestra además que la categorización de los componentes, o niveles, bajo criterios simplemente cuantitativos, como es el número de semestres o asignaturas aprobadas, no solamente no ha dado resultados satisfactorios, sino que en la práctica ha acentuado el formalismo y la discriminación de los egresados de acuerdo con los semestres cursados y los títulos obtenidos, sin detenerse a examinar las aptitudes y capacidades alcanzadas por los egresados.

Por otra parte, el solo enunciado de que la componente principal de los llamados "Estudios de Postgrado" es la investigación científica, desafortunadamente, no siempre se ha cumplido. El simple enunciado nunca será suficiente para que en la realidad los estudios de postgrado se apoyen en la investigación y creatividad científica. Se requiere para ello, introducir los cambios estructurales por los cuales precisamente se aboga en nuestro Proyecto al interior de las instituciones de educación superior. Es decir, el cambio dirigido a propiciar de la manera más decidida y efectiva la investigación científica. ¿De qué manera? Creando para cada disciplina, un ámbito competente que propicie, estimule, apoye, financie y, en fin, haga posible la investigación científica de manera estable, sólida y con base en programas de corto y largo plazo. Sobre todo, sin que la estabilidad y continuidad de las actividades investigativas dependan solamente de los organismos de financiación externa, nacionales o internacionales. Se requiere disponer de recursos financieros propios, así sean de cuantía modesta, pero propios y efectivos para evitar que mueran los proyectos y programas en ejecución, cuando por cualquier razón, con fundamento o sin él, se nieguen los recursos solicitados a los organismos externos de financiación.

Las instituciones de enseñanza superior deben estrechar, cada vez más, los nexos con entidades educativas de todos los niveles, con el propósito de conocer a fondo sus problemas y contribuir, en la mejor manera, a la formación de los maestros. Solamente así, podrá cumplirse la condición de la contextualización con la realidad educativa de la región y del país y contribuir a su constante superación.

Sin embargo, todos estos enunciados, no conformarían sino una lista de buenos deseos, si no se cuenta con el apoyo nacional e internacional. Es decir, el apoyo de las organizaciones intergubernamentales, gubernamentales y no gubernamentales, y de la sociedad local y regional. Es además necesario superar, mostrando eficacia y

resultados, el poco interés de algunos sectores por el desarrollo del conocimiento científico y la invención de nuevas tecnologías autóctonas en nuestro medio.

Tampoco existen todavía canales de comunicación que permitan a los científicos dar a conocer sus opiniones e iniciativas a las instancias decisorias del Estado, responsables de resolver problemas locales, regionales o nacionales. Todavía no se concede la debida importancia al conocimiento científico y a su papel en la solución de problemas y en general, al desarrollo de nuestra sociedad.

Por eso tampoco el conocimiento goza de la estimación social. Para suplir tal situación, tendremos que comenzar por hacer esfuerzos dirigidos a superar los obstáculos que impiden o hacen difícil la tarea de difundir a un público cada vez más amplio los conocimientos ya disponibles sobre nuestro entorno natural tropical. En particular, sobre sus potenciales ventajas comparativas, y sobre su complejidad y fragilidad; probablemente, las más altas del planeta. Es urgente además, incorporar tales conocimientos a los contenidos de los programas educativos de los diferentes niveles del sistema, comenzando, por el nivel primario.

Dada las elevadas complejidad y fragilidad de nuestro entorno natural y de los problemas económicos y sociales cada vez más críticos que de ellos se derivan, será necesario fundamentar la búsqueda de soluciones a tales problemas, promoviendo el análisis interdisciplinario de la información, o mediante la realización de estudios bajo el enfoque holístico y sistémico que nos permita construir modelos explicativos de las complejas interrelaciones entre las variables implicadas y de las propiedades emergentes de tales interacciones, las mismas propiedades que diferencian a las nuevas totalidades.

En cierta medida atravesamos por un momento histórico, semejante al que le correspondió vivir a la generación neogranadina de las postrimerías del siglo XVIII, que se formara bajo los principios filosóficos y científicos que animaron a la Expedición Botánica, bajo la dirección de Don José Celestino Mutis. La misma generación que algunas décadas después, propendiera para que en nuestro medio, una vez lograda la independencia, se intentara establecer, instituciones científicas de corte moderno, es decir, inspiradas en la filosofía del Renacimiento y en el pensamiento científico de Copérnico, Galileo y Newton, según el cual, el conocimiento científico se fundamenta en las observaciones sistematizadas de los fenómenos de la realidad y en la captación, con ayuda de la razón, de las regularidades, leyes o principios, sometibles siempre a la prueba de la experimenta-

ción y observación y en donde el simple principio de la autoridad, pierde validez para efecto de la comprobación y validez de las hipótesis, teorías y principios.

Inspirados en el ejemplo de la Expedición Botánica y dada la fragilidad de nuestro medio natural y ante la amenaza de la agudización de la crisis ambiental, por la que atraviesa la humanidad, es necesario contribuir a acrecentar los conocimientos multidisciplinarios sobre de los principios y regularidades que rigen el funcionamiento de los ecosistemas naturales, rurales y urbanos en nuestro medio tropical y a detener, o cuando todavía sea posible, a reparar su deterioro. Es decir, propugnar por la conservación de los sistemas que soportan la vida en sus distintas formas, desde luego, incluida la vida humana y, el restablecimiento de aquellos que, de una u otra manera, experimentaron perturbaciones, ojalá antes de que los daños se tornen irreversibles.

Todo tras la meta de alcanzar el desarrollo sostenible, regional y nacional. Como tal, precisa entender que se trata de un modelo de desarrollo, que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes y haga posible el mejoramiento de las condiciones de vida; pero, sin que ello implique el deterioro de las potencialidades del entorno, en perjuicio de las generaciones de compatriotas que nos sucedan en el futuro.

El concepto de desarrollo sostenible, por consiguiente, lleva implícito el balance de consideraciones económicas, sociales, ambientales y tecnológicas y desde luego, el fortalecimiento de los valores éticos.

En el caso de Colombia, país megadiverso, la conservación de la biodiversidad debe ser uno de los grandes objetivos de toda la nación. Todos deberíamos ser conscientes y mostrar preocupación por el deterioro de nuestro patrimonio biótico, de gran diversidad en todos los niveles, desde los genes hasta los ecosistemas.

En todos los niveles del sistema educativo tenemos que conceder a estas actividades alta prioridad. Desde la escuela primaria, se requiere promover la capacidad de observación, de abstracción y de elaborar representaciones simbólicas de conjuntos de elementos y de sus relaciones; es decir, por todos los medios a nuestro alcance, promover la capacidad de pensar.

Al interior de las entidades de educación superior, es urgente crear condiciones propicias para que surjan en las diferentes disciplinas, "Escuelas de Pensamiento y Creación Científica", tales que faciliten abordar el estudio y solución de problemas del entorno natural o social; ya sea, mediante la aplicación de conocimientos científ-

ficos consolidados o de los que se creen como resultados de la actividad de las "Escuelas de Pensamiento y Creación Científica" que surjan al interior de las unidades de trabajo académico o "Cátedras" universitarias.

Allí también, en las unidades académicas o cátedras debería poder surgir una masa crítica de saberes científicos que permitan instrumentalizar los procesos de invención de tecnologías, tan necesarias para el fortalecimiento del sector productivo. Asimismo, los profesores deben ser los creadores y gestores de sus proyectos educativos y científicos y, así, facilitar que la docencia y la investigación sean actividades complementarias, tanto en lo que concierne a los profesores como a los estudiantes.

Cada "Unidad Académica" para determinada disciplina debe dar origen, en la medida en que maduren sus actividades y se enriquezcan sus proyectos, a una línea o "Escuela de Pensamiento y Creación Científica", "Unidad Académica" o "Cátedra", en el sentido de nuestra propuesta; es decir, debe ser el ámbito donde los estudiantes encuentren el ambiente estimulante, propicio y fecundo para la asimilación crítica de los conocimientos, así como para el desarrollo de su propia capacidad creadora. Allí profesores y estudiantes deben sentirse protagonistas y mantener intercomunicación permanente. Así se extenderían a los trabajos de laboratorio y de campo las conversaciones espontáneas informales, la actividad docente y discente, y no se agotaría con exposiciones o conferencias o con las consabidas prácticas rutinarias de laboratorio.

Por la misma razón, no sobra insistir en la necesidad de considerar, en las entidades de educación superior, a la investigación científica, como una actividad esencial y por tanto imprescindible. No por simple formalismo, o solamente por razones de prestigio, o consideraciones de carácter laboral o salarial, sino para apoyar el fortalecimiento de las labores docente y discente y hacer efectivos los objetivos de la formación científica académica y profesional de los egresados; tan requerida también por el país, tras la meta de gran alcance, de construir y consolidar su capacidad científica.

Desde luego, para que todos estos enunciados y propósitos no devengan en retórica o en simples exclamaciones de buenos deseos, es necesario preparar, como ya se decía al principio, con base en criterios de calidad, el personal docente. Sin embargo, tras culminar las etapas de preparación y selección, es indispensable, rodear a los profesores, al personal científico asociado y demás integrantes de la Cátedra respectiva, de todas las consideraciones, de estima social y, desde luego, de los recursos que les permitan llevar un modo de vida digno y con-

forme con su investidura. Los profesores deberían ser considerados como protagonistas del quehacer académico universitario y no como simples subalternos del aparato administrativo, a veces fuertemente burocratizado.

Así mismo, del plan general de formación profesional, deben formar parte las prácticas en el respectivo sector laboral. Así, el estudiante, podrá conocer otro aspecto importante de la realidad social y de los vínculos de su profesión con el mundo del trabajo y de la producción. Esta actividad, así concebida, contribuirá a la contextualización de la Educación Superior en la realidad social de la región y del país.

Las experiencias obtenidas en el mundo laboral, le permitirá al estudiante percatarse de los problemas de la región en lo que concierne a su propia disciplina; así como sobre las soluciones que se estén propiciando para resolver problemas cruciales de la realidad o de los alcances de los proyectos que se desarrollen para buscar su solución. De esta manera, la aproximación al mundo laboral devendrá en otro componente de la formación profesional y científica del estudiante.

Todo este nuevo enfoque hace también necesario que el Plan General de Formación Profesional, como se decidió denominarlo, para diferenciarlo de modo más contundente, de los "pensumes" de estirpe formalista, no contextualizados en la realidad regional o nacional, debe estar constituido de tal manera, que se de cada vez mayor importancia a la investigación. Así, la tesis o trabajo de grado, no tiene por qué ser la única actividad de investigación relevante que desarrolle el estudiante en su carrera.

En resumen, podríamos decir que entre los numerosos problemas por resolver hacia el futuro, a la Universidad le corresponde un papel protagónico en la creación de los conocimientos sobre nuestra realidad natural, social, económica y cultural; así como en la utilización de tales conocimientos, y de los ya consolidados, en la búsqueda de las soluciones a problemas relacionados con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de donde puedan derivar ventajas comparativas que robustezcan el sector económico productivo local, regional y nacional.

Para ello es necesario crear las condiciones que permitan la inserción definitiva y consciente de la ciencia en nuestra cultura y utilizar los nuevos conocimientos en el desarrollo de tecnologías o procedimientos que fortalezcan el sector productivo y aumenten su capacidad competitiva.

Desde luego, sin descuidar el fortalecimiento de los valores éticos, como el de proteger la vida humana, la convivencia social, fundamentada en el respeto mutuo de los valores. Los mismos valores que configuran nuestra entidad cultural y en la cual debe tener sólido apoyo nuestra solidaridad nacional, tan necesaria para la superación de la fragmentación social, cada vez más acentuada.

Sin desconocer, de ninguna manera la gran relevancia que para nuestro país tienen otras disciplinas de las ciencias exactas, físicas y naturales o de las ciencias de la salud y de las ciencias humanas, jurídicas y económicas; así como de las disciplinas tecnológicas o ingenierías, en el intento de llevar a la realidad y poner en práctica los conceptos expuestos, se ha seleccionado, en una primera instancia, teniendo en cuenta las peculiaridades únicas del mundo biológico de nuestro país, la biología "*contextualizada*" en la realidad natural de nuestras montañas tropicales; es decir, la "Biología Tropical Andina".

Se parte de la base, según la cual, si a través de la puesta en práctica de los enfoques estructural y funcio-

nal propuestos, apoyados en facilidades logísticas estables, se logra que la docencia y de la investigación; se realicen como actividades complementarias, se habrá dado un gran paso hacia delante en la demostración de la relevancia y validez del modelo y también para que abran las posibilidades para que sea aplicado a otras disciplinas no menos importantes. Así mismo, se abrirá la posibilidad de que estudiantes que hayan completado sus estudios de biología bajo el enfoque propuesto, profundicen conocimientos, en una o varias disciplinas biológicas afines y realicen trabajos de investigación como tesis de grado, contando con la solidez y madurez académica y científica que para entonces hayan alcanzado las Unidades Académicas o cátedras del Instituto, de tal profundidad que puedan aspirar a optar al grado académico de Magister o, inclusive, de Doctor; si así lo justifica la calidad, y originalidad de la tesis. Esta expectativa, podrá ser una realidad, si se logra al interior de las Unidades Académicas o Cátedras inducir un proceso vivo y dinámico de estudio, investigación, discusión y creación de nuevos conocimientos.

DISCURSO PRONUNCIADO POR EL PRESIDENTE DE LA ACADEMIA, DR. LUIS EDUARDO MORA-OSEJO, DURANTE LA SESIÓN SOLEMNE ESTATUTARIA CELEBRADA EL 18 DE AGOSTO DE 1999

En nombre de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ante todo, quiero presentar a quienes nos acompañan en esta reunión el más cordial saludo de bienvenida.

Su presencia contribuye a dar particular relevancia a este acto con el cual la Academia celebra un nuevo aniversario de su constitución, como Entidad promotora de la ampliación del conocimiento científico y del mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias. Los mismos objetivos que ya fueran señalados por sus fundadores y, que ahora, al finalizar el Siglo XX, recobran plena actualidad, no solo en nuestro país, sino en el ámbito universal; sobre todo, en los países en desarrollo, como fuera destacado durante la Conferencia Mundial de la Ciencia, que tuvo lugar en Budapest, en junio pasado, bajo los auspicios de la UNESCO e ICSU, y en la que tuve el honor de llevar la representación de la Academia Colombiana de Ciencias.

Permítase, asimismo, destacar, entre las numerosas y significativas conclusiones finales de ese mismo certamen de trascendencia mundial, el acuerdo logrado sobre el papel insustituible y como tal decisivo que corresponde a la Ciencia, a la Tecnología y a la calidad de la Educación, en la superación de los desequilibrios económicos, sociales, políticos y culturales que hacen cada día más difícil el desarrollo de los países del Tercer Mundo.

La asimilación de los profundos cambios en las formas de producción económica, promovidos por la invención, cada vez más vertiginosa, de nuevas tecnologías, en particular, las relacionadas con la informática, la biotecnología y las nuevas fuentes de energía, requiere, antes que todo, la construcción, en nuestros países, de una sólida capacidad científica y tecnológica.

Una nueva y compleja dinámica económica ha surgido como efecto del gran avance del conocimiento científico

y tecnológico en los países industrializados, al punto de que uno de los nuevos indicadores para medir el poderío económico de los países, sea el número de nuevas patentes o el número de publicaciones sobre nuevos conocimientos básicos o sobre nuevas aplicaciones de tales conocimientos.

Son tan numerosas y de tan diversa índole las nuevas posibilidades de aplicación del conocimiento científico, que ahora una de las más agudas preocupaciones, en los países industrializados, es la de velar porque la aplicación de los nuevos conocimientos obtenidos a través de la investigación científica, se efectúe bajo las condiciones de preservar la dignidad humana en las presentes y futuras generaciones, esto es, que la aplicación de los conocimientos se lleve a cabo bajo el compromiso de preservar los valores éticos universales. Con mucha razón, se considera que sólo así, los avances en la aplicación de los nuevos conocimientos y de las nuevas tecnologías, se traducirán en verdaderos aportes al bienestar humano, en el corto y largo plazo, por lo cual es preciso comenzar por mejorar la calidad de la educación, en todos sus niveles, teniendo en cuenta, en especial, la formación ética de las nuevas promociones de profesionales y científicos.

En lo que respecta a los países en desarrollo, las universidades deberían velar porque sus programas educacionales, en todos los campos científicos, se centren tanto en la educación como en la investigación y en la interacción entre ambas actividades. Resulta satisfactorio señalar que esta estrategia formó parte de los puntos sugeridos por la Academia Colombiana de Ciencias para la agenda de la Conferencia Mundial de la Ciencia, y fue acogida en la "Declaración Final a cerca de las Acciones por realizar", para fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en los mencionados países.

Cabe, asimismo mencionar que en la citada "Declaración Final", se destaca el importante papel que, en la realización de esta estrategia corresponde a las Academias y a las organizaciones científicas nacionales e internacionales. Para lo cual se requiere que los respectivos Estados y sociedades, en particular las de los países en desarrollo, les concedan amplio reconocimiento y apoyo.

Corresponde también al Estado adoptar políticas nacionales de apoyo permanente y sostenido del incremento de la capacidad científica nacional, al mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las ciencias, al fortalecimiento de las instituciones de investigación científica, a la integración de la ciencia dentro de la cultura nacional y a estimular el logro de capacidades en materia de creación científica e innovación tecnológica.

En el caso de Colombia, es necesario apoyar a las instituciones científicas de alto nivel investigativo y con posibilidades de dar cabida a la educación científica, sobre todo, en aquellas áreas que sean de particular importancia e interés específico para nuestro país.

Debemos que tener muy en cuenta el valor universal de la ciencia básica, o fundamental, en cuanto que gracias a ella es posible acrecentar el conocimiento de nuestro mundo físico, biológico y humano.

Sin el acervo de los conocimientos producidos por la ciencia fundamental, en el largo plazo la innovación tecnológica se paraliza. No es sorprendente, entonces, que en los países desarrollados las empresas industriales realicen y fomenten la investigación fundamental. Por lo mismo, aquella disyuntiva generadora de tanta confusión y perjuicios entre nosotros, de si se debe dar prioridad a la investigación fundamental o a la investigación aplicada, ha sido afortunadamente superada. Mas bien, de lo que se trata ahora es de definir como repartir los recursos para alcanzar un balance adecuado entre las dos actividades.

No sobra recalcar que la expansión de las fronteras del conocimiento siempre ha conducido a aplicaciones benéficas. Los logros de la ciencia fundamental han dado lugar al desarrollo de nuevos y amplios campos de aplicaciones, otrora consideradas imposibles.

Además, a la ciencia fundamental le corresponde un papel preponderante en el logro de modelos de desarrollo sostenible. Las ciencias naturales proporcionan conocimientos importantes sobre la realidad natural y sobre las consecuencias de las acciones humanas en la calidad del entorno. Desde luego, el logro de la sostenibilidad solamente puede alcanzarse mediante la acción man-

comunada de todos los sectores sociales de la producción económica. Al Estado le corresponde la responsabilidad de generar las políticas y estrategias nacionales dirigidas a integrar las metas sociales y económicas de los diferentes campos con las políticas de conservación del medio ambiente.

Otra tarea fundamental del Estado es la de generar políticas y estrategias nacionales inspiradas en nuestra propia realidad histórica, de tal manera que se propicie en los sectores educativo y cultural, la reorientación de los currículos, actualización de las metodologías, y el conceder mayor atención al estudio de las humanidades y de las ciencias sociales. No podemos olvidar que la consideración, exaltación y fomento de los valores humanos es requisito indispensable para cumplir con el compromiso ya asumido por todos los países del mundo, de promover y realizar el desarrollo sostenible a nivel local, regional, nacional y planetario, si de lo que se trata es de asegurar la supervivencia de la humanidad sobre la tierra a lo largo del próximo siglo y milenio.

En la medida de sus posibilidades, la Academia Colombiana de Ciencias, fiel a sus compromisos con el país, y a la misión y objetivos que le señalaron sus fundadores, ha impulsado de una u otra manera, las tareas que le corresponden en favor de la difusión y del fortalecimiento de la Ciencia y de sus aplicaciones, así como en el mejoramiento de la educación, y en particular de la enseñanza de las ciencias. En la medida de sus posibilidades, a través de sus diferentes estudios, ha contribuido a la ampliación del conocimiento científico fundamental, en particular sobre nuestro propio entorno y a su aplicación para el conocimiento y solución de problemas relacionados con el medio ambiente, tales como los estudios sobre los gases de "efecto invernadero", en referencia a nuestro territorio.

Tales tareas cumplidas merced a la colaboración y apoyo de sus miembros honorarios, numerarios y correspondientes, ora mediante la formulación y realización de proyectos; ora a través del fortalecimiento de su programa de publicaciones, y en particular de su Revista, cuyos contenidos merced a las nuevas tecnologías de la informática y de la comunicación, tienen amplia difusión en el ámbito nacional e internacional, y de sus colecciones de libros. Cabe destacar que ya algunos de los textos de estudio publicados, dentro de la colección Julio Carrizosa Valenzuela han merecido el reconocimiento internacional; lo propio ha sucedido, de tiempo atrás y ahora mismo, con volúmenes aparecidos recientemente, en lo que respecta a la "Colección Jorge Alvarez Lleras" de tratados científicos especializados y a la colección de las Memorias de los

Congresos y Seminarios realizados bajo los auspicios de la Academia; ora en fin, a través de la labor cumplida por las comisiones permanentes de Educación, Investigación, Reservas y Parques Naturales. Sea la oportunidad de presentar, en nombre de la Academia, a todos quienes prestaron su concurso, los debidos reconocimientos, y profundos agradecimientos.

Se ha propuesto también la creación de un Instituto de Investigaciones y Educación, inicialmente, con énfasis en el área de Biología Tropical de Alta Montaña. Tal Instituto tendría por sede y radio de acción los departamentos que conforman el Eje Cafetero, proyecto que ha tenido amplio apoyo, por parte de las instituciones educativas, científicas y del sector productivo de la ciudad de Manizales. Este proyecto fue también presentado en la conferencia internacional sobre "Construcción de la Capacidad Científica", convocada y realizada, en el pasado mes de Junio, bajo los auspicios del Consejo Internacional de la Ciencia, ICSU, en la ciudad de Budapest. Allí también este proyecto recibió amplia acogida.

La Junta Directiva de la Academia, en una de sus últimas reuniones, aprobó la creación del Instituto Interinstitucional de Alta Montaña, luego de haber recibido declaraciones de conformidad y apoyo de esta iniciativa por parte de las instituciones, del orden nacional, que prestarían su concurso al funcionamiento del men-

cionado Instituto Interinstitucional. Cabe señalar que sus objetivos están de acuerdo con las recomendaciones, entre otros, de los Programas Internacionales del Cambio Global y Cambio Climático, que coinciden en señalar a los ecosistemas de alta montaña de la tierra, en particular, de la zona tropical húmeda, como los más frágiles y, por consiguiente, los más vulnerables y susceptibles a que en ellos ocurran desastres ambientales por causas naturales o antropogénicas, sobre todo, si en ellos se concentra la mayor parte de la población, como es el caso de Colombia.

Finalmente, quisiera señalar que se ha incrementado el canje de las publicaciones de la Academia y se han enriquecido los fondos bibliográficos de la "Biblioteca Luis López de Mesa" de la Academia, cuya sede propia esperamos pronto poder inaugurar. Estos y otros empeños se propone llevar adelante la Academia en favor del fortalecimiento de la capacidad científica en nuestro país.

Desde luego, los resultados que se alcancen, tanto en el orden científico como en los campos educacional, social, económico y cultural, tendrán mayor trascendencia, si el Estado Colombiano, finalmente, decide adoptar políticas y estrategias nacionales en favor del fortalecimiento de la ciencia, en reconocimiento de su papel decisivo en pro del bienestar económico, social y cultural de las presentes y de las futuras generaciones de colombianos.

INFORME PRESENTADO POR DON JOSE A. LOZANO, SECRETARIO DE LA CORPORACION, SOBRE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL AÑO ACADEMICO 1998-1999

A continuación se resumen las actividades adelantadas por la Corporación durante el año académico estatutario comprendido entre el 19 de agosto de 1998 y el 18 de agosto de 1999.

SESIONES

a- Junta Directiva

La Junta Directiva sesionó de manera ordinaria en diez oportunidades, los primeros miércoles de cada mes, y extraordinariamente en tres. En estas reuniones tomó las decisiones necesarias para el funcionamiento y orientación de las políticas de la Academia, entre las que se destacan las siguientes:

El 30 de noviembre se firmó el contrato de asesoría y servicios con el Ministerio de Educación Nacional, correspondiente a 1998, por un valor de \$243.782.196.00.

La Junta autorizó al Señor Presidente para firmar el contrato de remodelación de la casa que será sede de la Biblioteca Luis López de Mesa, con el arquitecto Don Andrés Díaz.

Se firmó el contrato No. 002 de 1998 con la Universidad Nacional para administrar los fondos de siete subproyectos.

Se contrató con TV CABLE la conexión a un computador para prestar el servicio de correo electrónico y comunicación con Internet. Por medio de la red interna se dará este servicio a todos los computadores. Este servicio agilizará las comunicaciones electrónicas hacia y desde la Academia