

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XXIII

JUNIO DE 1999

NUMERO 87

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



## CONTENIDO - CONTENTS

	Pág.		Pág.
<b>Arqueología (Archeology)</b>		Estudio de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga (Colombia). (Historical seismicity study in the Bucaramanga [Colombia] region). <i>Elkin de Jesús Salcedo Hurtado</i> .....	233
Origen botánico del asa de una bolsa funeraria de la cultura Chinchorro del Norte de Chile. (Botanical origin of the handle of a funeral bag in the Chinchorro culture of northern Chile). <i>Eliana Belmonte, Miguel Gómez, Ana María Mujica, Elizabeth Bastías &amp; Gloria Montenegro</i> .....	179	<b>Ecología (Ecology)</b>	
<b>Botánica (Botany)</b>		Crecimiento de cohortes de árboles coetáneos en rodales espacialmente dispersos: el caso de <i>Campnosperma panamensis</i> . (Growth of cohorts of trees in widely-scattered patches: the case of <i>Campnosperma panamensis</i> ). <i>Jorge Ignacio del Valle Arango &amp; Alvaro Lema Tapias</i> .....	249
¿Existe <i>Sodirola</i> ? (Does <i>Sodirola</i> exist?). <i>Julio Betancur &amp; Daniel Rafael Miranda-Esquivel</i> .....	189	<b>Física (Physics)</b>	
Monocotiledóneas y dicotiledóneas: un sistema de clasificación que acaba con el Siglo. (Monocots and dicots: a system of classification ending with the century). <i>Favio González</i> .....	195	Fotorrespuesta en superconductores de alta temperatura crítica. (Photoresponse in superconductors of high critical temperature). <i>Jaime Osorio, Doris Giratá &amp; Pedro Prieto</i> .....	261
<b>Ciencias de la Tierra (Earth Sciences)</b>		<b>Micología (Mycology)</b>	
El terremoto de los Muzos (1646, abril 3) a la luz de un excepcional documento colonial, la relación de don Bartolomé de Mázmela y Poveda. (The Muzo earthquake (3 April 1646) in light of an exceptional colonial document the account of don Bartolome de Mazmela y Poveda). <i>Armando Espinosa Baquero</i> .....	205	La familia Phakopsoraceae en el neotrópico III. Géneros: <i>Batistopsora</i> y <i>Phakopsora</i> . (The family Phakopsoraceae in the Neotropics III. Genera <i>Batistopsora</i> and <i>Phakopsora</i> ). <i>Pablo Buriticá C.</i> .....	271
Vulcanitas cenozoicas en el piedemonte Suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía de Perijá. (Cenozoic volcanics in the southeastern piedmont of the Sierra Nevada de Santa Marta and in the Serranía de Perijá). <i>Jaime Galvis Vergara &amp; Ricardo de la Espriella</i> .....	213	<b>Zoología (Zoology)</b>	
Rocas grenvillianas en la región de Puerto Berrío-Antioquia. (Grenvillian rocks in the Puerto Berrio region of Antioquia). <i>Oswaldo Ordóñez Carmona, Márcio M. Pimentel, Renato de Moraes &amp; Jorge Julián Restrepo</i> .....	225	New species of frogs from low and moderate elevations from the Caldas transect of the eastern flank of the Cordillera Central. (Nuevas especies de ranas de altitudes baja y media en un perfil en el flanco oriental de la Cordillera Central del Departamento de Caldas). <i>John D. Lynch &amp; José Vicente Rueda-Almonacid</i> .....	307
		<b>Notas (Notes)</b>	
		Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. (State of knowledge of the hepatic flora of Colombia). <i>Jaime Uribe M. &amp; S. Rob Gradstein</i> .....	315

# ORIGEN BOTÁNICO DEL ASA DE UNA BOLSA FUNERARIA DE LA CULTURA CHINCHORRO DEL NORTE DE CHILE

por

Eliana Belmonte<sup>1</sup>, Miguel Gómez<sup>2</sup>, Ana María Mujica<sup>2</sup>, Elizabeth Bastías<sup>3</sup> & Gloria Montenegro<sup>2</sup>

## Resumen

**Belmonte, E; M. Gómez, A.M. Mujica; E. Bastías & G. Montenegro:** Origen botánico del asa de una bolsa funeraria de la cultura Chinchorro del norte de Chile. Rev. Acad. Comb. Cienc. **23**(87): 179-188. 1999. ISSN 0370-3908.

Los aborígenes costeros del sur peruano y norte de Chile desarrollaron la cultura Chinchorro (7020 al 1500 A.C.) y practicaron la momificación artificial: complejo tratamiento intensivo del cuerpo con reemplazo o refuerzo de huesos con armazones de palos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el origen botánico del asa de una bolsa de fibra vegetal (*chinguillo*) que formaba parte del ajuar funerario del cuerpo 6, tumba 22, sitio Morro-1, extremo norte de Chile. La identificación del fragmento vegetal se hizo comparando caracteres anatómicos entre el material de contexto arqueológico y especies leñosas actuales que habitan los valles costeros de Lluta, Azapa y Camarones. Los resultados muestran similitud entre el asa del chinguillo y *Schinus molle* L., Anacardiaceae.

**Palabras clave:** *Schinus molle*, chinguillo, momias Chinchorro.

## Abstract

The aborigines of northern Chile and southern Perú developed the Chinchorro culture (7020 to 1500 B.D.); they practiced complex treatments of artificial mummification using wood to replace or reinforce the skeleton. The objective of this paper was to study the plant fragment used as the handle of a bag or *chinguillo* found with a mummy. Anatomical structure of archaeological plant material and actual species from Lluta, Azapa and Camarones, coastal valleys from northern Chile were compared for identification purposes. *Schinus molle* L. is similar to the wood used for the manufacture of the handle.

**Key words:** *Schinus molle*, chinguillo, Chinchorro mummies.

- 1 Universidad de Tarapacá, Facultad de Ciencias Sociales, Administrativas y Económicas, Departamento de Arqueología y Museología. email: mbelmont@vitor.faci.uta.cl
- 2 Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas y Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. email: gmonten@genes.bio.puc.cl y mgomez@genes.bio.puc.cl
- 3 Universidad de Tarapacá, Facultad de Agronomía, Casilla 6D, Arica, Chile

## Introducción

La cultura Chinchorro representa la evidencia más temprana de población costera para el norte de Chile. Fue desarrollada por las poblaciones costeras precerámicas y premetalúrgicas que habitaron el litoral del desierto de Atacama, desde Ilo-Perú hasta Antofagasta-Chile, por un periodo de 5520 años (7020 al 1500 A.C.). Su subsistencia era altamente marítima (Arriaza, 1994, 1995).

La cultura Chinchorro es reconocida actualmente como el grupo humano más antiguo que practicó la momificación artificial, aunque también existió la momificación natural, como producto de las circunstancias climáticas, medio ambiente salino, muy seco o helado. La momificación artificial consistía en una alteración intencional del cuerpo con diversas sustancias orgánicas e inorgánicas, disminuyendo el riesgo de descomposición. Para ello, utilizaban técnicas muy complejas, como la desarticulación del esqueleto y refuerzo de su estructura interna con maderos longitudinales y esteras empaquetadas con cuerdas de totora; relleno de las cavidades del cuerpo con cenizas o pasto seco (Alvarez, 1969; Allison *et al.*, 1984; Arriaza, *op.cit.*).

Algunos autores, entre ellos Schiappacasse & Niemyer (1984), Rivera (1975), Muñoz & Chacama (1993) han postulado que las poblaciones Chinchorro tuvieron un estilo de vida semisedentario, con circuitos de alta movilidad costa-valles y tierras altas, para adquirir materias primas ausentes en la costa. Contrario a esta propuesta Arriaza (1995) postula que las poblaciones Chinchorro vivían en la costa todo el año, con poca movilidad y un patrón de vida sedentario. Este último postulado se basa en la existencia de cementerios exclusivamente costeros, con gran número de cuerpos, lo que significa una alta demanda de energía involucrada en la momificación artificial, además de patologías asociadas a la vida costera, *v.gr.*: exostosis auditiva, parásitos intestinales costeros, dieta netamente costera y tecnología marítima de caza y pesca.

Para la preparación de los cuerpos se requirió el uso de recursos vegetales como maderos y totoras, los que presentan una cierta continuidad entre los diferentes estilos de momificación junto al conocimiento acabado de los recursos botánicos disponibles y de su posible utilidad.

Dentro del contexto de lo anteriormente planteado, resulta interesante estudiar cuáles eran las especies vegetales utilizadas en la confección de los implementos

de pesca encontrados en los complejos funerarios como una manera de aproximarse a su estilo de vida, sea semisedentario o de alta movilidad.

Como material de estudio, se seleccionó un fragmento vegetal utilizado en la confección del asa de un *chinguillo* asociado al cuerpo 6, tumba 22, sitio Morro-1, Arica-Chile. El *chinguillo* es una bolsa de fibra vegetal tejida con técnica de malla simple o de double loop, usada en la faena de recolección y acarreo de recursos marinos, tales como mariscos y peces de talla menor. Este tejido de nudos permite que se escurra el agua, disminuyendo el peso y manteniendo fresco el recurso marino. Los *chinguillos* que aparecen asociados a cuerpos de la cultura Chinchorro son alargados y en la boca ancha, llevan un asa fabricada con un fragmento de tallo doblado en forma de horquilla, que le da firmeza a la bolsa. Esta característica ha sido interpretada como apropiada para coleccionar peces en caso de haberse producido un apozamiento en la playa. El *chinguillo* se sigue usando en la actualidad con pocas variaciones respecto del modelo original (Santos & Briones, *com. pers.*).

Siguiendo los postulados de Arriaza (1995) y aceptando que los Chinchorro practicaron un estilo de vida semisedentario, se esperaría que las especies de plantas que utilizaron estas poblaciones, tanto en sus prácticas de momificación como en la construcción de diferentes utensilios de la vida cotidiana, pertenezcan a las formaciones vegetales que se desarrollaban próximas al hábitat natural que ellos ocuparon. En el extremo norte de Chile estos lugares corresponderían a los valles costeros de Lluta (río Lluta), Azapa (río San José) y Camarones (río Camarones) y, a las planicies aledañas a la costa, alimentados por napas subterráneas.

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto de mayor envergadura desarrollado por los autores que pretende identificar el origen botánico de elementos vegetales utilizados por la cultura Chinchorro como una forma de contribuir al entendimiento de las relaciones establecidas entre las poblaciones costeras y su entorno natural.

### *Antecedentes del sitio arqueológico*

**Sitio Morro-1.** Este sitio está localizado en el faldeo norte del Morro de Arica (18°30'30" latitud sur, 70°16'00" longitud oeste), último remanente de la cordillera de la costa (Fig. 1). Se ubica en el talud inclinado de la pendiente, en una matriz de arena eólica y ha sido trabajado desde comienzos de siglo, en 1919 por Uhle (1974) y posteriormente por diversos investigadores.



Figura 1. Mapa de ubicación de los principales sitios arqueológicos con registros de momias Chinchorro, próximos a la ciudad de Arica, Chile. El sitio Morro-1 se encuentra en la ladera norte del Morro de Arica, último remanente de la Cordillera de la Costa.

Del sitio Morro-1 se han analizado 134 individuos e identificado tres patrones de práctica mortuoria: uno conocido como "momias de preparación complicada", otro, sin preparación complicada pero con pátina de arena sobre la piel o en algunos casos, con estera vegetal y un tercer patrón, o "momias de preparación simple", sin momificación artificial que corresponde a cuerpos cubiertos con pieles de camélidos, aves marinas y estereras vegetales (Standen, 1997).

De acuerdo a la excavación de rescate y descripciones de Standen & Arriaza (MS), el cuerpo 6 de la tumba 22 al que se asocia el chinguillo utilizado en el presente trabajo, era probablemente de sexo masculino y correspondería a un joven de 15-16 años; con cráneo, mandíbula y omóplatos ausentes. Presentaba restos de tejidos blandos vitrificados, posiblemente debido a una exposición al fuego (Standen, com. pers.). A nivel de los pies había mucha arena concrecionada. No presentaba momificación artificial y el cuerpo estaba cubierto con pieles de pelicano y sobre ésta, una estera vegetal. Este cuerpo correspondería al tipo descrito como "momias de preparación simple", caracterizado por inhumaciones primarias e individuales y con fechado radiocarbónico entre 4200 y 3790 a.P.

## Materiales y métodos

### Obtención de la muestra arqueológica

La muestra vegetal seleccionada para análisis botánico, corresponde a un fragmento vegetal de 5 mm de diámetro, utilizado como asa de una bolsa de fibra vegetal o *chinguillo*, que formaba parte del ajuar funerario del cuerpo 6, tumba 22, sitio Morro-1. Este material fue recuperado de los depósitos del Museo Arqueológico San Miguel de Azapa, Universidad de Tarapacá, Arica y al igual que las muestras vegetales de la colección de referencia, fue tratada mediante técnicas para estudio histológico.

### Colección de referencia

Para la identificación taxonómica de las especies posiblemente utilizadas por los Chinchorro como recurso vegetal, se realizó una colecta intensiva de la flora leñosa silvestre actual del transecto comprendido entre la desembocadura del río Camarones, la zona costera de Arica, valle de Azapa, la desembocadura del río Lluta y el valle del mismo nombre. Se confeccionó un herbario con las especies colectadas (Tabla 1) y se realizó un set de preparaciones histológicas de tallos, caracterizando los tejidos corticales, medulares y xilemáticos, con el

Tabla 1. Lista de plantas actuales utilizadas como colección de referencia.

Familia	Especie	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Alternanthera halimifolia</i>	hierba blanca
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	molle, pimienta
Asteraceae	<i>Baccharis petiolata</i>	chilca
	<i>Grindelia glutinosa</i>	chilca
	<i>Pluchea absinthioides</i>	brea
	<i>Pluchea chingoyo</i>	chilca
	<i>Trixis cacalioides</i>	chilca
Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	chuvé
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i>	
Caesalpinaceae	<i>Caesalpinia gilliesii</i>	tara
Malvaceae	<i>Gossypium barbadense</i>	algodón
Mimosaceae	<i>Acacia macrocantha</i>	yaro
	<i>Prosopis tamarugo</i>	tamarugo
	<i>Prosopis chilensis</i>	algarrobo
Papilionaceae	<i>Geoffroea decorticans</i>	chañar
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	carza, Sauce
Verbenaceae	<i>Phyla canescens</i>	tiquil tiquil

fin de realizar un estudio comparativo posterior, de acuerdo con la terminología de **Carlquist** (1988) y **Mauseth** (1988).

### *Técnica histológica*

La técnica histológica aplicada a las muestras provenientes de la vegetación actual y al material arqueológico, consistió básicamente en un ablandamiento previo con una solución de remojo (etanol 50% y glicerina 1:1) seguido de una deshidratación con una batería de alcoholes butílicos y etílicos; impregnación con parafina; ablandamiento con detergente; tinción con safranina fast green y montaje en medio sintético, Entellán (**Montenegro & Gómez**, 1997). Una colección de muestras permanentes se conserva en el laboratorio de Etnobotánica, Universidad de Tarapacá, prof. E. Belmonte y otra, en el laboratorio de Botánica Terrestre, Pontificia Universidad Católica de Chile, prof. G. Montenegro.

### *Caracterización anatómica*

Los cortes histológicos (transversales y longitudinales radiales y tangenciales) fueron analizados y fotografiados a través de un microscopio óptico Nikon Optiphot FX-35A. La terminología general y la metodología de cuantificación es la señalada por **Carlquist** (1988). Los caracteres anatómicos considerados para la comparación entre el material vegetal actual y el arqueológico fueron: peridermis; parénquima cortical; parénquima medular; xilema secundario: anillos de crecimiento y elementos de vaso (longitud, diámetro, agrupación, densidad, placa de perforación, punteaduras de la pared lateral, escultura interna y tilosas); elementos traqueales imperforados: tipo básico y diámetro y dimensiones de los radios parenquimáticos. Para determinar el grado de significancia entre los parámetros analizados se aplicó el test de Student.

### **Resultados y discusión**

El estudio histológico del fragmento vegetal utilizado como asa de un chinguillo reveló que corresponde a una rama completa, con una peridermis en sus primeros estados de formación (Fig. 2B). Trabajos en curso utilizando como muestra arqueológica otros fragmentos de origen vegetal de la cultura Chinchorro (**Belmonte et al.**, 1998, **Gómez et al.**, 1998), muestran que los maderos utilizados para reforzar el esqueleto, tanto en adultos como en infantes, eran tallados previamente retirando la corteza y dejando sólo el leño. Esto marca una diferencia con el fragmento vegetal utilizado como asa del chinguillo, que presentaba tejido peridérmico, parénquima cortical y médula, confirmando con ello que era una rama completa y delgada.

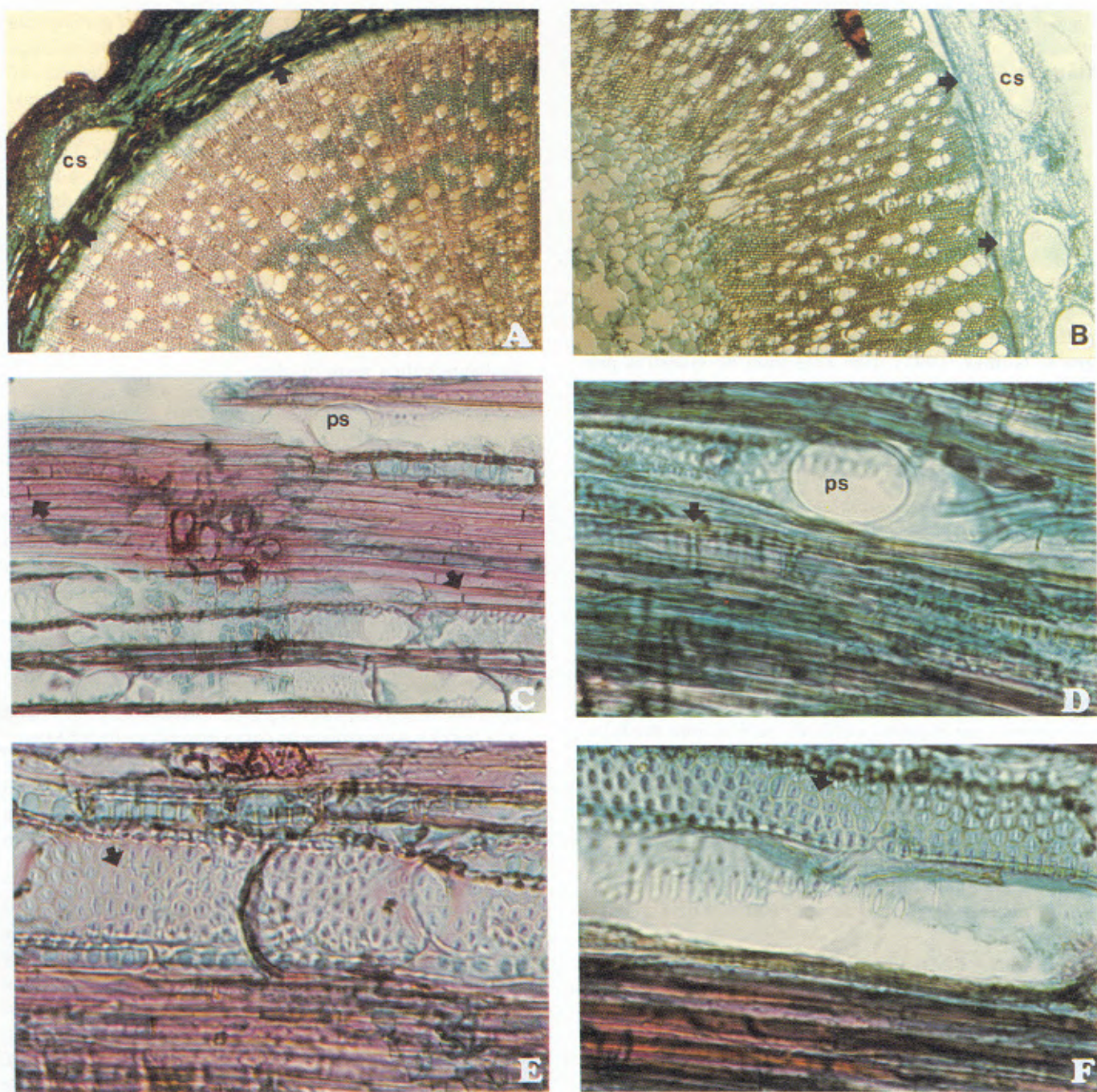
El análisis comparativo de la anatomía del parénquima cortical, del xilema secundario y del parénquima medular entre la muestra arqueológica y las especies leñosas de la colección de referencia vistos en secciones transversal y longitudinal radial y tangencial, mostró una gran similitud con la especie arbórea *Schinus molle*, también llamado en la zona *pimiento* o *molle*. La Tabla 2 muestra un cuadro comparativo con los caracteres anatómicos seleccionados para el estudio de la muestra arqueológica proveniente del asa de un chinguillo del sitio Morro-1 y *Schinus molle*, especie de referencia.

La correspondencia anatómica entre la muestra arqueológica y el *molle*, especie de referencia, es particularmente válida respecto de:

\* Presencia de conductos secretores de productos del metabolismo secundario en el parénquima cortical (**Montenegro**, 1984; Figs. 2A y 2B). De acuerdo con **Carlquist** (1988), la presencia de conductos secretores en lugares extraxilemáticos es un carácter de valor sistemático a nivel de familia. Además, en este caso, junto a los conductos secretores de gran envergadura se agregan otros de menor tamaño que se ubican formando un anillo periférico al floema (Figs. 2A y 2B).

\* Xilema secundario de porosidad difusa, con vasos distribuidos en forma aislada o en conjuntos radiales de 2-5 células (Figs. 2A, 2B, 3A y 3B). **Carlquist** (1988) señala a la familia Anacardiaceae como poseedora de un xilema de poro anillado, aduciendo que basta que un género tenga este carácter para considerar a la familia completa como poseedora de él. En nuestro caso, tanto la muestra arqueológica como la especie de referencia presentan claramente xilema secundario de porosidad difusa.

La comparación detallada de los elementos del vaso en el xilema secundario revela que no hay diferencias significativas en la longitud de estos elementos entre ambas muestras ( $t=2.38$ ;  $p < 0.01$ ), así como tampoco en la densidad por  $\text{mm}^2$  ( $t=1.12$ ;  $p < 0.2$ ). A pesar que el diámetro que presentan en la muestra arqueológica es en promedio ligeramente mayor que en la especie de referencia ( $t=3.89$ ), esto no se refleja en la densidad. Esta diferencia de diámetro entre ambas muestras, refuerza el hecho que las dimensiones de los vasos son muy sensibles a las variaciones en las condiciones ambientales (**Carlquist**, 1988) y aunque haya un componente heredable, se dan modificaciones fenotípicas tales como la elongación celular, atribuibles al hábitat que en este caso particular, podría interpretarse como una condición de mayor disponibilidad de agua ambiental en tiempos en que los Chinchorro habitaron el extremo norte de Chile.



**Figura 2.** Comparación anatómica entre el tallo de *Schinus molle*, molle, especie de referencia (A, C y E) y el fragmento de tallo usado como asa de la bolsa chinguillo, muestra arqueológica (B, D y F). A y B). Vista general en sección transversal. Se observan conductos secretores (cs) de gran tamaño en el parénquima cortical y otros conductos de menor tamaño formando un anillo periférico al floema (flechas). El xilema secundario presenta porosidad difusa. x 60. C y D). Vasos con placa de perforación simple con orientación oblicua (ps) y fibras septadas (flechas) en sección longitudinal radial. (C) x 300 y (D) x 600. E y F). Vasos con punteaduras areoladas poligonales en sección longitudinal radial (flechas). x 600.

**Tabla 2.** Comparación de las características anatómicas de la muestra arqueológica y *Schinus molle*, especie de referencia.

Característica anatómica	Muestra arqueológica Asa de chingullo	Especie de referencia <i>Schinus molle</i>	Test-t
<b>Peridermis</b>	En sus primeros estadios de formación	En formación, felógeno subepidérmico; 2-5 estratos de células suberificadas	
<b>Parénquima cortical</b>	Conductos secretores de gran tamaño. Abundantes células con cristales prismáticos solitarios, drusas y taninos	Conductos secretores de gran tamaño. Abundantes células con cristales prismáticos solitarios, drusas y taninos	
<b>Parénquima medular</b>	Abundantes células con cristales prismáticos, drusas y almidón	Abundantes células con cristales prismáticos, drusas y almidón	
<b>Xilema secundario:</b>			
anillo de crecimiento	Porosidad difusa	Porosidad difusa	
elemento del vaso:			
longitud (micrones)	159.4 (13.2)	169.4 (23.2)	t=2.38 p<0.01
diámetro (micrones)	54.4 (10.7)	47.0 (5.5)	t=3.89
agrupación	Vasos aislados o en conjuntos radiales 2-5 células	Vasos aislados o en conjuntos radiales 2-5 células	
densidad (mm <sup>2</sup> )	109.7(53.03)	120.9(34.55)	t=1.12 p<0.2
placa perforación	Simple oblicua (pocas escaleriforme)	Simple oblicua (pocas escaleriforme)	
punteaduras pared lateral:			
tipo	Areolada alterna	Areolada alterna	
forma	Poligonal	Poligonal	
tamaño (micrones)	5.82(0.98)	6.73(1.21)	t=3.64 p<0.001
escultura interna	Helicoidal	Helicoidal	
tilosas	Ausentes	Ausentes	
<b>Elemento traqueal imperforado:</b>			
tipo	Fibras libriformes y septadas	Fibras libriformes septadas	
diámetro de fibras (micrones)	11.5 (2.4)	9.9 (1.5)	t=3.56 p<0.001
<b>Parénquima axial</b>	Ausente	Ausente	
<b>Radios parenquimáticos</b>	Heterogéneos, no estratificados, principalmente uniseriado, pocos biseriados, con depósitos de taninos	Heterogéneos, no estratificados, principalmente uniseriado, pocos biseriados, con depósito de taninos	
alto (micrones)	350.1 (136.3)	341.5 (139.4)	t=0.28 p<0.5

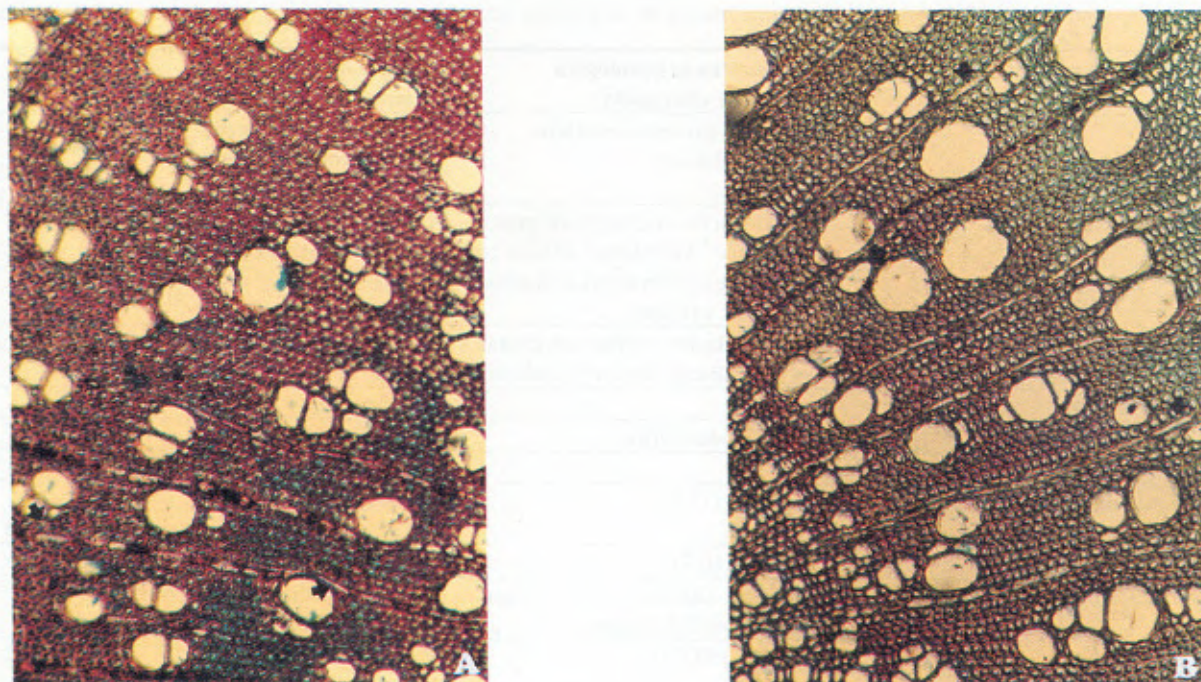
Los vasos presentan placa de perforación simple, oblicua en ambas muestras (Figs. 2C y 2D). En algunos casos existen vasos con placa de perforación escaleriforme, hecho que según **Carlquist** (1988) es característico de la familia Anacardiaceae.

Las paredes laterales de los vasos presentan punteaduras areoladas alternas en ambas muestras (Figs. 2E y 2F). Aunque este tipo de punteadura es el más común

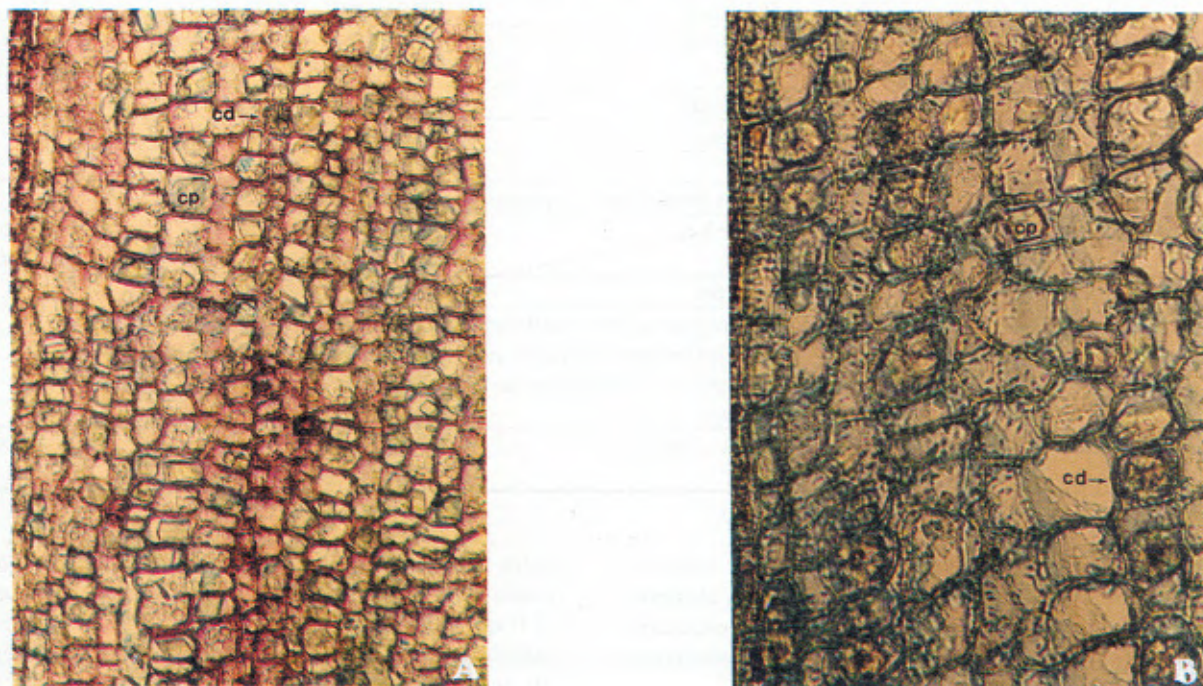
entre las dicotiledóneas, existe similitud tanto en el tipo como en la forma poligonal de las punteaduras que exhibe el fragmento arqueológico y la especie de referencia. El tamaño que presentan es normal para dicotiledóneas, y no se encontraron diferencias significativas entre las muestras analizadas (t=3.64; p< 0.001).

Hay ausencia de tilosas en ambas muestras. Aunque éste no es un caracter de valor sistemático, la correspon-





**Figura 3.** Comparación anatómica entre el xilema secundario del tallo de *Schinus molle*, molle, especie de referencia (A) y el fragmento vegetal usado como asa de la bolsa chinguillo, muestra arqueológica (B) en sección transversal. Se observa porosidad difusa dentro del anillo, vasos aislados o agregados en conjuntos radiales 2-5 células, fibras y radios parenquimáticos uniseriados (flechas). x 150



**Figura 4.** Comparación anatómica entre el parénquima medular del tallo de *Schinus molle*, molle, especie de referencia (A) y el fragmento vegetal usado como asa de la bolsa chinguillo, muestra arqueológica (B) en sección longitudinal radial. Se observan cristales tipo drusas (cd) y cristales tipo prismáticos o romboidales (cp). (A) x 60 y (B) x 150.

dencia entre ambas muestras podría validar el hecho que pertenecen a ramas jóvenes que no han sufrido daños fisiológicos.

\* Elementos traqueales imperforados: Ambas muestras presentan fibras libriformes y fibras septadas y no se encontraron diferencias significativas entre las muestras en cuanto a su diámetro ( $t = 3.56$ ;  $p < 0.001$ ).

\* Parénquima axial. Ausente en ambas muestras.

\* Radios parenquimáticos. Ambas muestras exhiben radios heterogéneos no estratificados; estos radios se presentan principalmente uniseriados y algunos biseriados con depósitos de taninos en los extremos. No se encontraron diferencias significativas entre las muestras respecto del alto de los radios ( $t=0.28$ ;  $p<0.5$ ).

\* Presencia y distribución de cristales de oxalato de calcio prismáticos o romboidales y drusas, tanto en células del parénquima cortical como del parénquima medular de ambas muestras (Figs.4A y 4B). Si bien se señala que las drusas y los cristales romboidales son muy comunes en dicotiledóneas, **Mauseth** (1988) otorga valor taxonómico tanto a la forma como a la localización de estos cristales.

La identificación botánica del fragmento vegetal utilizado como asa de un chinguillo de la cultura Chinchorro como *Schinus molle*, Molle, con apoyo en un estudio histológico, es el primer aporte de la Botánica a la identificación de implementos de esta cultura en el extremo norte de Chile. De acuerdo con **Rodríguez et al.**, (1983), el molle es una especie arbórea de distribución muy amplia (México, Colombia, Ecuador, Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina, Bolivia y Perú), que crece en suelos bastante áridos o salinos, con fuerte insolación y muy resistente a la sequía. En la I Región de Chile, esta especie crece silvestre y su rango de distribución se extiende desde la Región de Tarapacá hasta la Región Metropolitana, aunque también se la encuentra más al sur dado su uso como especie ornamental (op. cit.). Todos estos antecedentes permiten pensar que este árbol puede haber formado parte del entorno natural de los Chinchorro y haber sido utilizado como recurso para cubrir necesidades de su cotidianidad.

Por otra parte, el arqueólogo **Lautaro Núñez** (1962) menciona al molle, junto al chañar (*Geoffroea decorticans*) y al algarrobo (*Prosopis chilensis*) como fuente de madera de las poblaciones precolombinas del norte de Chile, basado sólo en apreciaciones morfológicas externas. También existen antecedentes de ramas de *molle* utilizadas para la confección del asa de un chinguillo.

Este trabajo lo realizó la conservadora de material textil, Mariela Santos en el Museo Arqueológico San Miguel de Azapa (1996), con el fin de tener una réplica de dicho artefacto.

El estudio histológico que se realizó con la muestra arqueológica, confirma las apreciaciones de **Núñez** (1962) y **Santos** (com. pers.), ya que el fragmento vegetal correspondería a una rama completa, delgada, de la especie *Schinus molle* que debe haber sido ocupada originalmente en estado fresco, cuando es maleable y dejado secar hasta tomar la forma de horquilla para conformar la boca ancha que le da firmeza al chinguillo y lo hace apropiado para la recolección de peces y otros recursos marinos.

### Agradecimientos

Agradecemos a todo el equipo humano del laboratorio de Botánica Terrestre de la Pontificia Universidad Católica de Chile por el apoyo brindado.

Este artículo fue financiado parcialmente por el Proyecto DIEXA-UTA 3740-96 (prof. E. Belmonte), el Proyecto Fondecyt 1980967 (prof. G. Montenegro) y el Grant NIH-NSF 2U01 TW 00316-06.

### Bibliografía

- Allison, M., G. Focacci, B. Arriaza, V. Standen, M. Rivera & J. Lowenstein.** 1984. Chinchorro, momias de preparación complicada: Métodos de momificación. *Chungara* 13: 155-173.
- Alvarez, L.** 1969. Un cementerio precerámico con momias de preparación complicada. *Rehue* 2: 181-190.
- Arriaza, B.** 1994. Tipología de las momias Chinchorro y evolución de las prácticas de momificación. *Chungara* 26(1): 11-48.
- \_\_\_\_\_. 1995. Beyond Death. The Chinchorro Mummies of Ancient Chile Smithsonian Institution Press, Washington. 173 pp.
- Belmonte, E., E. Bastías, M. Gómez, A.M. Mujica & G. Montenegro.** 1998. Determinación taxonómica de Fragmentos de Madera de Contexto Funerario de la Cultura Chinchorro. Trabajo presentado al III Congreso Mundial de Estudios sobre Momias. Arica. 18-22 de mayo de 1998.
- Carlquist, Sh.** 1988. Comparative Wood Anatomy. Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood. Springer-Verlag, Berlin. 436 pp.
- Gómez, M., E. Belmonte, A.M. Mujica & G. Montenegro.** 1998 Origen y Uso de la Madera Utilizada por la Cultura Chinchorro en sus Ritos Funerarios. Trabajo presentado al VII Congreso Latinoamericano de Botánica. Ciudad de México. 18-24 de octubre de 1998.
- Mauseth, J.** 1988. Plant Anatomy. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, California. 560 pp.

- Montenegro, G.** 1984. Atlas de Anatomía de Especies Vegetales Autóctonas de la Zona Central. Ediciones de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 155 pp.
- Montenegro, G & M. Gómez.** 1997. Manual de Trabajos Prácticos del Curso Anatomía y Evolución del Cuerpo Vegetativo de las Plantas Vasculares. Jardín Botánico de La Habana, Cuba, 91 pp.
- Muñoz, I & J. Chacama.** 1993. Patrón de asentamiento y cronología de Acha-2. En: Acha-2 y los Orígenes del Poblamiento Humano en Arica. I. Muñoz, B. Arriaza y A. Aufderheide, eds. 21-64. Arica.
- Núñez, L.** 1962. Tallas Prehispánicas en Madera: Contribución a la Arqueología del Norte de Chile. Tesis Prof. de Estado. Universidad de Chile.
- Rivera, M.** 1975. Una hipótesis sobre movimientos poblacionales altiplánicos y transaltiplánicos a las costas del Norte de Chile. *Chungara* 5: 7-31.
- Rodríguez, R., O. Matthei & M. Quezada.** 1983. Flora Arbórea de Chile. Ed. de la Universidad de Concepción, Concepción.
- Schiappacasse, V & H. Niemeyer.** 1984. (editores). Descripción y Análisis Interpretativo de un Sitio Arcaico Temprano en la Quebrada de Camarones. Publicación ocasional, N° 41, Santiago: Museo Nacional de Historia Natural.
- Standen, V.** 1997. Temprana complejidad funeraria de la cultura Chinchorro (norte de Chile). *Latin American Antiquity* 8(2): 134-156.
- Standen, V & B. Arriaza.** MS. Informe bioarqueológico del sitio Maestranza Chinchorro. Museo Arqueológico San Miguel de Azapa, Universidad de Tarapacá. Agosto de 1997.
- Uhle, M.** 1974. Los aborígenes de Arica y el hombre americano. *Chungara* 3: 12-21.

# ¿EXISTE SODIROA?

por

Julio Betancur<sup>1</sup>, Daniel Rafael Miranda-Esquivel<sup>2</sup>

## Resumen

**Betancur, J. & D. R. Miranda-Esquivel:** ¿Existe Sodirola? Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23** (87): 189-194, 1999 ISSN 0370-3908.

*Sodirola* s.l es un grupo de especies considerado actualmente dentro de *Guzmania* (Bromeliaceae). Está formado por los complejos *Massangea* y *Sodirola* s.s., los cuales fueron considerados como géneros independientes en el pasado. Se somete a prueba la monofilia de los grupos y la relación de parentesco entre ellos. Para el análisis se construyó una matriz con 25 caracteres morfológicos y 16 taxones: 12 como grupo interno (7 *Sodirola* s.s. y 5 *Massangea*) y 4 como grupo externo. Los caracteres fueron analizados con pesos iguales, sucesivos e implícados. En todos los análisis *Sodirola* s.s. y s.l. aparecen como grupos monofiléticos, mientras que *Massangea* no es un grupo natural. Se propone que *Sodirola* s.l. podría reestablecerse como género.

**Palabras clave:** Bromeliaceae, Filogenia, *Guzmania*, Neotrópico, *Massangea*, *Sodirola*, Tillandsioideae.

## Abstract

*Sodirola* s.l is a group of species included into *Guzmania* (Bromeliaceae), and is built of two species complexes, *Massangea* and *Sodirola* s.s. Both were considered as genera at the end of past century. In this paper we tested the monophyly of these groups and examined their phylogenetic relationships. For the analysis we used a matrix of 25 informative morphological characters and 16 taxa: 12 as ingroup (7 of *Sodirola* s.s. and 5 of *Massangea*) and 4 as outgroup. Characters were analyzed under equal, successive and implicit weights. In all analyses *Sodirola* s.s. and s.l. are monophyletic groups, and *Massangea* is not natural. Given these results *Sodirola* s.l. should be restored as the genus.

**Key words:** Bromeliaceae, *Guzmania*, *Masangea*, Neotropics, Phylogeny, *Sodirola*, Tillandsioideae.

“The most parsimonious cladogram, the one least refuted, is only the focus of the next round of testing, and so it goes” (Kluge, 1997:93).

1 Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Santafé de Bogotá, Colombia. E-mail: jbetanc@ciencias.ciencias.unal.edu.co

2 Escuela de Biología, Universidad Industrial de Santander, Apartado 678, Bucaramanga, Colombia. E-mail: dmiranda@uis.edu.co

## Introducción

Diferentes estudios filogenéticos han mostrado que la subfamilia Tillandsioideae (Bromeliaceae) es un grupo monofilético (Gilmartin & Brown, 1987; Terry & Brown, 1996, 1997; Terry et al., 1997). Sin embargo, la delimitación de los géneros dentro de la subfamilia es más o menos artificial (Smith & Downs, 1977), y los creados recientemente no han estado sustentados por análisis filogenéticos (Spencer & Smith, 1993; Grant, 1995). Los estudios moleculares han mostrado que sólo los géneros *Catopsis* y *Glomeropitcairnia* son monofiléticos, mientras que los más numerosos, como *Guzmania*, *Tillandsia* y *Vriesea*, son polifiléticos (Terry & Brown, 1997). Así, muchas de las jerarquías taxonómicas establecidas, a nivel de género o por debajo de él, deben ser revaluadas en búsqueda de los grupos naturales (Grant & Zijlstra, 1998; Terry & Brown, 1997).

*Sodiroa* comprende un pequeño grupo de especies que se considera actualmente dentro del género *Guzmania* (Smith & Downs, 1977; Grant & Zijlstra, 1998). En sentido amplio (s.l.), el grupo está compuesto por dos complejos de especies, *Massangea* y *Sodiroa* en sentido estricto (s.s.), los cuales fueron considerados como géneros independientes a finales del siglo pasado. Aún existe la opinión entre los estudiosos de bromeliáceas que *Sodiroa*, en sentido estricto o amplio, es un grupo natural con la posibilidad de ser reestablecido como género. El objetivo de esta investigación es esclarecer la monofilia y las relaciones de parentesco del grupo *Sodiroa*.

La principal característica diagnóstica de *Sodiroa* es la fusión de los sépalos por más de la mitad de su longitud. Por otra parte, *Sodiroa* s.s. y *Massangea* se diferencian por: 1) ser plantas caulescentes vs acaules; 2) tener hojas no arrosetadas vs arrosetadas; 3) tener hojas gramini-formes vs generalmente más anchas y liguladas; 4) presentar inflorescencia simple y densa vs simple o compuesta, densa o laxa; 5) el ápice de los sépalos reflexos vs rectos.

Los dos complejos de especies se distribuyen desde el sur de Centroamérica hasta el norte del Perú, con mayor riqueza hacia la región pacífica, especialmente en Colombia, en las zonas de vida tropical y subandina. *Sodiroa* s.s. tiene 7 especies (*G. caricifolia*, *G. graminifolia*, *G. kalbreyeri*, *G. obtusiloba*, *G. oliganta*, *G. pearcei* y *G. sneidernii*) y *Massangea* tiene 11 especies (*G. dissitiflora*, *G. globosa*, *G. harlingii*, *G. herrerae*, *G. macropoda*, *G. musaica*, *G. rosea*, *G. scandens*, *G. sprucei* y *G. testudinis*).

## Materiales y métodos

Para el análisis filogenético se construyó una matriz (Tabla 1) con 16 taxones y 25 caracteres morfológicos informativos (eliminando las autoapomorfias). Los datos que sirvieron de base para el estudio se obtuvieron de la observación de algunas poblaciones naturales en el occidente de Colombia (departamentos de Antioquia, Chocó, Nariño, Putumayo y Risaralda) y del estudio de todos los especímenes depositados en los herbarios COL.

**Tabla 1.** Matriz con los taxones y los caracteres con sus estados. \* indica estado polimórfico para la especie; - indica carácter no aplicable; ? indica información no conocida.

Especies	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>P lindae</i>	0	0	1	1	-	-	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	2	2	1	0	1	0	-	2	1
<i>M capituligera</i>	1	0	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	1	3	0	2	1	2	0	0	0	0	-	0	1
<i>G wittmackii</i>	1	0	1	1	2	1	1	2	1	0	1	0	1	3	0	2	1	2	1	1	1	0	-	0	2
<i>G coriostachya</i>	*	0	1	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	2	1	1	2	2	0	0	0	1	0	0	1
<i>G globosa</i>	1	0	?	1	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	2	0	0
<i>G musaica</i>	*	0	0	1	0	1	1	2	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>G herrerae</i>	1	0	0	1	1	1	1	1	0	2	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0
<i>G scandens</i>	1	0	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0
<i>G sprucei</i>	*	0	0	1	1	1	1	2	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0
<i>G graminifolia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
<i>G kalbreyeri</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	0
<i>G obtusiloba</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
<i>G oliganta</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	-	0	0	0	1	1	1	1	1	2	1	0
<i>G pearcei</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
<i>G sneidernii</i>	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
<i>G caricifolia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0

HUA, JAUM, PSO y US, correspondientes a Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá y Perú.

**Taxones.** Se consideró como grupo interno 12 especies, las siete especies conocidas para *Sodiroa* s.s. y cinco de *Massangea* (*G. globosa*, *G. musaica*, *G. herrerae*, *G. scandens* y *G. sprucei*), y como grupo externo 4 especies, *Guzmania coriostachya*, *G. wittmackii*, *Mezobromelia capituligera* y *Pitcairnia lindae*.

**Caracteres.** Se codificaron 10 caracteres correspondientes a estructuras vegetativas y 15 a reproductivas, 13 de los cuales son binarios y 12 multiestado. Los caracteres, sus estados y la codificación es la siguiente:

0. Forma de vida: (0) Terrestre; (1) Epifito.
1. Hábito de crecimiento: (0) no escandente; (1) escandente.
2. Estolones: (0) presentes; (1) ausentes.
3. Disposición de las hojas: (0) caulescentes; (1) arrossetadas.
4. Longitud de la vaina: (0) menos de 4 cm; (1) entre 5 y 9 cm; (2) mayor de 10 cm.
5. Color de la vaina: (0) pálida; (1) café oscuro.
6. Longitud de la lámina foliar: (0) menor de 30 cm; (1) entre 31 y 105 cm; (2) mayor de 106 cm.
7. Ancho de la lámina: (0) menor de 0.7 cm; (1) entre 0.8-2 cm; (2) mayor de 2.4 cm.
8. Forma de la lámina: (0) lineal; (1) ligulada; (2) lanceolada.
9. Ápice de la lámina: (0) agudo; (1) acuminado; (2) atenuado.
10. Color de la bráctea del escapo: (0) verde; (1) rojo.
11. Posición de la inflorescencia: (0) erecta; (1) tendida.
12. División de la inflorescencia: (0) simple; (1) compuesta.
13. Tipo de inflorescencia: (0) involucrada; (1) racemosa; (2) estrobiliforme; (3) paniculada.
14. Forma de la inflorescencia: (0) laxa; (1) densa.
15. Longitud de la inflorescencia: (0) 3-8 cm; (1) 10-25 cm; (2) más de 30 cm.
16. Número de flores: (0) menos de 7; (1) 8-30; (2) más de 30.
17. Longitud de la bráctea floral vs sépalos: (0) la mitad de los sépalos; (1) 2/3-1 respecto a los sépalos; (2) más larga que los sépalos.
18. Apice de la bráctea floral: (0) obtusa-apiculada; (1) aguda-acuminada.

19. Posición de la bráctea floral: (0) no envuelve la flor; (1) envuelve la flor.
20. Presencia de pedicelo: (0) ausente; (1) presente.
21. Unión de los sépalos: (0) libres; (1) connados.
22. Longitud de unión de los sépalos: (0) 1/3; (1) 1/2; (2) más de 2/3 de su longitud.
23. Ápice del sépalo: (0) redondeado-obtuso; (1) agudo; (2) atenuado.
24. Color de los pétalos: (0) verde-amarillo; (1) blanco; (2) naranja.

**Análisis filogenético.** Considerando los caracteres como no aditivos se hicieron tres análisis, así: 1) pesos iguales, utilizando los programas Nona 2.0 (Goloboff, 1998) y Paup\* 4.0 (Swofford, 1999); 2) pesos sucesivos, usando Paup\* 4.0 y el índice de consistencia reescalado como función de peso (Farris, 1989); y 3) pesos implicados (Goloboff, 1993), utilizando Peewee 3.0 (Goloboff, 1998) y Paup\* 4.0, con valores de concavidad de 1, 3 y 6. Para todos los análisis se colapsaron las ramas no soportadas (regla 1, Swofford & Begle, 1993; Coddington & Scharff, 1994) y se evaluó el efecto de filtrar los clados politómicos producidos. Con Paup\* se usó la opción de búsqueda exacta "branch and bound", mientras que con Peewee y Nona se utilizó su equivalente ":empezar; ms+". Para los árboles obtenidos con pesos iguales e implicados con concavidad 6, se realizó el análisis de Soporte de Bremer (Bremer, 1988), usando los programas Nona y Peewee con la opción bs\*. La distribución de los caracteres se exploró usando el programa Clados (Nixon, 1996).

## Resultados y análisis

1. **Pesos iguales.** Con Paup\* y Nona se obtuvieron cuatro árboles (Figura 1, A-D), de 64 pasos. CI= 0.59 y RI= 0.76. Dos de los árboles no fueron considerados para el análisis pues son permutaciones de los otros dos, en donde variaba sólo la posición basal de *G. coriostachya*, taxón que hace parte del grupo externo. La diferencia entre los dos árboles considerados radica en que *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* conforman un grupo monofilético o uno no resuelto, en la base de *Sodiroa* s.s.

2. **Pesos sucesivos.** Se obtuvo un solo árbol (29.61 pasos, CI=0.76 y RI=0.89), igual a uno de los obtenidos con pesos iguales y que muestra a *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* como grupo no definido en la base de *Sodiroa* s.s. (Figura 1B).

3. **Pesos implicados.** Aplicando concavidad 1 o 3 con Paup\* y Peewee, se obtuvieron dos árboles (fit<sub>1</sub> 163.5, 57%; fit<sub>2</sub> 198.4, 64%). Uno de los árboles sugiere la misma

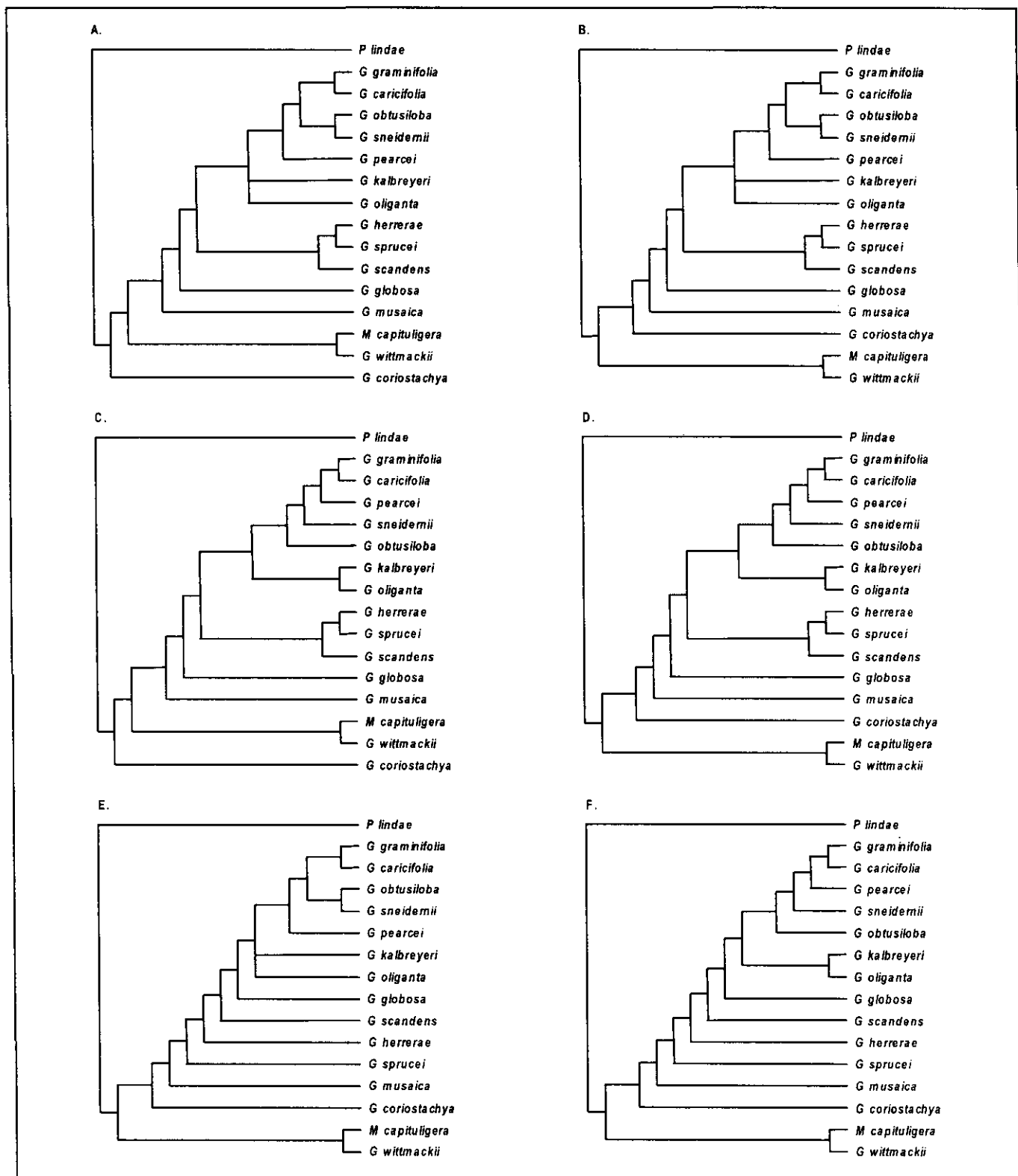


Figura 1. Arboles obtenidos a través de los diferentes análisis. A-D: Pesos iguales. E-F: Pesos implicados, con concavidades 1 o 3. B, D: Pesos implicados, con concavidad 6. B: Pesos sucesivos.

topología para *Sodirola* s.s. que el obtenido por pesos sucesivos e iguales, pero varía al mostrar parafilético al grupo formado por *G. scandens*/*G. herrerae*/*G. sprucei* (Figura 1E). El otro árbol se diferencia porque *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* se presentan como un grupo natural y *G. obtusiloba*/*G. sneiderni* como un grupo parafilético (Figura 1F). Aplicando concavidad 6 con Paup\* y Peewee se obtuvieron dos árboles (fit<sub>6</sub> 217.0, 68%), uno de los cuales presenta la misma topología del obtenido por pesos sucesivos y de uno de los obtenidos por pesos iguales (Figura 1B). El otro muestra a *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* como grupo natural y a *G. obtusiloba*/*G. sneiderni* como parafilético, e igual a uno de los obtenidos por pesos iguales (Figura 1D).

Se seleccionó el árbol común obtenido en todos los análisis (Figura 2), por ser el que resiste a más falseadores. Las diferencias entre este árbol y los otros están dadas básicamente por: 1) la posición de *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* como politomía o como grupo resuelto en la base de *Sodirola* s.s.; y 2) la posición de *G. obtusiloba*/*G. sneiderni* y de *G. scandens*/*G. herrerae*/*G. sprucei* como grupos monofiléticos o parafiléticos.

En todos los análisis *Sodirola* s.s. y s.l. aparecen como grupos monofiléticos, mientras que *Massangea* no es un grupo natural. *Sodirola* en sentido amplio ya había sido establecido como una entidad independiente por **Smith** y **Downs** (1977), sin referirse a ella como un grupo natural. En cuanto a *Massangea*, ya **Luther** y **Kress** (1996) habían manifestado la necesidad de encontrar más evidencia para definir la monofilia de este "complejo de especies".

*Sodirola* s.l. está definido por la presencia de estolones (2:0). Así mismo, la unión de los sépalos por más de la mitad de su longitud (22:2,1) y el color verde/amarillo de los pétalos (24:0) son sinapomorfías para este mismo grupo, exceptuando a *G. musaica*, la especie más basal.

*Sodirola* s.s. está definido por el hábito escandente (1:1), las hojas caulescentes (3:0) y con menos de 30 cm de longitud (6:0). La inflorescencia tendida (11:1) es una sinapomorfía, con paralelismo en *G. scandens* o reversión en *G. herrerae*/*G. sprucei*. La inflorescencia con menos de 7 flores (16:0) es una sinapomorfía con reversión en

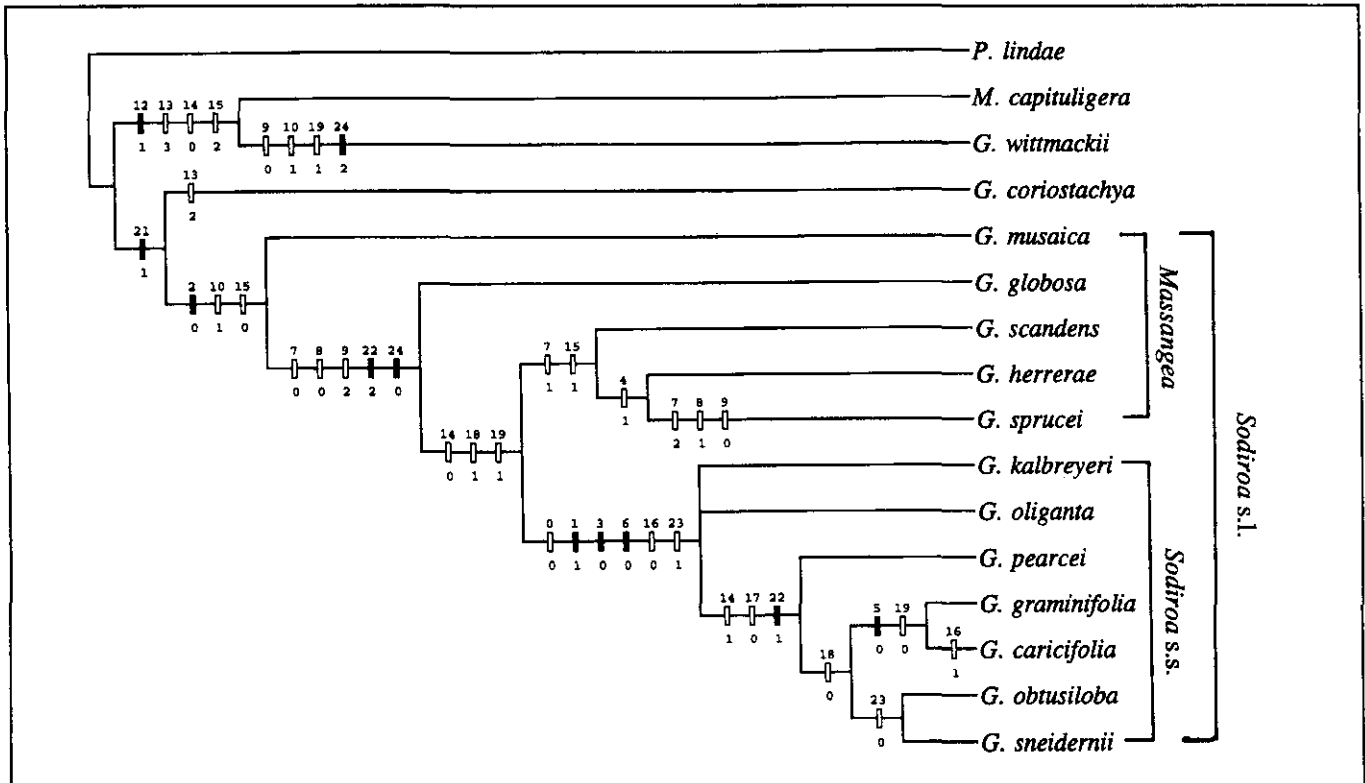


Figura 2. Cladograma seleccionado, obtenido por pesos iguales (64 pasos, CI=0.59 y RI=0.76), sucesivos (29.61 pasos, CI=0.76 y RI=0.89) e implicados con concavidad 6 (Fit<sub>6</sub> 217.0, 68%).



*G. caricifolia*. Los sépalos agudos (23:1) son una sinapomorfía, con reversión en *G. obtusiloba*/*G. sneidernii*.

Considerando sólo el grupo interno, los dos análisis de soporte de Bremer dieron la misma topología, la cual es muy similar a la del árbol seleccionado, excepto por la politomía terminal de *G. obtusiloba*/*G. sneidernii*/*G. pearcei*. Los análisis muestran que existe un alto soporte para *Sodirola* s.s. (45% para pesos implicados y 37% para pesos iguales) y s.l. (29%/28 %).

Las diferentes topologías obtenidas en los análisis se deben principalmente a la forma como pueda ser interpretado el carácter 23 (ápice del sépalo), ya sea como una aparición en el nivel de *Sodirola* s.s. con reversión en *G. obtusiloba*/*G. sneidernii*, o como dos apariciones independientes en *G. kalbreyeri*/*G. oliganta* y en *G. pearcei*/*G. graminifolia*/*G. caricifolia*. El comportamiento de este carácter sugiere que se necesita más evidencia para falsear estas topologías alternativas.

Otro grupo monofilético que siempre permaneció en todos los análisis fue el conformado por *G. graminifolia* y *G. caricifolia*, definido por el color pálido de la vaina foliar (5:0).

Aunque los sépalos connados (24:1) son un carácter que agrupa a *Sodirola* s.l. y *G. coriostachya*, no hay suficiente evidencia para considerar a este último taxón como el grupo hermano de *Sodirola* s.l., sino que por el contrario muestra la necesidad de explorar las relaciones por fuera del grupo interno, ya que el carácter por sí mismo es homoplásico y es de común ocurrencia en la mayor parte de los linajes de la familia Bromeliaceae (Smith & Downs, 1974, 1977, 1979).

## Conclusiones

*Sodirola* s.s. y s.l. son grupos monofiléticos claramente definidos, mientras que *Massangea* es un grupo parafilético. *Sodirola* s.l. podría reestablecerse como género. El análisis muestra que es necesario incluir más taxones que representen a otros grupos de *Guzmania* y a otros géneros de la subfamilia Tillandsioideae, para determinar el grupo hermano de *Sodirola* s.l. y sus relaciones dentro de la subfamilia.

## Agradecimientos

Al Instituto de Ciencias Naturales y Posgrado de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, y a la Escuela de Biología de la Universidad Industrial de Santander, por facilitar la realización del presente trabajo. A Pilar Franco y dos revisores anónimos, por leer críticamente el manuscrito.

A COLCIENCIAS por el soporte económico concedido al segundo autor. A los Curadores de los herbarios COL, HUA, JAUM, PSO y US, por facilitar la consulta de los especímenes que sustentan esta investigación.

## Literatura Citada

- Bremer, K. 1988. The limits of amino acid sequence data in angiosperm phylogenetic reconstruction. *Evolution* **42**:795-803.
- Coddington, J. & N. Scharff. 1994. Problems with zero length branches. *Cladistics* **10**:415-423.
- Farris, J.S. 1989. The retention index and the rescaled consistency index. *Cladistics* **5**:417-419.
- Gilmartin, A.J. & G.K. Brown. 1987. Bromeliales, related monocots, and resolution of the relationships among Bromeliaceae subfamilies. *Syst. Bot.* **12**: 493-500.
- Goloboff, P.A. 1993. Estimating character weights during tree search. *Cladistics* **9**:83-92.
- \_\_\_\_\_. 1998. *Pewee-Nona Reference Manuals. Versions Peewee 3.0 Nona 2.0.* Publicado por el autor [Demo disponible en <http://vims.edu/~mes/hennig>].
- Grant, J.R. 1995. The resurrection of *Alcantarea* and *Werauhia*, a new genus. *Bromeliastudien. Tropische und Subtropische Pflanzenwelt* **91**: 5-57.
- \_\_\_\_\_. & G. Zijlstra. 1998. An annotated catalogue of the generic names of the Bromeliaceae. *Selbyana* **19** (1): 91-121.
- Kluge, A.G. 1997. Testability and the refutation and corroboration of cladistic hypotheses. *Cladistics* **13**: 81-96.
- Luther, H. & W. J. Kress. 1996. Two overlooked species of *Guzmania* (Bromeliaceae) of the species-complex *Massangea* from Central America. *Brittonia* **48** (1): 91-95.
- Nixon, K.C. 1996. *Clados. version 1.6. Program and Documentation.* Published by the author. Ithaca, New York.
- Smith, L.B. & R.J. Downs. 1974. Pitcairnioideae, Bromeliaceae. *Flora Neotropica* **14** (1): 1-660.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1977. Tillandsioideae, Bromeliaceae. *Flora Neotropica* **14** (2): 661-1492.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1979. Bromelioideae, Bromeliaceae. *Flora Neotropica* **14** (3): 1493-2142.
- Spencer, M.A. & L.B. Smith. 1993. *Racinaea*, a new genus of Bromeliaceae (Tillandsioideae). *Phytologia* **74**: 151-160.
- Swofford D.L. 1999. *PAUP\**. Phylogenetic analysis using parsimony and other methods. Implementación de Software.
- \_\_\_\_\_. & D.P. Begle. 1993. *User's Manual for PAUP. Phylogenetic Analysis Using Parsimony, Version 3.1.* Illinois Natural History Survey, Chicago.
- Terry, R.G. & G.K. Brown. 1996. A study of evolutionary relationships in Bromeliaceae based on comparison of DNA sequences from the chloroplast gene *ndhF*. *Journal of Bromeliad Society* **46** (3): 107-112, 123.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1997. Phylogenetic relationships in Subfamily Tillandsioideae (Bromeliaceae) using *ndhF* sequences. *Syst. Bot.* **22** (2): 333-345.
- \_\_\_\_\_. & R.G. Olmstead. 1997. Examination of subfamilial phylogeny in Bromeliaceae using comparative sequencing of the plastid locus *ndhF*. *Amer. Journal of Bot.* **84** (5): 664-670.

# MONOCOTILEDÓNEAS Y DICOTILEDÓNEAS: UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN QUE ACABA CON EL SIGLO

por

Favio González\*

## Resumen

**González, F.:** Monocotiledóneas y dicotiledóneas: Un sistema de clasificación que acaba con el siglo. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(87): 195-204, 1999. ISSN 0370-3908.

Se revisa la clasificación de las angiospermas en monocotiledóneas y dicotiledóneas. Nuevos análisis filogenéticos señalan que mientras que las monocotiledóneas son monofiléticas, las dicotiledóneas no lo son, con lo cual se cuestionan de manera fundamental los sistemas de clasificación más empleados actualmente, y se comprueba que la filogenia de las angiospermas basales es incierta. La posible relación cercana entre las Aristolochiaceae y las monocotiledóneas es ilustrada y se usa tal relación como una antítesis a los límites tradicionales entre mono- y dicotiledóneas.

**Palabras clave:** Angiospermas primitivas, monocotiledóneas, Aristolochiaceae, sistemática botánica, filogenia.

## Abstract

Angiosperm classification based on the recognition of monocots and dicots is reviewed. Recent studies show that monocots are monophyletic but that dicots are not. These analyses fundamentally question the traditional systems of classification still in use, and show that the phylogeny of primitive angiosperms remains in dispute. The putative sister-group relationship between monocots and the Aristolochiaceae is mentioned as an antithesis of the traditional monocot-dicot system of classification.

**Keywords:** Primitive angiosperms, monocots, Aristolochiaceae, systematic botany, phylogeny.

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

## Introducción

La sistemática de las angiospermas, el grupo de plantas más diverso y dominante en la tierra, está basada en el reconocimiento de dos grandes grupos, las monocotiledóneas (o clase Liliopsida) y las dicotiledóneas (o clase Magnoliopsida). Desde el punto de vista práctico, las características diferenciales entre estos taxones son fáciles de observar y parecen ser mutuamente excluyentes (Tabla I), generando un sistema de dos clases opuestas entre sí y de igual rango taxonómico. Esta división ha prevalecido durante más de dos siglos y ha sido el eje central de los sistemas de clasificación más aceptados durante el siglo XX, entre otros los de **Cronquist** (1981, 1988), **Dahlgren** (1983), **Hutchinson** (1959), **Takhtajan** (1980, 1997) y **Thorne** (1992). Sin embargo, las relaciones filogenéticas y la diversificación inicial de las mono- y las dicotiledóneas continúan siendo ambiguas.

El estudio de nuevos caracteres, la reevaluación de caracteres ya conocidos y el empleo de otros métodos en sistemática, muestran que la clasificación de las angiospermas no es tan simple y que la delimitación entre mono- y dicotiledóneas es bastante discutible. Los datos morfológicos, paleobotánicos y moleculares disponibles en la actualidad indican que la diversificación de las monocotiledóneas ocurrió durante periodos muy tempranos en la evolución de las angiospermas (**Cronquist**, 1988; **Taylor & Taylor**, 1993). El presente trabajo sintetiza las hipótesis filogenéticas alternativas propuestas recientemente, y presenta a la familia Aristolochiaceae como la antítesis del sistema binario que ha prevalecido en la clasificación de las angiospermas.

## Historia

La distinción entre monocotiledóneas y dicotiledóneas ha sido atribuida a Alberto Magno (1193-1280), quien se basó en caracteres anatómicos del tallo (**Lawrence**, 1970); sin embargo, Alberto Magno empleó el término *cotyledo* para referirse a estructuras tales como el peciolo, el pedúnculo, el pedicelo, el filamento estaminal o el funículo, más que a la o las hojas cotiledonares contenidas en la semilla (**Sprague**, 1933a, b). Es claro, sin embargo, que para el siglo XVIII ya existía una diferenciación basada en varios caracteres. **Ray** (1703) resaltó las diferencias entre estos dos grupos, incluido el rasgo fundamental en este sistema de clasificación, es decir, la presencia de un solo cotiledón en monocotiledóneas.

Usualmente se acepta que las dicotiledóneas evolucionaron primero una teoría ampliamente influida por

la mayor cantidad de fósiles asignables a dicotiledóneas, y por la teoría euantial del desarrollo floral, que considera a las flores tipo *Magnolia* como el prototipo de flores primitivas. Sin embargo, los hallazgos fósiles revelan que la diversificación de las monocotiledóneas ocurrió hacia el inicio de la evolución de las plantas con flores (**Gandolfo et al.** 1998; **Taylor & Taylor**, 1993), los cuales datan del Hauteriviano-Barremiano-Aptiano, en el Cretácico Inferior (aunque existen algunos hallazgos que pueden corresponder a angiospermas fósiles del Jurásico; véase, por ejemplo, **Sun et al.** 1998). Sin embargo, la teoría alternativa de que las monocotiledóneas dieron origen a las demás angiospermas también ha sido propuesta y seriamente argumentada (véase, p. ej. **Burger**, 1981, entre otros).

Muchos de los caracteres tradicionalmente empleados para diferenciar entre monocotiledóneas y dicotiledóneas son fácilmente observables. Esto ha conllevado a una clasificación simplificada de las angiospermas, la cual se basa en la aparente coincidencia de contrarios que muestran los caracteres de los dos grupos de angiospermas (**Arber**, 1957). Sin embargo, la mayoría de los caracteres antes mencionados están lejos de ser universales en cada grupo; ellos se presentan con regularidad en uno u otro grupo, pero no constituyen sinapomorfias *sensu stricto* (Tabla I).

La coincidencia de los contrarios genera una pregunta más profunda en el sentido de si los estados de cada carácter (Tabla I) son en realidad la expresión de un mismo carácter, lo cual los hace homólogos, o si por el contrario son similitudes debidas a paralelismo o convergencia. Por ejemplo, la homología del cotiledón en monocotiledóneas y de los dos cotiledones en las dicotiledóneas ha sido cuestionada por varios autores (véase p. ej. **Burger**, in prep.). De manera similar, surgen preguntas acerca de la homología del perfilo (cf. **Arber**, 1925; **Meeuse**, 1975; **Tomlinson**, 1970), o del número o la morfología de las piezas florales (véase p. ej. **Endress**, 1995).

Cabe mencionar que el conocimiento de las monocotiledóneas suele estar asociado con la morfología de plantas comunes y usualmente cultivadas, tales como los cereales, las palmas o las orquídeas. Estas plantas, sin embargo, están lejos de representar la variación general de esta clase. Sin embargo, recientemente se ha dado un interés mayor al estudio comparativo y más amplio de los diversos grupos de monocotiledóneas (**Dahlgren & Clifford**, 1981, 1982; **Dahlgren & Rasmussen**, 1983; **Dahlgren et al.** 1985; **Davis**, 1995; **Rudall et al.** 1995; **Tomlinson**, 1970, 1995; **Yeo**, 1989). Estos

**Tabla I.** Caracteres diferenciales entre monocotiledóneas y dicotiledóneas. Los caracteres de monocotiledóneas presentes en Aristolochiaceae están marcados con asteriscos.

Monocotiledóneas	Dicotiledóneas
Un cotiledón (a veces el embrión indiferenciado)	Dos cotiledones (a veces 1, 3 ó 4, ó el embrión indiferenciado)
Arboles (cuando hay crecimiento arbóreo) poco frecuentes, formados por gigantismo primario	Arboles frecuentes, formados por acción de un meristema secundario
Crecimiento simpodial frecuente*	Crecimiento simpodial poco frecuente
Raíces sin crecimiento secundario	Raíces usualmente con crecimiento secundario
Homorrizia	Alorrizia por lo general manifiesta
Hojas usualmente simples*	Hojas compuestas de común ocurrencia
Perfiles adaxiales*	Perfiles usualmente laterales
Una hoja por nudo*	Una, dos o varias hojas por nudo
Venación paralela (o estriada)	Venación por lo general reticulada
Extremos de las venas cerrados	Extremos de las venas abiertos (o libres)
Base foliar ancha*	Base foliar por lo general angosta y no envolvente
Estípulas ausentes*	Estípulas ausentes o presentes
Meristema intercalar en el entrenudo y la base foliar por lo general presente	Meristema intercalar por lo general ausente
Haces vasculares esparcidos <sup>1</sup> , dispuestos radialmente, es decir, presentes en la médula y la corteza; a veces formando dos o más anillos	Haces vasculares en un anillo simple, no penetrando radialmente, rara vez presentes en la médula y/o la corteza
Haces vasculares cerrados	Haces vasculares abiertos
Cambium interfascicular ausente	Cambium interfascicular usualmente presente
Plástidos tipo P en los elementos cribosos*	Plástidos tipo S en los elementos cribosos
Perianto y androceo usualmente trímeros*	Perianto y androceo usualmente tetrámeros o pentámeros
Desarrollo de la pared de la antera tipo "monocotiledóneas"	Desarrollo de la pared de la antera tipo "dicotiledóneas"
Nectarios septales frecuentes	Nectarios septales ausentes
Polen uniaperturado o derivado de polen uniaperturado*	Polen usualmente triaperturado o derivado de polen triaperturado
Microsporogénesis usualmente sucesiva*	Microsporogénesis usualmente simultánea

<sup>1</sup> Véase, sin embargo Tomlinson (1970), quien explica que la distribución de los haces no ocurre al azar, y que el aparente desorden de ellos se debe a las técnicas bidimensionales con las que se suele examinar el tallo.

trabajos han generado una serie de datos en cuanto a la biología y la clasificación del grupo, así como a la relación evolutiva con las demás angiospermas.

Entre tanto, otros caracteres han sido explorados a fin de buscar evidencias adicionales para definir la relación mono- vs. dicotiledóneas. Tal es el caso del desarrollo de la pared de la antera, una de las características más estables pero menos conocida en la diferenciación de tales grupos (Tabla I; **Dahlgren et al.** 1985; **Davis**, 1966). Otro caso es el de los nectarios septales, una característica estructural presente casi exclusivamente en las monocotiledóneas (**Endress**, 1995; **Smets**, 1988). Por su parte, **Zimmerman & Tomlinson** (1972) investigaron en más detalle el sistema vascular de las monocotiledóneas en un contexto filogenético y llegaron a la conclusión de que las dicotiledóneas poseen un sistema vascular formado únicamente por un sistema externo, mientras que las monocotiledóneas poseen dos sistemas, uno interno y uno externo.

La dificultad central radica en el reconocimiento de caracteres monotéticos en las angiospermas. Por ejemplo, mientras que **Donoghue & Doyle** (1989), y **Loconte & Stevenson** (1991) reconocen por lo menos 13 sinapomorfias potenciales para las monocotiledóneas, **Dahlgren & Rasmussen** (1983) y **Dahlgren et al.** (1985) reducen únicamente a dos las sinapomorfias de las monocotiledóneas: la presencia de un cotiledón y de plástidos tipo P2c, es decir, con cuerpos cuneados (triangulares) de proteína en los elementos cribosos (**Behnke** 1971a, b, 1981, 1988, 1991; **Behnke & Barthlott**, 1983).

La presencia de caracteres típicos de monocotiledóneas en familias de "dicotiledóneas primitivas" tales como las Annonaceae, Aristolochiaceae, Nymphaeaceae y Piperaceae, ha sido reconocida por diversos autores (**Burger**, 1977, 1981; **Dahlgren & Clifford**, 1981; **Huber**, 1977; **Meeuse**, 1975; **Suessenguth**, 1921). Debido a la morfología de las hojas en Dioscoreaceae, **Brown** (1810) ya señalaba una estrecha relación entre esta familia y las dicotiledóneas. De hecho, dos géneros de monocotiledóneas que actualmente forman parte del orden Dioscoreales (**Takhtajan**, 1997) han sido propuestos como taxones de afinidad cercana a las Aristolochiaceae. El primero de ellos, *Trichopus* (Trichopodaceae), fue incluido junto con *Aristolochia* y *Asarum* en las Aristolochiaceae por **Lindley** (1831), con base en las siguientes características: hojas alternas, simples, pecioladas; flores bisexuales, epíginas, con cáliz tubular, 3-lobulado, con estivación valvada y a veces iguales entre sí; estambres 6-10, libres o adnatos al estilo o al estigma; ovario 3 ó 6 locular, óvulos numerosos, dispuestos horizontalmente,

estigmas en igual número que los lóculos del ovario; y fruto seco o succulento, 3-6 locular, con numerosas semillas, las cuales poseen un embrión pequeño. El segundo género, *Stenomeris* (Stenomeridaceae) fue propuesto por **Beccari** (1870) como posiblemente relacionado con *Thottea* (Aristolochiaceae), por poseer semillas con estructura similar.

**Dahlgren & Clifford** (1981), han empleado además la presencia en común de algunos de estos caracteres para reconocer dos "pares" de grupos entre mono- y dicotiledóneas: Nymphaeales-Alismatiflorae; y Arales-Piperales.

A pesar de lo anterior, la clasificación de las angiospermas en monocotiledóneas y dicotiledóneas ha prevalecido por más de dos siglos sin cambios fundamentales, debido quizás a las ventajas empíricas del sistema. Este esquema ha sido el eje central de los sistemas de clasificación más aceptados durante el siglo XX, entre otros los de **Cronquist** (1981, 1988), **Dahlgren** (1983), **Hutchinson** (1959), **Takhtajan** (1980, 1997) y **Thorne** (1992).

La aplicación de los métodos de la sistemática filogenética en botánica, y el estudio comparativo de caracteres bioquímicos, ultraestructurales y moleculares de las angiospermas han revelado nuevas hipótesis de parentesco entre las angiospermas; a la vez han demostrado que las relaciones filogenéticas y la diversificación inicial de las mono- y las dicotiledóneas continúan siendo ambiguas.

### Hipótesis filogenéticas alternativas

Los estudios filogenéticos de las angiospermas realizados a partir de la década de los ochenta dan como conclusión inicial que las monocotiledóneas son un grupo monofilético, pero que las dicotiledóneas no lo son. En estos nuevos esquemas, las monocotiledóneas hallan su lugar cerca de un clado informal, propuesto inicialmente por **Dahlgren & Bremer** (1985), formado por varias familias de dicotiledóneas primitivas, entre otras las Aristolochiaceae, Lactoridaceae, Piperaceae y Saururaceae (Fig. 1A). El esquema propuesto por **Dahlgren & Bremer** (1985) desemboca en el reconocimiento de un clado llamado las "paleohierbas" (**Donoghue & Doyle**, 1989; Fig. 1B; **Loconte & Stevenson**, 1991; Fig. 1C; **Qui et al.** 1993; Fig. 1D; **Tucker & Douglas**, 1996; Fig. 1F), el cual incluye, además, a las monocotiledóneas. Aunque la monofilia de las paleohierbas ha sido cuestionada recientemente (Fig. 1G; véase, p. ej. **Soltis et al.** 1997), algunas paleohierbas se continúan empleando como los grupos más cercanos a las monocotiledóneas en términos filogenéticos (p. ej. **Davis**, 1995; **Chase et al.** 1995).

Recientes análisis basados tanto en datos morfológicos (Stevenson & Loconte, 1995) como moleculares (Bharathan & Zimmer, 1995) proponen, además de la monofilia de las monocotiledóneas, que dentro de las dicotiledóneas, el grupo más estrechamente relacionado con las monocotiledóneas es el de las Aristolochiaceae (Fig. 1E). De manera similar, otros análisis que combinan datos morfológicos y moleculares obtienen como una de las posibles opciones una relación de grupos hermanos entre las monocotiledóneas y las Aristolochiaceae (Fig. 1H; Nandi et al. 1998).

Otros estudios realizados a partir de datos moleculares (APG, 1998; Fig. 1I; Qiu et al. 1993; Fig. 1D; Soltis et al. 1997; Fig. 1G), llegan a conclusiones similares en cuanto que no obtienen dos clados basales en las angiospermas y que puedan corresponder con los conceptos tradicionales de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Las monocotiledóneas se mantienen como grupo monofilético, en medio de varios grupos de dicotiledóneas que sugieren una vez más, su condición parafilética. Soltis et al. (1997) presentan una hipótesis alternativa en la cual miembros de los órdenes Laurales, o del clado formado por el orden Magnoliales más algunas paleohierbas ("Paleohierbas II", formadas por las Nymphaeaceae y Chloranthaceae, entre otras) son los posibles grupos hermanos de las monocotiledóneas (Fig. 1G). El esquema filogenético propuesto por el APG (1998), aunque no resuelto, muestra seis clados basales (Fig. 1I) correspondientes a los órdenes Ceratophyllales, Laurales, Magnoliales y Piperales, más las monocotiledóneas y las llamadas eudicotiledóneas (esto es, las dicotiledóneas con polen tricolpado, triporado o tricolporado).

Si se comparan los posibles candidatos a ser grupos hermanos de las monocotiledóneas, son las Aristolochiaceae las que comparten con las monocotiledóneas una mayor cantidad de caracteres morfológicos, palinológicos y ultraestructurales taxonomicamente significativos. Estos caracteres son:

1. Crecimiento simpodial frecuente, especialmente en los géneros *Asarum* y *Saruma* (González 1999a, b).
2. Perfil adaxial (Fig. 2 A, C; Duchartre, 1854; González, 1990, 1999a, b; Huber, 1985, 1993).
3. Hojas simples, alternas, estrictamente dísticas, con la base foliar ancha (Fig. 2 A; Duchartre, 1854; González 1999a, b).
4. Plástidos tipo P2c en los elementos cribosos. Uno de los más recientes y convincentes argumentos en favor de la estrecha relación Aristolochiaceae-monocotiledóneas, se deriva de estudios ultraes-

tructurales de los plástidos presentes en los elementos cribosos. *Asarum* y *Saruma* son los únicos géneros de dicotiledóneas que poseen plástidos tipo P2c (Behnke, 1971a, b, 1981, 1988, 1991; Behnke & Barthlott, 1983); este tipo de plástidos corresponde a uno de los caracteres más generalizados en las monocotiledóneas.

5. Inflorescencias parciales básicamente en cimas (por lo general ripidios), con los grupos más primitivos de tipo monotélico y crecimiento simpodial (González, 1999a, b).
6. Flores básicamente trímeras (Fig. 2 B-E; Endress, 1995; González 1999a, b; Huber, 1985; Leins & Erbar, 1985, 1995; Leins et al. 1988).
7. Polen monosulcado o derivado de polen monosulcado (Fig. 2 F; Dickison, 1992; González, 1999a; Walker, 1974, 1976). En el género *Saruma* (Aristolochiaceae) el polen es monosulcado (Dickison, 1992; Erdtman, 1952; Walker, 1976). El polen de los demás miembros de las Aristolochiaceae (*Aristolochia*, *Asarum* y *Thottea*) se ha considerado derivado de polen monoaperturado (Walker, 1974).
8. Microesporogénesis usualmente sucesiva (Davis, 1966).

La similitud morfológica de las flores de las Aristolochiaceae (especialmente *Asarum*) con las de monocotiledóneas tales como los géneros *Trichopus*, *Stenomeris* y *Tacca*, del orden Dioscoreales es explicada por Endress (1995) como convergencias debidas a síndromes de polinización similares. Si esto es así, quedan por explicar los demás caracteres compartidos entre las Aristolochiaceae y las monocotiledóneas, los cuales sugieren un origen por ancestro en común, más que por adquisiciones independientes, en estos dos taxones.

El problema aquí expuesto tiene que ver con el origen y la diversificación temprana de las angiospermas, lo que Darwin llamó "el misterio abominable". Los estudios mencionados anteriormente aportan nuevas evidencias, pero la lectura comparativa de éstas no arroja una respuesta única para las relaciones fundamentales de los grupos mayores de las angiospermas.

### Conclusión

De los dos grupos de angiospermas tradicionalmente reconocidos, son las monocotiledóneas las únicas que representan un taxon monofilético. Las dicotiledóneas son un grupo parafilético. Las hipótesis filogenéticas más

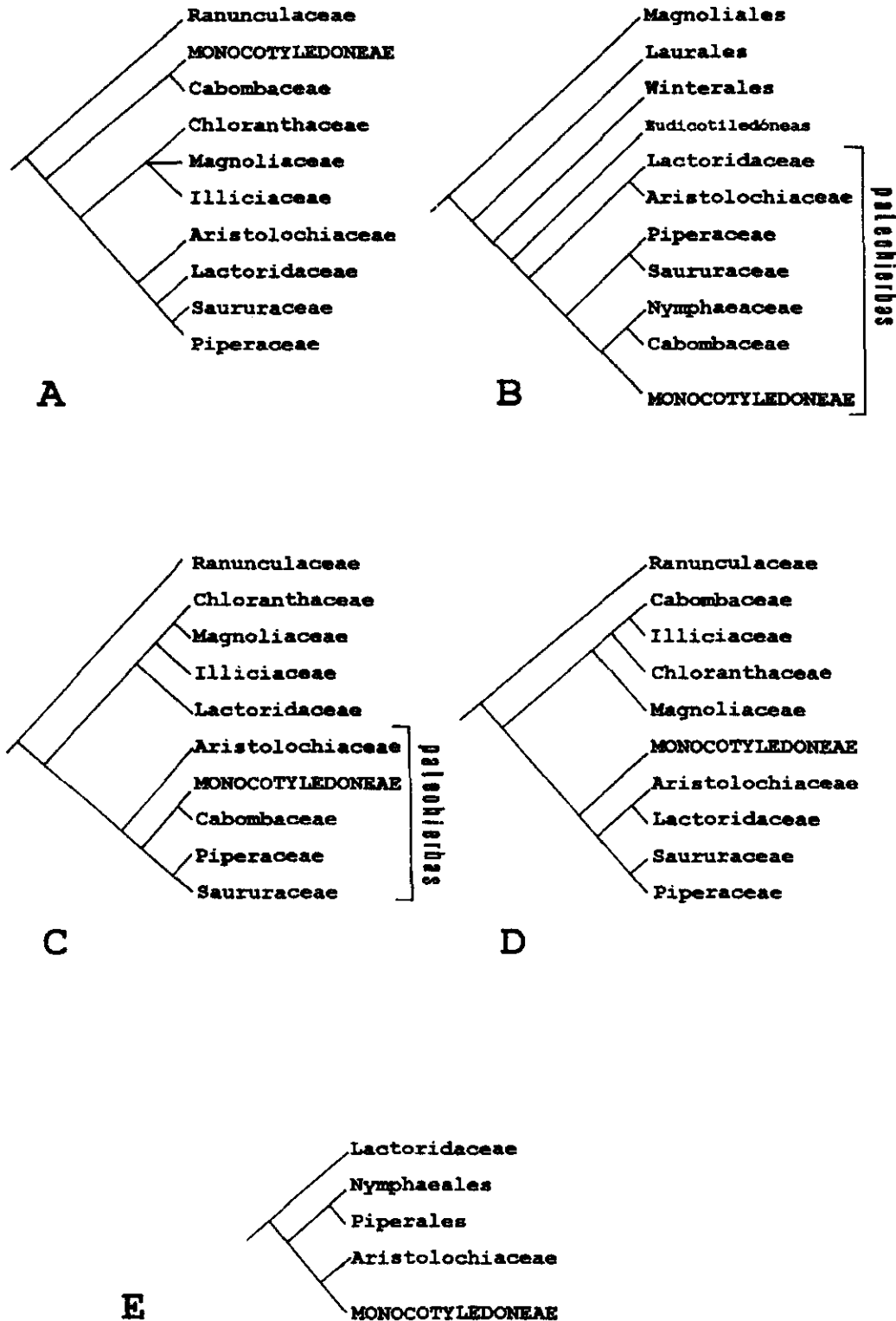


Figura 1. Varios análisis filogenéticos de las angiospermas basales.

A. Dahlgren & Bremer (1985). B. Donoghue & Doyle (1989). C. Loconte & Stevenson (1991). D. Qiu et al. (1993). E. Stevenson & Loconte (1995).

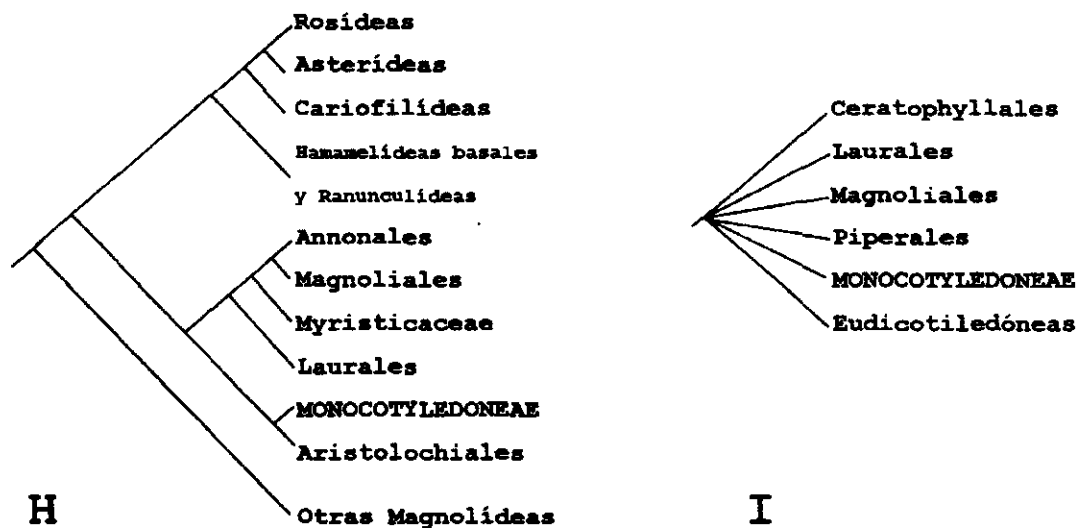
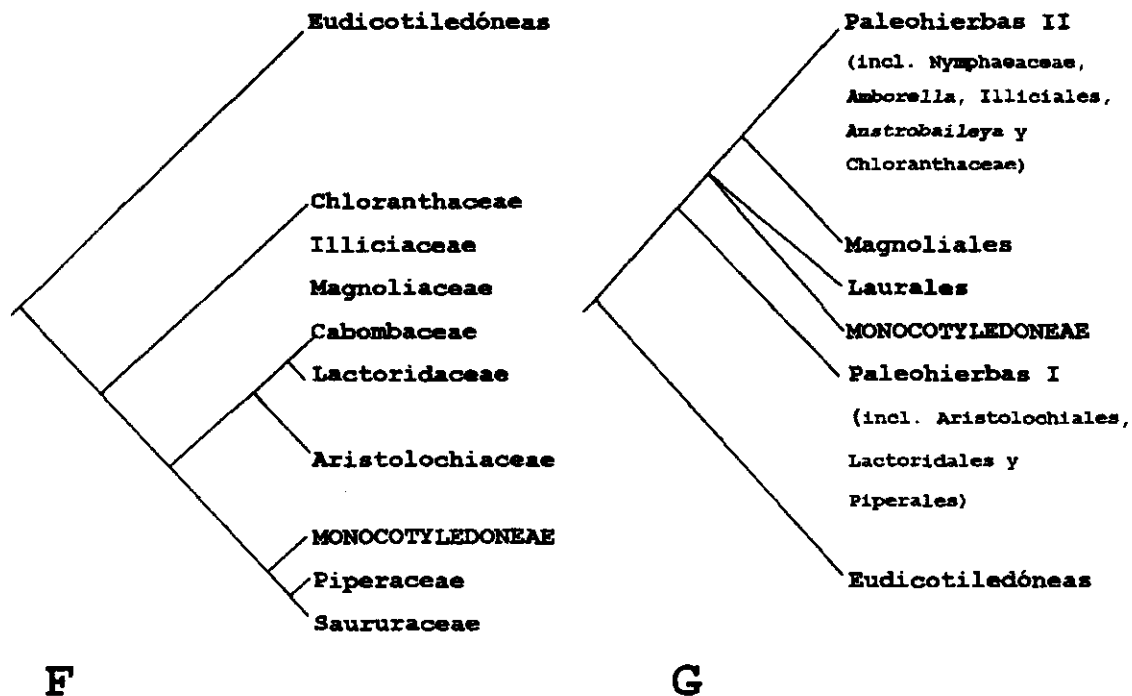
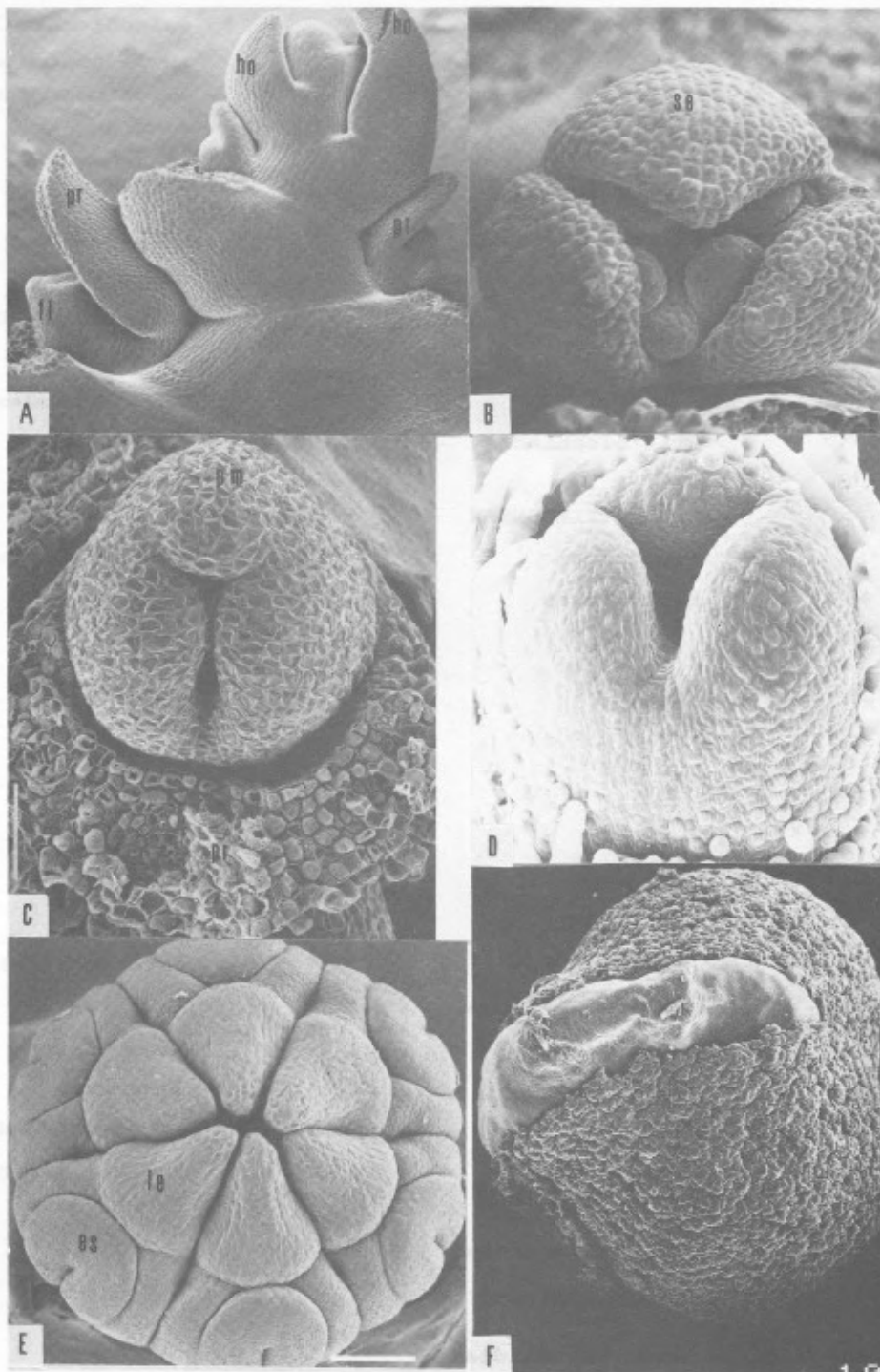


Figura 1. Continuación.

F. Tucker &amp; Douglas (1996). G. Soltis et al. (1997). H. Nandi et al. (1998). I. APG (1998).





**Figura 2.** Algunos caracteres morfológicos de las Aristolochiaceae, típicos en monocotiledóneas.

**A.** Meristema apical de un vástago de *Aristolochia ringens* Vahl (González 3618), el cual muestra las hojas alternas, dísticas (*ho*); algunas de las hojas fueron removidas, los perfiles adaxiales (*pr*) y un botón floral con tres primordios del perianto (*bf*). **B.** Botón floral de *Asarum canadense* L. (González 3577), el cual muestra los tres sépalos (*se*). **C.** Botón floral de *Aristolochia coryi* Johnst. (González 3612); nótese los tres primordios que comienzan a formar el perianto, y el perfilo (*pr*) opuesto a la pieza media del perianto (*pm*); escala 50  $\mu$ m. **D.** Botón floral de *Aristolochia acutifolia* Duch. (González 3400), con tres primordios que forman el perianto; escala 50  $\mu$ m. **E.** Ginostemo de *Aristolochia zollingeriana* Miq. (Tsou 1175), el cual muestra seis estambres (*es*) fusionados con seis lóbulos estigmáticos comisurales (*le*); escala 100  $\mu$ m. **F.** Grano de polen de *Aristolochia fimbriata* Cham. (González 3444) germinando por una única apertura; escala 10  $\mu$ m.

recientes de las angiospermas proponen a miembros de los órdenes Piperales, Ceratophyllales, Laurales o Magnoliales como posibles grupos hermanos. Si empleamos evidencias morfológicas, en efecto son las Aristolochiaceae las que poseen una serie de caracteres que permiten sugerirlas como las más cercanamente relacionadas con las monocotiledóneas. Por lo tanto, si los criterios de delimitación de las monocotiledóneas se amplían más allá de la presencia de un único cotiledón, las Aristolochiaceae bien podrían ser parte de este grupo monofilético.

En consecuencia, los sistemas de clasificación más empleados durante la segunda mitad del siglo XX, basados en las subclases propuestas por Cronquist, Dahlgren, Takhtajan y Thorne quedan seriamente revaluados. Las hipótesis alternativas son, sin embargo, inciertas, debido a que existe incongruencia de caracteres morfológicos y moleculares, y a que estas nuevas hipótesis son susceptibles a ser falseadas con la inclusión de nuevos taxones o nuevos caracteres, o con estudios más detallados de caracteres incompletamente analizados. Por lo tanto, nuestro conocimiento, en el final del siglo, regresa a un estado en el cual las relaciones fundamentales de las angiospermas permanecen ambiguas.

Si bien es cierto que para efectos prácticos y pedagógicos, el sistema mono- vs. dicotiledóneas es funcional y de uso común, también es cierto que no refleja las relaciones naturales de las angiospermas, que resulta obsoleto a la luz de los nuevos datos, y que conduce a una visión estática y simplista de una de las preguntas fundamentales en la sistemática botánica: La diversificación temprana de las angiospermas.

## Literatura citada

- The Angiosperm Phylogeny Group (APG).** 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Ann Missouri Bot. Gard.* **85**:531-553.
- Arber, A.** 1925. *Monocotyledons: a morphological study.* Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- \_\_\_\_\_. 1957. The manifold and the one. The Theosophical Publishing House, Madras, India.
- Beccari, A.** 1870. Nota sul *Trichopodium zeylanicum* Thw. *Nuovo G. Bot. Ital.* **2**:13-19.
- Behnke, H.D.** 1971a. Sieve-tube plastids of Magnoliidae and Ranunculidae in relation to systematics. *Taxon* **20**:723-730.
- \_\_\_\_\_. 1971b. Zum Feinbau der Siebröhren-Plastidien von *Aristolochia* und *Asarum*. *Planta* **97**:62-69.
- \_\_\_\_\_. 1981. Siebelement-Plastidien, Phloem-Protein und Evolution der Blütenpflanzen: Monocotyledonen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **94**:647-662.
- \_\_\_\_\_. 1988. Sieve-element plastids, phloem protein, and evolution of flowering plants: III. Magnoliidae. *Taxon* **37**:699-732.
- \_\_\_\_\_. 1991. Distribution and evolution of forms and types of sieve-element plastids in the dicotyledons. *Aliso* **13**:167-182.
- \_\_\_\_\_. & W. Barthlott. 1983. New evidence from the ultrastructural and micromorphological fields in angiosperm classification. *Nord. J. Bot.* **3**:1-155.
- Bharathan, G. & E. Zimmer.** 1995. Early branching events in Monocotyledons. Partial 18S ribosomal DNA sequence analysis. *In*: P.J. Rudall et al. (eds.), *Monocotyledons: systematics and Evolution*. 1:81-107. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Brown, R.** 1810. *Dioscoreae. Prodromus Florae Novae Hollandiae*, pp. 294-295. London.
- Burger, W.** 1977. The Piperales and the monocots; alternate hypotheses for the origin of monocotyledonous flowers. *Bot. Rev.* **43**:345-393.
- \_\_\_\_\_. 1981. Heresy revived: the monocot theory of angiosperm origin. *Evol. Theory* **5**:189-225.
- \_\_\_\_\_. (in prep.). The question of cotyledon homology in angiosperms.
- Chase, M.W., D.W. Stevenson, P. Wilkin & P.J. Rudall.** 1995. Monocot systematics: a combined analysis. *In*: P.J. Rudall, P.J. Cribb, D.F. Cutler & C.J. Humphries (eds.), *Monocotyledons: systematics and evolution*, 2:685-730. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Cronquist, A.** 1981. *An integrated system of classification of flowering plants.* Columbia Univ. Press, New York.
- \_\_\_\_\_. 1988. *The evolution and classification of flowering plants.* 2<sup>nd</sup> edition. The New York Botanical Garden, Bronx.
- Dahlgren, R.T.M.** 1983. General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics. *Nord. J. Bot.* **3**:119-149.
- \_\_\_\_\_. & **Bremer, K.** 1985. Major clades of angiosperms. *Cladistics* **1**:349-368.
- \_\_\_\_\_. & **H.T. Clifford.** 1981. Some conclusions from a comparative study of the monocotyledons and related dicotyledonous orders. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* **94(1981)**:203-227.
- \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1982. *The monocotyledons: A comparative study.* Academic Press, London.
- \_\_\_\_\_. **H.T. Clifford & P.F. Yeo.** 1985. *The families of monocotyledons.* Springer-Verlag, Berlin.
- \_\_\_\_\_. & **F.N. Rasmussen.** 1983. Monocotyledon evolution. Characters and phylogenetic estimation. *Evol. Biol.* **16**: 255-395.
- Davis, G.L.** 1966. *Systematic embryology of the angiosperms.* New York.
- Davis, J.I.** 1995. A phylogenetic structure of the monocotyledons, as inferred from chloroplast DNA restriction site variation, and a comparison of measures of clade support. *Syst. Bot.* **20**:503-527.
- Dickson, W.C.** 1992. Morphology and anatomy of the flower and pollen of *Saruma henryi* Oliv., a phylogenetic relict of the Aristolochiaceae. *Bull. Torrey Bot. Club* **119**:392-400.
- Donoghue, M.J. & J.A. Doyle.** 1989. Phylogenetic analysis of angiosperms and the relationships of Hamamelidae. *In*: P.R. Crane & S. Blackmore (eds.), *Evolution, Systematics, and Fossil History of the Hamamelidae*, 1:17-45. Clarendon Press, Oxford.

- Duchartre, P.** 1854. Sur les prétendues stipules des *Aristoloches*. Bull. Soc. Bot. France 1:56-60.
- Endress, P.K.** 1995. Major evolutionary traits of monocot flowers. In: P.J. Rudall et al. (eds.), *Monocotyledons: systematics and evolution*, 1:43-79. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Erdtman, G.** 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Gandolfo, M.A., K. Nixon, W.L. Crepet, D.W. Stevenson & E.M. Friis.** 1998. Oldest known fossils of monocotyledons. *Nature* 394: 532-533.
- González, F.** 1999a. A phylogenetic analysis of the Aristolochioideae (Aristolochiaceae). Ph. D. dissertation. The City University of New York.
- \_\_\_\_\_. 1999b. Inflorescence morphology and systematics of the Aristolochiaceae. *Syst. Geogr. Pl.* 68: 159-172.
- Huber, H.** 1977. The treatment of Monocotyledons in an evolutionary scheme of classification. *Pl. Syst. Evol. Suppl.* 1: 285-298.
- \_\_\_\_\_. 1985. Samenmerkmale und Gliederung der Aristolochiaceen. *Bot. Jahrb. Syst.* 107: 277-320.
- \_\_\_\_\_. 1993. Aristolochiaceae. In: K. Kubitzki (Ed.), *The families and genera of vascular plants*, 2:129-137.
- Hutchinson, J.** 1959. The families of flowering plants. Second edition. Oxford at Clarendon Press. Vols. 1-2.
- Lawrence, G.H.M.** 1970. Taxonomy of vascular plants. 11<sup>th</sup> printing. The Macmillan Co., New York.
- Leins, P. & C. Erbar.** 1985. Ein Beitrag zur Blütenentwicklung der Aristolochiaceen, einer Vermittlergruppe zu den Monokotylen. *Bot. Jahrb. Syst.* 107: 343-368.
- \_\_\_\_\_. 1995. Das frühe Differenzierungsmuster in den Blüten von *Saruma henryi* Oliv. (Aristolochiaceae). *Bot. Jahrb. Syst.* 117: 365-376.
- \_\_\_\_\_. & **W.A. van Heel.** 1988. Note on the floral development of *Thottea* (Aristolochiaceae). *Blumea* 33: 357-370.
- Lindley, J.** 1831. *Introductio in Systema Botanica*. New York, G. & C. & H. Carvill.
- Loconte, H. & D.W. Stevenson.** 1991. Cladistics of the Magnoliidae. *Cladistics* 7: 267-296.
- Meeuse, A.D.J.** 1975. Aspects of the evolution of the monocotyledons. *Acta Bot. Neerl.* 24: 421-436.
- Nandi, O.I., M.W. Chase & P.K. Endress.** 1998. A combined cladistic analysis of angiosperms using *rbcL* and non-molecular data sets. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85: 137-212.
- Qiu, Y.L., M.W. Chase, D.H. Les & C.R. Parks.** 1993. Molecular phylogenetics of the Magnoliidae: Cladistic analyses of nucleotide sequences of the plastid gene *rbcL*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80: 587-606.
- Ray, J.** 1703. *Methodus Plantarum emendata et aucta*. S. Smith and B. Walford, London.
- Rudall, P.J., P.J. Cribb, D.F. Cutler & C.J. Humphries** (eds.). 1995. *Monocotyledons: systematics and evolution*. 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Smets, E.** 1988. La présence des "nectaria persistentia" chez les Magnoliophytina (angiospermes). *Candollea* 43: 353-360.
- Soltis, D.E., C. Hibsich-Jetter, P.S. Soltis, M.W. Chase & J.S. Farris.** 1997. Molecular phylogenetic relationships among angiosperms: an overview based on *rbcL* and 18S rDNA sequences. In: K. Iwatsuki & P.H. Raven (eds.), *Evolution and diversification of Land Plants*, pp. 157-178. Springer-Verlag, Tokyo.
- Sprague, T.A.** 1933a. LIV. Plant morphology in Albertus Magnus. *Kew Bull.* 1933: 431-440.
- \_\_\_\_\_. 1933b. LV. Botanical terms in Albertus Magnus. *Kew Bull.* 1933: 440-459.
- Stevenson, D.W. & H. Loconte.** 1995. Cladistic analysis of monocot families. In: P.J. Rudall et al. (eds.), *Monocotyledons: systematics and evolution*, pp. 543-578. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Suessenguth, K.** 1921. Beiträge zur Frage des systematischen Anschlusses der Monokotylen. *Beih. Bot. Centralbl.* 38: 1-79.
- Sun, D., D.L. Dilcher, S. Zheng & Z. Zhou.** 1998. In search of the first flower: A jurassic angiosperm, *Archaeofructus*, from Northeast China. *Science* 282: 1693-1695.
- Takhtajan, A.L.** 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). *Bot. Rev.* 46: 225-359.
- \_\_\_\_\_. 1997. *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia Univ. Press, New York.
- Taylor, T.N. & E.L. Taylor.** 1993. *The biology and evolution of fossil plants*. Prentice Hall, New Jersey.
- Thorne, R.F.** 1992. An updated phylogenetic classification of the flowering plants. *Aliso* 13: 365-389.
- Tomlinson, P.B.** 1970. Monocotyledons – Towards an understanding of their morphology and anatomy. *Adv. Bot. Res.* 3: 207-309.
- \_\_\_\_\_. 1995. Non-homology of vascular organization in monocotyledons and dicotyledons. In: P.J. Rudall et al. (eds.), *Monocotyledons: systematics and evolution*, pp. 589-622. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Tucker, S. & A.W. Douglas.** 1996. Floral structure, development, and relationships of paleoherbs: *Saruma*, *Cabomba*, *Lactoris*, and selected Piperales. In: D.W. Taylor & L.J. Hickey (eds.), *Flowering plant origin, evolution and phylogeny*, pp. 141-175. Chapman & Hall.
- Walker, J.W.** 1974. Aperture evolution in the pollen of primitive angiosperms. *Amer. J. Bot.* 61: 1112-1137.
- \_\_\_\_\_. 1976. Comparative pollen morphology and phylogeny of the ranalean complex. In: C.B. Beck (Ed.), *Origin and early evolution of angiosperms*, pp. 241-299. Columbia Univ. Press, New York.
- Yeo, P.F.** 1989. What is happening to the monocotyledons? *Pl. Syst. Evol.* 167: 75-86.
- Zimmermann, M.H. & P.B. Tomlinson.** 1972. The vascular system of monocotyledons stems. *Bot. Gaz.* 133: 141-155.

# EL TERREMOTO DE LOS MUZOS (1646, ABRIL 3) A LA LUZ DE UN EXCEPCIONAL DOCUMENTO COLONIAL, LA RELACIÓN DE DON BARTOLOMÉ DE MÁZMELA Y POVEDA

por

Armando Espinosa Baquero\*

## Resumen

**Espinosa Baquero, A.:** El terremoto de los muzos (1646, abril 3) a la luz de un excepcional documento colonial, la relación de don Bartolomé de Mázmela y Poveda. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 205-212. 1999. ISSN 0370-3908.

Un documento, escrito por el presbítero Don Bartolomé de Mázmela y Poveda a raíz del terremoto ocurrido en la región de Los Muzos el 3 de abril de 1646, da importantes informaciones sobre lo sucedido en toda la región. Los grandes temas tratados por Bartolomé de Mázmela tienen que ver con los daños causados por el sismo en la ciudad y en la región, las réplicas que se sintieron en las semanas siguientes, y las ceremonias de expiación que tuvieron lugar en la ciudad durante unos quince días a partir de la fecha del sismo.

Las valiosas informaciones aportadas por la relación permiten plantear varias ideas sobre el sismo, entre ellas que la posible zona epicentral está al suroeste de Muzo y que se trató de un sismo superficial asociado con una fuente sismogénica importante pero relativamente desconocida hasta ahora. En el aspecto cultural el documento revela el dramático impacto que los sismos, y los fenómenos naturales en general, causaban en la sociedad colonial. Al no tener el más mínimo conocimiento de sus causas, la comunidad estaba condenada a interpretarlos en términos mitológicos.

**Palabras clave:** Terremotos, Colombia.

## Abstract

Some days after the terrible earthquake which destroyed the colonial town of Los Muzos on April 3 1646, Don Bartolome de Mazmela y Poveda, a local priest, wrote an account which

\* Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería, Armenia.

gives valuable information on the effects of the phenomenon. The damage caused in Los Muzos and in the whole region, the occurrence of a series of quakes during several weeks (aftershocks), and the religious ceremonies celebrated during two weeks in Los Muzos are the main subjects included in the document.

The important data furnished by Don Bartolome de Mazmela allows to advancement of several ideas on the earthquake. It probably was a shallow event whose epicenter was located southwest of Muzo, within an important seismogenic area which has not received enough attention up to now. From a cultural point of view, the account reveals the tremendous impact caused on the colonial community by earthquakes, and by natural disasters in general. The total misunderstanding of their causes led the authorities and the community to interpret them in mythological terms.

**Key words:** Earthquakes, Colombia.

## Introducción

Un sismo ocurrido el 3 de abril de 1646 fue señalado por **Espinosa** (1994) como un evento nuevo en la historia sísmica de Colombia en razón de que ningún autor anterior lo incluye en catálogos ni registra datos sobre sus efectos. El catálogo de **Goberna** y otros (1985) señala un evento en esa fecha pero situado en otra región y a una hora diferente. El catálogo de **Ramírez** (1975) que sigue siendo la obra fundamental de la sismicidad histórica colombiana no lo incluye, como tampoco lo hace el de **Ocola** (1984). Hasta ahora, los efectos conocidos son los publicados por **Espinosa** (1994) y consisten en daños en la iglesia de Sogamoso, lo cual ha llevado a pensar que se trató de un evento local.

Curiosamente, ya en 1954 la Academia Colombiana de Historia había publicado en su Boletín de Historia y Antigüedades un documento sobre un sismo del 3 de abril de 1646, sismo que sin duda es el mismo que el señalado por **Espinosa** (1994). El documento no ha sido utilizado hasta ahora en los estudios de sismicidad histórica en Colombia, a pesar de que **Ramírez** (1975) lo cita en su bibliografía, y tiene carácter excepcional, no solamente porque da información novedosa e importante sobre el sismo sino porque ilustra de manera extraordinaria las creencias y costumbres de la sociedad colonial en torno a los desastres naturales, y en particular a los sismos. El texto fue dado a la luz gracias a la colaboración de Don Ernesto Saravia Mateus, quien poseía el original, y fue transcrito con un breve comentario en pie de página, con su título original:

**“Relación de un riguroso terremoto** que sufrió la ciudad de la Trinidad de los Muzos a 3 de abril de seiscientos cuarenta y seis años entre 2 y 3 de la mañana, víspera del Señor San Isidro, arzobispo de Sevilla y Doctor de la Iglesia. La cual relación encargó

el señor Don Juan Hurtado de Mendoza, Marqués de Monteros, gobernador de estas provincias y maestro de campo General en este Nuevo Reino de Granada al bachiller Don Bartolomé de Mazmela y Poveda, Presbítero.”

Como se ve, se trata de un informe sobre los acontecimientos relacionados con el sismo, hecho en la ciudad de Muzo por el presbítero Bartolomé de Mázmela y Poveda, vecino de Los Muzos y testigo presencial de los hechos, quien aparentemente ocupaba el curato del lugar. El documento fue redactado por solicitud del gobernador de la provincia, dato importante para comprender algunos aspectos de su contenido, como se verá más adelante.

En la relación de Don Bartolomé de Mázmela se pueden distinguir tres temas fundamentales: a) las informaciones sobre los efectos físicos del sismo y su localización b) algunos datos sobre sismos que sucedieron en los días o las semanas siguientes es decir, en términos sismológicos, las réplicas del evento principal c) descripciones de las numerosas ceremonias cívicas y religiosas que se celebraron durante muchos días en la ciudad. El propósito de este artículo en analizar los tres aspectos mencionados, con la guía de las palabras de Don Bartolomé de Mázmela y Poveda.

## Efectos del sismo

Como es natural en la época, el texto de Don Bartolomé de Mázmela se detiene ante todo en los daños causados por el sismo en los edificios religiosos, no sin antes dar algunas interesantes circunstancias previas al acontecimiento:

“Estando esta ciudad sobresaltada de haber visto dos eclipses de luna y uno de sol en tiempo de tres días

desde el diecisiete de marzo pasado y discurriendo temerosos sobre la significación y efectos que de ellos podrían resultar, como de cosa tan nueva que ninguno hubo que se acordase de haber visto ni oído cosa igual en tan breve discurrir de tiempo, quince días después, viendo la Divina Majestad, sabia, benigna y misericordiosa, el dejamiento grande en que vivimos, sin querernos desarraigar de nuestras pasiones y apetitos mudos, que tanto damnifican la salud y quietud del alma (cuya razón y dominio debiera vencer y quebrantar aquellos) quiso despertarnos del letargo mortal y miserias en que estamos como embriagados y sumergidos, a los tres de abril de este año de seiscientos y cuarenta y seis con un grave terremoto cual jamás se ha visto en esta provincia desde su primera fundación, el cual aunque no duró mucho tiempo fue tan vehemente y fuerte que, si se continuase algo más, totalmente arruinaría esta afligida y opresa ciudad, lo cual se prueba con la misma experiencia, pues la iglesia del glorioso patriarca Santo Domingo vino al suelo sin quedar en pie más que algunos pedazos de paredes y el Sagrario del Santísimo (que sea loado por siglos infinitos) sin padecer quiebra ni lesión alguna; y así mismo un Santo Crucifijo de mediana estatura, que estaba en la extremidad de arriba; quedó también sana e intacta la que siempre lo fue de toda mancha: la Virgen Sacratísima del Rosario, emperatriz de los querubines, medianera y abogada nuestra, algo inclinada hacia una pared que era la de su tabernáculo, que se hizo pedazos; quedó entero y libre el púlpito de la misma iglesia siendo de madera, quizás por la buena doctrina y ejemplo que en él se ha dado, de la cual iglesia arruinada por nuestras culpas se sacaron estos inestimables tesoros, prendas y señales de nuestra redención, y se pusieron en una celda no muy segura con la decencia que se pudo; de donde pocas horas después se trajeron lloviendo con solemne y devota procesión, y acompañamiento numeroso debajo de palios a la santa parroquial de esta ciudad y se pusieron con luces, debida veneración y lágrimas. Luego que fue de día se vido el daño que esta santa iglesia había recibido del horrible movimiento, pareciendo la torre (si bien estaba de antes maltratada) inclinada hacia el norte y los principales pilares vencidos y tronchados por la mitad; y en lo restante de ella, arco toral y sacristía se vieron quiebras y aberturas lastimosas amenazando ruina que no permita Dios, y así mismo recibió el mismo detrimento la de Santa Bárbara.”

Don Bartolomé de Mázmela pasa luego a describir los daños ocurridos a las casas de los notables de la ciudad:

“Las casas del Alférez Real Juan de Poveda, difunto, habitadas de su mujer doña Francisca Margarita de Mázmela, sus hijos, yerno y familias padecen tan grande daño que están cayéndose; y luego que sucedió el terremoto fue común voz y lastimera que ellas y sus habitantes habían perecido: a que dio motivo ver los de fuera ocupada gran parte de la calle real de tejas y ladrillos que habían caído y no oír rumor alguno de personas, todos solicitando salvar las vidas los unos y los otros con afectuosa y fraternal caridad, en que se sucedieron algunos casos notables, como es el que refiere el sargento mayor Don Juan de Poveda y Mázmela, tesorero de la Real Hacienda en esta ciudad, que viendo los vaivenes pavorosos, los crujidos de paredes, los golpes y estruendos de maderas, tejas, ladrillos y terrones se volvió con fervor y fe a una devota imagen de Nuestra Señora de Chiquinquirá que tenía a su cabecera y le dijo: “Señora mía, favorecednos que perecemos”. Y luego cesó el terremoto y crujía y bajando él mismo las últimas escaleras oyó clamores hacia un aposento bajo de una cocina y abriéndole a puntillazos reconoció cuatro o cinco personas que con el suelo de arriba y parte del tejado, varas y vigas se habían hundido y con ayuda de algunos criados los sacó a salvo; y dando todavía voces unos conocieron estaba debajo de mucha tierra que le tenía oprimido y sacándole a toda diligencia y aplicándole algunas medicinas oportunas está fuera de riesgo: es muchacho de diez u once años; y no andaba menos diligente y cuidadosa con esfuerzo varonil doña Francisca Margarita de Mázmela (no obstante la grave turbación y pena) en abrigar y poner en cobro sus hijos, nietos y familia: que toda ella se puso en el patio llovido pensando se vendría en breve el edificio.

La casa del teniente general de esta provincia, Don Francisco Tobar Alvarado, se sintió notablemente y se cayó su dormitorio escapando milagrosamente su mujer doña Mariana de Coronado recién parida y cuatro hijos de tierna edad...”

Los daños en las demás casas y en el resto de la ciudad son descritos a continuación:

“...Otras muchas casas cayeron, matando algunas personas, quedando otras estropeadas, y las que no cayeron están perdidas e inhabitables.

La casa en que vivía el Marqués de Monteros, también se sintió en algunas partes, y se arruinó un lienzo de una pared, el cual no hizo daño a persona alguna por estar, según piensa el dicho Marqués una san-

ta imagen con quien tiene particular devoción allí cerca...

... El siguiente día, cuatro del mes, se pasó en escudriñar con calmado temor los templos y casas que quedaron en pie, aquellos para repararlos y frecuentarlos, y estas para ver si se podrían habitar, y no era posible: donde es de advertir la lástima y desorden preciso de las familias numerosas, partidas en diferentes y desacomodadas casas de paja y cañas, con desabrigo y penalidad, estrechura y pérdida.

Y no menos el Marqués de Monteros y la Marquesa su mujer doña Francisca Gascón Maldonado, que se pasaron a una choza molestanda de las causas dichas: huracanes y torbellinos, y algunas sabandijas, naturales de esa tierra, unas ponzoñosas y otras asquerosas...

... También se empezaron a desbaratar otros edificios de precio, perdiéndose muchos materiales, el reparo de lo cual es totalmente difícil por no haber alarifes ni oficiales, a causa de estar esta plaza muy necesitada de diferentes plazas y trabajos."

Una de las más importantes contribuciones del documento está en la descripción de toda una serie de efectos que se presentaron en las cercanías, donde sin duda alguna está la zona epicentral del sismo:

"Poco ha vino nueva muy cierta que en un pueblo de indios distante de esta ciudad dos días de camino fue el terremoto primero tan espantoso que duró más de una hora sucesiva arrancando estantillos de guayacán muy grueso, desbaratando casas con ser de paredes, desgajando árboles crecidos, rompiendo montes en que se abrían concavidades y espeluncas horribles (cosa que solo oírla asombra).

Otro día de estos llegó nueva que en otro pueblo de indios cercano, murieron de espanto y miedo tres indios y están para ello otros. También se afirma por cierto que seis leguas de aquí cayó la cima de un cerro llamado Furatena tapando la corriente del río más caudaloso de esta provincia, cabecera del río que llaman Carare y estuvo detenido muchas horas, que es cosa rara: también afirma quien ha visto en el circuito de esta ciudad haber reventado arroyos donde nunca se vieron correr y alguno de ellos tan grueso como el cuerpo de un buey, y en otras partes haberse secado totalmente algunas fuentes."

Finalmente, señala Don Bartolomé de Mázmela curiosos efectos del sismo sobre la salud de las personas:

"No es menos de advertir las graves enfermedades que siguieron, como son calenturas, vómitos, y otros diversos achaques que han puesto a riesgo la vida a algunos y se presumió reventó algún aire apestado y nocivo, o lo más cierto, que con tan graves sustos y sobresaltos y haber levantándose todos a tan deshora desnudos y sobre el suelo malado se revolvieron y destemplaron los humores, que es esta otra plaga de por sí y en tierra donde no hay médico. Lástima es también que las calles no se puedan pasar sin mucho temor, a cuya ocasión apenas se saben las casas ni pueden comunicarse los deudos y amigos: y algunos han habido personas principales y constituídas en dignidad que estuvieron algunos días debajo de un árbol, con pabellones colgados, a las inclemencias del cielo y humedades y aguas del suelo y otras descomodidades."

### Datos sobre las réplicas

Al terremoto de Los Muzos siguieron continuos sismos durante semanas o meses. El texto se refiere a los que ocurrieron hasta el 22 de abril, un poco menos de tres semanas después del sismo principal, fecha en la cual el texto queda terminado. Sin embargo, es de suponer que las réplicas continuaron. Hacia el final del novenario, o sea hacia el 13 de abril, según palabras de Don Bartolomé de Mázmela:

"Los terremotos se continúan aunque no con la violenta fortaleza que a los principios. Quiera la Divina Clemencia templar su justicia, y aceptar gemidos y lágrimas de sus criaturas y enviar el remedio necesario a tantas calamidades dándonos verdadero conocimiento de sus grandezas en esta vida y en la otra el gozo cumplido de su vista."

Algo más de una semana después, el 22 de abril, sigue temblando:

"Acabada esta copia y algo sosegados los ánimos a los veintidós de abril de este mismo año cerca de las seis de la mañana volvió a temblar la tierra con alguna fuerza y nuevamente sobresaltó y movió grandes temores..."

### Las ceremonias

Sería demasiado largo y tedioso reseñar todas las referencias a actos religiosos en el texto de Don Bartolomé de Mázmela. Para resumir digamos que estos se centraron en una procesión celebrada de manera espontánea por toda la ciudad el mismo día del terremoto, y un

novenario de misas que se inició el día 5 de abril, es decir el tercer día de los acontecimientos. De lejos la parte más interesante es aquella que describe la procesión, a la cual vale la pena dedicar algunos párrafos.

Los preparativos y el inicio de la ceremonia los describe así el autor:

“El mismo día del temblor propusieron entre sí algunas personas devotas se hiciese procesión poco después de las seis de la tarde, y estando los ánimos dispuestos y los corazones blandos, dieron noticia de este intento al Padre cura pidiéndole su permiso para ejercitarlo y avisar a los presbíteros de esta ciudad y al Gobernador y patrón. Y se juntaron algunas insignias (todo esto en breve espacio) aún no eran las siete de la noche cuando estaba esta santa parroquial colmada con gente de varias y asperísimas penitencias y en viendo el pueblo la presencia del párroco y presbíteros descubiertas las cabezas y liados los cuerpos con sogas gruesas sobre las sotanas y descalzos, las coronas llenas de ceniza y algunos con coronas de espinas, con cruces a los hombros, crucifijos en las manos, mordazas, piedras en las manos con que se herían los pechos, mediando algunos religiosos de Santo Domingo y San Francisco, con ejemplar modestia todos, levantó un clamor devoto, suspiros, lágrimas y sollozos, que fue paso notable y generoso; pusiéronse todos los eclesiásticos ante las gradas de altar mayor y empezaron con roncas y penetrantes voces a cantar (con más lágrimas que sílabas) el Salmo de miserere y otras rogativas con tono que movía a piedad y contrición al más desalmado.”

La actitud de las autoridades eclesiásticas y civiles durante el acto es luego descrita así:

“Empezó a proceder el clero, y luego en su lugar el Marqués gobernador cubierto de una luenga sotana de luto, descubierto el rostro y en los hombros una pesada cruz que le hacía inclinar y daba muy buen ejemplo; acompañábanle algunos capitulares y personas principales de esta república con penitencias públicas de cruces, túnicas y descalzas de pies y pierna y los rostros manifiestos ( para mayor ejemplo y mortificación ).”

Los penitentes, casi todos gente del pueblo, dan un espectáculo conmovedor:

“Los que antecedían era un número copiosísimo; los más con penitencias incomportables, unos aspados y pendientes de los maderos piedras de grande peso,

y otros a modo de crucificados, y liados los cuerpos con cerdas y ásperas sogas, y algunos con ramos, abrojos y espinas; cuales iban de rodillas, que apenas podían; otros iban atados a las sogas por las gargantas haciéndose casi arrastrar y diciendo algunas palabras de fervor: otros llevaban al cuello maromas de donde pendían cantos de gran peso; hubieron también penitentes de sangre y algunos caminaban con las rodillas; advirtió el Gobernador que algunos de éstos iban tan molestados de las penitencias, de su peso y estrechura que sin embargo del impedimento con que estaba y forma que iba, salió a gobernar y regir la procesión, aliviando a éstos las cargas y aquellos quitándolas, e hizo levantar a muchos de los que iban arrodillados, lo uno por la grave penitencia y dolor, lo otro por la prolija detención que de aquello resultaba. En estas acciones le ayudaban los Padres reverendos Prior y Guardianes de los conventos, y el vicario iba vestido en forma con una alba y descalzo, puesta una soga al cuello, con la cual llevaba las manos atadas y tan compuesto y contrito como pide su dignidad y estado, acompañándole los clérigos como ya se dijo.”

Los excesos de los penitentes obligan a las autoridades a acortar la ceremonia, y luego a ponerle fin ya pasadas las diez de la noche:

“Empezar [empezó?] este santo y solemne acto penitente con ánimo de ir a todas las iglesias y estaciones acostumbradas en la Semana Santa, y advirtiéndose poco después que al paso que iban, con la austeridad rígida de las penitencias sería de grave inconveniente y aún podría costar la vida de algunos, se acordó por el Gobernador y algunos regidores y el Padre vicario se acortase la procesión, y solamente anduviese cuatro calles en contorno de la iglesia, como se hizo y volvió a entrar en la iglesia como a las diez de la noche, donde pude ver tantas personas postradas que más parecían tremendos difuntos que vivos penitentes, con que se aumentaron los suspiros, lágrimas y gemidos ( que siempre se continuaron ) y el párroco así que se acababa el salmo y las otras rogativas, cantaba en tono bajo una de las oraciones de penitencia, afijando todos en tierra las rodillas con acciones y señales de fervorosa contricción.

Pidió el Marqués al Guardián hiciese una plática espiritual, como lo hizo con el buen espíritu que suele y con haberse detenido algo estuvieron muchos de rodillas oyéndole, y el cura y demás eclesiásticos sentados en el suelo en las gradas de pie-



dra del altar mayor. Acabadas estas ejemplares y bien gastadas horas, se fue cada uno a su posada alabando a Nuestro Señor de lo mucho que se había hecho y visto esta noche, cuando muy poco rato después se oyeron repiques de campanas que durante los oficios referidos cierta devota había dejado una vela encendida ante el Santo Crucifijo de San Francisco (de cuya devotísima y venerable pintura hemos hablado ya) y parece que estando esta iglesia sola y cerrada, debió caer la vela o algún pedazo de pavesa sobre el altar, el cual, los manteles, frontal y de madera se empezó a quemar como se vio después, y sin haber persona alguna se apagó este fuego en materia tan seca y combustible; y un velo muy delicado que estaba delante del crucifijo y muy inmediato a lo que se ve había empezado a arder no recibió nocumento (sic) ni lesión, y túvose esto a milagro y fue muy de notar que con estar el pueblo muy destroncado y rendido todo él concurrió en este santo convento a adorar el admirable Crucifijo que parecía cosa sobrenatural y divina, ante quien se cantó solemnemente un salmo; todo esto sirvió de consuelo y recreo espiritual; el prelado repartió reliquias, parte de los manteles y pedazos del altar que se habían encendido, y fue de ver no solo la devoción y anhelo con que los circunstantes los pedían y recibían, sino que después de haber repartido muchas quedó de ambos géneros reliquias de mucha cantidad.”

A partir del día 5 de abril se inició un novenario de misas, el cual es detalladamente descrito en la relación. Al final, todo concluye con una ceremonia muy particular pero muy usada en la Colonia después de un desastre: la elección de un santo patrono que proteja la ciudad o la región de ese tipo de catástrofe. Se conocen casos bien documentados en Santa Fe de Bogotá en 1625, cuando se elige a San Francisco de Borja contra los temblores, y en Buga en 1766 después del terremoto del 9 de julio de ese año, cuando el elegido es San Emigdio. La elección en Los Muzos es descrita así:

“El novenario se siguió continuado asistiendo lo más del pueblo; no es de callar que la noche de la referida procesión salieron casi todas las señoras principales de este lugar descalzas, y llorando que parecían las hijas de Jerusalem que nuevamente lloraban la muerte de nuestro salvador, y con el recato modesto que su autoridad y estado pedían y no hizo esto poco crecimiento y aumento de fervor y concurso, y no se les niegue a las mujeres que exceden en piedad y tierna condición a los hombres.

Algunas de éstas movidas de un extraordinario deseo y afecto rogaron al párroco que fuese servido de que un niño inocente eligiera de entre muchas cédulas de santos y santas puestas en un vaso (como se suele) una que fuese patrona y amparadora contra los temores y riesgos presentes; así se hizo delante del mismo párroco y clérigos y otras personas; y salió dos veces sucesivas (después de bien revueltas las cédulas o papeles) electa la gloriosa Santa Inés, virgen y mártir, y tercera vez sacado otro papel salió en blanco, cosa que causó un asombro frío y lágrimas gozosas; con que las mujeres se alegraron en el señor y votaron hacer su fiesta en cada un año, y lo mismos hicieron los presbíteros que se hallaban presentes; y pasado el novenario se hizo fiesta muy suntuosa a esta santa cordera de Dios, con procesión y sermón, que predicó devotísima y doctísimamente el Padre Guardián ya nombrado.

También hizo su elección para todo el pueblo el Gobernador y el Cabildo y entre tres santos que se sacaron el de más nombre y mayores virtudes se escogió José, marido y esposo de la Virgen María, Madre del Redentor del Mundo; alegróse la ciudad de tener tal patrón, jurando con este voto particular celebrar su fiesta cada año y se celebró una en estos días, con grandiosa solemnidad: predicó el sermón de este día con aplauso el Bachiller Don Bartolomé de Poveda y Mázmea.”

Termina la relación insistiendo en el resurgimiento de la piedad y buenas costumbres en la ciudad después del sismo, y en que después de la elección de los santos patronos no volvió a temblar:

“El viernes siguiente de esta semana en que fue postrero terremoto se registró un grande número de penitentes de sangre, y de otras penitencias, y salieron a modo de procesión algo tarde de la noche y anduvieron las estaciones todas, que fue también acto muy devoto, y parece aplacó mucho la Divina Justicia. Querer referir las devociones particulares, disciplinas, estaciones, limosnas, sacrificios, confesiones comuniones, actos de caridad, y otros, sería proceso largo y molesto, pero no es para pasar en silencio que después de electos estos santos patronos, no se ha sentido temblor en esta ciudad, cuando afirman personas de crédito que en algunas partes de esta provincia y otras han habido y hay muchos. Quiera Dios Nuestro Señor acordarse de su benignidad y mansedumbre y usar de ella con su pueblo afligido. Amen.”

**Análisis y conclusiones**

La relación de Don Bartolomé de Mázmela y Poveda aporta elementos nuevos e importantes desde el punto de vista sismológico sobre el terremoto de Los Muzos. Destaquemos los más relevantes.

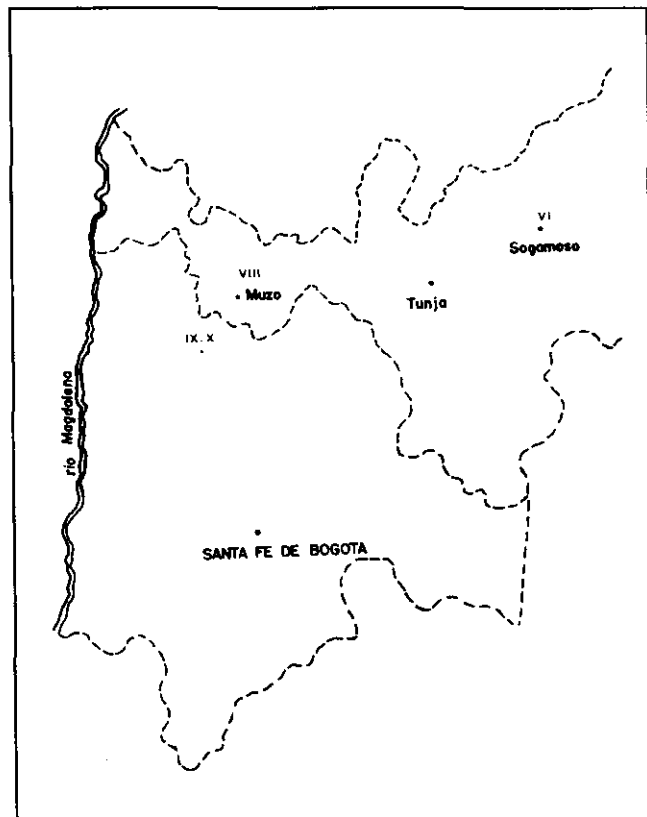
El sismo de Sogamoso, descrito por Espinosa (1994), y el sismo de Los Muzos son sin ninguna duda el mismo evento. Concuerdan la fecha, la hora, la región afectada y las características del sismo. A primera vista parece sorprendente que no hayan ocurrido daños en Tunja pero esto queda aclarado con lo que se expone en las líneas que siguen.

El documento permite plantear con muy alta probabilidad de acierto una hipótesis sobre el epicentro del sismo. Describe efectos espectaculares como el represamiento del río Carare por un gigantesco deslizamiento, fenómeno que debió ocurrir en lo actualmente conocido como Serranía de Las Quinchas, al suroeste de Muzo. Otros efectos aún más contundentes son descritos en la región de Muzo, a dos días de camino, sin precisar el sitio exacto. Se señala en este caso que el sismo arrancó "estantillos de guayacán muy grueso", árbol que no se encuentra en los altiplanos sino en las tierras templadas y calientes. Teniendo en cuenta además que si el epicentro estuviera localizado al oriente de Muzo los efectos hubieran sido claros en la sabana boyacense, particularmente en Tunja, se puede pensar que el epicentro estuvo situado al sur de la Serranía de Las Quinchas, entre las localidades de Muzo y La Palma. Lo anterior es muy interesante desde el punto de vista de la amenaza sísmica pues esa fuente sismogénica, conocida en la geología regional como el sistema de fallas de Salinas, no ha recibido aún la atención que merece a pesar de que produjo un evento muy importante en la historia sísmica de Colombia, el terremoto de Honda el 6 de junio de 1805 (Ramírez, 1975).

De especial interés son los datos sobre la duración del sismo en las montañas cercanas a Muzo (se habla de una hora, dato ciertamente erróneo pero aun así muy revelador pues sin duda incluye el evento principal y una serie de réplicas), sobre el gran deslizamiento mencionado en la cuenca del Carare, sobre grandes grietas que se abrieron en las montañas y sobre los notables cambios en los arroyos y las fuentes en la región de Muzo, datos característicos de sismos de alta intensidad. Los daños en Muzo fueron graves: el casco urbano quedó prácticamente destruído y el número de muertos, no precisado en el documento, debió llegar a varias decenas. Sin duda fue la localidad más averiada. El sismo afectó una región mucho

más grande de lo que se creía, según se observa en el mapa de intensidades (figura 1) y da la impresión, por los efectos espectaculares de la zona epicentral, por la atenuación rápida de la intensidad entre Muzo y Sogamoso, por la corta duración del movimiento en Muzo y por el patrón de réplicas, de un sismo superficial de magnitud bastante alta, del orden de 6 a 7.

Aparentemente el sismo de Los Muzos tuvo también consecuencias nefastas sobre las explotaciones de esmeraldas de la región. En esta línea de ideas, la relación de Don Bartolomé de Mázmela permite comprender mejor la historia de la minería de Muzo en aquella época, bien documentada por Domínguez (1965). La Corona Española había empezado la explotación de la región de Muzo hacia 1567, pocos años después de la fundación de la ciudad. Durante unos cincuenta años las explotaciones prosperaron y Muzo conoció la riqueza, pero en la época en que Fray Pedro Simón escribió su crónica, hacia 1625, ya las minas estaban en decadencia. Unos meses después del sismo, en diciembre de 1644, un gran derrumbe en los socavones acaba con la vida de treientos mineros y



**Figura 1.**

Intensidades conocidas hasta ahora del terremoto de Los Muzos. La intensidad IX-X corresponde a la posible zona epicentral.

prácticamente pone fin a la minería de Muzo, al menos por ciento cincuenta años pues las explotaciones solo se vienen a reiniciar en la segunda mitad del siglo XVIII. No hay hasta ahora datos sobre las causas del derrumbe pero no es imposible que estas tengan que ver con el sismo. En 1648 el territorio de Muzo, que gozaba hasta entonces de autonomía administrativa, queda anexado al corregimiento de Tunja, con lo cual queda sellada la ruina de la región.

Quizás el aspecto más novedoso de la relación de Don Bartolomé de Mázmela está en la patética descripción de las ceremonias de expiación que tuvieron lugar en los días siguientes al sismo. Ninguno de los numerosos documentos coloniales conocidos hasta ahora es tan explícito en la descripción de las reacciones de la población ante un desastre natural y esto hace de la relación un testimonio único a pesar de que el texto fue escrito, como se dijo antes, por solicitud de las autoridades y destinado a Santa Fe y a España, y que en esa medida estaba sesgado pues convenía dar la idea de una ciudad religiosa y respetuosa de las creencias de la época. En términos generales, el texto muestra el tremendo impacto que un desastre natural producía en la sociedad colonial, quizás más en el terreno de lo psicológico (a la vez individual y colectivo) que en el de lo material. En este orden de ideas, algunas de las dolencias de la población en los días si-

guientes al sismo son significativas. En la época colonial, ni la población ni las élites tenían el más mínimo conocimiento de las causas de los fenómenos naturales, por lo cual estaban condenadas a interpretarlos en términos mágicos o mitológicos. Para la historia de las mentalidades y las costumbres colombianas la relación de Don Bartolomé de Mázmela y Poveda es un documento novedoso y de gran importancia.

### **Bibliografía**

- Espinosa, A.**, 1994. Cinco terremotos destructores de la Colonia encontrados en los archivos históricos colombianos. *Rev. INGEOMINAS*, No 4, p. 77-82, Santa Fe de Bogotá.
- Domínguez, R.**, 1965. Historia de las esmeraldas en Colombia, Bogotá 297 p.
- Goberna, R., Arias, W., Duarte, J., Palencia, T. & Vargas, T.**, 1985. Catálogo de Terremotos para América del Sur, volumen 4 Colombia, Proyecto SISRA. CERESIS, Lima.
- Mázmela y Poveda, B.**, 1954. Relación de un riguroso terremoto. *Boletín de Historia y Antigüedades*, Academia Colombiana de Historia, **41**(481-482): 699-710, Bogotá.
- Ocola, L.**, 1984. Catálogos Sísmicos, República de Colombia. Proyecto Sismicidad Andina, SISAN, vol II. Instituto Geofísico del Perú, 200 p., Lima.
- Ramírez, J. E.**, 1975. Historia de los Terremotos en Colombia, Seg. Ed. IGAC, 250 p., Bogotá.

# VULCANITAS CENOZOICAS EN EL PIEDEMONTESURORIENTAL DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA Y EN LA SERRANÍA DE PERIJÁ

por

Jaime Galvis Vergara\* & Ricardo de la Espriella\*

## Resumen

**Galvis, J. & R. De la Espriella:** Vulcanitas cenozoicas en el piedemonte suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la serranía de Perijá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 213-224. 1999. ISSN 0370-3908.

En la vertiente sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta se observan rocas provenientes de tres eventos magmáticos de edad y genética claramente diferenciables. El primero ocurrió durante el Triásico-Jurásico, relacionado con el proceso de rifting, y produjo un magmatismo alcalino silíceo entremezclado con sedimentos rojos. El segundo, originado por vulcanismo submarino más tarde en el Jurásico, es de composición básica e intermedia. El tercero consta de vulcanitas de naturaleza ácida - riolitas y riodacitas - expuestas en una amplia faja de dirección SWW-NEE que se extiende desde el piedemonte suroriental de la Sierra Nevada hasta la Serranía de Perijá, donde cubre amplias extensiones; la hipótesis de su edad Cenozoica es el tema del presente artículo.

**Palabras clave:** Vulcanitas, Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de Perijá, Colombia Cenozoico.

## Abstract

Rocks originating during three magmatic events, clearly different in age and genesis, are present in the southeastern portion of the Sierra Nevada de Santa Marta. The first event took place during Triassic-Jurassic time, is related to the rifting process, and produced alkaline siliceous magmatism interbedded with red sediments. The second one originated later, during Jurassic time by submarine vulcanism, and its composition is basic and intermediate. The third event produced acid vulcanites - rhyolites and rhyodacites - in a wide SWW-NEE belt which outcrops from the southeastern foothills of the Sierra Nevada to extensive areas on the Serranía de Perijá; the hypothesis of its age as Cenozoic is the subject of this paper.

**Key words:** Vulcanites, Colombia, Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de Perijá, Cenozoic.

## Introducción

Sobre la geología de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá se ha escrito mucho y falta mucho por estudiar en detalle. El presente escrito no pretende examinar el estado de su conocimiento, excepto para encuadrar la hipótesis de que existen evidencias que muestran que algunas de las vulcanitas hasta ahora clasificadas como Mesozoicas, en realidad pertenecen al Cenozoico y posiblemente son correlacionables con las de la Serranía de San Lucas, al sur del departamento de Bolívar.

## Litología

La vertiente suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta presenta unidades litológicas con un rango de edades que se extiende desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

### *Pre-Mesozoico*

Las unidades más antiguas que se observan en la vertiente mencionada son migmatitas, neises y granitoides de edad Precámbrica (**Tschanz, Jimeno & Cruz, 1969**), las cuales se presentan expuestas en vecindades de los caseríos de Guatapurí y Chemesquemena en el curso superior del río Guatapurí, al occidente del Caserío de Atanques, en gran parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Donachui y Los Mangos y al noroeste de San Juan del Cesar, en una faja que se extiende entre los ríos Cesar y Ranchería. En la Serranía de Perijá se presentan sedimentos del Paleozoico Superior, que han sido descritos por **Radelli (1962)**, **Forero (1972)** y **Ujueta & Llinás (1992)**.

### *Juratriásico*

En orden cronológico, la siguiente unidad litológica se compone de sedimentos rojos, detríticos, intercalados con vulcanitas. Los sedimentos son arcillolitas, limolitas, areniscas arcóscas y conglomerados diamictíticos. Las vulcanitas comprenden principalmente tobas, lapilli, brechas y aglomerados. Las rocas mencionadas - sedimentos y vulcanitas - generalmente se presentan en tonalidades de rojo, púrpura y violeta oscuro (Fotografía No. 1). Las rocas antes mencionadas se encuentran expuestas en los alrededores de los caseríos de Caracolí (Cesar) y Las Mercedes, en una amplia faja que se extiende desde el curso medio del río Guatapurí hasta los nacimientos del río Ariguaní, en parte de la cuenca media del río María Angola y en sectores menores de las cuencas inferiores de los ríos Cesar y Ranchería. La

bibliografía geológica es casi unánime en asignarle a las unidades litológicas referidas, edades del Mesozoico Inferior, Triásico o Jurásico.

### *Cretáceo*

A dichas unidades, les sucedieron rocas plutónicas de composición granítica, las cuales intruyeron las vulcanitas y sedimentos rojos, formando batolitos de notable extensión, tales como el de Atanques-Patillal (Fotografía No. 2), el de Pueblo Bello, el cual presenta color rosado y textura gráfica (Fotografía No. 3), y el del alto Ranchería (Fotografía No. 4); este último se observa expuesto en vecindades de la población de Caracolí (Guajira), presenta un color gris y aparentemente su composición petrográfica predominante tiende a granodiorita, quizás tonalita.

En una relación cronológica y genética no claramente establecida con respecto a las intrusiones mencionadas, se presentan vulcanitas de composición intermedia y básica (traquiandesitas y basaltos), descritas por algunos autores como keratófiro y espilitas (**Tschanz, Jimeno & Cruz, 1969**). Las vulcanitas referidas han recibido una serie de denominaciones en el Mapa de la Sierra Nevada de Santa Marta publicado por Ingeominas y su distribución según dicho mapa las sitúa hacia la base de una secuencia de sedimentos marinos del Cretáceo que sobreyace las unidades antes mencionadas en el piedemonte sureste de la Sierra Nevada y presentan en su parte inferior unos niveles de caliza de gran espesor (Fotografía No. 5), generalmente conocidos bajo las denominaciones de Formación Lagunitas, respecto a cuya edad hay notables divergencias (**Tschanz, Jimeno & Cruz, 1969**). A estas calizas les sobreyacen lutitas negras margosas y areniscas glauconíticas agrupadas bajo la denominación de Formación Aguas Blancas; sobre estas reposan unas calizas bituminosas, chert negro y lutitas, con algunas intercalaciones de roca fosfórica. Las litologías mencionadas corresponden a lo que en gran parte del Oriente Andino de Colombia se ha denominado Formación La Luna. A ésta, le sucede un espeso depósito de lutitas negras carbonosas y lutitas arenosas glauconíticas, conocidas como Formación Molino. Sobre ésta reposa la Formación Hato Nuevo compuesta de calizas arenosas y lutitas, a la cual se le atribuye una edad entre el Maestrichtiano y el Paleoceno. Los sedimentos cretáceos presentan amplias exposiciones en el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el sector comprendido entre Fonseca y Cuestecita, en la región de Bosconia y Los Venados y en una faja casi continua en el piedemonte de la Serranía de Perijá y de los Montes de Oca.

La secuencia de sedimentos del Cretáceo antes mencionada se presenta en el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta. Más al oriente, hacia Perijá, hay unidades diferentes, puesto que fallas direccionales en el centro del valle de los ríos Cesar y Ranchería y al oriente de éste, pusieron en contacto los sedimentos en referencia con otros coetáneos, pero de ambientes de sedimentación diferentes.



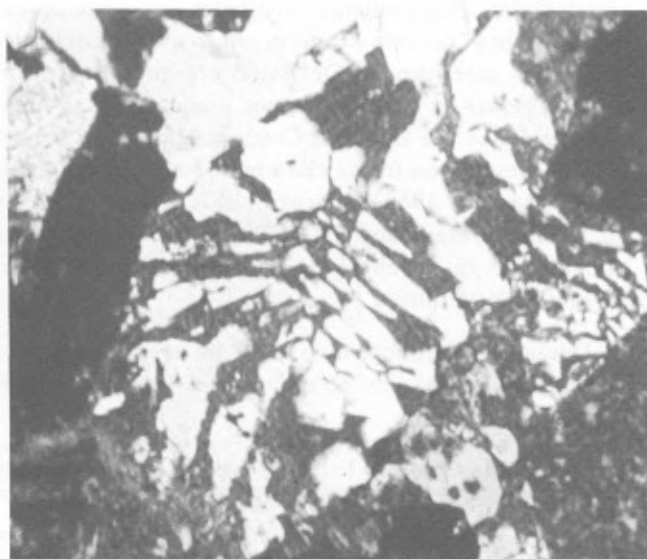
**Fotografía 1.** Sedimentos tobáceos del juratriásico. Carretera al paraje de La Sofía. R 67030 F28

### *Terciario*

A las unidades anteriormente mencionadas, sobreyace una secuencia compuesta de areniscas calcáreas, lutitas arenosas y coquinas, conocida como Formación Manantial. Sobre estos sedimentos reposan areniscas sal y pimienta, limolitas y arcillolitas grises y numerosos y potentes mantos de carbón conocidos bajo la denominación de Formación Cerrejón.



**Fotografía 2.** Granito de patillal. R 67030 F24



**Fotografía 3.** Textura gráfica en el granito de pueblo bello. Microfotografía (Nicoles Cruzados). R 8093 F16



**Fotografía 4.** Granito del alto ranchería. Caserío de Sabanas de Mamiela o Caracolí. R 67031 F6

A continuación cabe mencionar vulcanitas de composición riolítica y riodacítica, expuestas en amplias zonas del piedemonte suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y en amplias zonas de la Serranía de Perijá. La hipótesis acerca de su edad cenozoica es el tema del presente artículo.

Las rocas efusivas en mención se presentan como brechas, aglomerados, tobas, lavas, tobas fluidales o ignimbritas (Fotografía No. 6) y posibles cúpulas intrusivas (Fotografía No. 7). Las texturas varían desde rocas totalmente afáníticas, hasta porfiríticas. La matriz de estas últimas frecuentemente presenta abundante vidrio llegando a mostrar buenos ejemplos de textura hialofítica; son frecuentes las estructuras fluidales. Las vulcanitas en mención presentan una amplia variedad de colores, aunque predominan el blanco, gris perla, rosado y amarillo claro. Es notable la presencia de depósitos espesos de cenizas muy poco consolidadas, reposando sobre superficies de erosión en sitios tales como las vecindades de Pueblo Bello (Fotografía No. 8), Garupal y Chemesquemena, donde fosilizan el relieve topográfico. Se presentan grandes extensiones de brechas y aglomerados no consolidados (Fotografías Nos. 9 y 10) en la planicie del valle del río Cesar, en María Angola, Valencia y Badillo. Las lavas y flujos ignimbríticos se presentan horizontales (Fotografía No. 11) o con inclinaciones de muy bajo ángulo. Se observan notablemente porosos, con abundantes vesículas vacías (Fotografía No. 12) y son frecuentes las estructuras columnares (Fotografía No. 13).

En algunas localidades, especialmente en el borde noroccidental del valle del río Cesar, se observan numerosos conos volcánicos con sus respectivas aureolas de eyecta (Fotografía No. 14). Las superficies de meteorización de estas vulcanitas presentan un aspecto de cáscara, muy característica en rocas de alto contenido de vidrio.

Aunque las vulcanitas riolíticas y riodacíticas han recibido numerosas denominaciones, tales como: Ignimbrita de Los Clavos, Brecha Ignimbrítica de La Paila, Ignimbrita de Caja de Ahorros, Ignimbrita de La Piña, Porfirita de Burúa, Porfirita de Chundúa, Vitrófiro Riolítico, Riodacita de Los Tábanos y Riolita de El Golero (Tchanz, Jimeno & Cruz, 1969), hay una cantidad de características en común que parecen indicar que se trata de variaciones dentro de rocas efusivas de un mismo evento magmático. Entre los rasgos comunes, cabe anotar la presencia de vidrio (Fotografías Nos. 15 y 16) o la parcial devitrificación de dichas unidades, la relativa fertilidad de las áreas donde se encuentran expuestas, la frecuente presencia de manchas de epidotización (Fotografía No. 17), la relativa abundancia de xenolitos

de rocas sedimentarias (Fotografía No. 18) y entre éstas, de calizas (Fotografía No. 19), la posición relativamente horizontal de los flujos ignimbríticos, lavas y depósitos piroclásticos (Fotografía No. 20) y su poco diaclasamiento. Por último, cabe anotar que en la mayor parte de las localidades observadas, estas vulcanitas parecen estar fosilizando un relieve topográfico, suavizando los contornos morfológicos de la región.

En el aspecto petrográfico también hay rasgos comunes: generalmente los fenocristales son de plagioclasa sódica, no se encuentran cuarzos euhedrales y en ningún lugar bipiramidales, comunmente el feldespato de potasio se presenta en la matriz, excepto en la Riolita de El Golero y el mineral máfico generalmente es biotita, siendo escaso el anfíbol. Las texturas de devitrificación más frecuentes son axiolitas, esferulitos y perlititas (Fotografía No. 21).

A las unidades litológicas antes referidas, les sobreyacen en forma discordante conglomerados, areniscas conglomeráticas, limolitas y arcillolitas rojas. Estos sedimentos de origen fluvial, se conocen en la literatura geológica como Formación Tabaco.

### Tectónica

La evolución tectónica de lo que hoy es la Sierra Nevada de Santa Marta, presenta eventos comunes a la mayor parte de los Andes Colombianos, tales como episodios de metamorfismo regional durante el Proterozoico, generalmente seguidos por fenómenos de granitización. Posiblemente tuvo lugar un evento orogénico durante el período Silúrico, por lo cual las unidades litológicas anteriores al Devónico presentan metamorfismo regional en mayor o menor grado en el territorio comprendido entre las fallas Cauca y del Borde Llanero. Esto se presenta en forma clara en la vecina Serranía de Perijá (Radelli, 1962 y Forero, 1972), pero no es tan fácilmente evidenciable en la Sierra Nevada de Santa Marta, ante la ausencia de sedimentos paleozoicos datados en esta última.

Durante el Pérmico, tuvo lugar un evento orogénico evidente en Perijá, pero no en la Sierra Nevada de Santa Marta.

En el Mesozoico Inferior se inició un evento tafrogénico, del cual son productos los sedimentos y vulcanitas rojas que se presentan bajo la denominación de Formación Guatapurí. La localización de las fallas de dicho evento es muy difícil de definir, y aún la directriz de esos fenómenos de rifting es indeterminable.



**Fotografía 5.** Escarpe de calizas en el cañón del río ranchería.  
R 67031 F23



**Fotografía 6.** Ignimbritas en las riberas del río garupal. R 67032 F8



**Fotografía 7.** Posible cúpula intrusiva levantando flujos de lava.  
En proximidades del río Garupal. R 67032 F13



**Fotografía 8.** Depósitos de brechas y cenizas volcánicas no consolidadas sobre la superficie de erosión del granito de pueblo bello.  
R 67036 F4

Durante el Terciario se presentaron fallamientos transcurrentes con dirección nordeste, los cuales enfrentaron fajas de terreno con litologías diferentes. Las fallas más importantes de este evento se presentan a lo largo de los valles de los ríos Cesar y Ranchería (fallas de San Diego, Quitafrió, Cesarito, Media Luna, Cerrejón Ranchería) y en el denominado "Arco de Sevilla" (fallas de Sevilla, Palomino, Tucurinca, Orihueca y Botella) (Tschanz,

Jimeno & Cruz, 1969). Posteriormente, al norte se produjo una gran falla direccional con rumbo E-W y movimiento dextral, la falla de Oca, la cual limita por el norte la Sierra Nevada de Santa Marta.

Más tarde se inició el levantamiento de los Andes, durante el cual la Sierra Nevada de Santa Marta parece haberse solevantado en forma de un plano basculado hacia





**Fotografía 9.** Depósitos piroclásticos no consolidados en proceso de erosión. Al Norte de Caracolí (Cesar). R 67032 F0



**Fotografía 11.** Niveles de ignimbritas horizontales entre Caracolí (cesar) y Valencia de Jesús. R 67036 F18

el sureste. Posteriormente ocurrieron fallas direccionales con rumbo noroeste, de las cuales la falla de Santa Marta limita la Sierra Nevada en su costado suroccidental.

Por último, cabe mencionar otras fallas E-W, las cuales afectan las vulcanitas más recientes. Parecen originar bloques escalonados, los cuales se hacen más altos hacia



**Fotografía 10.** Aglomerado volcánico meteorizado. R 67036 F15



**Fotografía 12.** Bloques de riolita con vesículas. Vecindades del río Diluvio. R 67036 F11

el norte. Las fallas más notables de este sistema son: la falla de Minas, la de Maíz Morocho, la falla del curso superior del río Donachui y la que produce el alineamiento de los ríos Los Mangos y San Sebastián.



**Fotografía 13.** Lavas riolíticas con estructuras columnares. Carretera María Angola- Santa Tirsa. R 67032 F28



**Fotografía 14.** Aglomerados volcánicos sobre superficies de erosión del batolito de atanques-patillal. R 67030 F9

## Evolución geológica

La evolución geológica de la Sierra Nevada de Santa Marta es notablemente compleja. Aparentemente se compone de bloques, cuya evolución geológica tuvo lugar en lugares y ambientes diferentes y que se pusieron en contacto durante el Cenozoico.

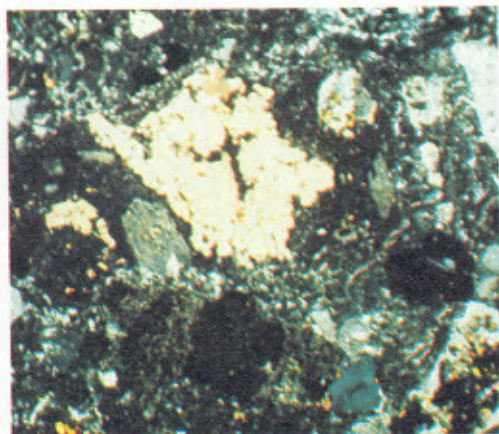
La zona noroccidental presenta rocas metamórficas de muy alto grado de metamorfismo; algunas de ellas llegan a facies granulita y entre ellas hay notoria presencia de rocas verdes. Presenta una notable similitud con litologías de la Cordillera Central en regiones tales como Yarumal, Valdivia, Campamento y la vertiente oriental del río Nechí. Es un macizo que parece tener una evolución geológica diferente al resto de la Sierra Nevada de Santa Marta.

En lo referente a la región sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta, la evolución geológica durante el Precámbrico y el Paleozoico no es fácilmente evaluable, ya que las áreas de exposición del Precámbrico no están claramente definidas (los denominados batolitos centrales, según las descripciones de **Tschanz** et al., presentan características de rocas graníticas originadas en migmatización) y no hay evidencias comprobadas de exposiciones de unidades litológicas del Paleozoico. Por lo tanto, en el presente artículo, se hace énfasis en los procesos geológicos ocurridos desde el Mesozoico.

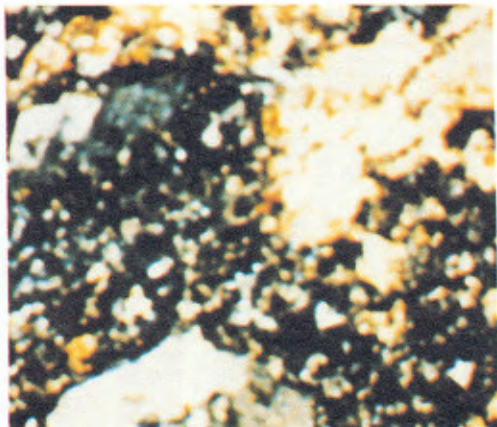
Durante esta era se inició un evento tafrogénico, desarrollándose un rift en el cual se produjo sedimentación detrítica subaérea, en prismas de gran espesor. Al mismo tiempo, y originado en el mismo evento, se inició un episodio de magmatismo alcalino, el cual al comienzo produjo intrusiones y vulcanismo de composición silícea, representados en las intrusiones de Pueblo Bello, Atanques-Patillal y del alto Ranchería y las vulcanitas que se encuentran interstratificadas con los sedimentos detríticos. Al ampliarse el proceso de rifting, comenzó un ingreso marino y el magmatismo se tornó básico, presentándose efusiones submarinas de lavas basálticas y traquiandesíticas sobre las cuales se depositaron ocurrencias minerales de tipo exhalativo como las observadas en el paraje de Los Gorros por la vía Fonseca-Cotoprix, al occidente de Cuestecita (Fotografía No. 22), en una amplia cantera inmediata a la vía que de dicha localidad conduce a Riohacha, en la zona de contacto entre las lavas y la base de las calizas que les sobreyacen.

Manifestaciones minerales similares sobre lavas basálticas, han sido descritas en la Serranía de Perijá (**Pagnacco**, 1962). Allí se presenta barita asociada con los sulfuros metálicos, algo característico de depósitos exhalativos.

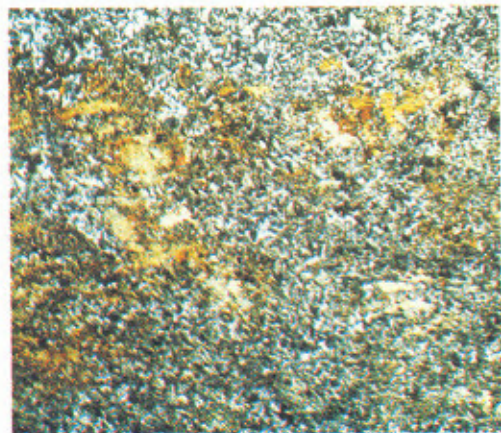
Posteriormente se inició la sedimentación marina, la cual continuó hasta el Terciario temprano, cuando se inició una regresión. Luego, posiblemente durante el



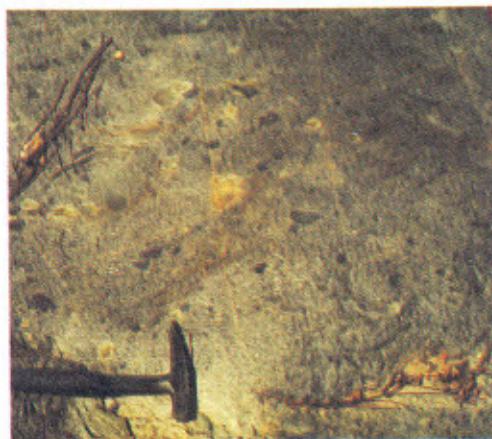
**Fotografía 15.** Pórfido riódacítico ( a la derecha) y xenolito epidotizado (arriba). Microfotografía (Nicoles Cruzados). En la matriz se presenta abundante vidrio, especialmente a la derecha (se observa en color negro). R 8093 F7



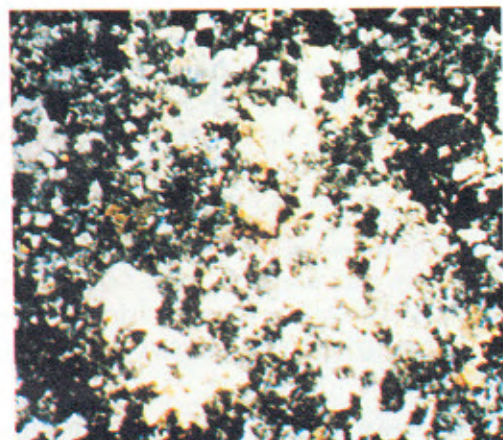
**Fotografía 16.** Pórfido riolítico con xenolitos calcáreos (hacia el centro). Microfotografía (Nicoles Cruzados). A la izquierda se observa vidrio (color negro). R 8093 F10



**Fotografía 17.** Pórfido riolítico. Microfotografía (Nicoles Cruzados). Al centro se observan xenolitos calcáreos (color blancuzco), alrededor manchas de epidota (color amarillo). R 8093 F20



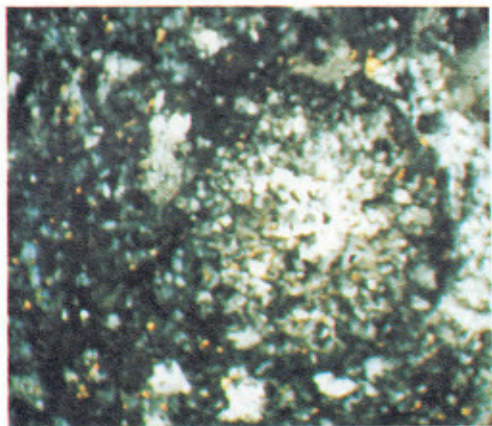
**Fotografía 18.** Brecha volcánica en el lecho del río los clavos. Obsérvense los xenolitos epidotizados de color amarillento. R 67032 F36



**Fotografía 19.** Pórfido riolítico con xenolitos de material calcareo (color blanco amarillento). Microfotografía (Nicoles Cruzados). R 8093 F6



**Fotografía 20.** Depósitos de cenizas volcánicas en vecindades del alto de minas. Al Norte de Bosconia. R 67029 F3



**Fotografía 21.** Textura perlítica en riolita. Vecindades del río Garupal.  
R 8093 F28



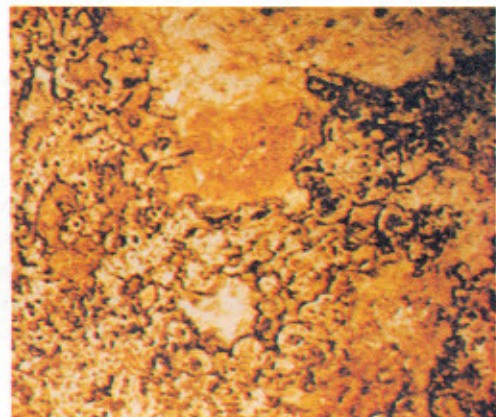
**Fotografía 22.** Manifestación hidrotermal de tipo exhalativo. Al fondo calizas cretáceas. Al occidente de Cuestecita. R 67035 F15



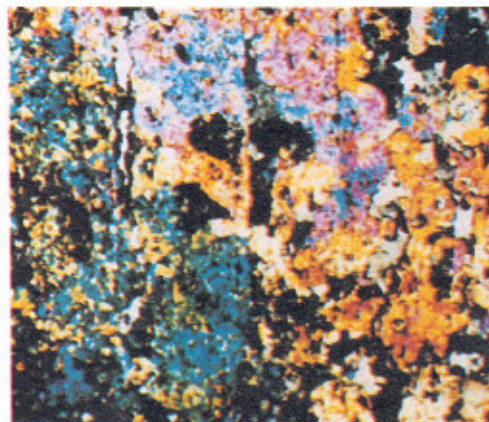
**Fotografía 23.** Pórfido en la zona de contacto con calizas cretáceas entre Bosconia y Caracolí (Cesar). R 9671 F32



**Fotografía 24.** Xenolito de caliza en pórfido riolítico. Microfotografía (Nicoles Cruzados). R 8093 F1



**Fotografía 25.** Xenolito de caliza en el que se observa textura oolítica incluido en pórfido riolítico. Microfotografía (Nicoles Paralelos). Arriba a la derecha un fenocristal de feldespatos. R 8093 F4



**Fotografía 26.** Xenolito de caliza en sus colores de interferencia. Microfotografía (Nicoles Cruzados), el mismo xenolito del ejemplo anterior. R 8093 F5.

Terciario Medio, se inició un sistema de fallamientos direccionales con rumbo nordeste y movimiento dextral, con el cual entraron en contacto los diferentes bloques geotectónicos que presenta la Sierra Nevada.

A continuación cabe mencionar un evento magmático, el cual puede haberse iniciado al mismo tiempo que los fallamientos transcurrentes. Dicho evento produjo vulcanismo de composición muy silíceo, riolítico y riodacítico, altamente explosivo, por lo cual se presentan grandes depósitos de brechas volcánicas, ignimbritas, aglomerados y cenizas, predominando sobre las lavas. Este vulcanismo tuvo lugar en una faja que se extiende en dirección nordeste desde Bosconia hasta proximidades de San Juan del Cesar.

También parece encontrarse evidencias de ese vulcanismo en la Serranía de Perijá, donde las descripciones de algunos autores (**Forero, 1972** y **Ujueta & Llinás, 1992**) mencionan un "miembro D" de la "Formación Girón", del cual dicen: "El conjunto D se caracteriza por la presencia de gruesos niveles de rocas volcánicas explosivas, muy silíceas, ricas en vidrio y en sílice"; más adelante agregan: "Dentro del área de estudio se observaron numerosos afloramientos del conjunto D, pero no se observaron las relaciones de este conjunto con los conjuntos A, B y C, ni con el Cretáceo suprayacente".

El vulcanismo en referencia tiene notables similitudes con el de la Serranía de San Lucas (Sur de Bolívar), tanto en los aspectos petrográficos y estructurales, como en su relación con las unidades litológicas del Juratriásico y del Cretáceo.

La disposición geográfica de los depósitos volcánicos, parece indicar que se trata de una faja NEE-SWW que cruza diagonalmente el valle del río Cesar en la zona de Badillo y Urumita, continuando al nordeste en la Serranía de Perijá.

## Conclusiones

La vertiente sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta presenta rocas volcánicas originadas en tres episodios de magmatismo ocurridos en diferentes épocas y con claras diferencias genéticas.

El primer episodio volcánico está relacionado con la iniciación del proceso de rifting, durante el cual el rompimiento inicial de la corteza sílica produjo un magmatismo alcalino silíceo, el cual se encuentra entremezclado con los sedimentos rojos detríticos que produjo el mismo proceso de formación del rift.

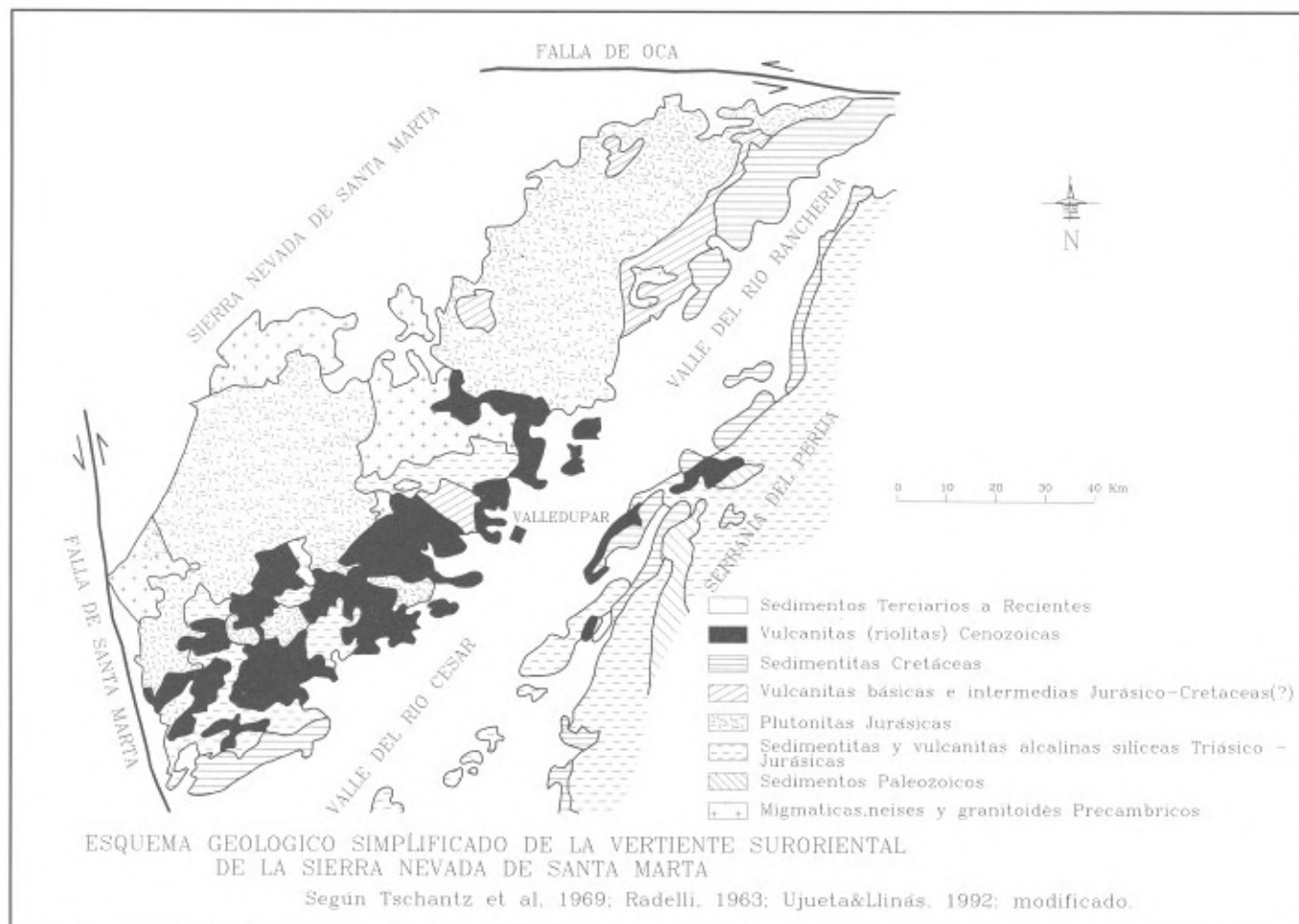
Las rocas volcánicas de composición básica e intermedia (lavas basálticas y traquiandesíticas) son producto de vulcanismo submarino, cuando la apertura del rift permitió el ingreso marino, al iniciarse la etapa oceánica del proceso tafrogénico. Sin embargo este proceso fue frustrado, interrumpiéndose antes de que se formara una verdadera dorsal oceánica.

Sobre las vulcanitas mencionadas comenzaron a depositarse sedimentos marinos de ambiente de plataforma y posteriormente tuvo lugar la retirada del mar. Luego, durante el Cenozoico, se inició un pulso magmático ácido, cuyo origen parece hallarse en el proceso de subducción que ha tenido desarrollo en el litoral Pacífico durante el Terciario.

Hay varias razones para considerar que las riolitas y riodacitas son relativamente recientes. Por una parte cabe mencionar la presencia de numerosos xenolitos de calizas en dichas vulcanitas; más aún, entre las localidades de Bosconia y Caracolí (Cesar), se pueden observar pórfidos riolíticos rosados, los cuales hacia el contacto con las calizas Cretáceas se tornan de color verde (Fotografía No. 23). Al observarlos al microscopio petrográfico se encuentra que presentan abundantes xenolitos de caliza (Fotografías Nos. 24, 25 y 26), los cuales al contacto con el pórfido presentan una aureola de epidota que le da la tonalidad verde al conjunto de la roca. Cabe anotar que no se han reportado dataciones de calizas Paleozoicas en la Sierra Nevada de Santa Marta y unas supuestas calizas de la Formación Guatapurí (**Tschanz, Jimeno & Cruz, 1969**) son dos grandes bloques de caliza aislados rodeados de riolitas, sin relación alguna con la mencionada formación y de los cuales no se menciona datación alguna. Parece tratarse de grandes xenolitos de una de las calizas Cretáceas, ya que ningún estudio estratigráfico de la Formación Guatapurí menciona calizas.

Otro aspecto indicativo de vulcanitas recientes es la frecuente presencia de vidrio en dichas rocas, lo cual se puede observar en muchas secciones delgadas, además de que todos los autores que han hecho estudios petrográficos de ellas coinciden en afirmarlo (**Tschanz, Jimeno & Cruz, 1969**, pags. 227-250; **Radelli, 1962**, pags. 83-88 y **Ujueta & Llinás, 1992**, pag. 203). Las rocas volcánicas y subvolcánicas en mención presentan características de una depositación subaérea; por tanto, es imposible pensar que rocas efusivas Mesozoicas sometidas a subsidencia bajo el nivel del mar y a un posterior levantamiento, puedan conservarse sin desvitrificación.

Más aún, las vulcanitas en referencia se presentan estructuralmente en posiciones horizontales y sin



fracturamiento, lo cual indica que no han sido afectadas por movimientos diastróficos y varios conos volcánicos, tales como el Cerro de Camperucho, conservan su forma y sus aureolas de ejecta prácticamente inalteradas.

Es interesante anotar que el borde sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta presenta una espesa faja de calizas cretáceas en sus extremos norte (sector Fonseca-Cuestecita) y sur (sector de Bosconia), la cual se presenta interrumpida al centro. Es muy posible que las calizas en mención se encuentren cubiertas por las vulcanitas y cabe pensar además que se encuentren brechadas y fragmentadas por el vulcanismo explosivo característico del magmatismo riolítico. En numerosas localidades de esa zona, las vulcanitas presentan abundantes manchas de epidota que factiblemente pueden ser producto de asimilación de xenolitos calcáreos.

Las dataciones radiométricas realizadas durante el Inventario Minero Nacional presentan muy serias inconsistencias, por lo cual no son en absoluto confiables. Hay dataciones radiométricas de vulcanitas que reposan sobre superficies de erosión de granitos tales como el de Pueblo Bello, a las que les asignan edades anteriores a la del granito que las infrayace. Hay además extensos depósitos volcánicos en posiciones horizontales y sin presentar diaclasamiento ni otros indicios de vulcanismo, con dataciones anteriores al Cretáceo, cuando los sedimentos Cretáceos de la zona presentan buzamientos relativamente acentuados y muy notable tectonización. Cabe agregar que las dataciones en mención fueron realizadas en su gran mayoría por el método de potasio-argón en biotitas, anfíboles, sanidinos o en roca total.

## Referencias

- Forero, A.** 1972. Estratigrafía del Precretáceo en el flanco occidental de la Serranía de Perijá: Geol. Colombiana No. 7, pags. 7-78, 30 figs., 2 tables, 4 láms., Bogotá.
- Pagnacco, P. F.** 1962. Cupriferous Mineralizations in the Serranía de Perijá Between Codazzi and Molino: Geol. Colombiana No. 2, pags. 5-13, Bogotá.
- Radelli, L.** 1962. Introducción al Estudio de la Geología y de la Petrografía del Macizo de Santa Marta (Magdalena - Colombia): Geol. Colombiana No. 2, pags. 41-115, 31 fotos, 1 mapa, Bogotá.
- Tschanz, C. M., Jimeno, A. & Cruz, J.** 1969. Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Area. Preliminary report (Inédito): Ingeominas, 288 pags., 3 figs., 18 tables; Mapa Geológico de Reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia, escala 1:200.000 (Publicado), Bogotá.
- Ujueta, G. & Llinas, R.** 1992. Reconocimiento Geológico de la Parte más Septentrional de la Sierra de Perijá: Geol. Colombiana No. 17, pags. 197-209, 2 figs., 5 fotos, Bogotá.

# ROCAS GRENVILLIANAS EN LA REGIÓN DE PUERTO BERRÍO - ANTIOQUIA

por

Oswaldo Ordóñez Carmona<sup>1</sup>, Márcio M. Pimentel<sup>1</sup>, Renato de Moraes<sup>1</sup>, Jorge Julián Restrepo<sup>2</sup>

## Resumen

**Ordóñez, O., M. Pimentel, R. de Moraes & J.J. Restrepo:** Rocas grenvillianas en la región de Puerto Berrío – Antioquia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 225-232. 1999. ISSN 0370-3908.

En la quebrada El Vapor (Puerto Berrío-Antioquia) afloran rocas miloníticas las cuales tiene altos contenidos de SiO<sub>2</sub> (65.7 a 80.9% en peso) y un carácter peraluminoso. Datos isotópicos Rb-Sr, obtenidos sobre algunas de estas rocas permitieron calcular una edad isocrónica de 894 ± 36 Ma y una razón inicial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de 0.71785. Este valor es interpretado como el de la edad del metamorfismo que origina estas rocas y se asocia con la orogenia Grenville. Adicionalmente, fueron obtenidos datos isotópicos Sm-Nd que confirman un tiempo de residencia cortical antiguo (T<sub>DM</sub> = 1757 y 1829 Ma) y una edad <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb en zircón de 1.1 Ga.

**Palabras clave:** Puerto Berrío, Quebrada El Vapor, rocas miloníticas, orogenia Grenville. Colombia.

## Abstract

In the El Vapor creek (Puerto Berrío-Antioquia), mylonitic rocks were identified. The geochemical data for the mylonites reveal high SiO<sub>2</sub> content (65.7 to 80.9 wt %) and a peraluminous character. A Rb-Sr isochron for these mylonites yielded an age of 894 ± 36 Ma, with an initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratio of ca. 0.71785. This date is interpreted here as a metamorphic resetting age in response to the Grenvillian orogeny. The high initial ratio suggests a long crustal residence period. This interpretation is confirmed with T<sub>DM</sub> model ages of 1757 and 1829 Ma and zircon evaporation age of 1.1 Ga.

**Key words:** Puerto Berrío, El Vapor creek, mylonitic rocks, Grenvillian orogeny. Colombia.

1 Instituto de Geociencias - Universidad de Brasília – Brasil. CEP 70910-900. e-mail: ordonez@unb.br

2 Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín AA 1027.



## Introducción

En el flanco nororiental de la Cordillera Central y al este de la falla de Otú, aflora parte del basamento metamórfico de esta parte de los Andes, constituido por neises localmente intercalados con lentes de anfibolita y mármol. Este basamento está cubierto en discordancia por pizarras y filitas con *Graptolites* ordovícicos. Esta característica sumada a la aparente similitud con las granulitas de la Sierra Nevada de Santa Marta, llevó a **Feininger et al.**, (1972), a asignarles una edad Precámbrica, la cual hasta hoy no había sido confirmada con estudios geocronológicos. Posterior al trabajo de **Feininger et al.** (1972), no han sido realizados estudios detallados (de campo, petrográficos, geoquímicos, isotópicos, etc) que permitan establecer una correlación/relación de estas rocas con otras de la Cordillera Central y de la parte andina en general.

Inicialmente, estas rocas podrían ser parte de un cinturón metamórfico continuo, que aflora más hacia el sur en los departamentos de Tolima y Huila y que constituiría el basamento occidental de la Cordillera Oriental. En hornblenda de las anfibolitas de Tierradentro **Vesga & Barrero** (1978), obtuvieron una edad K/Ar de  $1360 \pm 270$  Ma y recientemente **Restrepo-Pace et al.**, (1997) en hornblenda de anfibolitas del Huila (unidad correlacionable con las de Tierradentro), obtuvieron una edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de  $911 \pm 2$  Ma. Estas edades confirman la presencia de materiales precámbricos, en especial, el registro de un evento de edad Grenville responsable por la formación de estas unidades.

Las rocas metamórficas al este de la falla de Otú (objeto de este estudio) son básicamente gneis cuarzo-feldespáticos de grano fino a grueso y de color gris claro a rosado, localmente presentan texturas *augen* y sus mejores afloramientos se encuentran en las quebradas Malena y El Vapor.

En varios afloramientos se observa la presencia de texturas de deformación (*pinch and swell*) las cuales no habían sido mencionadas en trabajos anteriores. En estudios bajo el microscopio se confirmó que realmente las rocas fueron afectadas por procesos deformacionales, los cuales las transformaron localmente en protomilonitas y milonitas.

## Geología regional

Estudios geocronológicos realizados en los Andes colombianos han confirmado la existencia de materiales precámbricos en la Sierra Nevada de Santa Marta

(**MacDonald & Hurley**, 1969, **Tschanz et al.**, 1974, **Restrepo-Pace et al.**, 1997), Macizo de Santander (**Ward et al.**, 1973, **Restrepo-Pace et al.**, 1997), Macizo de Garzón (**Alvarez**, 1981, **Alvarez & Linares** 1984, **Priem et al.**, 1989, **Restrepo-Pace et al.**, 1997), flanco oriental de la Cordillera Central (**Vesga & Barrero**, 1978, **Ordóñez**, 1997, **Restrepo-Pace et al.**, 1997). En general, los estudios indican que en el territorio colombiano existen fragmentos corticales precámbricos que constituyen el basamento de la parte Oriental de los Andes Colombianos y que se generaron o fueron afectados significativamente por un evento orogénico de edad Grenville (1100-900 Ma), similar al registrado en la parte oriental de Norte América (**Kroonenberg**, 1982).

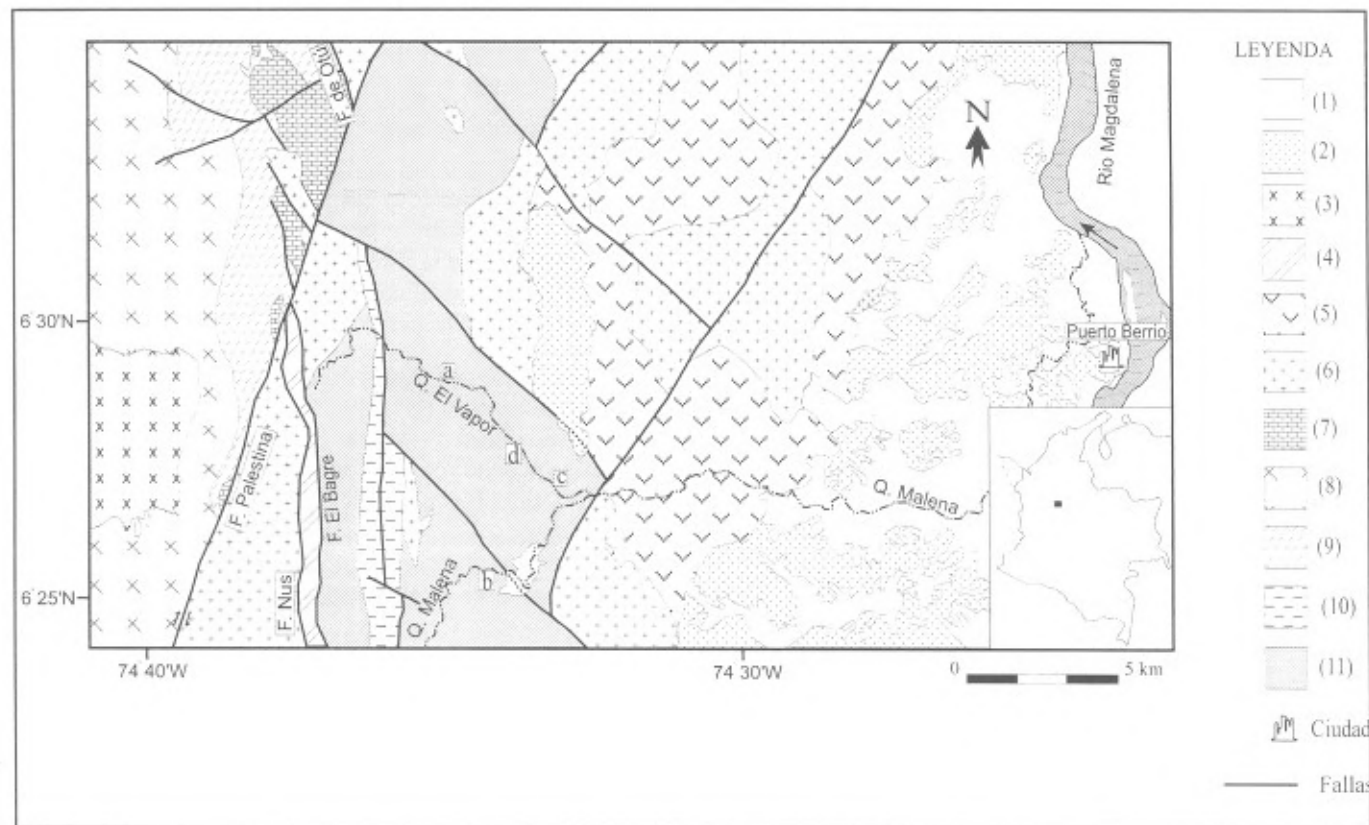
**Feininger et al.**, (1972), durante el Inventario Minero Nacional, un proyecto de cartografía geológica y de investigación de recursos minerales ejecutado entre 1964 y 1969, hicieron la cartografía y caracterizaron las rocas que afloran entre la falla de Otú y el Valle del río Magdalena, en jurisdicción del municipio de Puerto Berrio (Antioquia). Las unidades que afloran en la región tienen edades que van desde el Precámbrico hasta el Cuaternario (Fig. 1).

El basamento precámbrico aflora al este de la falla de Otú y conforman un mosaico de bloques limitados por fallas, parcialmente cubierto por materiales más jóvenes e intruido por rocas ígneas. Esencialmente, se tienen gneis cuarzo-feldespáticos intercalados localmente con lentes de anfibolita y de mármol.

**Feininger et al.**, (1972) consideraron una edad Precámbrica para estas rocas debido a que metasedimentos del Ordovícico las suprayacen en inconformidad y a una supuesta similitud que tienen con las granulitas de la Sierra Nevada de Santa Marta. La ausencia de minerales característicos de la fácies Granulita en las rocas de Puerto Berrio, impide en principio establecer algún tipo de relación genética con las rocas presentes en la Sierra Nevada de Santa Marta y descritas por **MacDonald & Hurley** (1969) y **Tschanz et al.**, (1974).

Los metasedimentos (pizarras y filitas) con graptolites ordovicianos de la Cristalina caracterizados por **Harrison** (1930) y **Botero** (1940), suprayacen a los gneis y afloran en una faja al oeste de la zona estudiada.

Al oeste de la falla de Otú, afloran en grandes áreas gneis cuarzosos, feldespáticos y algunos cuerpos de mármol, unidades consideradas por **Feininger et al.**, (1972) como parte del basamento metamórfico paleozóico de la Cordillera Central. Estas rocas son intruidas por



**Figura 1.** Geología simplificada de la Región de Puerto Berrío (modificado de **Feininger** et al 1972) y localización de las muestras coletadas para este estudio. (1) Sedimentos cuaternarios, (2) Sedimentos terciarios, (3) Cuarzodiorita cretácea, batolito Antioqueño, (4) Shales, areniscas y conglomerados cretáceos, (5) Volcánicas jurásicas al este de la falla de Otú, (6) Granitoides jurásicos, principalmente al este de la falla de Otú, (7) mármol paleozóico, (8) Gneis feldespático paleozóico, (9) Gneis y cuarzitas paleozóicas, (10) Pizarras y filitas con *Graptolites* del ordovico, (11) Gneis feldespático y milonitas del Precámbrico.

▣ B-1, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8

▤ B-11, B-12, B-13, B-14, B-15, B-16

▥ B-17, B-18, B-19

▦ B-20, B-21, B-22, B-23

cuarzodioritas cretáceas pertenecientes al Batolito Antioqueño.

Al este de la falla de Otú y de edad Jurásica afloran rocas volcánicas félsicas hasta intermediarias, así como intrusiones significativas de granitoides. Estas rocas son parte del cinturón magmático jurásico localizado en el borde oriental de la Cordillera Central, principalmente al este del sistema de fallas Otú-Pericos.

Una franja de edad Cretácea limitada por fallas y compuesta de shale negro con algo de arenisca gris y conglomerado aparece al este de la falla de Otú.

Sedimentos de edad Cenozóica suprayacen parte de las unidades anteriores especialmente en el Valle del Magdalena.

Son varias las fallas que cruzan por la zona y algunas de ellas han afectado intensamente las rocas, llegando a generar importantes y amplias zonas de brechas y roca cizallada. Las más importantes son las fallas de Otú, Palestina, Cimitarra, Bagre, Nus (**Feininger**, 1970), así como otras que carecen de nombre o que aún no han sido bien caracterizadas. Dos sistemas de fallas son destacados, uno de dirección general N-S a N30°E y en el cual se agrupan las más importantes fallas que aparecen en esta zona del país, el otro sistema tiene una dirección preferencial N30°W y aparece principalmente en el área de la quebrada El Vapor.

### Petrografía

Las muestras utilizadas para los estudios petrográficos, geoquímicos e isotópicos fueron los gneis cuarzo-

feldespáticos, los cuales representan la unidad de mayor área y con amplios y buenos afloramientos en la quebrada Malena y a lo largo del cauce de la quebrada El Vapor (Fig. 1). Relaciones de contacto entre estas rocas y afloramientos de anfibolita y de mármol no fueron establecidas, lo que impide postular cualquier interpretación al respecto de su origen o asociación.

A partir de los estudios petrográficos detallados se caracterizaron mineralógica, textural y estructuralmente las rocas metamórficas precámbricas aflorantes en esta zona. Mineralógicamente, las rocas están compuestas por:

- cuarzo 45-60%,
- plagioclasa (andesina) 20-25%,
- feldespato potásico (ortoclasa y microclina) 28-10%,
- Biotita y mica blanca 7-5%,
- Zircón, apatita y opacos como accesorios

El cuarzo se concentra principalmente en bandas y aparece en dos tipos distintos de granos. Un tipo, está representado por granos grandes elongados y subgranos los cuales presentan una marcada extinción ondulatoria y bandas de deformación. El otro tipo, lo constituyen granos menores los cuales aparecen en los bordes de los granos mayores o formando agregados de pequeños granos con contactos suturados, presentando algunos una débil extinción ondulatoria. Estas características indican que los granos menores son producto de recristalización dinámica y que los mayores se preservaron como porfiroclastos

La plagioclasa se encuentra saururizada, originando mica blanca. Algunos granos presentan en sus bordes granos menores, originados posiblemente por recristalización dinámica e otros se encuentran segmentados por micro-fallas.

El feldespato potásico es peritítico, con predominio de microclina sobre la ortoclasa; la deformación origina micro-fallas y fracturas. Cuando los feldespatos están en contacto es común observar texturas mirmequíticas. Los aspectos observados en los feldespatos indican que la cataclasis es el proceso predominante de deformación en este mineral.

La biotita es de un color pardo (este color indica condiciones metamórficas de la facies anfibolita, a temperaturas de 450-550°C), define la foliación de la roca y se encuentra intercrecida con clorita, la cual es producto de su alteración. La mica blanca aparece subordinada a la biotita, principalmente como alteración de plagioclasa. Debe destacarse que la biotita no muestra rasgos defor-

macionales marcantes, lo cual indicaría que su formación se dio durante el evento de deformación dinámica que afectó a la roca.

La foliación es definida por dos direcciones de orientación de minerales, lo que confiere a la roca un aspecto anastomosado. La dirección preferencial es definida por la biotita y por agregados finos de cuarzo, entretanto la segunda dirección es inclinada respecto de la principal y está marcada por agregados finos de cuarzo, algunas biotitas y la parte lateral de los porfiroclastos

Las muestras descritas poseen en general más del 50% de porfiroclastos en relación con la matriz recristalizada, en algunas muestras donde la recristalización es más intensa, la proporción de porfiroclastos es menor que este valor. La relación porfiroclastos/matriz y el carácter anastomosado de la foliación permite clasificar texturalmente las rocas como protomilonitas o milonitas (Wise *et al.*, 1984, Bell & Hammond, 1984). Ordóñez *et al.* (1996) consideraron conveniente la utilización de un término genérico para facilitar la ubicación y denominación de estas rocas, llamándolas Milonitas de El Vapor. La mineralogía observada, así como las evidencias geológicas (homogeneidad de los afloramientos, tamaño de grano, composición, texturas ígneas preservadas, etc) sugieren que el protólito que originó las milonitas fue más probablemente un granitóide.

## Geoquímica

Los análisis geoquímicos fueron realizados en el laboratorio de geoquímica del Instituto de Geociencias de la Universidad de Brasilia-Brasil. Las concentraciones de los elementos mayores en la forma de óxidos (menos  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$ ) y de los elementos menores fueron determinadas por espectrometría de emisión con plasma (ICP-EAS). Las concentraciones de  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  fueron determinadas usando un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer. La concentración de volátiles fue determinada a través de métodos de gravimetría y por volumetría se obtuvo la concentración del Fe ferroso. En la tabla 1 se presentan los datos geoquímicos obtenidos en algunas muestras que afloran en los cauces de las quebradas El Vapor y Malena.

Para las clasificaciones geoquímicas es importante señalar que están basadas en resultados obtenidos con composiciones químicas de rocas ígneas, los cuales reflejan exclusivamente la naturaleza de la fuente y de los procesos ígneos que modifican la composición del magma parental. Las muestras analizadas en este estudio son rocas metamórficas y es muy probable que haya

**Tabla 1.** Concentración de elementos mayores (% en peso) y menores (ppm), para algunas rocas metamórficas de Puerto Berrio-Antioquia.

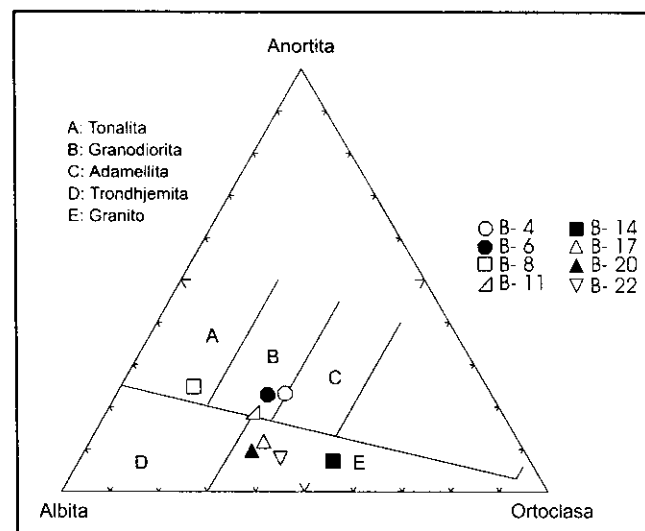
	B- 4	B- 6	B- 8	B- 11	B- 14	B- 17	B- 20	B- 22
SiO <sub>2</sub>	69.7	65.7	80.9	80.8	75.9	73.4	73.3	74.3
TiO <sub>2</sub>	0.79	0.82	0.37	0.61	0.44	0.35	0.23	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.11	10.4	9.21	8.57	11.02	13.69	13.8	12.87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0.07	0.23	0.15	0
FeO	7.34	6.97	2.91	3.34	2.19	2.3	2.5	2.94
MnO	0.06	0.13	0.06	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04
MgO	2.05	3.99	1.09	1.13	0.69	0.58	0.49	0.43
CaO	2.32	4.77	1.58	1.32	0.66	1.32	1.17	1.11
Na <sub>2</sub> O	2.22	2.37	2.22	1.9	1.93	3.22	3.41	3.41
K <sub>2</sub> O	2.71	2.44	0.93	1.7	3.77	3.19	3.19	3.9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.08	0.06	0.06	0.06	0.12	0.11	0.09
H <sub>2</sub> O	1.05	2	0.99	0.82	0.95	1.48	1.13	0.77
Total	100.51	99.67	100.32	100.3	97.72	99.91	99.52	100.04
Co	137	112	246	190	161	123	153	154
Y	15	34	15	8	11	23	28	51
V	100	140	36	48	40	30	31	25
Ni	51	85	22	21	17	14	15	16
Zr	13	10	12	10	8	18	23	17
Cu	124	80	42	38	28	42	28	33
Be	2	2	1	1	1	3	3	3
Cr	1687	473	606	581	382	281	376	490
Ba	467	715	808	217	645	867	586	478
Zn	43	77	31	49	36	18	31	42

ocurrido alguna modificación química, especialmente en lo que se refiere a los elementos más móviles (elementos mayores) y así las características finales no van a depender únicamente de los dos factores arriba mencionados. Por lo tanto, en estas rocas los resultados son utilizados (de manera cualitativa) en la tentativa de establecer una comparación aproximada con la composición química de rocas ígneas no metamorfoseadas.

El alto contenido de SiO<sub>2</sub> (65.7 a 80.9 % en peso) en las milonitas puede ser un relicto de una composición de intermedia a ácida de los materiales protolitos, o ser el resultado de la intensa removilización que afectó las rocas durante el evento dinámico que generó la milonitización, o bien una combinación de estos dos factores. De acuerdo con la clasificación de O'Connor (1965) basada en la variación normativa del feldespato, las milonitas corresponden en su composición a granodioritas y granitos (Fig. 2). En relación con la saturación en aluminio, son preferencialmente peraluminosas (Fig. 3) con las relaciones  $(Al_2O_3/CaO + Na_2O + K_2O)$  y  $(Al_2O_3/Na_2O + K_2O) > 1$ , sugiriendo una fuente sedimentaria para el magma que originó estos granitoides. La muestra B-6, se ubica en el campo de las rocas metaluminosas, indicando que materiales juveniles fueron participes de la génesis de estas rocas.

### Geocronología y geoquímica isotópica

La edad absoluta, así como los datos isotópicos obtenidos para estas rocas fueron determinados utilizando los métodos Rb-Sr, Sm-Nd y Pb-Pb. Los análisis Rb-Sr sirvieron para obtener la edad por el método de isócrona



**Figura 2.** Clasificación basada en la composición normativa de feldespato. (O'Connor, 1965)

en roca total. Los valores de Sm-Nd permitieron calcular las edades modelo ( $T_{DM}$ ) y los valores respectivos de  $e_{Nd}$ . Por último, una edad  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  fue obtenida utilizando el método de la evaporación de monocristales de zircon.

Los análisis isotópicos Sr y Nd fueron realizados en el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Brasília, después de obtener concentrados de Sr, Sm y Nd por cromatografía de cambio iónico, en un modo estático usando un espectrómetro de masa multi-colector **Finnigan MAT-262**. Las concentraciones de Sm y Nd fueron obtenidas por dilución isotópica usando un spike  $^{149}\text{Sm}$ - $^{150}\text{Nd}$ . Las razones isotópicas obtenidas de Sr y Nd fueron normalizadas con los valores de  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$  y  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$ . Las incertidumbres 2s para las razones  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  y  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  son menores que 0.05% y 0.005%, respectivamente.

Las constantes de decaimiento usadas son las recomendadas por **Steiger & Jäger** (1977) y las edades obtenidas presentan un intervalo de confianza del 95%. Durante el período en que se realizaron los análisis el patrón NBS-987 de Sr presenta valores entre 0.71024 y 0.71029 y el patrón LaJolla de Nd valores entre 0.511818 e 0.511842.

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

Los análisis fueron realizados sobre siete muestras caracterizadas como miloníticas y que constituyen una buena representación de la unidad en estudio. Estas rocas presentaron altos y variados tenores de Rb (91 a 183 ppm), generando razones  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  y  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  igualmente altas y variadas (tabla 2). Con estos datos se obtuvo una edad isocrónica de  $894 \pm 36$  Ma y una razón inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de 0.71785 (Fig. 4). La alta razón inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  sugiere que los protolitos de las milonitas tienen un origen cortical o bien una larga residencia en la corteza al momento de su formación. La edad Precámbrica obtenida, mas probablemente representa la época de re-homogenización y encerramiento del sistema isotópico Rb-Sr que se dio durante el evento deformacional que origino las milonitas.

**Método Sm-Nd.** Fueron realizados análisis isotópicos Sm-Nd para dos muestras de las milonitas de El Vapor, B-4 y B-22 (tabla 3).

Para el cálculo de la edad modelo  $T_{DM}$ , interpretada como la edad de residencia cortical para un material, se utilizo la ecuación de **DePaolo** (1981) :  $0.25T^2 - 3T + 8.5$ .

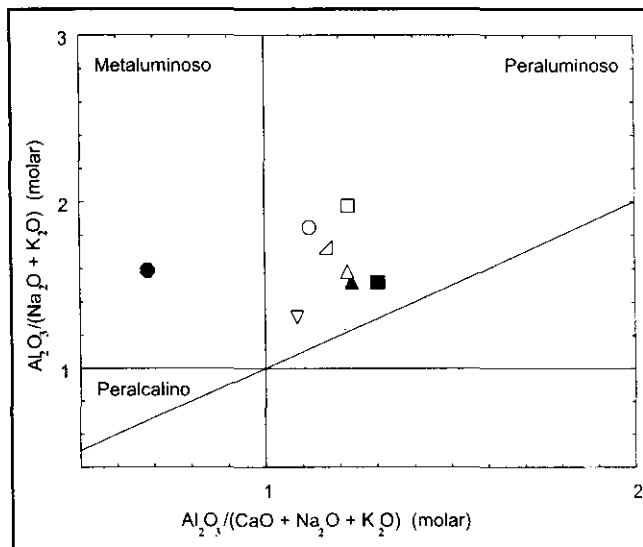


Figura 3. Saturación de Aluminio, utilizando los índices de Shand. (Maniar & Piccoli, 1989)

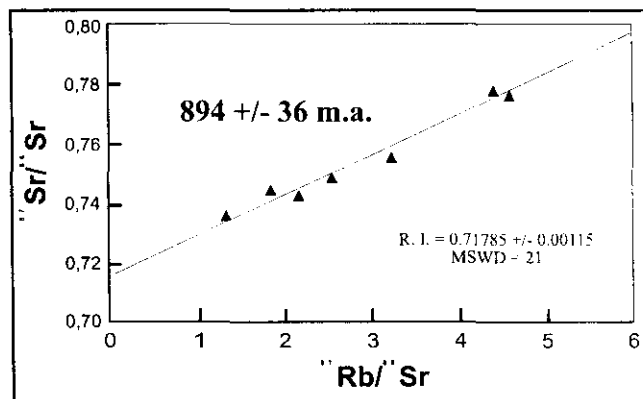


Figura 4. Isócrona Rb/Sr de las Milonitas de El Vapor

Tabla 2. Resultado de los análisis Rb-Sr de las Milonitas de El Vapor. Incertidumbres 2s en la razón  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  son menores que 0.05% y para las razones  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  menores que 2%.

MUESTRA	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
B-3	106	167	1.86	0.74446
B-4	124	141	2.55	0.74861
B-7	183	164	3.22	0.75547
B-12	96	128	2.18	0.74255
B-17	90	196	1.35	0.73558
B-22	148	98	4.40	0.77792
B-23	151	96	4.58	0.77610

**Tabla 3.** Datos Sm-Nd de las Milonitas de El Vapor. Incertidumbres 1s en la razón  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  son menores que 0.005% y para la razón  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  menor que 0.1%. El valor  $e_{\text{Nd}(T)}$  fue calculado utilizando la edad isocrónica Rb-Sr de 894 Ma.

Muestra	Sm	Nd	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$e_{\text{Nd}(T)}$	$T_{\text{DM}}(\text{Ma})$	$\text{Nd}_i$
B-4	7.48	37.15	$0.511931 \pm 14$	0.1218	-5.23	1829	0.511217
B-22	7.99	30.79	$0.512370 \pm 13$	0.1560	-0.57	1757	0.511455

El valor de Epsilon de Neodimio ( $e_{\text{Nd}}$ ) en el tiempo "t" se obtuvo utilizando la ecuación de **DePaulo & Wasserburg (1976)**:  $e_{\text{Nd}} = [ \{ (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{im}} / (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR-t}} \} - 1 ] \times 10^4$ , con valores para el CHUR (*chondritic uniform reservoir*) de:  $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.512638$  y  $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.1967$ .

Las edades  $T_{\text{DM}}$  de 1757 y 1829 Ma, indican que parte de los materiales que originaron las milonitas son tan antiguas como 1.8 Ga. Hasta hoy, no han sido identificadas rocas con esa edad en esta parte de Colombia. Estos valores son semejantes a los registrados para otras unidades andinas (**Restrepo-Pace et al., 1997**) e interpretados como asociados, de un modo general, con la evolución del Craton Amazónico. Sin embargo, las edades son igualmente semejantes a las obtenidas para rocas grenvillianas identificadas en México y la parte oeste de Norte América (**Ruiz et al., 1988, Yañez et al., 1991**), así como en el norte de Argentina, sur de Bolivia y en el occidente peruano y sugeridas como indicadoras de la participación de materiales provenientes o asociados con el Cratón de Norte América durante la orogenia Grenville, lo que bien podría ser sugerido para las rocas grenvillianas presentes en Colombia.

Los valores negativos de  $e_{\text{Nd}(T)}$  de -5.23 y -0.57, indican que los materiales involucrados en el origen de las milonitas tenían, en el momento de su formación, un origen cortical o probablemente resultan de una mezcla entre materiales antiguos y juveniles que sirvieron de fuente para originar los protolitos de las milonitas.

**Método Pb-Pb.** A partir de un concentrado de minerales de una de las muestras estudiadas (B-17), fue separado un cristal de zircón y colocado en un doble filamento de Renio y sometido a altas temperaturas para su evaporación y análisis isotópico en el espectrómetro de masa. Los detalles de la técnica utilizada son los propuestos por **Kober (1986)**. Con este método se obtiene una edad  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , la cual es calculada a partir de la ecuación:

$$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})^* = ^{235}\text{U}/^{238}\text{U} (e^{\lambda_1 t} - 1) / (e^{\lambda_2 t} - 1), \text{ con}$$

$$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})^* = \text{valor medido en el espectrómetro de masa}$$

$^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 1/137.88$ , Valor actual para todo el U de composición isotópica normal en la Tierra, la Luna y los meteoritos.

$$\lambda_1 = 9.8485 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$$

$$\lambda_2 = 1.55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$$

Los zircones de Puerto Berrio presentan formas prismáticas bien definidas, un color marrón y tamaños de hasta un mm. A partir de un solo análisis realizado se obtuvo una edad  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de 1100 Ma. Este valor podría representar la edad de parte de los protolitos que formaron las milonitas o la edad de cristalización del granitoide, sin embargo es un valor que debe ser considerado como preliminar dado su carácter de análisis único.

## Discusión

Aunque **Feininger et al. (1972)** mencionaron de forma general que estas rocas sufrieron fuerte cataclasis y metamorfismo retrogrado, no describieron ni caracterizaron la recristalización ni la deformación diferencial que sufrieron estas rocas, ya que en el área pueden ser encontrados gneis, gneis protomiloníticos, milonitas y posiblemente ultramilonitas.

La falla o evento deformacional que originó la milonitización en estas rocas, actuó durante el Precámbrico y solamente afectó estas rocas, ya que en los trabajos realizados en el área (este en particular), no se identificaron características indicadoras de que los metasedimentos de la Cristalina, los cuales suprayacen las milonitas, estén afectados dinámicamente. La edad isocrónica Rb-Sr de  $894 \pm 36$  Ma representa la época de re-homogenización y encerramiento del sistema isotópico Rb-Sr, el cual se dio durante el evento deformacional que originó las milonitas. Esta edad es semejante a las obtenidas para otras unidades presentes en Colombia (Macizo de Garzón, Macizo de Santander, Sierra Nevada de Santa Marta, flanco este de la Cordillera Central) y que en conjunto son interpretadas como asociadas con la orogenia Grenville.

Además de constituir la exposición más occidental de rocas precámbricas en Colombia, estos fragmentos

corticales representarían una evidencia de la posible unión entre la parte noroeste de Sur América y la margen oriental de Norte América, situación que se dio posiblemente durante el evento Grenville hace entre 1100 y 900 Ma, o bien pueden ser "pedazos" grenvillianos que han sido incorporados al territorio colombiano durante los distintos eventos de acreción registrados en los Andes Colombianos, como lo sugieren los modelos, propuestas, por **Restrepo & Toussaint (1988)** **Toussaint & Restrepo (1994)** y **Etayo et al., (1986)**.

### Agradecimientos

Para la realización de este estudio se conto con la colaboración de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, del Instituto de Geociencias de la Universidad de Brasília, del laboratorio de geocronología de la universidad de São Paulo y el apoyo financiero del CNPq y CAPES de Brasil.

### Referencias citadas

- Alvarez, J.** 1981. Determinación de edad Rb/Sr en rocas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental de Colombia. *Geología Norandina*, Bogotá, **4**: 31-38.
- Alvarez, J. & Linares, E.** 1984. Una edad K/Ar del Macizo de Garzón, departamento del Huila (Colombia). *Geología Norandina*, Bogotá, **9**: 31-38.
- Botero A. G.** 1940. Geología sobre el Ordoviciano de Antioquia. *Minería, Medellín*, **17**(99): 8249-8256.
- Bell, T. & Hammond, R. L.** 1984. On the internal geometry of mylonite zones. *Journal of Geology*, **92**: 667-686.
- DePaolo, D. J.** 1981. Neodymium isotopes in The Colorado Front Range and crust-mantle evolution in the Proterozoic. *Nature*, **291**: 193-196.
- DePaolo, D. J. & Wasserburg, G. J.** 1976. Nd isotopic variations and petrogenetic models. *Geophysical Research Letters*, **3**(5): 249-252.
- Feininger, T.** 1970. The Palestina fault. *Geological Society of American Bulletin*, **81**(4): 1201-1216.
- Feininger, T., Barrero, D. & Castro, N.** 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-zona II-B). *Boletín Geológico*. Bogotá. **20**(2): 1-173.
- Harrison, J. V.** 1930. The Magdalena Valley. - C.R. 15th International Geological Congress, Petroria, South Africa, **2**: 399-409..
- Kober B.** 1986. Whole-grain evaporation for  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  - age- investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **93**: 482-490.
- Kroonenberg, S. B.** 1982. A grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relation to the Guiana Shield. *Geol. Mijnbouw*. **61**: 325-333.
- MacDonald, W. D. & Hurley, P. M.** 1969. Precambrian gneisses from northern Colombia, South America. *Geological Society of America Bulletin*. **80**: 1867-1872.
- Maniar, P. D. & Piccoli, P. M.** 1989. Tectonic discrimination of Granitoids. *Geological Society of America Bulletin*. **101**: 635-643.
- O'Connor, J. T.** 1965. A classification of quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. U. S. Geological Survey special Paper. **525B**: 79-84.
- Ordóñez, C. O.** 1997. O Pré-Cambriano na parte norte da Cordilheira Central dos Andes colombianos (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Brasília-Brasil, 99p.
- Ordóñez, C. O., Pimentel, M. M., Moraes, R., Viana, M., Angel, P. & Restrepo, J. J.** 1996. Ocurrencia de rocas cizalladas en la región de Puerto Berrio - Antioquia. - VII Congreso Colombiano de Geología, Libro de resúmenes, Bogotá.
- Priem, H. N. A., Kroonenberg, S. B., Boelrijk, N. A. I. M., & Hebeda, E. H.** 1989. Rb-Sr and K-Ar evidence for the presence of a 1.6 Ga basement underlying the 1.2 Ga Garzón-Santa Marta granulite belt in the Colombia Andes. *Precambrian Research*, **42**: 315-324.
- Restrepo, J. J. & Toussaint, J. F.** 1988 Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, **11**(3): 189-193.
- Restrepo-Pace, P. A., Ruiz J., Gehrels, G. & Cosca, M.** 1997. Geochronological and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Science Letters*, **150**: 427-441.
- Ruiz, J., Patchett, J. P. & Ortega, F. G.** 1988. Proterozoic and Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopes studies. *Geological Society of America Bulletin*, **100**: 274-281.
- Steiger, R. H. & Jäger, E.** 1977. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Sciences Letters*, **36**: 359-362.
- Toussaint, J. F. & Restrepo J. J.** 1994. The Colombian Andes during Cretaceous times. In: *Cretaceous tectonics of the Andes*. Ed. Vieweg & Sohn, Wiesbaden: 61-100.
- Tschanz, C., Marvin, R., Cruz, J., Mehnert, H. & Cebula, G.** 1974. Geologic evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta, Northeastern Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, **87**: 481-495.
- Vesga, C. J. & Barrero D.** 1978. Edades K/Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica. - II Congreso Colombiano de Geología, libro de resúmenes, Bogotá.
- Ward, E. D., Goldsmith, R., Cruz, B. J. & Restrepo, A. H.** 1973. Geología de los cuadrangulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. *Boletín Geológico*. Bogotá. **21**(1-3): 1-132.
- Wisc, D. U., Dunn, D. E., Engelder, J. T., Geiser, P. A., Hatcher, R. D., Kish, S. A., Odom, A., L. & Schamel, S.** (1984). Fault-related rocks: suggestions for terminology. *Geology*, **12**: 391-394.
- Yañez, P., Ruiz, J., Patchett, J. P., Ortega, F. G. & Gehrels, G.** 1991. Isotopic studies of the Acatlan Complex, southern Mexico: implications for Paleozoic north america tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, **103**: 817-828.

# ESTUDIO DE SISMICIDAD HISTÓRICA EN LA REGIÓN DE BUCARAMANGA (COLOMBIA)<sup>1</sup>

por

Elkin de Jesús Salcedo Hurtado<sup>2</sup>

## Resumen

**Salcedo, E.:** Estudio de sismicidad histórica en la región de Bucaramanga, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 233-248, 1999. ISSN 0370-3908.

A pesar de que Bucaramanga es la región sismoactiva de Colombia con mayor producción de sismos, no existen estudios de sismicidad histórica que revelen su actividad en el período preinstrumental. Con el fin de llenar ese vacío, y mediante los métodos *intensivista* y *extensivista*, se inicia con este trabajo la revisión sistemática de fuentes periódicas, con el objeto de intensificar el conocimiento de los sismos catalogados, y a la vez conseguir la mayor cantidad de nuevas noticias sísmicas. Como resultado esencial de esta investigación se puede decir que hasta ahora la región de Bucaramanga no ha sido escenario de terremotos catastróficos, cuyos efectos puedan ser recordados por la población; también es importante destacar que desde 1930, y como promedio, en el transcurso de cada 5 años, ocurren por lo menos 2 sismos que son sentidos en la ciudad y que en un período de sólo 26 años, (entre 1950 y 1976), se tuvo noticia de la ocurrencia de 45 eventos sísmicos. No obstante la exhaustiva búsqueda, los resultados tienen el carácter de preliminares e impulsan a la continuación de este estudio, cuya meta fundamental es la de asignar el grado de intensidad de cada uno de los sismos.

**Palabras clave:** Sismicidad histórica, región de Bucaramanga, período preinstrumental, métodos intensivista y extensivista, fuentes periódicas, noticias sísmicas.

## Abstract

In spite of the fact that Bucaramanga is a seismoactive region of Colombian territory that in recent years shows the major production of earthquakes, it does not have historical studies that reveal its seismic activity in the preinstrumental period. As a contribution to fill this vacuum, the present study, using the *intensiveist* and *extensiveist* methods, begins with the systematic revision of newspaper sources, in order to intensify the knowledge of the cataloged earthquakes, on one hand, and to get the major quantity of new seismic notices, on the other hand. As an

<sup>1</sup> Estudio realizado para INGEOMINAS en el marco del proyecto Microzonificación Sísmica del Área Metropolitana de Bucaramanga.

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad del Valle. Ciudad Universitaria. A.A. 25360. Cali-Valle.



initial result of this research it is possible to tell that until now the Bucaramanga region has not been the scene of catastrophic earthquakes, whose effects can be unhappily remembered by the population; also it is important to emphasize that from 1930, on average every 5 years, at least 2 quakes are sensed in Bucaramanga city, and that in a period of 26 years, between 1950 and 1976, about 45 earthquakes occurred. In spite of exhaustive search, the results presented in this paper must be considerate as preliminary and urge to continue this study, with one fundamental goal, the assessment of the degree of intensity for every recognized earthquake.

**Key words:** Historical seismicity, Bucaramanga region, preinstrumental period, intensiveist and extensiveist methods, newspaper sources, seismic news.

## 1. Introducción

Como es bien sabido, todo estudio confiable sobre valoración de la amenaza y el riesgo sísmico de una región determinada requiere de un riguroso conocimiento de su sismicidad en un largo período de tiempo, incluyendo la colección y análisis crítico de la información macrosísmica.

La región de Bucaramanga es una de las más sismoactivas de todo el territorio colombiano; su alta tasa de producción de sismos en los últimos años la ubica como una de las de mayor peligro sísmico en todo el mundo. Debido a la alta tasa de recurrencia sísmica y a que la fuente sismogénica está confinada a un volumen relativamente pequeño en el interior de la tierra, se la ha denominado como nido de Bucaramanga. Sobre esta región se erige uno de los principales centros urbanos y de alto crecimiento poblacional, industrial, turístico y de infraestructura de Colombia.

Por estas razones el nido de Bucaramanga se ha convertido en una de las regiones sismoactivas de Colombia mejor monitoreada instrumentalmente para el estudio de los sismos (Tryggvason & Lawson Jr., 1970; Pennington et al., 1981; Gómez-Padilla, 1980; Schneider, 1987; Rivera, 1989). A pesar de esta circunstancia, se considera que la región no cuenta con estudios suficientes sobre la sismicidad ocurrida en tiempos remotos, razón que imposibilita realizar un estudio confiable sobre valoración de la amenaza sísmica de Bucaramanga y de sus zonas vecinas.

Los datos más confiables sobre la sismicidad del nido de Bucaramanga son, los registros obtenidos en los últimos cinco años, desde que empezó a funcionar la Red Sismológica Nacional de Colombia, la cual por tener gran sensibilidad y una buena cobertura, permite una mejor ubicación de los sismos provenientes de la región; sin embargo, el modelo de velocidad con el cual son localizados los sismos en esta red genera muchas imprecisiones, colocando nuevamente la información en un plano de poca certeza y de poca utilidad para estudios de amena-

za sísmica. Existen además los datos aportados por algunos estudios en el curso de los que se instalaron redes sismológicas con estaciones portátiles; las campañas de campo llevadas a cabo generalmente fueron realizadas en períodos de unos pocos días (Pennington et al., 1981; Schneider, 1987; Rivera, 1989).

A pesar de la gran cantidad de sismos que han sido registrados y asignados a la región del "nido" de Bucaramanga, el período instrumental de conocimiento de su sismicidad es muy corto, mostrándonos que se requiere un estudio detallado y exhaustivo sobre los sismos ocurridos en el período preinstrumental, lo cual implica el conocimiento de la región en términos históricos, culturales, religiosos, sociales y sismológicos.

Consciente de esta necesidad, el Instituto Geológico (INGEOMINAS) a través de un convenio con la alcaldía de Bucaramanga, ha iniciado el estudio de la microzonificación sísmica del área metropolitana de Bucaramanga prestándole gran importancia a la intensificación del conocimiento de la sismicidad histórica de la región. Con este objetivo se llevó a cabo una búsqueda en archivos y bibliotecas de la ciudad, principalmente, sobre periódicos y documentos locales, para ampliar el conocimiento de los sismos ya catalogados, así como el posible número de sismos que han ocurrido en la región. Producto de esa investigación surge el presente artículo.

## 2. Reseña histórica

Esta reseña se basa en investigaciones realizadas por historiadores y estudiantes de la Escuela de Historia de la Universidad Industrial de Santander (UIS) quienes, preocupados por los problemas regionales, han realizado investigaciones sobre aspectos económicos, sociales, urbanos, étnicos y políticos de la región. Parte de estos trabajos han sido publicados en el Anuario de Fronteras y Regiones (1995). El resumen que se presenta ha sido elaborado con la ayuda del estudiante de Historia Néstor Moyano Rodríguez.

### *2.1. Breve reseña del desarrollo del departamento de Santander*

Los procesos de poblamiento han estado caracterizados por diferentes patrones que se enmarcan en los conceptos jurídicos de: ciudad, pueblos de indios, parroquia, villa, cantón y municipios.

Estas denominaciones que estuvieron formadas por solares inmensos, chozas y capillas improvisadas no tenían nada que ver con las grandes urbes, avenidas o edificios que hoy conocemos. Básicamente tenían que ser fundadas por derecho Real, enmarcado en una capitulación, lo que permitió legalizar la posesión de la tierra. Ello hizo que las mismas contaran con un Cabildo de Justicia y Regimiento para imponer autoridad y respeto ante otros cabildos. En Santander las primeras ciudades fundadas fueron: Vélez, Pamplona, San Faustino de los Ríos, Salazar de las Palmas, Ocaña y San Juan de Girón, las que ocuparon prácticamente todo el territorio de lo que hoy conocemos como los dos santanderes.

En el caso de los pueblos de indios, fueron asentamientos creados por los cabildos de las ciudades para aglomerar indígenas. Estos territorios se dieron en los alrededores de las mismas, apoyándose en los ejidos. Los pueblos de indios contaban con alcalde; tesorero y cura de indios, su establecimiento se daba por la orden impartida a un grupo de ciudadanos para que se apoderara de un territorio cercano a la ciudad. Entre los principales pueblos se cuentan: Guavatá, Chipatá, Chanchón, Guane y Guepsa en Vélez; Bucaramanga, Arboledas, Suratá, Cacotá, Chinácota, Cúcuta, Guaca, Servitá y Silos en Pamplona; Brotaré, La Loma, Carasica, Buenavista, Aspasica en Ocaña; Santiago y Limoncitos en Salazar de las Palmas.

Las parroquias fueron establecimientos territoriales que surgieron del mestizaje entre los habitantes de las ciudades y los pueblos de indios. En una revisión de un oidor en 1791 se determinó reglamentar los pueblos en parroquias, para lo cual se ordenó iniciar un proceso legal ante la ciudad, que consistía en presentar una solicitud de erección parroquial. Aquella debía tener una población no menor de cincuenta familias, estar en capacidad de pagar un cura y sostenerlo con estipendios, comprometerse con tres cofradías, una del santísimo sacramento, otra a una advocación a la santísima Virgen y por último una a las ánimas del purgatorio, además debían construir el templo parroquial.

Luego se realizaba un estudio y se comunicaba al vecindario la fecha de su erección parroquial. Una vez que el cura tomaba posesión de curato comenzaba a administrar sacramentos, celebrar misa, impartir bautismos, pre-

dicar, y por obligación debía llevar tres libros: bautismos, matrimonios y defunciones. De esta forma se erigieron las parroquias de Santa Barbara, Puente Real, San Roque de Guepsa, San Antonio de Guavatá, San Isidro de la Aguada, Nuestra Señora de La Paz, en Vélez; San Francisco Javier del Pié de la Cuesta, Santa Barbara de Rionegro, San Roque de los Cañaverales, San Juan Nepomuceno de Floridablanca, y San Laureano del Real de Minas de Bucaramanga en San Juan de Girón; Santo Eccehomo de Cacotá, Santo Eccehomo de Matanza y Nuestra Señora de Chiquinquirá del Valle de Suratá en Pamplona.

Con relación a las villas, este tipo de asentamiento fue un título que persiguieron las parroquias con solvencia económica y buen número de pobladores, las cuales incurrieron en gastos ante la corona para obtenerlo, como ocurrió con la Villa de San Gil y Socorro, Villa de Nuestra Señora del Socorro, Santa Cruz de San Gil y Nueva Baesa. Posteriormente, a finales de la colonia, se alcanzó a nombrar la Villa de San Carlos del Pié de la Cuesta.

Este ordenamiento territorial duró hasta los acontecimientos de 1810, de ahí la importancia de conocerlo, al menos brevemente, para obtener una aproximación histórica puesto que la información debe ser completamente investigada en los archivos de las ciudades, pueblos, parroquias y villas.

Con el ordenamiento territorial dispuesto en el siglo XIX fueron muchos los cambios ocurridos. Las revoluciones civiles no consolidaron un patrón idéntico al ocurrido en el anterior período; solamente en 1832, luego de la separación de la Gran Colombia, se ordenó que el territorio fuera dividido en provincias, cantones y parroquias.

En el territorio Santandereano las provincias fueron Vélez, Pamplona, Socorro; en 1849 se crearon Ocaña y Soto. A mediados del siglo se cambió nuevamente el ordenamiento territorial, creándose en 1857 el estado soberano de Santander, con capital Socorro, y formado por las provincias de Ocaña, Pamplona, García Rovira, San Gil, Socorro y Vélez, las cuales a su vez estaban formadas por departamentos y cada uno de ellos por parroquias.

La Constitución de 1886 eliminó los estados y los convirtió en departamentos; su artículo 182 dividió los departamentos en provincias y éstos a su turno en distritos municipales. De esta forma se igualaron todos los títulos de la colonia en uno solo, el municipio, independiente de su población o capacidad económica.

Así, en 1886 el departamento de Santander surgió con nueve provincias: Cúcuta, Charalá, Guanentá, García Rovira, Ocaña, Pamplona, Soto, Socorro y Vélez. Cada

una era gobernada por un prefecto de libre nombramiento por el gobernador y definido como su agente inmediato. En 1910 se dividió el territorio en dos departamentos, creando Norte y Sur de Santander; por ello se designaron las provincias del Sur: Soto, García Rovira, Comuneros, Guanentina, y Vélez, para la conformación del departamento que lleva su nombre.

## 2.2. Breve reseña del desarrollo de Bucaramanga

Bucaramanga fue situada como pueblo de indios por Andrés Páez de Sotomayor, el 22 de diciembre de 1622, en cumplimiento de una orden que dio el entonces Oidor de la Real Audiencia y visitador general de las provincias de Tunja y Pamplona. El poblamiento fue creciendo hasta lograr una petición parroquial que se consolidó en 1791, fecha en la cual se erigió la parroquia de San Laureano del Real de Minas de Bucaramanga.

Con los cambios republicanos del siglo XIX, el sitio comarcano conformado por parroquianos, tuvo algunos desarrollos; ya en 1851 tenía 10.008 habitantes, según censo y fue capital del cantón de Soto<sup>3</sup>.

Bucaramanga fue designada capital del departamento de Santander el 24 de Marzo de 1886<sup>4</sup>, y su población ya era de casi veinte mil habitantes, adquiriendo de este modo posición de privilegio en la región<sup>5</sup>.

A este proceso del siglo XIX se atribuye que la región adquiriera importancia económica por el cultivo y comercialización del café, situación que atrajo buen número de extranjeros, especialmente alemanes e italianos, quienes crearon varias asociaciones como el club del Comercio en 1872, entre otras. Al interior de dicho club se gestaron proyectos de urbanización, por ejemplo, se obtuvo el título de villa para la Parroquia de Bucaramanga.

El casco urbano fue creciendo sin planificación y más bien con caminos amontonados; se redujo a un espacio pequeño que puede describirse así: la plaza principal hasta la manzana No. 16, sitio conocido como cabecera del llano, al occidente, norte y sur, hasta la cuarta manzana, respectivamente. A su interior los tipos de vivienda fueron: a) casas de bahareque palos y paja; b) Viviendas de tapias palos y paja; c) mediaguas de palos y paja. Esta imagen se conser-

vó hasta la década del treinta del presente siglo. En censos que se realizaron en 1918 y 1928, el casco urbano contaba con 36.000 y 44.083 habitantes respectivamente. **Valdivieso-Canal** (1992) explica que este fuerte crecimiento de la población se debe al éxito de la economía cafetera en las poblaciones vecinas, que motivó el flujo de pobladores desde esos lugares hacia la capital en busca de mejor nivel de vida y nuevas oportunidades; también a esto se suma el desarrollo petrolero de Barrancabermeja.

La creación de la Sociedad de Mejoras Públicas en 1929 y su reglamentación diez años después, atrajo buen número de extranjeros que junto con el club del Comercio trasladaron costumbres religiosas, urbanísticas y de moda europea, al punto que se crearon barrios, parques y avenidas con ese estilo. A partir de este momento se planeó el crecimiento urbano del municipio, y las pequeñas calles de los parroquianos se fueron ensanchando. Con ello se inició la etapa del alcantarillado y acueducto. En esta década se dio inicio a la creación de proyectos de barrios como San Alonso, Sotomayor y Conucos, como también barrios populares como Alfonso López y Modelo. Además se inició el proyecto para la construcción del colector de quebrada Seca, la construcción de algunos edificios de tres plantas en el centro del municipio y la creación de nuevas carreras.

Sobre la década de los cuarenta se dieron importantes pasos en el desarrollo urbano del municipio. En 1948 se construyeron las primeras instalaciones de la Universidad Industrial y las canchas y tribunas del estadio Alfonso López. En cuanto a la parte comercial, existían producciones de cervezas, algunos comestibles, fábricas y fabriquines de cigarrillos y cigarrillos en empresas con aporte de capital mixto, nacional y extranjero (**Valdivieso-Canal**, 1992).

En las décadas de los 50 y 60, con una ayuda que el municipio recibió por parte del gobierno nacional se favoreció con créditos la pavimentación e iluminación de calles y la creación de nuevos barrios por medio del Instituto de Crédito Territorial. Junto con este aporte algunos bancos introdujeron cambios con edificaciones de más de 8 plantas, como la de los bancos Comercial, Colombia, de la República y Ganadero. Esta etapa marcó el inicio de la ampliación de la carrera 27 y la carrera 15; se crearon nuevos barrios como Nuevo Girardot, San Alonso, y aparecieron los bulevares junto con el barrio San Francisco. Para 1954 ya existían 570 edificios de más de dos plantas en Bucaramanga.

En la década de los 60 aparecen hacia el sur barrios populares como Villabel y proyectos del Balcón del Tejar; además se da inicio a la canalización de las quebradas Joyita, Iglesia, Rosita, y la pavimentación de la que-

3 Es bueno recordar que de acuerdo con la Constitución de 1843, el territorio Nacional se dividió en Provincias, Cantones y Parroquias.

4 David Jhonson (1984): Santander siglo XIX: cambios económicos y sociopolíticos, Bogotá. Citado por Valdivieso-Canal S., 1992, pag. 213.

5 Joaquín García. Crónicas de Bucaramanga, Imprenta del departamento, Bucaramanga. Citado por Valdivieso-Canal S., 1992, pag. 213.

brada Seca. De este modo el desarrollo urbano se va consolidando por la prolongación de la carrera 15 hasta el barrio La Ceiba y el futuro Barrio La Victoria. A finales de esta década se puede destacar la inauguración de los barrios Molinos y Provenza y los proyectos del viaducto García Cadena y el nuevo aeropuerto de Palonegro.

Sobre la década de los 70 se construyeron algunas obras que son ejemplo de ingeniería colombiana, tales como el viaducto García Cadena, La Puerta del Sol, remodelación de las graderías del estadio Alfonso López, ampliación y pavimentación de la vía a Florida; se inaugura el edificio Colseguros sobre la carrera 15 con calle 36, el alcantarillado, pavimentación del 80% de las calles y la semaforización de las mismas; aparecen nuevos barrios como la Castellana, Pan de Azúcar, y obras como hoteles y sitios de descanso. Además se presentaron los proyectos de las vías que comunican a Bucaramanga con Barrancabermeja, Bucaramanga-Bogotá, Bucaramanga-La Costa, Bucaramanga-Cúcuta, vías que permitieron el desarrollo urbano del área que hoy se conoce como área metropolitana, conformada por los municipios de Florida, Girón, Piedecuesta y Bucaramanga.

Finalmente, debido a los cambios notorios que ha sufrido el área metropolitana, que hoy día cuenta con más de un millón de habitantes, no se detallan las últimas décadas, puesto que ello implica un estudio pormenorizado en los archivos de planeación municipal.

### 3. Estudios sismológicos anteriores

Introducirse en el estudio de la sismicidad de cualquier región del territorio colombiano, obliga a iniciar con la revisión de la obra del Padre Jesús Emilio Ramírez, denominada "Historia de los terremotos en Colombia". Este libro que se publica por primera vez en 1969, compila los principales datos sobre los sismos ocurridos en el país desde los tiempos de la conquista (siglo XVI) hasta 1963. De los 597 sismos que registra para todo el territorio nacional, 111 aparecen ubicados con epicentro en algún lugar del departamento de Santander. Su distribución aparece en la tabla 1.

Como se puede ver, el epicentro de la mayor cantidad de los sismos contabilizados se ubica en las localidades de Barrancabermeja y San Vicente erigidas sobre la fuente sismogénica conocida como nido de Bucaramanga. **Gómez-Padilla** (1980) anota que más del 70% de estos sismos empiezan a contabilizarse desde el año de 1958 y que el 50% de los sismos pequeños registrados en todo el territorio colombiano en el período comprendido entre

**Tabla 1.** Terremotos en el Departamento de Santander entre 1566 -1963 (Adaptada de Ramírez, 1969).

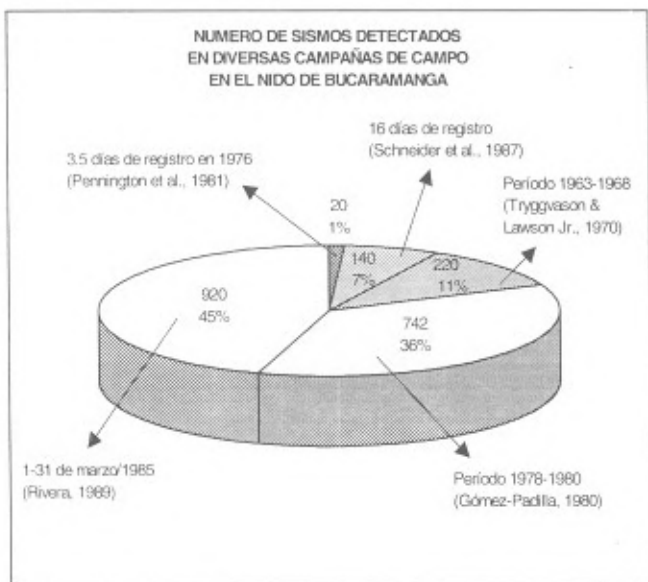
LUGAR	Número de sismos	Intensidad*	Rango de Profundidad
Barrancabermeja	35	II	127 - 200
San Vicente	28	II	35 - 200
Umpalá	4	I	166 - 176
Los Santos	3	I	(150)
Betulia	3	I	no definida
Piedecuesta	3	I	143
San Andrés	2	I	221
Aratoca	2	I	108
Zapatoca	2	I	no definida
San Luís	2	I	no definida
Socorro	2	I	no definida
Curití	2	I	no definida
Girón	2	I	no definida
La Gómez	1	I	no definida
San Gil	1	I	no definida
Charalá	1	I	183
El Centro	1	II	150
San José	1	I	no definida
Capitanejo	1	I	no definida
Matanza	2	I	no definida
Güepsa	1	II	150
El Playón	1	I	no definida
Infantas	1	I	no definida
<b>TOTAL</b>	<b>111</b>		

\* Escala Triple con equivalencia a la Escala de intensidad de Mercalli Modificada, donde: I representa los grados III, IV y V; II equivale a VI, VII, VIII.

1958 y 1963 corresponden a esta región. Debe quedar claro que esto no significa que a partir de esta fecha se inicie la actividad del nido de Bucaramanga.

Como lo indican **Salcedo et al.** (1994), el efecto de ausencia de datos de actividad sísmica en la región de Bucaramanga en el período anterior a 1958, se debe en primer lugar a la poca cobertura que tenía la red sismológica nacional existente y, en segundo lugar, a la falta de suficiente instrumentación e insensibilidad de sus equipos para detectar los sismos que allí se presentaban con características especiales en magnitud y profundidad. Esta situación no solo se presenta con el nido de Bucaramanga, sino que es común en todas las demás regiones sismoactivas del territorio colombiano (**Salcedo & Santana**, 1998).

La reedición de la obra del padre **Ramírez** (1975b), proporciona un nuevo catálogo de sismos hasta 1974, muestra la constante y alta tasa de actividad sísmica de la zona del macizo Santandereano, donde además de Barrancabermeja



**Figura 1.** Porcentaje y número de sismos registrados instrumentalmente en la estación permanente de Bucaramanga y en diversas campañas sismológicas de campo llevadas a cabo en la región del nido de Bucaramanga entre 1963 y 1985.

y San Vicente, se destacan Umpalá, Pamplona y Los Curos, como zonas de alta frecuencia de sismos.

A partir de la considerable actividad sísmica que muestra la zona del macizo Santandereano, surge el interés de estudios científicos rigurosos y se realizan diversas campañas sismológicas para la detección de sismos en las zonas aledañas a la ciudad de Bucaramanga, ubicada también por encima del citado nido de Bucaramanga. Esto convierte a esta región en la mejor monitoreada a través de instrumentos en Colombia (Tryggvason & Lawson Jr., 1970; Pennington et al., 1981; Gómez-Padilla, 1980; Schneider, 1987; Rivera, 1989).

Estos autores presentan el método de registro y número de sismos que fueron detectados durante cada una de las campañas sismológicas de campo. En la figura 1 se muestra un esquema equivalente al porcentaje y número de sismos registrados instrumentalmente en los monitoreos y seguimientos hechos al nido de Bucaramanga desde 1963 hasta 1985. A pesar de que las campañas de campo fueron realizadas en períodos muy cortos fue posible destacar el alto número de sismos que se generan en la región; generalmente se trata de eventos pequeños que en promedio no sobrepasan el valor de 4.7 de magnitud en la escala de Richter.

Con base en datos telesísmicos, Tryggvason & Lawson Jr. (1970) mostraron que en el período comprendido

entre 1963 y 1968 se registraron en el nido de Bucaramanga alrededor de 220 sismos de magnitud promedio por debajo de 4.5.

En 1976, y como complemento a los estudios de re-fracción sísmica que se adelantaban en el territorio colombiano por medio del proyecto Nariño, se llevó a cabo una campaña de campo de tres días y medio para investigar microsismos. El resultado muestra que en tal período se registraron 20 eventos asociados con el nido de Bucaramanga, en un volumen de 5km\*5km\*8km, cuyas magnitudes son menores que 4,2 (Pennington et al., 1981).

Gómez-Padilla (1980), señala que después de 1972 cuando fue instalada la estación sismológica permanente de Bucaramanga, un impresionante número de sismos ocurridos en diferentes lugares fueron registrados en el territorio colombiano; en el período comprendido entre 1978 y 1980 se registraron 1725 sismos, de los cuales 742 corresponden al nido de Bucaramanga, con magnitud promedio de 4,7 y con profundidades entre 110 y 160 kilómetros.

Por su parte, Schneider et al. (1987) instalaron, durante un período de 16 días, una red de 12 estaciones sismológicas digitales en las vecindades del nido de Bucaramanga. En esta oportunidad se registraron 140 eventos, cuyas localizaciones relativas se enmarcaron dentro de un reducido volumen de 4km\*4km\*8km.

Otra campaña sismológica en el Nido de Bucaramanga, fue realizada por el grupo de estudios sismológicos de la Universidad de Strasburgo, entre el 1 y el 31 de marzo de 1985; en la misma se utilizaron 16 estaciones y se registraron 920 eventos (Rivera, 1989).

#### 4. Método de estudio

Como puede verse, con excepción de la obra de Ramírez (1975b), que trata sobre la sismicidad histórica de todo el territorio colombiano, no existe para la región de Bucaramanga ningún trabajo dedicado a los sismos ocurridos durante el período preinstrumental.

La búsqueda de la información se realizó siguiendo los métodos **intensivista** y **extensivista**, (Rodríguez de la Torre, 1993). El primero es apto para la reelaboración de sismos ya catalogados; a partir del conocimiento de un sismo y mediante lecturas sistemáticas en publicaciones periódicas, se reúne la mayor cantidad de información en temas tales como: cronología, área de perceptibilidad y consecuencias. Con éste método se "intensifica" el conocimiento de los sismos históricos. El segundo consiste en la búsqueda en distintas fuentes como son manuscritos, libros y prensa periódica, con el

fin de poder llegar a encontrar nuevos sismos hasta ahora desconocidos.

Para unificar la información y mantenerla disponible para estudios posteriores, se elaboró un modelo de ficha bibliográfica (anexo 1), donde se consignaron los datos correspondientes a cada noticia sísmica encontrada. Estas fueron seleccionadas y analizadas cuidadosamente. El anexo 2 corresponde a la guía para diligenciar dicha ficha bibliográfica.

## 5. Número de noticias sísmicas encontradas

Para el presente estudio se hizo una revisión de fuentes a partir de 1566, fecha en la cual se tiene la primera información sobre terremotos ocurridos en todo el territorio nacional (Ramírez, 1975b). Se revisó la mayor cantidad de documentos posibles, entre libros, archivos notariales y publicaciones periódicas. Estas últimas, (de carácter local, aunque de gran difusión nacional), constituyen la principal fuente de información.

En total se encontraron 70 noticias sísmicas, que incluyen los dos grandes terremotos ocurridos en Cúcuta el 18 de mayo de 1875 y el 8 de julio de 1950. A pesar del escaso registro de daños causados por estos dos sismos en Bucaramanga (Ramírez, 1975a; Ramírez, 1953; Ramírez, 1975b), se incluyen en el estudio por haber causado pánico entre la ciudadanía, y por contar con mapas de isosistas que son fundamentales para el futuro análisis de la atenuación de la intensidad sísmica en Bucaramanga, y para el estudio de valoración de la amenaza sísmica.

Muchas de las noticias sísmicas encontradas no figuran como sismos catalogados para todo el territorio colombiano; esto se explica tal vez, por el grado de intensidad, o por la magnitud que les fue asignada en el momento de su ocurrencia; pero, para los efectos de la historia sísmica y para la valoración de la amenaza y el riesgo sísmico de la región, es fundamental tenerlos en cuenta. La lista completa de noticias sísmicas encontradas se presenta en la tabla 2.

### 5.1. Número de noticias sísmicas por cada año

Para efecto de una representación sobre la frecuencia de ocurrencia de los sismos, es importante mostrar en cada año el número de noticias ocurridas. El nido de Bucaramanga, según los registros de la Red Sismológica Nacional de Colombia y de acuerdo con los datos instrumentales figura como una de las regiones de mayor actividad sísmica, no sólo en territorio colombiano, sino a nivel mundial; sin embargo, es muy bajo, el número de

terremotos que alcanzan a despertar la atención de los comunicadores y de la ciudadanía.

De acuerdo con el presente estudio, se puede ver que en lo que va corrido del siglo XX hay muchas oscilaciones en cuanto al número de noticias que se producen cada año, variando desde cero, en muchos años, hasta cinco. En la tabla 3 se aprecia que el mayor número de noticias encontradas durante el presente siglo ocurre en 1973, cuando se tiene conocimiento de 5 sismos. Otro año importante de acuerdo con el número de noticias sísmicas ocurridas en la región de Bucaramanga es 1974, año en el que aparecieron cuatro noticias.

### 5.2. Histograma de frecuencia de noticias por año

Una representación gráfica de la situación del número de noticias sísmicas encontradas se muestra en el histograma de la figura 2; puede verse que en promedio, desde 1930, para cada 5 años transcurridos, al menos ocurren 2 sismos que alcanzan a ser sentidos por la población y que logran llamar la atención de los comunicadores, convirtiéndose en noticias al menos en los periódicos locales. En el mismo sentido se puede considerar que el período comprendido entre 1950 y 1976 ha sido el de mayor ocurrencia de sismos percibidos por los habitantes de Bucaramanga; en dicho período se informa sobre 45 noticias sísmicas.

Aquí se muestra la importancia de este tipo de investigaciones, puesto que, a diferencia de lo que señalan los datos instrumentales, de acuerdo con los cuales los primeros eventos sísmicos de la región del nido de Bucaramanga se iniciaron en 1958, el presente estudio nos muestra que antes de esta fecha son muchos los sismos ocurridos en el territorio colombiano que tuvieron su origen en esta importante fuente sismogénica. Se tiene que la primera noticia sísmica encontrada es del 1919, aunque su tipología (ver sección 5.4), deja muchas incertidumbres en cuanto a que corresponda a un verdadero evento sísmico.

Es importante resaltar que por las características de este estudio no se debe descartar la posibilidad de que en años anteriores a 1919 hayan podido ocurrir otros sismos atribuibles a esta región.

### 5.3. Extensión y contenido de las noticias

Como ha sido costumbre, la extensión de las noticias sísmicas sobre terremotos puede variar; en este caso encontramos noticias, como la del 14 de Julio de 1958, que contiene solo 29 palabras (Periódico Vanguardia Liberal, 15 de Julio de 1959, página 1.), en contraste con otras más extensas como la del 29 de julio de 1967, que ocupa dos páginas (Periódico Vanguardia Liberal, 30 de Julio de 1967, página 8).

## HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE NOTICIAS SISMICAS POR CADA AÑO Durante el Siglo XX

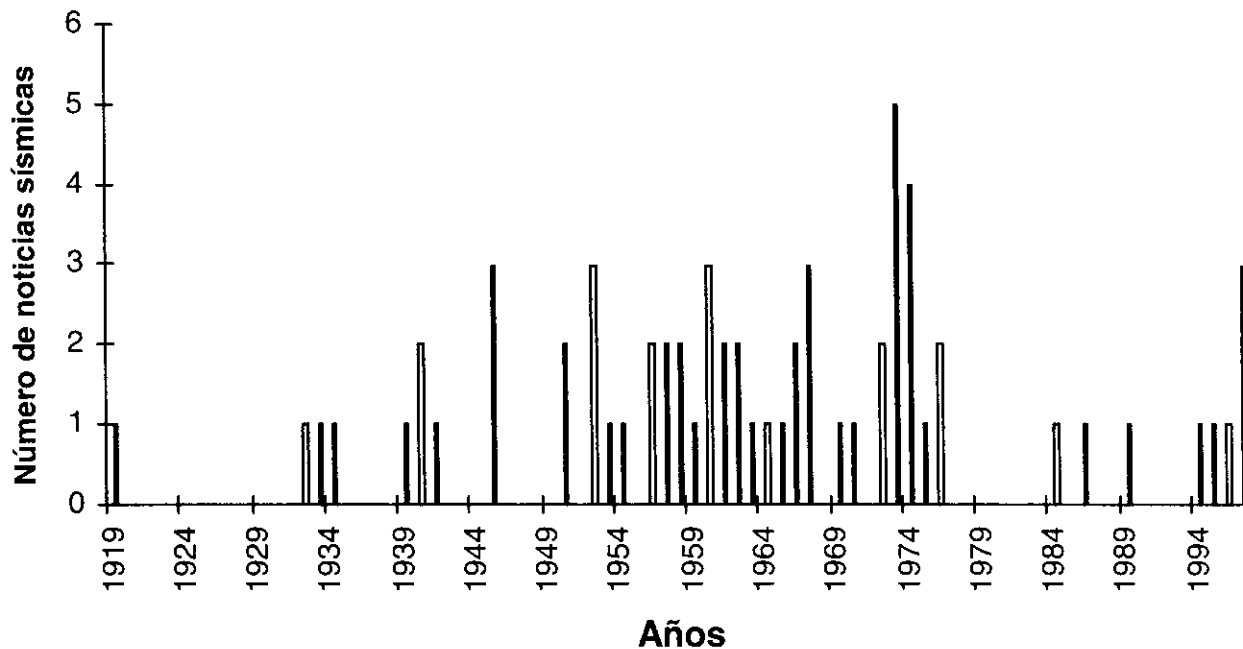


Figura 2. Histograma del número de noticias sísmicas encontradas en cada año para el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, a partir de 1919. año en el que aparece la primera noticia en este siglo, hasta 1997.

Se consideró importante, no sólo para las interpretaciones inmediatas, sino para estudios posteriores, hacer la transcripción literal del contenido de la noticia y crear una base de datos utilizando el modelo de ficha bibliográfica que se diseñó para tal fin.

Independientemente de la extensión que tengan las noticias, siempre deberíamos encontrar en ellas datos tales como: localidad donde se sintió el sismo, fecha y hora de ocurrencia, si hubo daños severos o drásticas repercusiones como pérdidas humanas; o por lo menos obtener información sobre la reacción de las personas (fue sentido, hubo alarma, susto, pánico, salida de las personas a la calle, etc.) y el "comportamiento" de los objetos. Todos estos son datos que permiten dar hipótesis de intensidad.

En nuestro caso, muchas noticias contienen información parcial y a veces muy confusa, dificultándose, por lo tanto, su interpretación y la asignación de la intensidad del sismo. Podemos citar algunos casos particulares:

*Noticia del 28 de Junio de 1953, hora 12:15 (Periódico El Frente, 29 de Junio de 1953, página 1).*

*"Hacia el mediodía de ayer tuvo lugar un fuerte temblor que afortunadamente fue de escasa duración, pero que sin embargo causó seria alarma entre los habitantes de la ciudad, quienes a esa hora se encontraban preparándose para tomar el almuerzo".*

*Noticia del 26 de Febrero de 1961, hora 20:15 (Periódico Vanguardia Liberal, 27 de Febrero de 1961, página 1).*

*"Un fuerte temblor de tierra cuya duración fue de 3 segundos, se registró en esta ciudad a las 8:15 de la noche de ayer. El movimiento sísmico tuvo oscilaciones cortas y un período de trepidaciones bastantes perceptibles según los sismógrafos del instituto geofísico de los Andes. El epicentro fue en San Gil, en donde las oscilaciones se hicieron un poco más acen-*

*tuadas. siendo imperceptibles las trepidaciones. Los sismógrafos registraron el movimiento en sus tres fases principales. En la primera se registraron las ondas preliminares a los 20 minutos la sacudida principal. En la segunda, registrada a los 12 minutos los movimientos fueron de una amplitud más grande y un período un poco más largo que en la tercera fase registrada a los 90 minutos, se observaron ondas de gran amplitud e irregulares.*

*El movimiento sísmico fue sentido en varias poblaciones del departamento y en la capital del país, con una menor intensidad."*

Sin mayores comentarios digamos que noticias de este tipo son incompletas para dar hipótesis de intensidad dentro de cualquiera de las escalas macrosísmicas actualmente conocidas. En otros casos, contrariamente, encontramos noticias bien discriminadas, en cuanto a las localidades afectadas, que inmediatamente dan la impresión de que la noticia podría ser ampliada, puesto que los informadores sólo, y por razones obvias, narran los hechos y cosas que más llaman la atención y que pueden dar mayor espectacularidad a la noticia (ejemplo; noticia sísmica del 29 de julio de 1967, hora 5:25, ver Periódico Vanguardia Liberal, 30 de Julio de 1967, página 8).

Lo que queremos mostrar con esto es que en cualquiera de los casos, para dar hipótesis de intensidad, debemos reunir la mayor cantidad de información, que aunque para la vista y juzgar del inexperto no parezca relevante, resulta de suma importancia para poder clasificar en grados la intensidad. Información que está relacionada con reacciones humanas, "comportamiento" de los objetos y daños a edificaciones, y en algunos casos efectos sobre el terreno. Esto sólo se logra sobre la base de un cubrimiento de muchas fuentes, para lo cual es importante el personal y el tiempo de investigación. De lo contrario, y por salir del paso, estaremos dando valores de intensidad que pueden variar mucho, lo cual se complica más si tenemos en cuenta que para ciertos valores de intensidad existe un grado de "subjetividad" que encierran las escalas macrosísmicas. Esto podría causarnos sorpresas y problemas en la evaluación de la amenaza sísmica.

Son estas las razones fundamentales por las cuales no nos atrevemos a dar ninguna hipótesis de intensidad a las noticias sísmicas encontradas para el área metropolitana de Bucaramanga, pues este es un estudio de carácter preliminar y exige ser continuado, ampliando las fuentes de investigación y el número de investigadores.

#### 5.4. Tipología de la información

Es muy importante que quien interprete las noticias encontradas pueda clasificarlas de acuerdo con los fenómenos que puedan representar, ya que, es frecuente confundir algunos otros tipos de eventos naturales con sismos. En el transcurso de la investigación apartamos muchas noticias que sin duda alguna correspondían a fenómenos de hundimiento de montaña, deslizamiento de ladera que, al igual que los sismos, por su intensidad causaron pánico en las personas vecinas. Sin embargo, hemos seleccionado algunas fichas de noticias muy curiosas que plantean dudas sobre el tipo de fenómeno ocurrido; por ejemplo:

**Noticia del 28 de Noviembre de 1919 (Periódico Vanguardia Liberal, 1 de Diciembre de 1919, página 1).**

*"En menos de ocho días hanse presentado en esta región un bellissimo eclipse solar, un temblor de tierra, fuertes tormentas, huracanes, lluvias torrenciales. Las gentes están alarmadísimas, pues creen que se aproxima el fin del mundo".*

**Noticia del 16 de Agosto de 1940, hora 19:00 (Periódico Vanguardia Liberal, 17 de Agosto de 1940, página 1).**

Titular: "Fortísimo temblor en Zapatoca".

Cuerpo de la noticia: "A las ocho de la noche fuimos informados por nuestro corresponsal en Zapatoca de la gran conmoción reinante en dicha ciudad por el hecho de haberse sentido un fuerte temblor de tierra a las siete de la noche. Las gentes se hallaban tranquilamente cuando de repente se oyó un intenso ruido como si se hubiese efectuado un gran derrumbamiento de tierra en lugar vecino. Simultáneamente se sintió un fuerte temblor pero de corta duración. Los habitantes todos salieron a las calles y el pavor fue general".

*"Todos los habitantes están de acuerdo que fue un derrumbamiento interno en la cueva del Nitro, situado cerca de la población, la cual se prolongó muy adentro de la ciudad, hasta el punto que se cree que Zapatoca, está situado sobre la superficie de dicha cueva. Los habitantes llamaron telefónicamente a otras poblaciones temerosos que hubiera estragos en pueblos vecinos, y se supo que nada sintieron ni oyeron. Lo cual afirma la anterior creencia. Los habitantes de Zapatoca afirmaron que no dormirán en sus casas, por temor a que se repita el temblor, según aviso nuestro corresponsal".*

A pesar de lo confusas que son estas noticias, como puede verse en la tabla 2, hemos considerado que corres-



ponden a posibles sismos, claro está que su comprobación es algo que amerita un estudio mucho más intenso.

## 6. Efectos dejados por algunos sismos sobre Bucaramanga

Hemos visto como el nido de Bucaramanga es una fuente sismogénica que presenta, al menos en lo que respecta al presente siglo, una alta y frecuente producción de sismos. Sin embargo, no debe extrañar que en la ciudad de Bucaramanga no se haya presentado, por lo menos hasta la actualidad, ninguna situación lamentable de pérdidas humanas y materiales producidas como efectos directos de los eventos sísmicos ocurridos. Esto responde precisamente a dos consideraciones fundamentales:

- En primer lugar, tenemos que, como ya se ha mencionado, en promedio la magnitud de los sismos del nido de Bucaramanga no sobrepasan de 4.7 de magnitud, valores que por su fuerza se consideran todavía entre débiles a intermedios.
- En segundo lugar, éstos eventos ocurren en un volumen relativamente pequeño dentro de un intervalo de profundidad entre 160 y 180 kilómetros; esto hace que la cantidad de energía sísmica que alcanza a llegar a la superficie terrestre sea demasiado débil, habiéndose disipado la mayor parte de ella por causa de los diversos procesos físicos que se experimentan en las discontinuidades que existen en el interior de la Tierra, por un lado, y por los efectos puramente geométricos, por otro lado.

De esta manera, podemos asegurar que de preservarse el "clima sísmico"<sup>6</sup>, que actualmente rige para el nido de Bucaramanga, la ciudad y las poblaciones vecinas difícilmente podrán ser afectadas trágicamente por un sismo que se genere en esta fuente sismogénica. Por estas razones vemos que el desarrollo económico y urbanístico de la región, que se invoca en este trabajo, no ha sido

afectado o disminuido por los daños y pérdidas que pueden ser causados por una catástrofe sísmica.

Sin embargo, existen varios casos en los cuales algunos sismos débiles generados en el nido de Bucaramanga han causado leves repercusiones en la ciudad, siendo las mayores, las dejadas por el sismo del 7 de Julio de 1967, el cual se considera, hasta ahora, como el sismo más fuerte sentido en la región.

Enseguida se transcriben algunas noticias que presentan datos sobre los efectos y daños más relevantes causados por sismos sobre Bucaramanga:

### ***El sismo de Abril 19 de 1952 (Periódico Vanguardia Liberal, 20 de Abril de 1952, página 1).***

*Este sismo que se presentó a las 5 y 3 minutos, logró agrietar paredes de algunas edificaciones entre casas y edificios de la ciudad de Bucaramanga (Colegio Santander, Liceo Nazaret, Cárcel de la Concordia). Se da conocimiento de la destrucción de una casa antigua, que al parecer no estaba construida para resistir ningún movimiento producido por ondas sísmicas.*

### ***El sismo de Diciembre 14 de 1952 (Periódico Vanguardia Liberal, 15 de Diciembre de 1952, página 1).***

*Este sismo fue sentido un poco más fuerte que el anterior, sus principales consecuencias se enumeran en los agrietamientos sufridos por varias casas y edificios en diferentes sectores de la ciudad.*

### ***El sismo de Abril 22 de 1956 (Periódico El Frente, 23 de Abril de 1956, página 1).***

*En esta oportunidad, nuevamente sufrieron agrietamiento las paredes de varias casas en distintos sectores de la ciudad.*

### ***El sismo de septiembre 2 de 1964 (Periódico Vanguardia Liberal, 3 de Septiembre de 1964, página 1).***

*Este evento, al parecer, es uno de los que más estragos ha causado en la ciudad de Bucaramanga. Se informa que dejó 7 heridos y 30 casas destruidas, dejando inservible el casco urbano.*

*Como lo hemos mencionado anteriormente, esta información, por lo que representa, creemos que está incompleta y merece mayor verificación con la búsqueda de mayores datos.*

1 La actividad sísmica es una manifestación de los procesos dinámicos internos que suceden en nuestro planeta y que se presenta con ciertas peculiaridades en cada región del globo. De la misma manera que una región tiene un "clima" y un "tiempo sinóptico" característicos, se podría decir en forma análoga, que también posee un clima sísmico y un tiempo sísmico característicos. El clima sísmico se podría entender como el promedio a largo plazo de las características o parámetros sismológicos de una región, tales como el número promedio de eventos, magnitudes, energía liberada, etc.; mientras que el "tiempo sísmico" o "temperie sísmica", se podría entender como aquellas variaciones relativamente rápidas o fluctuaciones que sufre el clima sísmico en intervalos de tiempo relativamente cortos.

**Tabla 2.** Lista de noticias sísmicas encontradas durante el presente estudio, la búsqueda se realizó en el período comprendido entre 1566 y Junio de 1997.

No.	FECHA			TIEMPO			No.	FECHA			TIEMPO		
	Día	Mes	Año	Hora	Min	Seg		Día	Mes	Año	Hora	Min	Seg
1	16	Ene	1644	06	-	-	36	30	Jun	1962	15	20	-
2	04	Jul	1652	-	-	-	37	08	Ago	1962	23	22	-
3	15	Feb	1796	-	-	-	38	03	Jun	1963	06	25	-
4	18	May	1875	-	-	-	39	02	Sep	1964	13	13	20
5	28	Abr	1894	10	-	-	40	26	Feb	1965	18	39	-
6	28	Nov	1919	-	-	-	41	10	Abr	1966	05	00	-
7	12	Jul	1932	22	40	-	42	11	Sep	1966	12	35	-
8	04	Nov	1933	04	-	-	43	21	Mar	1967	13	12	21
9	09	Ago	1934	04	-	-	44	19	Abr	1967	21	25	-
10	14	Mar	1939	05	-	-	45	29	Jul	1967	05	25	-
11	16	Ago	1940	19	00	-	46	24	Feb	1969	17	45	-
12	22	Oct	1940	-	-	-	47	27	Ene	1970	04	32	-
13	17	Abr	1941	20	15	-	48	18	Ago	1972	16	05	-
14	06	Abr	1945	13	32	-	49	26	Dic	1972	15	53	-
15	07	Abr	1945	05	20	-	50	06	Ene	1973	20	10	-
16	18	May	1945	19	05	-	51	16	Feb	1973	09	05	-
17	03	Jun	1950	20	00	-	52	23	Abr	1973	11	25	-
18	08	Jul	1950	02	40	-	53	30	Ago	1973	13	26	-
19	19	Abr	1952	05	03	-	54	07	Jul	1973	23	05	-
20	30	Oct	1952	08	45	-	55	17	Abr	1974	20	20	-
21	14	Dic	1952	12	05	-	56	05	Sep	1974	02	50	-
22	28	Jun	1953	12	15	-	57	28	Ago	1974	11	30	-
23	28	Feb	1954	19	50	-	58	14	Dic	1974	08	30	-
24	22	Abr	1956	16	15	-	59	23	Dic	1975	-	-	-
25	16	Nov	1956	07	02	-	60	01	Abr	1976	14	25	-
26	21	Abr	1957	16	10	-	61	13	Jun	1976	20	37	-
27	06	Sep	1957	20	10	-	62	11	Nov	1974	18	00	-
28	07	Abr	1958	23	35	-	63	22	Abr	1986	-	-	-
29	14	Jul	1958	01	30	-	64	15	May	1989	10	52	-
30	11	Abr	1959	09	55	-	65	10	Dic	1994	20	24	-
31	25	Jun	1960	08	55	-	66	19	Ene	1995	10	05	-
32	06	Feb	1960	23	29	-	67	10	Ene	1996	10	57	-
33	25	Feb	1960	12	40	-	68	07	Mar	1997	12	27	-
34	26	Feb	1961	20	15	-	69	11	Jun	1997	02	07	-
35	02	Abr	1961	08	13	-	70	24	Jun	1997	12	45	-

**Tabla 3.** Número de noticias sísmicas encontradas por cada año en el período comprendido entre 1900 y junio de 1997; en total son 65.

Años	Número de noticias	Años	Número de noticias	Años	Número de noticias	Años	Número de noticias
1919	1	1939	1	1959	1	1979	0
1920	0	1940	2	1960	3	1980	0
1921	0	1941	1	1961	2	1981	0
1922	0	1942	0	1962	2	1982	0
1923	0	1943	0	1963	1	1983	0
1924	0	1944	0	1964	1	1984	1
1925	0	1945	3	1965	1	1985	0
1926	0	1946	0	1966	2	1986	1
1927	0	1947	0	1967	3	1987	0
1928	0	1948	0	1968	0	1988	0
1929	0	1949	0	1969	1	1989	1
1930	0	1950	2	1970	1	1990	0
1931	0	1951	0	1971	0	1991	0
1932	1	1952	3	1972	2	1992	0
1933	1	1953	1	1973	5	1993	0
1934	1	1954	1	1974	4	1994	1
1935	0	1955	0	1975	1	1995	1
1936	0	1956	2	1976	2	1996	1
1937	0	1957	2	1977	0	1997	3
1938	0	1958	2	1978	0		
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

*El sismo de julio 7 de 1967 (Periódico Vanguardia Liberal, 30 de Julio de 1967, página 8).*

*Puede considerarse este sismo como el más fuerte sentido hasta ahora en la ciudad de Bucaramanga. Sufrieron averías importantes edificios de la ciudad como: la catedral de la Sagrada Familia, el Templo de San Pedro Claver, el edificio Turbay; se derrumbó la imagen del Sagrado Corazón, entre otros efectos. Además de esto, por lo menos otras veinte casas y edificaciones ubicadas en diferentes sectores de la ciudad también fueron averiadas. El estado en que quedó la cúpula de la Catedral de la sagrada Familia mostraba la necesidad de que debía ser demolida. Estos efectos del sismo dejaron varias personas heridas.*

## 7. Conclusiones

A manera de conclusiones se presentan las siguientes consideraciones:

1. En el presente trabajo se ha utilizado una metodología de búsqueda de información sobre noticias sísmicas, que involucra la revisión de los catálogos sismológicos existentes y de fuentes periódicas, principalmente locales, con el objeto de ampliar noticias conocidas y determinar nuevos sismos no conocidos. La búsqueda abarca desde 1566, año en que se conoce la primera noticia sísmica en el territorio colombiano, hasta 1997.
2. Después de consultar diversas fuentes periódicas en diferentes archivos, se encontraron 70 noticias sísmicas para el área metropolitana de Bucaramanga. La frecuencia de estas noticias por cada año es muy variable, existiendo años en los cuales no se tiene conocimiento de ninguna noticia sísmica.
3. En el año 1973 se encontró la mayor cantidad de noticias, en total se ubicaron 5, sigue en número de noticias el año 1974, cuando se encontraron 4. En este orden de ideas se destaca el hecho de que en promedio, desde 1930, en el curso de cada 5 años ocurren por lo menos 2 sismos que son sentidos por la población de Bucaramanga; igualmente es notorio el hallazgo de 45 noticias sísmicas en un período de casi 26 años transcurridos entre 1950 y 1976.
4. Hasta el presente no existe ninguna evidencia que muestre que en Bucaramanga y en su área metropolitana, hayan ocurrido terremotos cuyos efectos hayan dejado víctimas o cuantiosas pérdidas materiales. Los mayores efectos dejados por los sismos más severos sobre esta región, sólo alcanzan a averiar y semidestruir edificaciones, generalmente antiguas o mal construidas.
5. Podemos decir que los sismos más fuerte sentidos sobre el área de estudio fueron los ocurridos en **septiembre 2 de 1964 y el 29 de julio de 1967**, los cuales tuvieron como consecuencia 7 heridos y 30 casas destruidas, quedando severamente afectado el casco urbano en el primero, y en el segundo con averías importantes - edificios de la ciudad como: la catedral de la Sagrada Familia, el templo de San Pedro Claver, el edificio Turbay y la imagen del Sagrado Corazón que se derrumbó. En este último sismo además se notó que por lo menos otras veinte casas y edificaciones ubicadas en diferentes sectores de la ciudad también sufrieron averías.

## 8. Recomendaciones

Es necesario intensificar este estudio mediante la revisión de la mayor cantidad de fuentes. Los datos acá suministrados son de carácter preliminar ya que, como se ha visto, existe una gran cantidad de noticias que por su contenido deben ser ampliadas y revisadas cuidadosamente. En este mismo sentido, se debe propender para que con cada noticia (si es posible) se formulen hipótesis de intensidad, y a la vez se elaboren mapas de isosistas que permitan mejorar considerablemente las leyes de atenuación (INGEOMINAS, 1998; Salcedo y Coral-Gómez, 1995).

Toda la información que se obtenga a partir de la fecha debería ser almacenada de manera igual o similar a la aquí propuesta, para evitar la dispersión de esfuerzos y mejorar el nivel y la confiabilidad de los datos.

## Agradecimientos

El autor agradece al INGEOMINAS por el soporte en la realización de este estudio y por permitir su divulgación. La participación de Nestor Moyano Rodríguez, estudiante de historia de la UIS, en la búsqueda de la información fue de gran valor. La búsqueda no hubiera sido posible sin la desinteresada colaboración y atención prestada por el personal de las bibliotecas Luis Angel Arango, de Bogotá; Gabriel Turbay, de la Universidad Nacional Autónoma de Bucaramanga y el archivo histórico de la UIS, en Bucaramanga; a todos ellos el autor expresa muchos agradecimientos. También agradece a los profesores del Departamento de Geografía de la Universidad del Valle por su revisión y críticas al manuscrito, igual que a los estudiantes que ayudaron en la selección y organización de la fichas bibliográficas de las noticias sísmicas.

## Archivos y fuentes periódicas consultados

A continuación se relacionan los diferentes centros (archivos) visitados en la búsqueda de la información; al igual que los periódicos consultados, indicando a su vez el año en que estos empiezan a publicarse, o el período en el cual estuvo publicándose y que figuran en los archivos. Los periódicos consultados son locales o muy vecinos a la región, no necesariamente en todos los periódicos relacionados se encontraron noticias sísmicas.

### Archivos:

Biblioteca Luis Angel Arango, Bogotá  
Notaría 16, Vélez - Santander

Archivo histórico Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Hemeroteca Universidad Nacional Autónoma de Bucaramanga (UNAB), Bucaramanga

Biblioteca Gabriel Turbay, Bucaramanga

### Periódicos:

Vanguardia Liberal, Bucaramanga (Fecha de inicio 1917)

El Frente, Bucaramanga (Fecha de inicio 1942)

Bandera Negra (Oct. 8, 1937 - Mayo 6, 1838)

El Comercio, Bucaramanga (Enero 15 - Dic. 16, 1944)

El Constitucional de Boyacá, Tunja (Julio 22, 1825 - Junio 2, 1826)

El Federalista, San Gil

La Fraternidad, Santa Rosa de Viterbo (Abril 1, 1949 - Sep. 23, 1950)

Gaceta de Santander, Bucaramanga (Ene 17, 1866-Jun 27, 1878 ; Jul 16, 1878-Dic. 30, 1979)

El Liberal de Santander, Bucaramanga (1978 - 1980)

El Liberal de Santander, Piedecuesta (Sept. 13, 1862 - Dic. 10, 1862)

El Cojo Ilustrado, Caracas-Venezuela (...)

El Día

## Referencias

Gómez-Padilla J. A. 1980. *Actividad sísmica en el Departamento de Santander*. Boletín de Geología. Bucaramanga UIS. **14** (28): 3-23.

INGEOMINAS 1998. *Estudio de Microzonificación Sísmica del área metropolitana de Bucaramanga*. Informe. Inédito.

Pennington W. D., Mooney W. D., van Hissenhovenet R., Meyer HJ., Ramírez J. E. & Meyer R. P., 1981. *Resultados de un estudio de reconocimiento de microsismos en Bucaramanga, Colombia*. En: Investigaciones geofísicas sobre las estructuras oceáno-continentales del occidente colombiano. Proyecto Nariño II y III. Bogotá. p. 49-62.

Ramírez J. E. 1953. *El terremoto de Arboledas, Cucutilla y Salazar de las Palmas, 8 de julio de 1950*. Inst. Geofísico de los Andes Colombianos. Serie A-Sismología. Boletín. **10**. 92p.

\_\_\_\_\_. 1975 a. *El terremoto de Cúcuta cien años después*. Bogotá. 63p.

\_\_\_\_\_. 1975 b. *Historia de los Terremotos en Colombia*. Bogotá, 250p. Editado por primera vez en 1969.

- Rivera A.** 1989. *Inversion du Tensor des contraintes et des mecanismes an foyer a partir des donnees de polarite pour une population de seismos (Application a l'Ecude du foyer de seismicite intermeiate de Bucaramanga - Colombia)*. These de Doctorat. Universite Louis - Pasteur de Strasburg, 266p.
- Rodríguez de la Torre F.** 1993. *Lecturas sistemáticas de prensa periódica. Hacia una revisión de la sismicidad europea durante los siglos XVII y XVIII*. En: Historical investigation of European earthquakes. M. Stucchi, editor. CNR. Vol. 1. 247-258.
- Salcedo E., Escallón J., Espinosa A., París G., Romero J., Pinzón J. E., Rivera C. I., Gómez A. & Gómez I. C.** 1994. *Proyecto Sismotectónica del territorio de Colombia*. INGEOMINAS. Informe interno, 48p.
- Salcedo E., & Coral-Gómez C.** 1995. *Atenuación de intensidades sísmicas en el territorio colombiano*. Revista Geofísica Colombiana, (3): 37-44.
- \_\_\_\_\_ & **Santana L. M.** 1998. *Geografía e Historia de los terremotos fuertes en el territorio colombiano*. Memorias XV Congreso Colombiano de Geografía., disponible en medio magnético.
- Schneider J. F., Pennington W.D. & Meyer R.** 1987. *Microseismicity and focal mechanisms of the intermediate-depth Bucaramanga nest, Colombia*. Journal Geophy. Res., **92** (B13): 13913-13926.
- Tryggvason E. & Lawson J. E., Jr.** 1970. *The intermediate earthquake source near Bucaramanga, Colombia*. Bulletin of the Seismological Society of America. **60** (1):269-279.
- Valdivieso-Canal S.** 1992. *Bucaramanga: la lenta construcción de la ciudad*. En: *Fronteras, Regiones y Ciudades en la historia de Colombia*. Memorias VIII Congreso Nacional de Historia de Colombia, Bucaramanga. p. 211-232.

# Anexo 1

Modelo de ficha la bibliográfica usada en el presente estudio para el almacenamiento y análisis de la información de cada noticia sísmica encontrada. de cada noticias sísmica encontrada. de cada noticias sísmica encontrada.

## FICHA BIBLIOGRAFICA PARA SISMOS HISTORICOS

Fecha: \_\_\_\_\_

### DATOS DE LA FUENTE:

1. Título de la publicación: \_\_\_\_\_
2. Ciudad donde se imprime: \_\_\_\_\_
3. Tipo de publicación (marque con x la casilla respectiva)
  - REVISTA : VOL. \_\_\_\_\_, No. \_\_\_\_\_, año comienzo \_\_\_\_\_, año finalización \_\_\_\_\_
  - PERIODICO : Periodicidad \_\_\_\_\_, año comienzo \_\_\_\_\_, año finalización \_\_\_\_\_
  - LIBRO : Autor y año: \_\_\_\_\_
  - OTRO : Especifique: \_\_\_\_\_
4. Titulo del tema y página(s): \_\_\_\_\_
5. Biblioteca, Hemeroteca o Archivo donde se encuentra: \_\_\_\_\_

### *INFORME SOBRE LA NOTICIA SISMOLOGICA* (Haga una transcripción fielmente literal):

Hora \_\_\_\_\_, Día \_\_\_\_\_, Mes \_\_\_\_\_, Año \_\_\_\_\_

Poblaciones que percibieron el sismo y efectos (en habitantes, edificios, terreno) causados por el sismo. Anote también algunos otros efectos secundarios que pudieron observarse. Si es necesario use otra hoja y péguela a esta ficha. Anexos: Si \_\_\_\_\_, No. \_\_\_\_\_, Cuántos? \_\_\_\_\_:

## Descripción

## Anexo 2

### Guía metodológica para diligenciar la ficha bibliográfica para sismos históricos

Hemos partido de la elaboración de una ficha para el almacenamiento de la información de cada uno de los sismos históricos y recientes, diseñada de una manera sencilla que haga fácil su diligenciamiento. Esto con el fin de evitar confusiones en su interpretación y facilitar su búsqueda cuando sea necesario; nos permitimos dar algunas pautas que permitirán un mejor uso de la información. Además, ayudaran a aquellas personas no expertas en sismicidad histórica a acceder con facilidad y aprovechar la información disponible.

A continuación se describe cuales son los principales datos sismológicos posibles de obtener de las fuentes bibliográficas, y la forma de llenar las respectivas fichas.

**Fecha:** Consigne en este espacio la fecha en que usted consultó la respectiva información para el diligenciamiento de la ficha.

#### *Datos de la fuente:*

- Título de la publicación:** Se refiere al nombre de la obra o fuente de la cual obtiene la información de la noticia sísmica. Esta puede ser un libro, una revista, un manuscrito, una publicación periódica, etc. Por ejemplo, puede tratarse de un periódico: "*Semanario del Nuevo Reino de Granada*".
- Ciudad donde se imprimía:** Corresponde a la ciudad donde se editó (si es un libro o cualquier obra de una sola publicación) o imprimió (si se trata de una publicación seriada). Por ejemplo el "*Semanario del Nuevo Reino de Granada*" fue un periódico fundado en Santafé de Bogotá por el sabio Caldas. Entonces en este espacio deberá consignarse: *Santafé de Bogotá*.
- Tipo de publicación:** Consigne en este espacio el tipo de fuente bibliográfica:  
Si es revista, debe especificar el volumen respectivo, al igual que su número, año en que comenzó a imprimirse y año en que finalizó su impresión; en este último espacio; si la revista aún se imprime consigne la fecha actual.  
Si es periódico, se consigna su periodicidad o frecuencia con que se imprime o imprimió, el año en que comenzó a imprimirse y el año en que finalizó

su impresión; en este último espacio, si el periódico aún se imprime entonces consigne la fecha actual.

Si es libro, se anota el autor comenzando por sus apellidos y luego su(s) nombre(s) y el año de publicación. Para el caso del ejemplo del "*Semanario del Nuevo Reino de Granada*", que era un periódico que en sus primeros años salió semanalmente y su duración fue desde 1808 hasta 1811, entonces se llenaría así:

PERIODICO x: Periodicidad: **Semanal**, año comienzo: **1808**, año finalización: **1811**.

- Título del tema y página(s):** Registre el título específico del tema de la fuente bibliográfica así como la(s) página(s) que abarca.

Ejemplo: "*Los estragos causados por el terremoto ocurrido el día 15 de junio en la Provincia de Tunja*", pags. 3 y 4 (2)

- Biblioteca, Hemeroteca, o Archivo donde se encuentra:** Apuntar en este renglón el nombre del sitio donde se encuentra la fuente bibliográfica consultada.

Ejemplo: *Biblioteca Luis Angel Arango (Santafé de Bogotá)*.

**INFORME SOBRE LA NOTICIA SISMOLOGICA**  
(Hacer una transcripción fielmente literal acerca de la noticia encontrada). Se hace referencia a que la información que se va a consignar en esta sección debe ser literalmente idéntica a como la encuentra el investigador en la fuente bibliográfica consultada. Se debe especificar claramente, la hora (si se puede), el día, el mes y el año del evento sismológico.

En el espacio en blanco se hará la transcripción respectiva acerca de las poblaciones que pudieron haber sentido el sismo; los efectos causados en las personas, edificaciones y sobre el terreno; y algunos otros efectos secundarios causados por el terremoto, tales como: deslizamientos, derrumbes, eyección de agua y arena del interior de la tierra, etc. Las noticias sísmicas generalmente se hacen cortas, pero en algunas ocasiones son largas, si esto sucede en algunas de las investigaciones se utilizarán hojas adicionales para transcribir la mayor cantidad de datos posibles (especifique el número de hojas que anexa a la ficha).

# **CRECIMIENTO DE COHORTES DE ÁRBOLES COETÁNEOS EN RODALES ESPACIALMENTE DISPERSOS: EL CASO DE *CAMPNOSPERMA PANAMENSIS***

por

**Jorge Ignacio del Valle Arango<sup>1</sup> & Alvaro Lema Tapias<sup>1</sup>**

## **Resumen**

**Del Valle, J.I. & A. Lema:** Crecimiento de cohortes de árboles coetáneos en rodales espacialmente dispersos: el caso de *Campnosperma panamensis*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 249-260. 1999. ISSN: 0370-3908.

Se propone un método para estudiar el crecimiento de rodales coetáneos virtualmente monoespecíficos y espacialmente dispersos mediante la evaluación, en cada una de las cohortes coetáneas, de las tasas de crecimiento del árbol de área basal promedio y de su correspondiente diámetro promedio cuadrático. El método se tipifica con el estudio del crecimiento de rodales coetáneos naturales de la especie *Campnosperma panamensis* Standl, propia de los humedales forestales del litoral pacífico colombiano. Se empleó el modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Los resultados muestran un mejor ajuste al modelo de las tasas de crecimiento de la variable árbol de área basal promedio que del diámetro promedio cuadrático. Se sustenta que estas variables no son equivalentes, como lo sugiere la literatura. Se derivan matemáticamente las curvas de crecimiento del árbol de área basal promedio; así como las tasas de crecimiento absoluta, media y relativa.

**Palabras claves:** *Campnosperma panamensis*, árbol de área basal promedio, diámetro promedio cuadrático, modelo de von Bertalanffy, bosques lluviosos tropicales, rodales multicohortes, estructura diamétrica, Colombia.

## **Summary**

A method is proposed to study the growth of even-aged virtually monospecific forest stands that are widely dispersed by means of the evaluation, in each one of the even-aged cohorts, of the rates of growth of the tree of mean basal area and of their corresponding quadratic mean diameter. The method is exemplified with the study of the growth of natural even-aged stands

<sup>1</sup> Profesores, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Dirección actual: Apartado Aéreo 1779, Medellín Colombia.



of the tropical tree species *Camposperma panamensis* Standl., characteristic of the forest wetland of the Colombian Pacific coast. The growth model of von Bertalanffy was used. The results show a better fit to the model of the rates of growth of the variable tree of mean basal area than of the quadratic mean diameter. It is shown that these variables are not equivalent, as is suggested in the literature. The equation of the growth curve of the quadratic mean diameter is derived of the growth equation of the tree of mean basal area.

**Key words:** *Camposperma panamensis*, tree of mean basal area, quadratic mean diameter, von Bertalanffy growth model, tropical rain forests, multicohort stands, diameter structure, Colombia.

Las técnicas conocidas para estudiar el crecimiento diamétrico de los árboles de los bosques tropicales que no forman anillos anuales tienen aplicación en poblaciones disetáneas, las cuales se manifiestan por estructuras poblacionales (diamétricas) en forma de *J* invertida cuando son representadas en coordenadas cartesianas con la frecuencia en las abscisas y la marca de clase diamétrica en las ordenadas. Se considera, implícita o explícitamente, que los árboles de menores dimensiones y gran abundancia de una especie que muestre esta estructura poblacional tienden a ser más jóvenes; pero al aumentar el tamaño de los árboles su frecuencia paulatinamente decrece debido a la mortalidad (Bell 1971, Hawley & Smith 1972, Rollet 1980, Nwoboshi 1982, Clutter *et al.* 1983, Shugart 1984, Lamprecht 1990, Oliver & Larson 1990, O'Hara 1996, del Valle 1997a). En estos casos se monitorea el crecimiento diamétrico de los árboles durante un determinado lapso. Si se promedian las tasas de crecimiento por clases diamétricas, el resultado de dividir sus respectivas amplitudes de clase por las tasas de crecimiento promedio de cada una, da como resultado el "tiempo de paso"; tiempo requerido para que un árbol promedio atraviese la clase diamétrica desde su límite inferior hasta el superior. El resultado de sumar los sucesivos tiempos de paso desde la clase diamétrica menor hasta la superior, permite estimar el tiempo (años) requerido para que un "árbol promedio" alcance los sucesivos límites superiores de las marcas de clase. Con estos datos se dibuja una gráfica que representa los diámetros en función de la edad (años) acumulada (Miller 1952, Bell 1971, del Valle 1979). Algunos han ajustado modelos empíricos a la relación entre las tasas de crecimiento diamétrico en función del diámetro como los cuadráticos (Dance & Malleux 1976, Rai 1980), polinomiales (Contreras *et al.* 1996) o la función beta modificada (Alder 1995, Vanclay 1994, 1995), entre otros. También Zeide (1993) recomienda un modelo similar a una función beta denominado por Alder (1995) potencial exponencial. Hay autores que prefieren estudiar las tasas de crecimiento

del área basal de los árboles; en este grupo vale la pena destacar el modelo prognosis desarrollado para rodales aparentemente coetáneos de bosques de los Estados Unidos de América y que ha recibido varias aproximaciones, entre ellas Stage (1973), Wykoff *et al.* (1982) y Wykoff (1986). En este modelo el logaritmo de la tasa de crecimiento del árbol de área basal promedio se expresa en función de variables dasométricas como el diámetro del fuste y de la copa así como de variables ambientales y de competencia. El incremento diamétrico se deriva del correspondiente al del área basal. Vanclay (1995) empleó un modelo similar en el trópico australiano para estudiar el crecimiento diamétrico de *Flindersia pimenteliana*. Algunos autores han estudiado tanto las tasas de crecimiento del área basal de los árboles individuales como diamétricas en función del área basal y del diámetro, respectivamente, así como de variables ambientales y de competencia; entre estos se encuentran Johnson (1973) y Shifley (1987), quienes emplearon el modelo de von Bertalanffy en bosques de los Estados Unidos de América. En el trópico González (1993) relacionó las tasas de crecimiento diamétrico de *Prioria copaifera* con el diámetro y con índices de competencia empleando igual modelo que los autores anteriores. También se han empleado modelos matemáticos compatibles de derivación integración, mediante los cuales se estiman los parámetros de una ecuación diferencial que expresa las tasas de crecimiento diamétrico ( $dD/dt$ ), donde *D* es el diámetro normal de los árboles o a la "altura del pecho", en función del diámetro (o del área basal en función del área basal) de los árboles, cuya integración arroja una ecuación del diámetro en función de la edad. Entre los más empleados se encuentran el de von Bertalanffy (del Valle 1986, 1997a, Vásquez 1987, Chauchard 1993, González 1993, Vanclay 1994, 1995), y el de Botkin (Shugart 1984, Urban & Shugart 1992, Botkin 1993, Vanclay 1995), entre otros muchos compilados por Zeide (1993) la mayoría de ellos no empleados hasta ahora en los árboles de los bosques tropicales naturales. Pero en las especies

heliófitas que crecen en las selvas tropicales en grandes parches originados en claros, formando cohortes dentro de ellos, de naturaleza básicamente coetánea, pero con edades diferentes entre los parches espacialmente dispersos (**Whitmore 1975, Martínez-Ramos 1985, Oliver & Larson 1990**), el tratamiento descrito no parece correcto. Cuando dentro de estas cohortes se comparan las gráficas de las frecuencias vs. las marcas de las clases diamétricas, se pone de presente una estructura poblacional representada por curvas unimodales y no en *J* invertida, como lo han advertido diferentes autores (**Hawley & Smith 1972, Rollet 1980, Nwoboshi 1982, Clutter et al. 1983, 1984, Shugart, 1984, Oliver & Larson 1990, Evans 1992, del Valle 1997b**). Estas poblaciones gregarias se establecen en claros; en los más recientes las poblaciones tienden a ser mayores por unidad de superficie y sus diámetros modales y promedios menores. En los claros más antiguos se presentan diámetros modales y promedios mayores y menores poblaciones en razón de la altísima mortalidad típica de este tipo de cohortes (**Martínez-Ramos 1985, Oliver & Larson 1990, del Valle 1997b**). Luego, al juntar la información procedente de parcelas establecidas en diferentes rodales (cohortes), ocurre que para un determinado diámetro puede haber sobreposición de árboles pertenecientes a edades diferentes; por tanto, al monitorear el crecimiento diamétrico de estas cohortes durante cierto período de tiempo y emplear los métodos previamente descritos, se utiliza información del crecimiento de árboles de diferentes edades para estimar el tiempo requerido para que estos alcancen un determinado diámetro; luego, una misma parcela con árboles básicamente coetáneos, aporta información para la curva del diámetro en función del tiempo para edades muy diferentes según el tamaño y frecuencia de sus árboles, cuando sólo debería aportar para una sola edad o para un rango muy limitado de ellas.

Hasta ahora parece que no se ha prestado suficiente atención a esta situación pues, aparentemente, no aparece explícitamente considerada en la literatura sobre epidometría de los árboles tropicales, aun en las revisiones más recientes (**Alder 1995, Vanclay 1994, 1995**). En este documento se propone un método para estudiar el crecimiento orgánico del árbol de área basal promedio, y de su respectivo diámetro equivalente, en este tipo de comunidades multicohortes, el cual se tipifica con el sajo (*Camposperma panamensis* Standl.: Anacardiaceae), árbol heliófito (**Moreno 1997**) que tiende a formar masas muy homogéneas, coetáneas y casi monoespecíficas, en los humedales forestales turbosos de aguas dulces en el litoral Pacífico colombiano (**del Valle 1997b**).

## Métodos

### Area de estudio

El estudio se realizó en los bosques de la planicie de inundación del delta del río Patía, situada levemente por encima de los cinco metros de altitud, poco antes de su desembocadura en el océano Pacífico colombiano, en los municipios Olaya Herrera y Francisco Pizarro, con temperatura promedio de 26°C y la precipitación en los sitios de estudio entre 3.500 y 4.500 mm anuales (**del Valle 1994**), aproximadamente entre las coordenadas 2° a 2° 24'N y 77° 18' a 78° 34'O. En el delta predominan los humedales forestales turbosos denominados localmente bosques de *guanadal*, de los cuales los sajales son una de las asociaciones vegetales más importantes tanto por su extensión, pues representan el 46% (22.362 ha) de los bosques del municipio Olaya Herrera como porque la especie sajo aporta el 82,7% del total de madera producida en ellos (**del Valle, 1997c**).

### Parcelas permanentes

Entre 1984 y 1994 se establecieron ocho parcelas permanentes en los sajales con el fin de estudiar el crecimiento diamétrico de los árboles así como sus tasas de mortalidad e ingreso; midiendo los diámetros a la altura del pecho cada uno o dos años hasta 1997. Los árboles con  $D > 10$  cm se midieron con cinta diamétrica y precisión de 0,5 mm; los con  $D < 10$  cm con calibrador digital y precisión de 0,01 mm. En el punto exacto de la primera medición se marcó una banda perimetral de 1 a 1,5 cm de ancho con pintura amarilla de alta calidad cuando se midió con cinta diamétrica, o se marcaron con cruces los puntos de apoyo de la primera medición del calibrador. Las posteriores mediciones se hicieron siempre sobre estas marcas. Los árboles se marcaron con etiquetas de aluminio y a los de mayor tamaño se les pintó también el número en el tronco. Estas parcelas tratan de cubrir desde cohortes (sajales) muy recientes hasta relativamente adultas, juzgadas tanto por sus características dasométricas (número de árboles por hectárea, diámetro promedio, área basal) como por la información recibida de los habitantes locales. La Tabla 1 recoge algunas características de estas parcelas.

### Estructura Diamétrica

Se seleccionaron parcelas establecidas en tres cohortes de sajales con el fin de ilustrar la estructura diamétrica unimodal que las caracteriza y, por tanto, su coetaneidad dentro de las cohortes y su disetaneidad entre ellas. En el sitio Uvata existía un rodal de unas 10 ha que de acuerdo con los habitantes locales se estableció después

del abandono de un campamento de exploración petrolera, siete años antes del establecimiento de las parcelas. El análisis de la estructura diamétrica se hizo con base en la información suministrada por 20 parcelas circulares de 374 m<sup>2</sup> cada una: 7.480 m<sup>2</sup> en total, en las que se midieron todos los árboles con  $D \geq 1$  cm. Se empleó 2,5 cm como amplitud de clase, resultando seis clases diamétricas. La información de San Isidro corresponde a una parcela de 30 m x 30 m en la que se midieron todos los árboles con  $D \geq 1$  cm. De acuerdo con los habitantes locales la regeneración se estableció unos 10 años antes luego de explotar un sajal preexistente. Las amplitudes de clases diamétricas también fueron de 2,5 cm; en total 10 clases diamétricas. En el sitio Cepangué se establecieron cinco parcelas circulares de 314 m<sup>2</sup> cada una, con  $D > 5$  cm, amplitud de clase de 5 cm y siete clases diamétricas y edad estimada de unos 26 años de acuerdo con la información de los habitantes de la localidad.

Se empleó la distribución de probabilidades de Weibull, para representar la estructura poblacional por clases de tamaño (diámetro) en comunidades de árboles (Clutter *et.al* 1983), cuyo modelo triparamétrico se define mediante la función de densidad de probabilidades:

$$f(D) = \frac{c}{b} \left( \frac{D-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[ - \left( \frac{D-a}{b} \right)^c \right] \quad (1)$$

$$a > 0, b > 0, c > 0$$

donde:  $f(D)$  = densidad de probabilidad asociada con cada diámetro  $D$ ,

$a$  = parámetro de partida,

$b$  = parámetro de escala,

$c$  = parámetro de forma,

$D$  = diámetro a la altura del pecho, cm.

$\exp$  =  $e$ , base de los logaritmos neperianos.

Si se multiplica  $f(D)$  por el número de árboles por hectárea se obtiene el número de árboles correspondiente al diámetro considerado.

Se acostumbra ajustar la distribución acumulativa de Weibull resultante de integrar la ecuación (1), por cuanto es más simple; o sea

$$F(D) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{D-a}{b} \right)^c \right] \quad (2)$$

Donde:  $F(D)$  = probabilidad acumulada correspondiente a los árboles con diámetro menor de  $D$ .

El parámetro  $a$  se estimó observando el punto donde parecía iniciarse la curva de frecuencias en el eje de las ordenadas. Los parámetros  $b$  y  $c$  se estimaron por regresión lineal empleando la siguiente transformación (Bayley & Dell 1973, Lema 1995)

$$y = b_0 + b_1 X \quad (3)$$

donde:  $y = \ln [-\ln (1-F(D+W/2))]$ ,

$\ln$  = logaritmo neperiano,

$b_0 = c \ln b$ ,

$b_1 = -c$

$X = \ln [(D+W/2)-a]$

$W$  = amplitud de la clase diamétrica, cm,

$D$  = marca de clase diamétrica, cm.

Por cuanto la frecuencia acumulada de todos las clases diamétricas es 1 cuyo logaritmo no está definido, se asumió la probabilidad total como 0,999999.

#### Crecimiento diamétrico y del área basal

En cada parcela se evaluó la tasa de crecimiento del diámetro promedio cuadrático ( $\bar{d}_q$ ) también llamado diámetro del árbol de área basal promedio, de diez árboles seleccionados al azar y vivos en ambas mediciones entre dos fechas de medición separadas entre sí entre 2 y 4 años, con excepción de la parcela Salahonda 4 cuya cohorte, de acuerdo con los habitantes de la localidad, tenía cinco años en el momento de la primera medición; esta diferencia se dividió por el período de tiempo (años) transcurrido entre las dos mediciones consideradas. Este procedimiento se repitió cuatro veces entre los pares de mediciones de cada parcela, por lo cual, en vez de disponer de una sola tasa de crecimiento del ( $\bar{d}_q$ ) por cada par de mediciones en ellas, se obtuvieron cuatro tasas de crecimiento, ampliando los grados de libertad para la regresión que hubiesen resultado de haberse calculado la tasa de crecimiento de ( $\bar{d}_q$ ) por parcela.

Dado que algunas parcelas se midieron durante períodos superiores a cuatro años, se subdividieron en varios lapsos, asumidos independientes, como si fuesen parcelas diferentes (Tabla 1). Luego se empleó el modelo de von Bertalanffy (1976), originalmente propuesto en 1941 (Vanclay 1994, 1995). Si el período entre pares de mediciones de las parcelas no es muy largo, se puede aceptar que  $\Delta \bar{d}_q / \Delta t$  equivale a  $d\bar{d}_q / dt$ . De igual forma se calculó la tasa de crecimiento del árbol de área basal promedio  $\Delta \bar{g} / \Delta t = d\bar{g} / dt$  entre pares de medición del área basal ( $d\bar{g} / dt = f(\bar{g})$ ). El modelo diferencial de von Bertalanffy se expresa mediante la ecuación

$$dY/dt = \eta Y^m - \gamma Y, \quad (4)$$

donde:  $dY/dt$  = tasa de crecimiento del diámetro promedio cuadrático ( $d\bar{D}_q/dt$ ), cm/año, o del área basal ( $d\bar{g}/dt$ ), cm<sup>2</sup>/año,

$Y$  = diámetro promedio cuadrático ( $\bar{D}_q$ ), cm, o árbol de área basal promedio ( $\bar{g}$ ), cm<sup>2</sup>,

$\eta$  = constante de proporcionalidad anabólica si  $m < 1$ ; catabólica si  $m > 1$ ,

$m$  = constante de proporcionalidad alométrica,

$\gamma$  = constante de proporcionalidad catabólica si  $m < 1$ ; anabólica si  $m > 1$ .

La ecuación (4) se integra empleando las ecuaciones diferenciales de Bernoulli dando como resultado la función.

$$Y = A \left( 1 - b e^{-k(t-t_0)} \right)^{1/(1-m)} \quad m \neq 1 \quad (5)$$

donde:

$A = (\eta/\gamma)^{1/(1-m)}$  = asíntota del diámetro promedio cuadrático, cm, o del árbol de área basal promedio, cm<sup>2</sup>.

$b = 1 - (Y_0/A)^{(1-m)}$ ,

$k = (1-m)\gamma$ ,

$t \geq 0$ , edad en años asociada con cada  $\bar{D}_q$  o con cada  $\bar{g}$ ,

$Y_0$  = diámetro  $\bar{D}_{q_0}$  cm, o área basal  $\bar{g}_0$  cm<sup>2</sup>, de la marca de clase más pequeña correspondiente a  $t_0$

El empleo del diámetro promedio cuadrático está ampliamente extendido en la silvicultura debido a que al multiplicar su área basal equivalente  $\bar{g}$  por la densidad dada en número de árboles por hectárea se obtiene el área basal por hectárea que es, quizá, el mejor índice de ocupación del espacio por una comunidad de árboles (Clutter et al., 1983).

La ecuación (4) se ajustó mediante regresión no lineal empleando el software Statgraphics Plus 6 (1993).

## Análisis del crecimiento

Se determinó la ecuación de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) derivando con respecto al tiempo la ecuación resultante del modelo (5) [ $dY/dt = f(t)$ ]. La ecuación de la tasa de crecimiento relativo (TCR) se obtuvo mediante la función [ $(1/Y)(dY/dt) = f(t)$ ]; la tasa de crecimiento medio (TCM) se calculó mediante la función [ $(Y-Y_0)/t = f(t)$ ]. Se empleó el cálculo diferencial e integral para determinar algunos de sus puntos importantes así como algunas propiedades relevantes. En especial sus puntos de máxima, inflexión y valores medios.

## Resultados y discusión

### Estructura poblacional (diamétrica)

La Tabla 2 resume los resultados del ajuste del modelo acumulativo de Weibull (ecuación 2). Los altos coeficientes de determinación explican entre el 88% y 95% de la reducción de la varianza observada, al resultar altamente significativos ( $P << 0,01$ ) de acuerdo con la tabla A.13 de Steel y Torrie (1960).

Los altos porcentajes de sajo (entre 86% y 98%) revelan que estos rodales son virtualmente monoespecíficos. La Tabla 2 también expresa el número de árboles por hectárea poniendo de presente una marcada reducción desde la cohorte más joven (Uvata) hasta la más antigua (Cepangué). En la Figura 1 se representan las funciones de densidad de Weibull (ecuación 1) para las tres cohortes, cuya forma avala la coetaneidad dentro de cada parcela y la disetaneidad entre ellas. La gran disminución en la máxima frecuencia unida al aumento de los diámetros modales y a la disminución del número de árboles a medida que las edades de las cohortes avanzan, son las características más relevantes de estas estructuras poblacionales (diamétricas). Obsérvese la relación inversa entre los estimadores del parámetro  $b$  con el número de árboles por hectárea. De acuerdo con el parámetro  $c$  la cohorte correspondiente a Uvata tiene un pequeño sesgo positivo (Tabla 2) por cuanto está muy cerca de  $c = 3$  que implicaría una estructura simétrica. La cohorte correspondiente a San Isidro tiene un sesgo positivo mayor y la de Cepangué con  $c > 3$  tiene sesgo negativo.

Si se monitoreara el crecimiento de los árboles correspondientes a estas tres cohortes, y se promediaran sus tasas de crecimiento, los árboles con  $D = 10$  cm, por ejemplo, correspondientes a tres edades diferentes, aportarían información de tasas de crecimiento para una sola clase diamétrica como si fuera para una sola edad, si se siguiere el procedimiento convencional descrito

**Tabla 1.** Algunas características de las parcelas permanentes empleadas en el estudio.

Parcela	Período o Fechas	Lapso Años	Area m <sup>2</sup>	N árbo/ha	$\bar{D}qi^a$ cm	$\bar{D}qf^a$ cm	$d\bar{D}q / dt^b$ cm/año	$d\bar{g} / dt^b$ cm
Esterón 1	1984/85	1,195	1300	554	24,82	25,57	0,624	498,710
Esterón 1	1985/88	2,770	1300	523	25,88	27,86	0,714	567,886
Esterón 1	1988/90	2,526	2080	495	27,12	29,01	0,748	619,139
Esterón 1	1990/92	1,526	2080	466	28,42	29,49	0,707	658,677
Esterón 1	1992/94	1,957	2080	413	29,30	30,94	0,834	713,047
Esterón 1	1994/96	2,515	2080	409	30,70	32,61	0,761	787,544
Salahonda 4	1983/88	5,00	550	5964	0,00	3,45	0,689	4,666
Salahonda 4	1988/90	2,507	550	3836	3,94	5,98	0,812	20,152
Salahonda 4	1990/92	1,542	550	2800	6,02	6,74	0,468	32,061
Salahonda 4	1992/95	2,827	550	583	7,68	9,26	0,560	56,877
Cepangué 1	1991/95	3,945	5000	472	20,47	24,72	1,077	404,590
Cepangué 2	1991/94	3,441	5000	650	19,14	21,73	0,752	329,304
Cepangué 2	1994/97	3,090	5000	392	22,61	25,02	0,779	446,580
Pambul 5	1991/92	1,130	1570	1331	18,61	19,20	0,514	280,752
Pambul 5	1992/94	2,270	1570	815	20,37	22,08	0,752	354,295
San Isidro	1993/95	2,148	900	488	9,33	10,35	0,473	76,234
San Isidro	1995/7	2,410	900	2633	12,47	13,74	0,529	135,245
Uvata (02)	1992/94	1,650	150	6600	7,91	8,96	0,625	56,070
Uvata (02)	1994/97	3,330	150	3600	10,71	13,07	0,711	112,126
Naidizales	1991/94	3,186	1570	726	23,06	26,07	0,945	475,855

<sup>a</sup>  $\bar{D}qi$  y  $\bar{D}qf$ , diámetro medio cuadrático inicial y final respectivamente.

<sup>b</sup> Estas tasas de crecimiento no fueron las empleadas en las regresiones sino cuatro estimaciones por parcela basadas, en cada caso, en 10 árboles seleccionados al azar, como se explica en los métodos

**Tabla 2.** Estimadores de los parámetros de partida (*a*), de escala (*b*) y de forma (*c*) de la función acumulativa de Weibull para relacionar la estructura diamétrica de tres cohortes coetáneas en tres localidades. Se indica además el coeficiente de determinación (*R*<sup>2</sup>), el porcentaje de sajos y la densidad.

Sitios	Estimadores			%R <sup>2</sup>	Arboles/ha	%Sajo
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			
Uvata	0	7,7	2,7	95,23 <sup>a</sup>	8467	97
San Isidro	0	10,4	2,2	94,41 <sup>a</sup>	4800	86
Cepangué	6	21,3	3,9	88,32 <sup>a</sup>	444	98

<sup>a</sup> Significativos para  $\ll P$  0,01 y 4,8 y 4 grados de libertad, respectivamente.

previamente. Igualmente, los árboles de 5 cm de diámetro corresponden a las edades 7 y 10 años, y los de 20 cm a 10 y 26 años. Esto demuestra que tal procedimiento no es válido para poblaciones en "parches" coetáneos espacialmente dispersos, así como la bondad del proce-

dimiento de estimar, dentro de cada cohorte, la tasa de crecimiento del árbol de área basal promedia y su correspondiente diámetro. En conclusión, el estudio del crecimiento orgánico en árboles requiere determinar previamente si existe una mezcla íntima de edades

(estructura en  $J$  invertida), lo cual implica poblaciones disetáneas, o si se presentan poblaciones coetáneas (cohortes) espacialmente dispersas. Para este último caso se sugiere el procedimiento planteado en este documento.

### Ecuaciones de tasas de crecimiento diamétrico y del área basal

En la Tabla 3 se presentan los estimadores de los parámetros obtenidos por regresión no lineal del modelo de tasas de crecimiento de von Bertalanffy, así como algunos estadísticos, tanto para el diámetro promedio cuadrático como para el árbol de área basal promedio. Evidentemente, la regresión de tasas de crecimiento diamétrico no es satisfactoria por cuanto los valores de la razón asimilables a una  $t$  de student no son significativos, (en este estudio se llaman  $t_k$  según (Neter et al. 1983) y el coeficiente de determinación es cero. Ya que la razón  $F_k$  asimilable a la  $F$  de Fisher presenta un valor altamente significativo, se induce que se da una alta multicolinealidad entre variables (relaciones lineales o no entre ellas) que implicarían el retiro de alguna de ellas del modelo, lo que lo cambia o produce otro que no tendría la base teórica del de von Bertalanffy. La ecuación que representa las tasas de crecimiento del árbol de área basal promedio, por el contrario, explica cerca del 75% de la reducción de la variación de las tasas de crecimiento en función del área basal  $y$ , sólo el valor de  $t_k$  del estimador de  $\eta$  no es diferente de cero, luego la regresión ajusta satisfactoriamente por cuanto de acuerdo con la tabla A.13 de Steel y Torrie (1960) que expresa los valores significativos de  $R$ ,  $P \ll 0,01$ .

En las Figuras 2 y 3 se pone de presente que las tasas de crecimiento del área basal, y en especial las de los árboles más pequeños, presentan desviaciones inferiores a las correspondientes tasas de crecimiento diamétrico. Este es un resultado lógico y esperado por cuanto igual crecimiento diamétrico en un árbol de diámetro pequeño vs. otro de mayor dimensión, producirá siempre una tasa de crecimiento menor en el área basal en el árbol de menor diámetro; así por ejemplo, el crecimiento de 0,5 cm de diámetro en un árbol de 5 cm de diámetro producirá 4,1 cm<sup>2</sup> de aumento en el área basal, en tanto que en un árbol de 25 cm de diámetro el área basal crecerá 19,8 cm<sup>2</sup> con igual crecimiento diamétrico. Luego diferencias relativamente grandes en las tasas de crecimiento diamétrico en los árboles más pequeños de la Figura 2, corresponden a menores diferencias en sus tasas de crecimiento en área basal como se aprecia en la Figura 3. Por esta razón el modelo que expresa las tasas de crecimiento del área basal es superior en cuanto a su ajuste estadístico. Pero, además, el crecimiento del área basal tiene mayor sentido biológico por cuanto está más asociado con el crecimiento en volumen y en biomasa que el crecimiento diamétrico y, por tanto, con el modelo teórico de von Bertalanffy que postula que el crecimiento orgánico resulta de la diferencia entre el metabolismo constructivo (anabolismo) y destructivo (catabolismo) (von Bertalanffy 1976).

Vanclay (1994) afirma que los incrementos diamétricos y en área basal se relacionan matemáticamente y que, por ende, cualquier diferencia en la bondad del ajuste a favor del incremento en área basal expresado en

**Tabla 3.** Estimadores mínimo cuadráticos de regresión no lineal de los parámetros del modelo de tasas de crecimiento de von Bertalanffy para diámetros promedios cuadráticos ( $\bar{D}q$ ) y para árboles de área basal promedio ( $\bar{g}$ ). Se indican sus estadísticos  $t_k$  para cada estimador, y para cada regresión el coeficiente de determinación ( $R^2$  ajustado),  $F_k$  y el error estandar de la estimación ( $S_{xy}$ ) y el índice de Furnival ( $I_f$ ).

Parámetro	$(\bar{d}g / dt = \eta \bar{D}q^{-m} - \gamma \bar{D}q)$						$(\bar{d}g / dt = \eta \bar{g}^m - \gamma \bar{g})$					
	Estimadores	$t_k^a$	$F_k^b$	% $R^2$	$S_{xy}$	$I_f$	Estimadores	$t_k^a$	$F_k^b$	% $R^2$	$S_{xy}$	$I_f$
$\eta$	3,01676	0,002 $ns$	251**	0,00 $ns$	0,04993	0,0328	-0,00021	0,198 $ns$	371**	74,78 <sup>c</sup>	41,53960	686,2
$m$	0,98928	0,181 $ns$					1,79953	2,815**				
$\gamma$	2,88401	0,002 $ns$					-0,09250	3,129**				

<sup>a</sup>  $t_k$  es la "razón" en el ajuste del modelo no lineal asimilable a un valor de  $t$  de Student (Neter et al, 1983).

<sup>b</sup>  $F_k$  es la "razón" en el análisis de varianza del modelo no lineal y se puede asimilar a  $F$  de Fisher con 3 y 75 grados de libertad (Neter et al, 1983)

<sup>c</sup>  $R^2$  corregido; estadísticamente significativo para  $P \ll 0,01$  y 78 grados de libertad.

\*\* Estadísticamente significativos ( $\neq 0$ ) para  $P < 0,01$

$ns$  Estadísticamente no significativos (no  $\neq 0$ ).

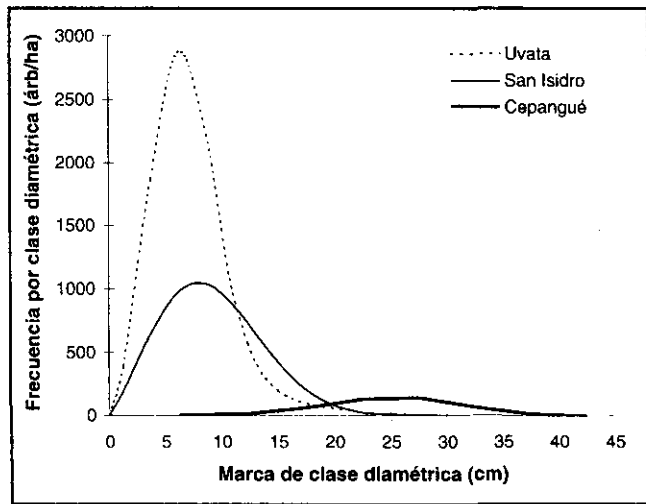


Figura 1. Estructuras diamétricas ajustadas al modelo de Weibull de tres cohortes coetáneas de sajalés delta del río Patía, litoral Pacífico colombiano.

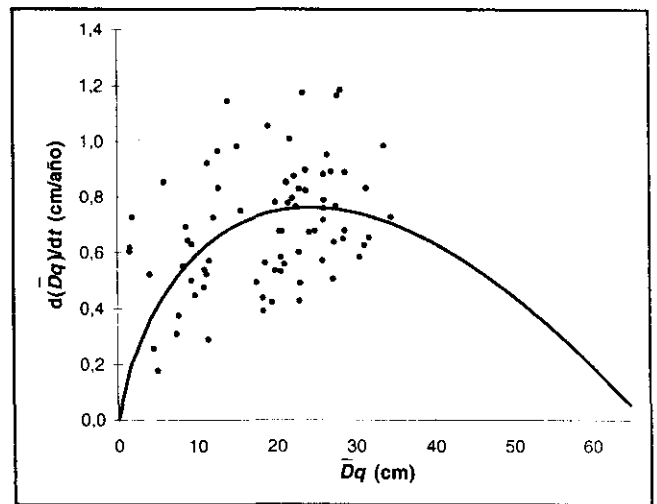


Figura 2. Nube de puntos y línea que representa la ecuación diferencial de von Bertalanffy de tasas de crecimiento del diámetro promedio cuadrático en función del diámetro promedio cuadrático.

términos del estadístico  $R^2$  (como las encontradas por Johnson 1973 y Shifley 1987) se debe más a las limitaciones de tal estadístico que a la bondad predictora de la variable; afirma, además, que es improbable que se refleje en otros estadísticos más apropiados como el índice de Furnival (Furnival 1961). Los resultados aquí presentados no parecen confirmar estas afirmaciones por cuanto las diferencias entre ambas regresiones en  $t_k$  y en  $R^2$  son enormes; en particular este último estadístico demuestra que de acuerdo con los datos acá manejados, las tasas de crecimiento diamétrico no están asociadas con los diámetros, lo contrario sucede entre las tasas de crecimiento del área basal con el área basal, para la cual la asociación es estadísticamente significativa. Lo que esto revela es que las tasas de crecimiento del árbol de área basal promedio son una variable diferente de las tasas de crecimiento del diámetro promedio cuadrático y no una simple transformación de ellas, pues si no fuese así, el índice de Furnival (Tabla 3) debería ser muy similar para ambas regresiones, pero los resultados indican que dicho índice es más de 20.000 veces superior para las tasas de crecimiento del árbol de área basal promedio vs. las diamétricas, resultado contradictorio con todos los otros estadísticos y explicable sólo si las variables son diferentes; en tal caso el índice de Furnival no sería aplicable como criterio de selección del modelo. Por las razones expresadas no parece razonable la afirmación de Alder (1995) acerca de que la selección de las tasas de crecimiento del diámetro o del área basal es en gran medida un asunto de preferencia personal.

Las dos regresiones difieren además en el diámetro asintótico, representado en las Figuras 2 y 3 y por el punto en que las curvas se juntan con el eje de las abscisas: 66,5 cm para las tasas de crecimiento diamétrico y 2012,2 cm<sup>2</sup> para las del árbol de área basal promedio, equivalente a 50,6 cm  $\bar{D}_q$  de; cerca de 16 cm menor.

En el cálculo de las regresiones se dispuso inicialmente de 80 observaciones de crecimiento, pero el análisis de residuales estandarizados correspondiente a la regresión de las tasas de crecimiento diamétrico mostró dos observaciones consideradas extremas (con más de tres desviaciones estándar positivas), las cuales se eliminaron. Por ello, ambas regresiones (Tabla 3) se basaron en 78 observaciones.

La ecuación de las tasas de crecimiento del área basal correspondiente al modelo diferencial de von Bertalanffy se escribe

$$d\bar{g}/dt = -0,00021 (\bar{g})^{1,79953} + 0,09250 (\bar{g}) \quad (6)$$

y se representa en la Figura 3.

#### Crecimiento del diámetro y del área basal

La integración de la ecuación (6) produce la ecuación de crecimiento del área basal; para ello se reemplazaron los términos del modelo (5) del crecimiento orgánico de von Bertalanffy

$$A = 2012,2 \text{ cm}^2.$$

$\bar{g}_0 = 3,5839 \text{ cm}^2$ , la marca de clase más pequeña,

$m = 1,79953$ ,

$$b = 1 - \left( \frac{3,5839}{2021,16} \right)^{-0,79953} = -156,87,$$

$$k = (1 - 1,79953) (-0,09250) = 0,07396.$$

$$\text{Luego } \bar{g} = 2012,2 \left( 1 + 156,8e^{-0,07396t} \right)^{-1,25073} \quad (7)$$

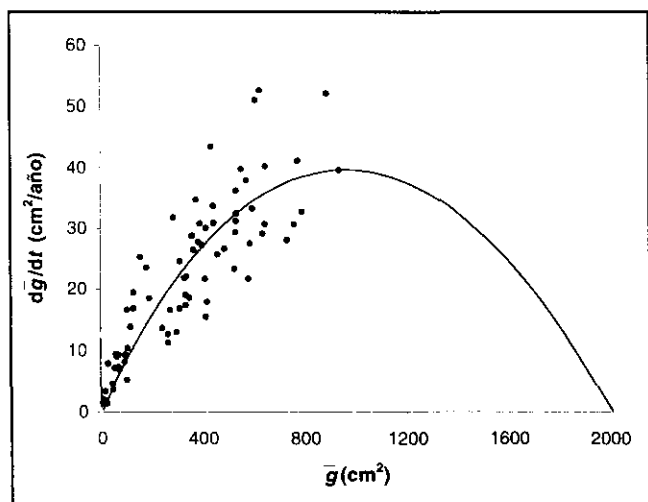
Por cuanto  $\bar{D}_q = 1,1284\sqrt{\bar{g}}$ , a la ecuación; (7) corresponde la ecuación de crecimiento del diámetro promedio cuadrático.

$$\bar{D}_q = 50,6 \left( 1 + 2,1e^{-0,07396t} \right)^{-1,25073} \quad (8)$$

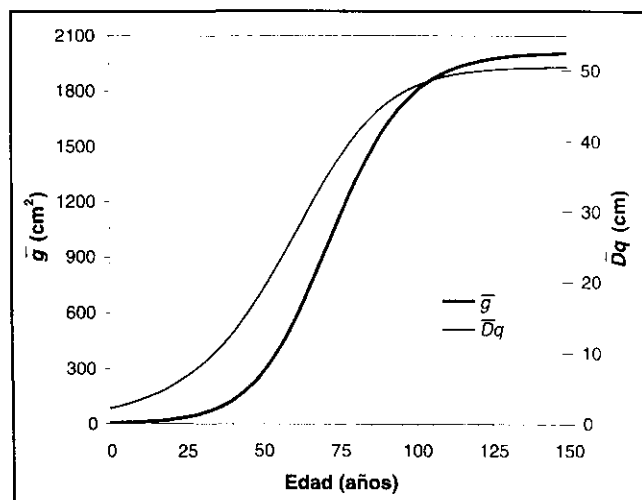
En la Figura 4 se representan las curvas correspondientes a las ecuaciones (7) y (8). Conviene hacer notar que las asíntotas (2012,2 cm<sup>2</sup> y 50,6 cm), no representan aquí las dimensiones máximas que podría alcanzar en área basal y diámetro un árbol de sajo, sino, el árbol de área basal promedio, y su diámetro correspondiente, que tiende a alcanzar, según lo estima el modelo, una cohorte coetánea a edad muy avanzada. En teoría, los árboles de esta hipotética cohorte deberían conservar una estructura diamétrica unimodal, con algunos pocos árboles con diámetros tanto

superiores como inferiores al promedio cuadrático. Este resultado coincide con la hipótesis del modelo sucesional que estipula que la biomasa aérea del bosque aumenta sigmoidalmente con el tiempo hacia un máximo o clímax representado por la asíntota, de acuerdo con la concepción aportada por la revisión de **Odum** en 1969 y en 1985 por la revisión de **Sprugel's**, citados por **Peet** (1992). No obstante, se debe resaltar que el resultado obtenido es consecuencia del modelo matemático y no de las evidencias de campo por cuanto a partir de  $\bar{g} = 950 \text{ cm}^2$  (71 años a partir de  $\bar{g}_0$ ) hasta la asíntota, los resultados corresponden a extrapolaciones. Lo más probable es que a largo plazo si el bosque no se interviene este pierde su carácter coetáneo debido a la formación de pequeños claros por procesos autogénicos e, inclusive, que su biomasa disminuya y empiece a fluctuar alrededor de una media, hipótesis más consonante con la dinámica de los claros sustentada por **Bormann & Likens** (1979), **Shugart** (1984) y **Peet** (1992). Ya que la sucesión es un fenómeno multifactorial que no puede ser captado por un sólo modelo matemático (**van Hulst** 1992), cualquier extrapolación está sujeta a riesgos.

Conviene hacer notar que la curva de crecimiento árbol de área basal promedio (Figura 4) parte de  $\bar{g} = 3,584 \text{ cm}^2$  y no del eje de coordenadas; luego existe un tiempo X, desconocido en este caso, necesario para que los árboles alcancen tal área basal promedio. Este tiempo no está considerado en la ecuación (7) ni en las siguientes.



**Figura 3.** Nube de puntos y línea que representa la ecuación diferencial de von Bertalanffy de tasas de crecimiento del árbol de área basal promedio y del diámetro promedio cuadrático, ambas en función de la edad empleando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.



**Figura 4.** Curvas de crecimiento del árbol de área basal promedio y del diámetro promedio cuadrático, ambas en función de la edad empleando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.



### Análisis del crecimiento del árbol de área basal promedio

Derivando con respecto al tiempo la ecuación (7) se obtiene la ecuación de la tasa instantánea de crecimiento del árbol de área basal promedio en función del tiempo o edad ( $t$ ),

$$d\bar{g}/dt = -0,09250(\bar{g}) \left[ (2012,2/\bar{g})^{-0,79953} - 1 \right], \quad (9)$$

también llamada ecuación de la tasa del crecimiento absoluto (TCA), o tasa de crecimiento corriente anual (Figura 5), la cual alcanza su máximo en el punto

$$t = (-1/k) \ln[(1-m)/b] = 71,4 \text{ años}; \quad d\bar{g}/dt =$$

$$AKm^{m(1-m)} = 39,7 \text{ cm}^2/\text{año};$$

nótese que a esta misma edad  $\text{cm}^2$ ; punto de inflexión de la curva de crecimiento, el cual se presenta en 0,479A. Si la curva fuese logística este punto se encontraría en 0,5A y la curva de la tasa de crecimiento absoluto sería simétrica y no con un pequeño sesgo positivo como se aprecia en la Figura 5.

La media ponderada de la TCA (Osumi e Ishikawa 1983, Vásquez 1987) se obtiene mediante el valor medio de una función (Thomas 1970), o sea

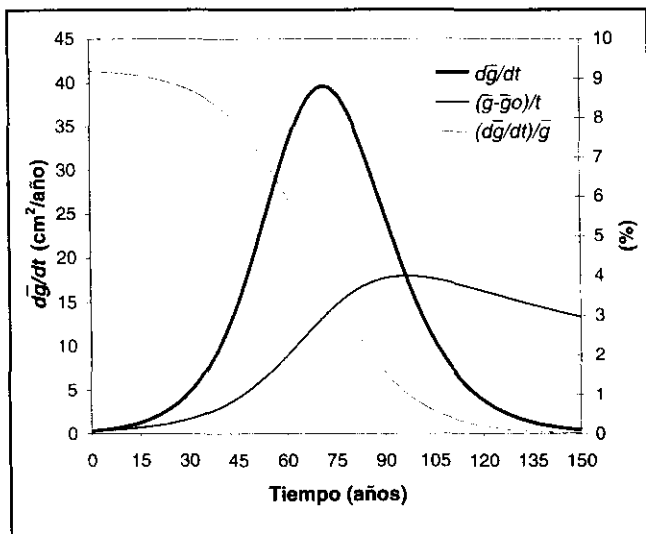


Figura 5. Representación gráfica de las curvas de las tasas de crecimiento absoluto, medias y relativas, en función de la edad, obtenidas de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

$$\frac{1}{A} \int_{\bar{g}=0}^{\bar{g}=A} \left( \frac{d\bar{g}}{dt} \right) d\bar{g} = \frac{Ak}{2m+2} = 26.6 \text{ cm}^2/\text{año}, \quad (10)$$

cifra útil para comparar diferentes curvas de TCA.

En términos matemáticos la TCA representa la pendiente en cualquier punto de la curva de crecimiento; o en términos físicos la velocidad instantánea de crecimiento. Ahora bien, si se toma en cuenta no sólo la TCA sino la dimensión o tamaño del organismo, se obtiene la tasa de crecimiento relativo (TCR), o sea

$$\text{TCR} = \frac{1}{g} \frac{d\bar{g}}{dt}, \quad (11)$$

y representa el incremento producido por unidad de material (Vásquez 1987), o la eficiencia de las plantas para producir material nuevo; dando una medida de la economía de las plantas en su trabajo (Blackman citado por Hunt 1982). Por cuanto la TCA varía tanto con la edad como con el tamaño de los árboles, los fisiólogos le han dado mucha más importancia a la TCR, en especial, cuando se desean comparar especies o estados diferentes dentro de una especie (Hunt 1982); no obstante, este concepto ha sido poco utilizado en silvicultura siendo mencionado por pocos autores (Osumi e Ishikawa 1983, Zedaker et al. 1987, Vásquez 1987). La TCR decrece a medida de que los árboles envejecen debido a que la TCA se aproxima a cero en la medida en que el tamaño de los árboles tiende a la asíntota. Esto se observa en la TCR del árbol de área basal promedio en la Figura 5. La TCR tiene por media ponderada

$$\frac{1}{A} \int_{\bar{g}=0}^{\bar{g}=A} \left( \frac{1}{\bar{g}} \frac{d\bar{g}}{dt} \right) d\bar{g} = \frac{k}{m} = 0.041, \quad (12)$$

o 4,1 por ciento, constituyéndose esta media en la forma más objetiva para comparar diferentes curvas de tasas de crecimiento y, en el caso concreto aquí estudiado, del crecimiento del árbol de área basal promedio. Lamentablemente, la inexistencia de estudios similares en el trópico no permite avanzar en el proceso de comparación de este resultado. Al dividir la tasa máxima de la función de la TCA entre el crecimiento alcanzado en el punto de inflexión de la curva de crecimiento ( $Akm^{(1/m)}/Am^{1/(1-m)}$ ), se obtiene de nuevo la relación  $k/m$  que expresa la TCR en el punto de inflexión de la curva de crecimiento (Osumi e Ishikawa 1983, Vásquez 1987), idéntica a la media ponderada de la TCR.

La ecuación de la tasa de crecimiento media (TCM) se define así

$$TCM = (\bar{g} - \bar{g}_0) / t, \quad (13)$$

en esta ecuación se reemplaza por su equivalente en la ecuación (7). La TCM alcanza su máximo a la misma edad en que la curva de crecimiento presenta su pendiente máxima; igualmente, su máximo coincide con el punto de la segunda inflexión de la curva de la TCA. A este punto se le ha llamado "rotación del máximo volumen" (Evans 1992) o "turno forestal" (Klepac 1976) cuando la curva representa el volumen (Figura 5). No parece haber una forma analítica sencilla para encontrar este punto en función de los parámetros del modelo de von Bertalanffy, por cuanto no se puede aislar  $t$  en un sólo lado de la ecuación; el cálculo requiere procesos iterativos. Partiendo de los valores obtenidos de la Figura 5, se concluye que la máxima  $TCM = 17,96 \text{ cm}^2 / \text{año}$ , la cual se presenta a los  $t = 96,35$  años.

## Bibliografía

- Alder, D. 1995. Growth Modelling for mixed tropical forests. Tropical Forestry Papers No 30, Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, U.K. 231 pp.
- Bayley, R. & T.R. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with Weibull function. *Forest Science* 19:97-104.
- Bell, T.I. W. 1971. Management of Trinidad mora forest with special reference to Matura Forest Reserve. Forestry Division, Trinidad and Tobago. Trinidad, 70 pp.
- Bertalanffy, L. V. 1976. Teoría general de los sistemas. Fondo de la cultura económica. México.
- Borman, F.H. & C.E. Likens 1979. Catastrophic disturbance and the steady state in northern hardwood forest. *American Scientist* 67:660-669.
- Botkin, D.B. 1993. Forest dynamics: an ecological model. Oxford University Press, Oxford, U.K. 309p.
- Contreras, F., W. Cordero & J.C. Licona. 1996. Tiempos de paso para cuatro especies forestales de lomerío. Proyecto Bolfor, Informe Interno. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 4pp.
- Clutter, J.L., J.C. Fortson, L. Y. Pienaar, G.H. Brister & R.L. Bailey. 1983. Timber management: a quantitative approach. Wiley y Sons, New York. 333pp.
- Chauchard, L.M. 1993. Modelo de crecimiento individual del Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 68 (3): 247-267.
- Dance, C. y O. J. Malleux. 1976. Estudio de una metodología para la determinación de edades en bosques naturales. *Revista Forestal del Perú*. 6 (1-2): 33-40.
- Del Valle, J.I. 1979. Curva preliminar de crecimiento del cativo (Prioria copaifera) en bosque virgen empleando el método de los tiempos de paso. *Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín, Colombia)* 32 (2): 19-26.
- \_\_\_\_\_. 1986. La ecuación de crecimiento de von Bertalanffy en la determinación de la edad y el crecimiento de árboles tropicales. *Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín)* 39 (1): 61-74
- \_\_\_\_\_. 1994. Anotaciones sobre el clima de los bosques de guandal del delta del río Patía. *Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín)* 47(1 y 2): 273-282.
- \_\_\_\_\_. 1997a. Crecimiento de cuatro especies de los humedales forestales del litoral pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 21(81): 445-466.
- \_\_\_\_\_. 1997b. Silvicultura en los bosques de guandal del pacífico colombiano, p. In C. Sabogal, M. Camacho y M. Guariguata, (eds.). Experiencias prácticas y prioridades de investigación en Silvicultura de bosques naturales en América Tropical. Actas del Seminario-Taller realizado en Pucallpa, Perú del 17 al 21 de junio de 1996. Cifor/Catie/Inia., Turrialba, Costa Rica.
- \_\_\_\_\_. 1997c. ¿Será sostenible la producción maderera en los bosques de guandal? Distrito Forestal Satinga, Colombia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente (Medellín)* 12: 63-78.
- Evans, J. 1992. Plantation forestry in the tropics: tree planting for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes. 2nd ed. Clarendon Press, Oxford, U.K. 403 pp.
- Furnival, G. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. *Forest Science* 7(4): 337-341.
- González, H. 1993. Generalización del modelo de Richards para el estudio del crecimiento. pp. 48-57. En De las Salas, G. y F.H. Padilla (eds.) Actas de la V reunión internacional- Silvicultura y desarrollo sostenible en América Latina. Palmira, Colombia, 20-24 de septiembre de 1993. Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Icfes- Fes, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Hawley, R.C. & D. M. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Omega, Barcelona, España, 544pp.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, London, U.K. 248pp.
- Johnson, E. W. 1973. Relationship between point density measurements and subsequent growth of southern pines. *Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL. Bulletin* 447. 109p.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 365 pp.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Cooperación Técnica-República Federal de Alemania (GTZ)- Eschborn. 335 p.
- Lema, A. 1995. Dasometría: Algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. 401 pp.
- Martínez-Ramos, M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. . 191-240. In Gómez-Pompa, A y S. del Amo (eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. I.I. Editorial Alhambra Mexicana, Mexico, D.F. México.
- Miller, R.G. 1952. A girth increment study of *Baikiaea plurijuga* in northern Rhodesia. *Empire Forestry Review* 31(1): 42-45.

- Moreno, F.H.** 1997. Fotosíntesis en plántulas de sajo (*Camposperma panamensis*) bajo diferentes ambientes lumínicos. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente (Medellín)* 12: 47-62.
- Nwoboshi, L. Ch.** 1982. *Tropical silviculture: principles and techniques*. Ibadan University Press, Ibadan, Nigeria, 333pp.
- O'Hara, K. L.** 1996. Dynamics and stocking-level relationships of multi-aged Ponderosa Pine stands. *Forest Science* 42 (2) Monograph 33: 1-34.
- Oliver, Ch., & B.C. Larson.** 1990 *Forest stands dynamics*. McGraw-Hill, Biological Resource Management Series, New York, USA. 467 pp.
- Osumi, S. & Y. Ishikawa.** 1983. Applicability of the Richards growth function to analysis of growth of trees. Laboratory of Forest Management, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural Univ., Kyoto, Japan. *Scientific Report* 35:46-76.
- Peet P.K.** 1992. Community structure and ecosystem function, p. 103-151. In Glenn-Lewin, D.C., P.K. Peet y Th. T. Veblen (eds.) *Plant succession: theory and prediction*. Chapman y Hall, Population and Community Biology Series 11, London, U.K.
- Rai, S.N.** 1980. Diameter increment of *Terminalia paniculata* and *Lagerstroemia lanceolata*. *Indian Forester* 106(12): 856-864.
- Rollet, B.** 1980. Organización, p. 126-162. In Unesco/Pnuma/Fao (eds.) *Ecosistemas de los bosques tropicales*. Unesco/Cifca, Madrid, España.
- Shifley, S.R.** 1987. A generalized system of models forecasting Central States tree growth. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Research Paper NC-279 St. Paul MN, 10p.
- Shugart, H.H.** 1984. A theory of forest dynamics: the ecological implications of forest succession models. Springer-Verlag, New York. 278 pp.
- Stage, A.R.** 1973. Prognosis model for stand development. Research Paper INT - 137. Ogden, U.T. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 32p.
- Statgraphics Plus 6.0.** 1993. Statistical graphics system. Statistical graphics Corporation, USA.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie.** 1960. Principles and procedures of statistics: with special reference to the biological sciences. McGraw-Hill, New York, 481p.
- Thomas, G.B.** 1964. *Cálculo infinitesimal y geometría analítica*. 3ra. ed. Aguilar, Madrid. 920 pp.
- Urban, D.L. & H.H. Shugart.** 1992. Individual base models of forest succession, p. 249-292. In Glenn-Lewin, D.C., R.K. Peet y Th. T. Veblen (eds.) *Plant succession: theory and prediction*. Chapman y Hall, Population and Community Biology Series 11, London, U.K.
- Van Hulst, R.** 1992. From population dynamics to community dynamics: Modelling succession as a species replacement process, p. 188-44. In Glenn-Lewin, D.C., R.K. Peet y Th. T. Veblen (eds.) *Plant Succession: theory and prediction*. Chapman y Hall, Population and Community Biology Series 11, London, U.K.
- Vanclay, J. K.** 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford, UK. 312 pp.
- \_\_\_\_\_. 1995. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. *Forest Science* 4(1): 7-42.
- \_\_\_\_\_. 1989. A growth model for North Queensland rainforest. *Forest Ecology and Management* 27:245-271.
- Vásquez, G.** 1987. Crecimiento de un bosque de guandal en el litoral pacífico colombiano. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín.
- Whitmore, T.C.** 1975. *Tropical rain forest of the far east*. Clarendon Press, Oxford, 282 pp.
- Wykoff, W.** 1986. Supplement to the user's guide for the stand prognosis model - Version 5. General Technical Report INT - 208. Ogden UT. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 36p.
- Wykoff, W. N.I. Crookston & A.R. Stage.** 1982. User's guide to the stand prognosis model. General Technical Report INT-133. Ogden, U.T. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 112p.
- Zedaker, Sh., H. G. Burkhart & A.R. Stage.** 1987. General principles and patterns of conifer growth and yield, p. 203-242. In Walstad, J.D. y P.J. Kuch (eds.) *Forest vegetation management for conifer production*. Wiley y Sons, New York.
- Zeide, B.** 1993. Analysis of growth equations. *Forest Science* 39(3): 594-616.

# FOTORRESPUESTA EN SUPERCONDUCTORES DE ALTA TEMPERATURA CRÍTICA

por

Jaime Osorio<sup>1</sup>, Doris Giratá <sup>2</sup>, Pedro Prieto<sup>1</sup>

## Resumen

**Osorio J., D. Giratá & P. Prieto:** Fotorrespuesta en superconductores de alta temperatura crítica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 261-269. 1999 ISSN 0370-3908.

El campo de la superconductividad ha ganado mucha atención en los últimos años debido al descubrimiento de los cupratos superconductores de alta temperatura crítica. Además de su alta temperatura de transición, ellos muestran una variedad de propiedades físicas que los diferencian de los superconductores convencionales, dos de estas características son la fotoconductividad persistente y la superconductividad fotoinducida. En este artículo se presentan los efectos de fotorrespuesta obtenida al iluminar películas delgadas y junturas Josephson de YBaCuO y BiSrCaCuO, cuyo efecto es un aumento en la conductividad fotoinducida, la temperatura crítica y en la corriente crítica en junturas Josephson, después de iluminar. Se argumenta que este efecto es debido al fotodopaje de la región deficiente de oxígeno en el enlace débil.

**Palabras clave:** Superconductividad, fotoconductividad, junturas Josephson

## Abstract

The field of superconductivity has gained much attention in recent years due to the discovery of the high temperature cuprate superconductors. Besides their high transition temperature, they show a variety of physical properties that are remarkably different from those of conventional superconductors, two of these are persistent photoconductivity (PPC) and persistent photoinduced superconductivity (PPS). In this work we present the results of photorresponse in thin films and Josephson junctions of YBaCuO and BiSrCaCuO. This effect produces an enhancement in the conductivity and the critical current of the films and Josephson junctions after illumination. We argue that this effect is due to photodoping of the oxygen-depleted region in the weak link.

**Key words:** Superconductivity, photoconductivity, Josephson junctions.

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad del Valle. AA 25360 Cali. Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad de Antioquia. AA 1226 Medellín. Colombia.

## 1. Introducción

La interacción de la radiación electromagnética, en particular la luz visible, con los superconductores ha sido motivo de estudio desde los años 70s. En esta época sólo se tenía conocimiento de los superconductores que ahora llamamos convencionales, para los cuales la luz deteriora la superconductividad [1]. Se encontró que la radiación con luz visible produce un estado de no equilibrio el cual es similar al producido por calentamiento de la muestra: disminución de la temperatura de transición y aumento de la resistencia en el estado normal.

Después del descubrimiento de los Superconductores de Alta Temperatura Crítica (SATC) [2,3], en esta última década se han venido estudiando los cambios en las propiedades de transporte y estructurales de aquellos al ser iluminados con radiación visible y ultravioleta. A diferencia de los superconductores convencionales, los SATC presentan un aumento en la temperatura de transición y una disminución de la resistencia en el estado normal. Estos fenómenos dependen de la frecuencia de la radiación con la que son iluminados, además de la concentración de oxígeno que tenga la muestra que se está irradiando [4-18].

El material superconductor que más ha sido estudiado cuando se irradia con luz visible o UV es el  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ , que presenta una fotoconductividad persistente (Persistent Photoinduced Conductivity, PPC) [4,5] y una superconductividad fotoinducida persistente (Persistent Photoinduced Superconductivity, PPS) [6] cuando se ilumina por varias horas. Estos fenómenos persisten mientras la muestra se mantenga a temperaturas inferiores a 100 K y desaparece cuando la muestra es dejada a temperatura ambiente.

La observación de la PPC en películas delgadas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  fue reportada por primera vez por Kudinov et al [4,5], cerca a la transición metal-aislante. Ellos estudiaban las propiedades de transporte y magnéticas de películas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  antes y después de largos tiempos de iluminación con luz visible. Las películas fueron iluminadas con láser de argón y criptón con longitudes de onda de 514.4 nm y 647.1 nm respectivamente y potencias de 100 - 300 mW a temperaturas entre 100 K y 20 K, para ambas longitudes de onda la resistencia de la muestra decreció notablemente. Sin embargo, cuando se interrumpió la iluminación, la resistencia permaneció en su valor más bajo sin relajarse a bajas temperaturas, presentándose el fenómeno de PPC. Los autores [4,5] propusieron que debido al efecto de la

iluminación la concentración de portadores móviles aumenta.

## 2. Importancia del contenido de oxígeno

Los SATC por lo general han sido dopados por sustitución química, como en el caso del  $\text{La}_{2-x}(\text{Ba}, \text{Sr})_x\text{CuO}_{6-x}$  y  $(\text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm})_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_{4-y}$ , o debido a cambios de las concentraciones de oxígeno en  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ . Las propiedades eléctricas de las películas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  pueden ser cambiadas fácilmente variando el contenido de oxígeno dentro de los límites  $0 \leq x \leq 1$ . En este compuesto cada celda unitaria, (ver figura 1), contiene dos planos  $\text{CuO}_2$  (los cuales son responsables del fenómeno de la superconductividad), una capa de  $\text{CuO}_x$  (llamado plano basal) en el cual el contenido de oxígeno puede variar.

El  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ , en el cual todo el oxígeno ha sido removido de las capas  $\text{CuO}_x$ , es un aislante antiferromagnético con estructura tetragonal, es decir, los ejes  $a$  y  $b$  tienen la misma longitud, (figura 1a). El  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , es superconductor y en los planos de  $\text{CuO}_x$  los Cu están en una dirección, creando cadenas de Cu-O paralelas al parámetro de red  $b$  (Figura 1b), lo que hace que este parámetro sea mayor que el  $a$ , y por lo tanto la estructura sea ortorrómbica.

Las propiedades electrónicas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  dependen del contenido de oxígeno,  $0 < x < 1$  en los

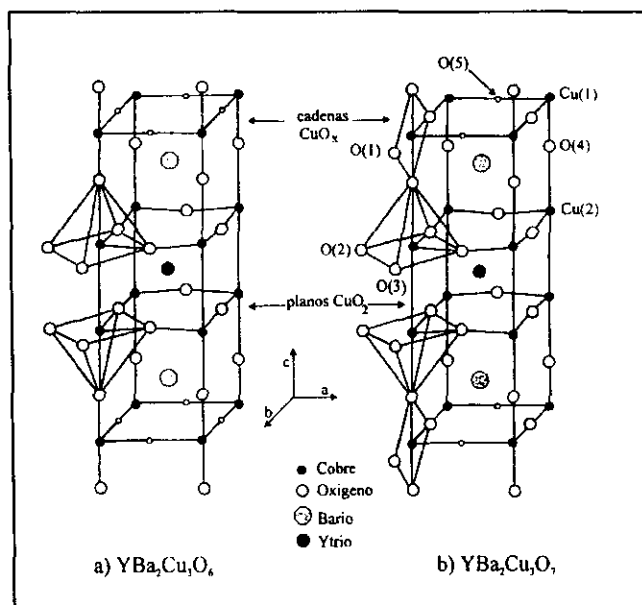


Figura 1. Estructura cristalina del  $\text{YBaCuO}$

planos basales en donde se tiene la *reserva de carga* y en los planos de  $\text{CuO}_2$  se encuentran los portadores de carga responsables de la superconductividad. La Figura 2 muestra el diagrama de fase electrónico [19] en donde se observa que el  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  tiene un comportamiento aislante para bajos contenidos de oxígeno y pasa a un estado superconductor, para  $x > 0.4$  y temperaturas  $T < T_c$  (temperatura de transición metálico - superconductor) y en el estado normal tiene un comportamiento metálico.

En la fase tetragonal el sistema es aislante, al incrementar el contenido de oxígeno se llega a la fase ortorrómbica, donde se forman cadenas largas de  $\text{Cu-O-Cu}$  y más huecos son inyectados a los planos  $\text{CuO}_2$ . En el estado normal,  $T > T_c$ , la fase es metálica (la transición de fase metálica -aislante, se da para  $x \approx 0.4$ ), ver figura 2 [19].

Debido al decrecimiento del contenido de oxígeno  $x$  de las muestras de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ , se disminuyen los átomos de oxígeno en las cadenas solamente. Cuando el contenido de oxígeno varía desde  $x = 1$  hasta  $x = 0$ , el número de vacancias se incrementa en los planos  $\text{CuO}_x$ , disminuyendo drásticamente las propiedades superconductoras de la muestra de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ . La temperatura crítica del  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  decrece con el contenido de oxígeno desde aproximadamente 90 K para  $x \approx 1$ , hasta un comportamiento semiconductor en  $x = 0.4$  (ver figura 2), y para contenidos menores, las películas se comportan como aislantes.

En experimentos realizados se ha encontrado que bajo iluminación con luz blanca y láser, las películas de

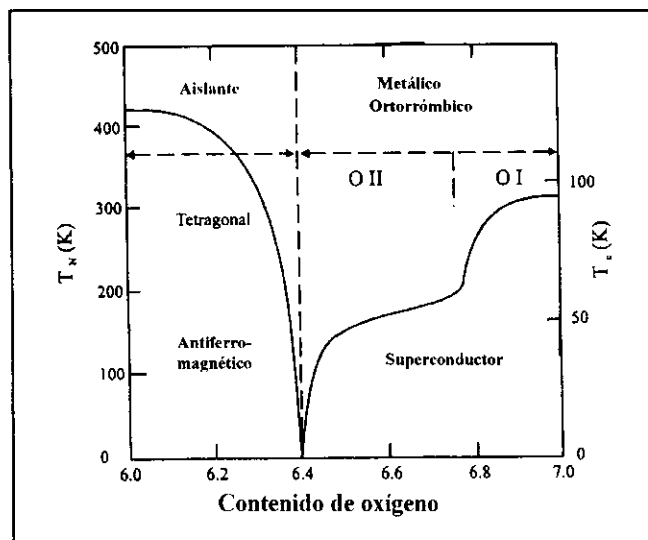


Figura 2. Diagrama de fases del  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  [19].

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  deficientes de oxígeno aumentan su temperatura de transición al estado superconductor ( $T_c$ ) y disminuyen su resistencia en el estado normal ( $R_n$ ) [9,18]. Los cambios de la temperatura crítica  $\delta T_c$  por iluminación, dependen del contenido de oxígeno de la muestra como se presenta en la Figura 3.  $\delta T_c$  se incrementa cuando el contenido de oxígeno se disminuye. El valor de  $\delta T_c$  aumenta más rápidamente cuando el contenido de oxígeno se acerca al valor donde se presenta la transición de fase aislante - superconductor,  $x_c \approx 0.4$ .

En la Figura 4, se muestran las curvas características de la variación de la resistencia en función de la temperatura antes y después de iluminar una película de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.45}$  de 300 nm de espesor; la muestra fue iluminada a 95 K. La curva marcada con círculos abiertos corresponde a la situación antes de iluminar, la curva marcada con + y con línea continua corresponde a medidas después de iluminar durante 8 horas con luz blanca, y con luz de longitud de onda de 550 nm respectivamente; como se puede observar en la Figura 4, las dos curvas se superponen.

### 3. Dependencia espectral del efecto de PPC en $\text{YBaCuO}$

El efecto de fotoconductividad se presenta en estas películas aún cuando se ilumina con una luz que no sea de una longitud de onda definida, como es el caso de la luz blanca producida por una lámpara halógena de

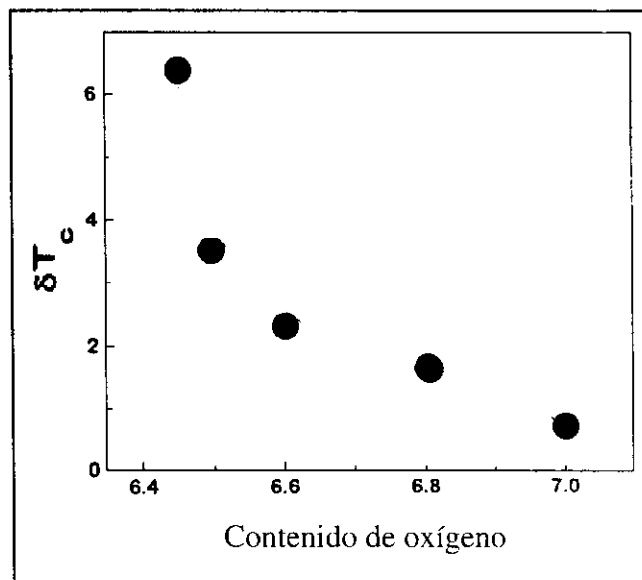


Figura 3. Cambios de la temperatura crítica  $\delta T_c$  debido a la iluminación [9]

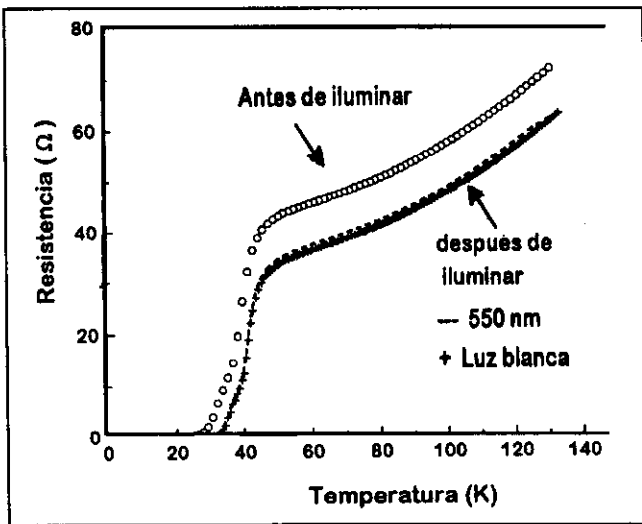


Figura 4. Resistencia vs temperatura antes (o) y después de iluminar una película de YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6.45</sub> con luz blanca (+) o con luz de longitud de onda de 550 nm (---) durante 8 horas, a 95 K [19].

tungsteno o una lámpara de xenón. La eficiencia espectral del PPC,  $\eta$ , está dada por la expresión:

$$\eta(h\nu) = \frac{1}{N_{\text{fot}}(h\nu)} \frac{1}{R(0)} \left. \frac{dR(t)}{dt} \right|_{t=0},$$

en donde  $h\nu$  es la energía de los fotones,  $N_{\text{fot}}(h\nu)$  es la densidad de flujo fotónico,  $R(t)$  es la medida de resistencia en función del tiempo.

La dependencia espectral de películas delgadas de YBaCuO con diferentes contenidos de oxígeno ha sido estudiada inicialmente para un rango de energía fotónica entre 1.6 y 3.4 eV. [6, 7, 12], encontrándose un pico máximo en 1.82 eV. Posteriormente se amplió el rango de energías hasta el ultravioleta 4.65 eV (ver figura), obteniéndose un pico máximo en 4.1 eV, o sea, un mejoramiento de la eficiencia espectral [9,15]. Esta eficiencia es independiente de la intensidad de la luz utilizada [6, 12].

#### 4. Mecanismos de fotoconductividad persistente en YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub>

En los párrafos anteriores mostramos como la iluminación influye en películas de YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub> deficientes en oxígeno en sus propiedades normales y superconductoras, la resistividad decrece, la temperatura crítica aumenta, el número de portadores de carga se incrementa,

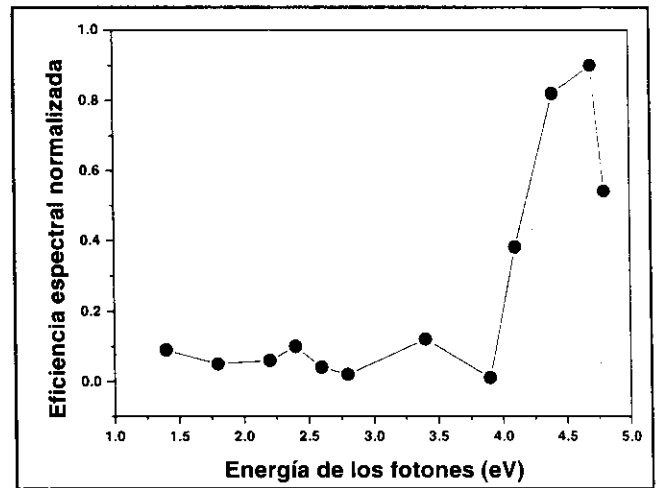


Figura 5. Eficiencia de la fotoconductividad persistente  $\eta(\omega)$  en función de la energía de los fotones incidentes sobre la muestra YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6.45</sub> a 95 K [19].

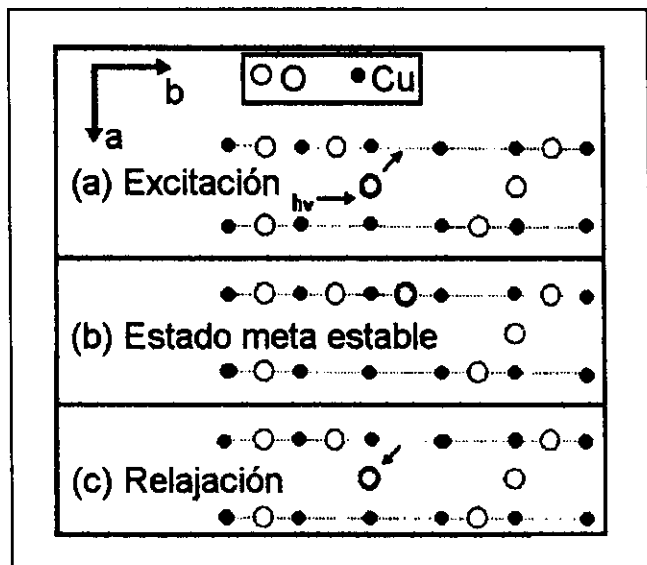
y pasa desde una estructura cristalina tetragonal a una ortorrómbica. Todos esos efectos son persistentes en el tiempo a bajas temperaturas, y regresan a sus valores originales a temperatura ambiente.

Se han propuesto algunos modelos para explicar el fenómeno de la fotoconductividad persistente PPC y el aumento fotoinducido de la superconductividad PPS, de los cuales consideraremos el de ordenamiento de oxígeno fotoinducido, el de vacancias fotoinducidas y el de atrapamiento de electrones.

#### 4.1. Mecanismo de ordenamiento de oxígeno fotoinducido

Este modelo propone que al iluminarse una muestra de YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub> se ordenan los oxígenos de los planos CuO<sub>x</sub> produciendo un aumento de la longitud de los fragmentos de las cadenas Cu-O, similar al aumento debido a la variación del contenido de oxígeno. En ambos casos hay un incremento de la conductividad, en la temperatura crítica y una contracción del eje *c*, por lo tanto, es natural asumir que el mecanismo que subyace en ambos efectos es similar. Este mecanismo propone que un fotón ayuda a la difusión de un oxígeno al inducir un campo eléctrico local en las cadenas Cu-O, lo que hace que un oxígeno migre del eje *a* al eje *b* aumentando la longitud de las cadenas. En la figura 6 se muestra un esquema de las diferentes etapas desde la excitación por iluminación hasta la relajación[11].

En la Figura 6a se muestra un esquema de una cadena de CuO<sub>x</sub> desordenada; al incidir un fotón induce a un



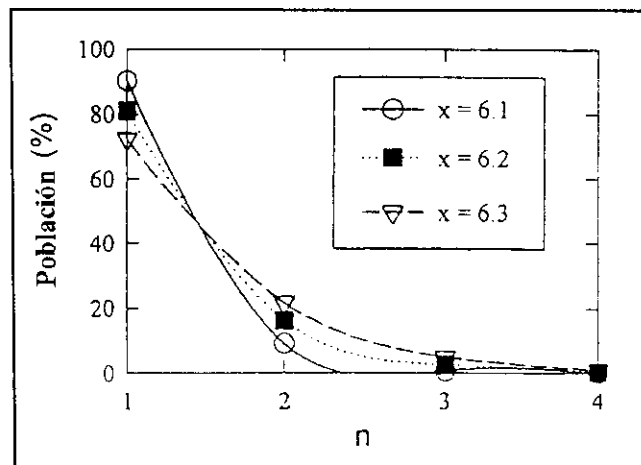
**Figura 6.** Mecanismo de ordenamiento de oxígeno fotoinducido: a) un fotón induce a un átomo de oxígeno a alargar la cadena de  $CuO_x$ , b) estado metaestable a bajas temperaturas ( $T < 270$  K), c) la relajación se da a temperatura ambiente y el oxígeno regresa a su posición inicial [11].

oxígeno a moverse desde un sitio en el eje  $a$  a un sitio vacante. En la figura 6b se observa, el estado metaestable, a baja temperatura; el cual desaparece al aumentar la temperatura ambiente (ver figura 3c), en donde el oxígeno regresa a su posición inicial y es posible el proceso de relajación.

Con el fin de comprender la conformación de las cadenas de Cu-O en las muestras de  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  deficientes de oxígeno, en la figura 7 se muestra el resultado estadístico para la longitud de los fragmentos de cadena ( $n$ ). Se asume que los átomos de oxígeno están distribuidos aleatoriamente en los ejes  $a$  y  $b$  de los planos basales, en la fase tetragonal,  $x < 0.4$  y los ejes  $a$  y  $b$  son iguales y para  $x > 0.4$  se forma la fase ortorrómbica. Para  $x = 0.1$ , más del 90% de los átomos de oxígeno están localizados en fragmentos de cadenas de una unidad simple. Para que una cadena pueda inyectar huecos a los planos de  $CuO_2$  debe ser más grande que una longitud crítica,  $n = 3$  ó 4. Por lo tanto, esto predice un decrecimiento en el efecto de PPC cuando el contenido de oxígeno se reduce, lo que está en desacuerdo con los resultados experimentales [9,10].

#### 4.2. Mecanismo de captura de vacancias fotoinducidas

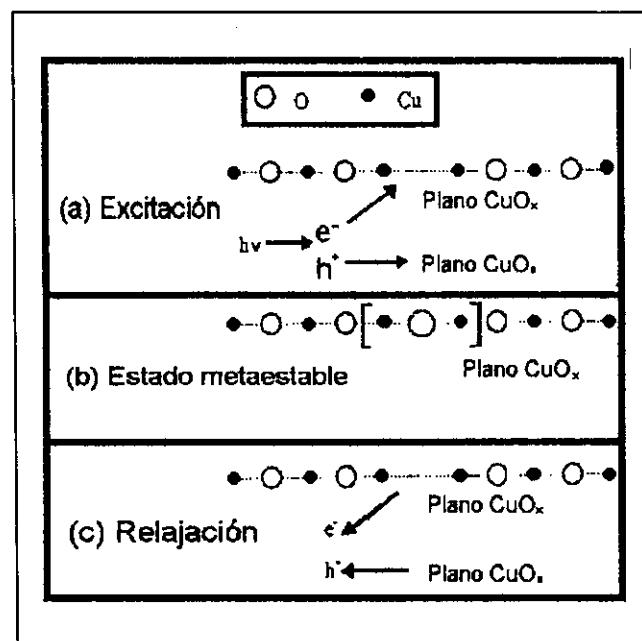
En la búsqueda de un mecanismo que explique el mejoramiento del PPC en  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ , al disminuir el



**Figura 7.** Distribución de los átomos de oxígeno en los fragmentos de cadena de longitud  $n$  para varios estequiometrías [11].

contenido de oxígeno, [9, 10], se propone uno similar al presentado originalmente por Kudinov [5-7]. Este modelo propone que los fotones pueden crear pares electrón-hueco en el material, el electrón fotoproducido puede ser capturado en los sitios de las vacancias de oxígeno en los planos de  $CuO_x$  (ver figura 8), y el hueco que permanece podría ser transferido a un estado extendido en el plano  $CuO_2$ , aumentando la conductividad [20].

Los electrones atrapados causan una distorsión en la red lo cual crea una barrera de energía que impide la



**Figura 8.** Mecanismo de captura de vacancias fotoinducidas [11].



recombinación posterior con los huecos, presentándose un estado metaestable, a temperaturas bajas; es posible sobrepasar esta barrera cuando se tenga suficiente energía, como es el caso de la activación térmica, para temperaturas altas, cercanas a la temperatura ambiente.

De acuerdo a este modelo, las vacancias de oxígeno en  $\text{YBaCuO}$  podrían considerarse como centros atradores efectivos, porque sus niveles de energía están situados muy cerca a la energía de Fermi, y así lograr capturar un electrón que fue creado en la banda de conducción por la iluminación. Este mecanismo solo funciona para materiales con cadenas de  $\text{CuO}_x$  como el caso de  $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ . ( $R = \text{Y, Gd, o alguna otra tierra rara}$ )

El efecto es limitado debido a que no todas las vacancias de oxígeno absorben un electrón, y por lo tanto, el material no puede ser dopado con una cantidad bastante grande de electrones hasta alcanzar una  $T_c$  de 90 K. Las inhomogeneidades de la película tales como la frontera de grano y los defectos, pueden jugar un papel importante en el mecanismo de captura y en el límite de número de sitios de captura.

Este mecanismo depende del número de vacancias de oxígeno y está conectado con la posibilidad de transferencia de carga desde los planos basales a los de  $\text{CuO}_2$ , por lo tanto, no puede explicar el fenómeno cuando se presenta en estructuras sin cadenas como en el caso del  $\text{BiSrCaCuO}$  o en  $\text{TlBaCuO}$ .

#### 4.3. Mecanismo de atrapamiento de electrones.

Este es un mecanismo puramente electrónico [14], similar al anterior, pero en este caso el electrón es atrapado en estados localizados fuera de los planos basales y de  $\text{CuO}_2$ , (ver figura 9). La separación espacial entre los electrones atrapados en los estados localizados

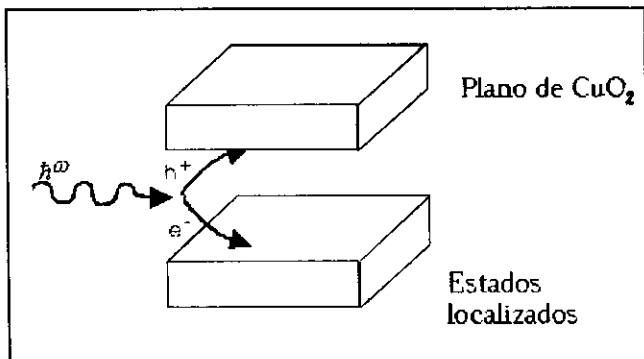


Figura 9. Mecanismo de electron-trapping.

y los huecos en los planos  $\text{CuO}_2$  evita una recombinación rápida y por lo tanto genera tiempos de relajación largos.

En los materiales sin cadenas como el  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+x}$  hay dos tipos de defectos estructurales que pueden servir de estados localizados, uno es la sustitución de  $\text{Cu}$  por  $\text{Tl}$  en los planos de  $\text{TlO}$  y el otro es un oxígeno intersticial entre los planos de  $\text{TlO}$ . Este mecanismo es consistente con todos los resultados, ya que en el caso del  $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ , los estados localizados están en los planos  $\text{CuO}_x$ .

#### 5. Fotoconductividad en $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+x}$ .

El  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+x}$  sobredopado exhibe fotoconductividad persistente a bajas temperaturas [10,13]. El  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_6$  tiene una estructura más simple con un solo plano de  $\text{CuO}_2$  por celda unitaria en medio de dos planos de  $\text{TlO}$  y no contiene cadenas de  $\text{CuO}_x$  [21].

Por incremento en la concentración del oxígeno en una muestra de  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+x}$ ,  $x$  desde 0 hasta 0.1, es posible decrecer la  $T_c$  desde 85 hasta 0 K. Similarmente la muestra puede mostrar incremento o decrecimiento de la densidad de portadores con iluminación, dependiendo de la concentración de oxígeno y de la longitud de onda de la radiación incidente (ver figura 10).

#### 6. Iluminación de juntas Josephson

Los enlaces débiles de juntas Josephson de frontera de grano producidos por películas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$

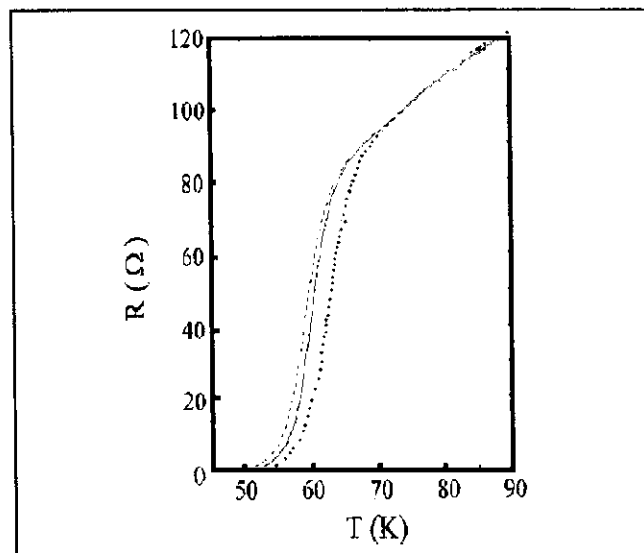


Figura 10. Resistencia vs temperatura para  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+x}$ , luz de 100 nm (...) y luz de 400 nm (---). la línea continua es antes de iluminar [10].

depositadas sobre bicristales exhiben un comportamiento Josephson con buenos patrones de Fraunhofer y escalones de Shapiro. Sin embargo, el mecanismo para la formación de un enlace débil en esa juntura de frontera de grano no ha sido bien entendido.

Examinando los resultados de la fotorrespuesta de una juntura Josephson de frontera de grano (**Grain Boundary Josephson Junction, GBJJ**) de una película delgada de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ , preparada sobre un bicristal y las juntas *step - edge* (**Step Edge Junction, SEJ**), se ha encontrado que exhiben PPC similar a las películas delgadas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  deficientes de oxígeno [22, 23], presentando un aumento de la corriente crítica ( $I_C$ ) y un decrecimiento de la resistencia en el estado normal ( $R_n$ ), conduciendo a un incremento neto del producto  $I_C R_n$ . Este producto es la figura de mérito de las juntas y su aumento indica un mejoramiento de las propiedades superconductoras de la frontera de grano. Estos resultados sugieren que los enlaces débiles en GBJJ o SEJ son deficientes de oxígeno. Al comparar los cambios de conductividad relativa entre GBJJ y SEJ de  $\text{YBaCuO}$  iluminadas y películas delgadas de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$  con diferentes contenidos de oxígeno se puede estimar la deficiencia de oxígeno en la región del enlace débil, entre 0.4 y 0.6 cercano a la transición metal aislante de 0.4. La curva característica  $I(V)$  modificada por la iluminación es estable a bajas temperaturas y esta técnica provee un control *in-situ* para  $I_C$  y  $R_n$  en las GBJJ, SEJ y los SQUIDS.

En la Figura 11 se observa la variación en la curva corriente - voltaje para diferentes tiempos de iluminación

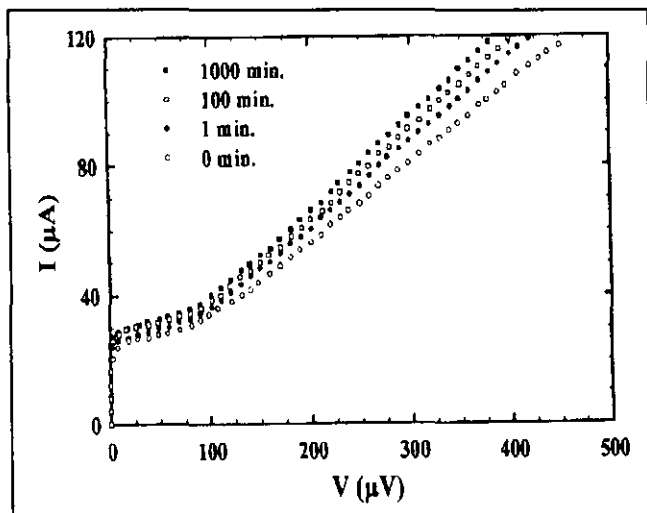


Figura 11. GBJJ para diferentes tiempos de iluminación a 40 K para una muestra de  $\text{YBaCuO}$  [22].

a una GBJJ de  $\text{YBaCuO}$  de 10 mm de ancho a 40 K. Se puede observar como a medida que el tiempo de iluminación aumenta, la corriente crítica de la GBJJ aumenta, y la resistencia en el estado normal,  $R_n$ , decrece sustancialmente.

En la Figura 12 se aprecia la dependencia de la corriente crítica,  $I_C$ , debido al campo magnético antes y después de iluminar durante 1000 minutos, a una temperatura de 30 K; se observa un aumento de la intensidad de los picos, debido al aumento de la corriente

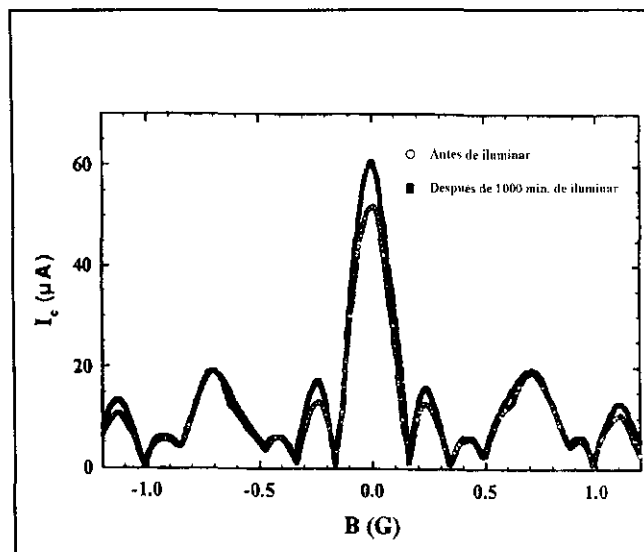


Figura 12. Dependencia del campo magnético de la corriente crítica de una GBJJ de  $\text{YBaCuO}$  a 30 K [22].

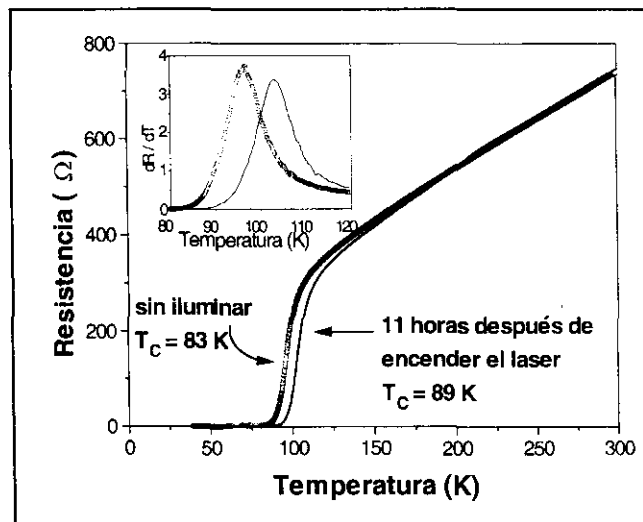


Figura 13. Variación de la TC al iluminar películas delgadas de  $\text{BiSrCaCuO}$  con láser de He-Ne [24].

crítica  $I_c$ ), pero no hay una variación en la modulación por el campo magnético, es decir, no hay un corrimiento de los máximos o de los mínimos de los patrones de Fraunhofer.

En medidas sobre GBJJ del sistema de BiSrCaCuO [24] hemos encontrado un aumento en la temperatura crítica de la juntura, pero no hay una variación en la resistencia en el estado normal como se observa en la figura 13.

Cuando se realizan medidas de corriente-voltaje para diferentes tiempos de iluminación, se obtiene un aumento de la corriente crítica de la juntura, pero no hay una variación de la resistencia en el estado normal, se encuentra un aumento apreciable en el producto  $I_c R_n$ , lo que implica un mejoramiento del enlace débil en la frontera de grano.

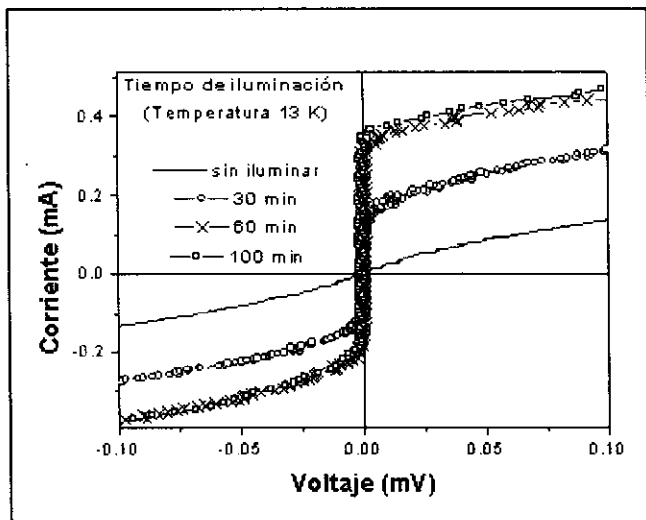


Figura 14. Curvas de corriente voltaje para diferente tiempo de iluminación de una GBJJ de BiSrCaCuO [24]

Estos resultados no coinciden con los presentados por Tanabe [22], como se observa en la figura 15, en los cuales se presentan un aumento de la resistencia y una disminución de la temperatura crítica.

La diferencia entre estos resultados en películas y en GBJJ es debido a la desoxigenación que hay en los micropuentes de la GBJJ. En la figura 16, se observa una región subdopada la cual puede tener un aumento en los parámetros superconductores ( $T_c$ ,  $I_c$ ) al iluminar la muestra y otra región sobredopada en la cual estos parámetros disminuyen.

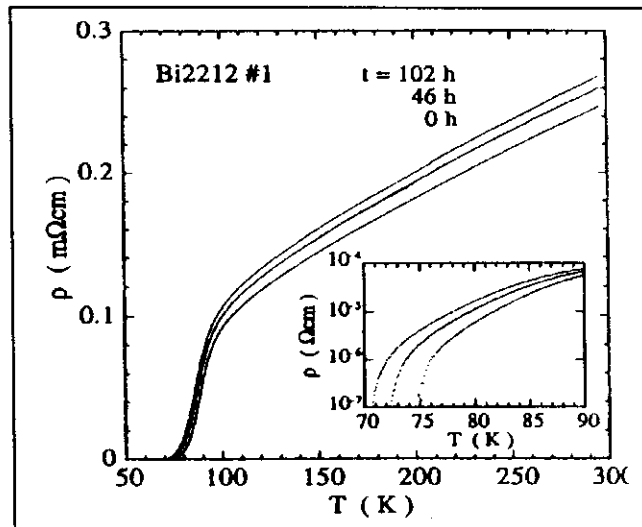


Figura 15. Medidas de resistencia vs temperatura para una película de BiSrCaCuO [22].

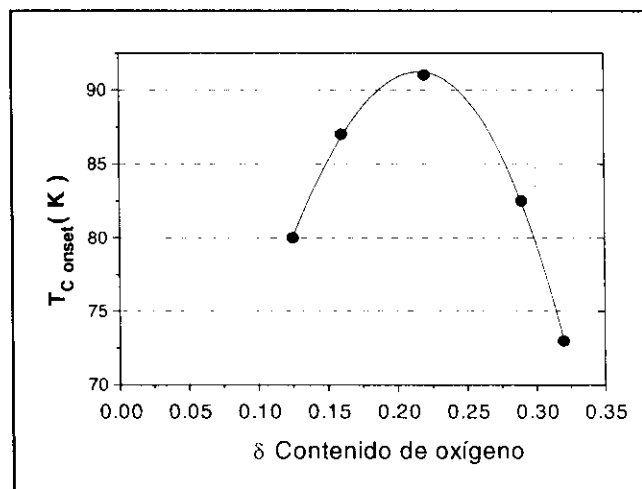


Figura 16 Variación de la temperatura crítica en función del contenido de una muestra de  $\text{Bi}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CaCu}_2\text{O}_{8-d}$ .

## 7. Conclusiones

Los resultados muestran que la fotoconductividad persistente es mejor en muestras de  $\text{YBaCu}_2\text{O}_{7-x}$  con menores contenidos de oxígeno.

La fotorrespuesta observada en junturas Josephson de frontera de grano se debe posiblemente a que la frontera de grano es deficiente de oxígeno.

El producto  $I_c R_n$  aumenta al iluminar junturas Josephson de frontera de grano debido esencialmente al aumento de la corriente crítica bajo iluminación.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por COLCIENCIAS bajo el proyecto "Development of electronic devices based on HT<sub>c</sub> thin films" contrato No 1106-05 197-95

## 8. Referencias

1. L. R. Testardi, 1971. *Phys. Rev. B* **4**, 2189.
2. J. G. Bednorz & K. A. Müller 1986; *Z. Phys. B*, **64**, 189.
3. M. K. Wu, J. R. Ashburn, C. J. Torng, P. H. Hor, R. L. Meng, L. Goa, A. J. Huang, Y. Q. Wang & C. W. Chu; 1987. *Phys. Rev. Lett.* **58**, 908.
4. V. I. Kudinov, I.L. Chaplygin, A. I. Kirilyuk, N. M. Kreines, R. Laiho & E. Lähderanta; 1990. *Phys. Lett. A*. **157**, 290.
5. V. I. Kudinov, A. I. Kirilyuk, N. M. Kreines, R. Laiho, & E. Lähderanta. 1990. *Physical Letter A*, **151**, 358.
6. V. I. Kudinov, I. L. Chaplygin, A. I. Kirilyuk, N. M. Kreines, R. Laiho, E. Lähderanta, & C. Ayache. 1993. *Phys. Rev. B* **47**, 9017.
7. S. L. Bud'ko, H. H. Feng, M. F. Davis, C. Wolfe & P. H. Hor. 1993. *Phys. Rev. B* **48**, 16707.
8. D. Giratá, B. Arenas, R. Hoyos, J. Osorio, M. E. Gómez, P. Prieto. 1996. *Revista Colombiana de Física*, **28**, 177.
9. D. Giratá Lozano, Doris. 1997. Tesis doctoral. Universidad del Valle.
10. J. Hasen, D. Lederman, I. K. Schuller, V. Kudinov, M. Maenhoudt & Y. Bruynseraede. 1995. *Phys. Rev. B* **51**, 2, 1342.
11. J. Hasen. 1995. Tesis doctoral. University of California.
12. C. Ayache, I. L. Chaplygin, A. I. Kirilyuk, N. M. Kreines & V. I. Kudinov. 1992. *Solid State Communications*. vol. 81, No. 1. pp. 41-45.
13. A. Hoffmann, I. K. Schuller, A. Gilabert, G. M. Medici, F. Schmidl, & P. Seidel. 1997. *Appl. Phys. Lett.* **70**, 2461.
14. A Hoffman, I. K. Schuller, Z. F. Ren, J. Y. Lao, & J. H. Wang. (enviado marzo 13, 1997) (Sin publicar)
15. T. Endo, A. Hoffmann, J. Santamaria & I. K. Schuller. 1996. *Phys. Rev. B* **54**, 3750.
16. V. I. Kudinov, *Physica*. 1994 B **194**, 1187.
17. G. Nieva, E. Osquiguil, J. Guimpel, M. Maenhoudt, B. Wuyts, Y. Bruynseraede, M. B. Maple & I. K. Schuller. 1992. *Appl. Phys. Lett.* **60**, 2159.
18. M. Maenhoudt, 1995. Tesis doctoral. Katholieke Universiteit Leuven.
19. Rossat-Mignod, L. P. Regnault, P. Bourges, P. Burlet, C. Vettier, & J. Y. Henry. 1993. *Physica B*. **192**, 109.
20. D. Giratá, B. Arenas, R. Hoyos, J. Osorio, M. E. Gómez, J. Heiras & P. Prieto. 1997. *Physica C* **282-287**, 671.
21. Sheng & A. M. Herrman. 1988. *Nature* **332**, 55.
22. Tanabe, F. Hosseini Teherani, S. Kubo, H. Asano & M. Suzuki. J. 1994. *Appl. Phys. Lett.* **76**, 3679.
23. A. Gilabert, A. Hoffmann, J. Elly, M. G. Medici, F. Schmidl, P. Seidel & I. K. Schuller. 1997. *Journal of Low Temperature Physics*, **106**, 255.
24. Osorio, Jaime. 1998. Tesis de Maestría. Universidad del Valle.

# LA FAMILIA PHAKOPSORACEAE EN EL NEOTRÓPICO III, GÉNEROS: *BATISTOPSORA* Y *PHAKOPSORA*\*

por

Pablo Buriticá C.\*\*

## Resumen

**Buriticá, P.:** La familia Phakopsoraceae en el Neotrópico III, géneros: *Batistopsora* y *Phakopsora*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **23**(87): 271-305. 1999. ISSN 0370-3908.

Se citan y describen todas las especies neotropicales de los géneros *Batistopsora* y *Phakopsora*. Se delimita y precisa el concepto de género y especie, se describen nuevas especies para la ciencia.

**Palabras clave:** Phacopsoraceae, *Batistopsora*, *Phacopsora*, Neotrópico, Uredinales.

## Abstract

Neotropical species of *Batistopsora* and *Phakopsora* are cited and described. Generic concept is improved and delimited and new species are included.

**Key words:** Phacopsoraceae, *Batistopsora*, *Phacopsora*, Neotropics, Uredinales.

## Introducción

En artículos previamente publicados en la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (**19**(72): 47-62, **22**(84): 325-334), se ha venido tratando la familia Phakopsoraceae. En este trabajo se

continúa con tal tratamiento, el cual concluirá con la cuarta entrega.

El género *Phakopsora* y su desagregado *Batistopsora* conforman un grupo muy homogéneo de especies típicamente tropicales. La escasa colección de los estados teliomórficos dificulta la precisión en el número total de especies; sin embargo, no es temerario indicar que probablemente constituye el tercer género en cuanto a número de especies, después de *Puccinia* y *Uromyces*.

7. **BATISTOPSORA** Dianese, Medeiros & Santos, Fitopatol. Brasil. **18**(3): 437. 1993.

\* El presente artículo hace parte de una serie de cuatro, cuyas dos primeras entregas se publicaron en esta revista, en 1994 y 1998. La bibliografía correspondiente se publicará al final de la cuarta entrega que aparecerá en septiembre de este año en el No. 88.

\*\* I.A. Ph.D. Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia – Medellín.

Especie tipo: *Batistopsora crucis-filii* Dianese, Medeiros & Santos, l.c.

Tipo: sobre *Annona tomentosa* Fries (Annonaceae), BRASIL: Minas Gerais, Paracatú, 6 Jun. 1993, J.C. Dianese.

Anamórfo: *Uredostilbe crucis-filii* Buriticá, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Uredostilbe* Buriticá & Hennen; teliosoro subepidermal, cubierto por la epidermis, con varias capas de de teliosporos; teliosporos producidos en cadenas de mas de dos, libres en la parte superior, sin organización definida pero típicamente laxos; germinación despues del reposo; metabasidio externo.

**Distribución:** Neotropical; sobre especies de Magnoliidae, familia Annonaceae.

**Ciclo de vida:** desconocido, probablemente parcialmente expandido.

**Observaciones:** género no considerado por Buriticá (1994), pero sí estudiadas sus especies. Se acepta separarlo de *Phakopsora* por el soro formado por teliosporos que tienen una organización laxa en el teliosoro y por tener el anamórfo en *Uredostilbe*, que de alguna manera presenta características similares a los anamórfos de los géneros teliomórficos *Miyagia* Miyabe y *Corbulospora* Cummins.

#### Clave para las especies:

1. Ornamentación de los esporos anamórficos con espinas prominentes .....  
..... *Batistopsora pistila* Buriticá & Hennen.
1. Ornamentación de los esporos anamórficos con pequeñas espinas, ..... *Batistopsora crucis-filii* Dianese, Medeiros & Santos.

#### 7.1 *Batistopsora pistila* Buriticá & Hennen, sp. nov.

Tipo: sobre *Annona nolosericea* Safford (Annonaceae) HONDURAS: Santa Clara, 20 Jul. 1950, A.S. Muller 97.

Anamórfo: *Uredostilbe pistila* Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. **19**(72): 49. 1994.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphiis hypophyllis, flavidis, dispersis, primo tectis tandem poro

centrali apertis, subepidermalibus; hymenio subepidermali, applanato; paraphysibus peripheralibus conjunctis extra hospem, rectos, capitatos, facientibus columnella (stilbiformibus), 80-110 X 7-10  $\mu$ m; pariete flavido, 5-10  $\mu$ m supra incrassato; sporis sessilibus, flavidis, globosis, ovatis, 17-21 X 15-18  $\mu$ m; parieti 0.5-1  $\mu$ m crassis, aequaliter, sparse et valde aculeato; poris germinationibus obscuris. Soris teleutosporiferis circa soros anamorphos, hypophyllis, ceraceis, brunneis, crustiformibus, indeterminatis, coalescentibus, subepidermalibus; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis laxis, seriatim dispositis in 3-4 stratis, basalim incoloris supra flavidis, cuboideis, ellipsoideis, 13-17 X 6-8  $\mu$ m; parieti 1  $\mu$ m crasso, aequaliter, in sporis superioribus incrassato.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, amarillento, aislado, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos periféricos rectos, largos, capitados, unidos lateralmente, formando una palisada, 80-110 X 7-10  $\mu$ m; pared 5-10  $\mu$ m en el ápice, amarillenta; esporos sésiles, amarillentos, redondos, ovoideos, 17-21 X 15-18  $\mu$ m; pared 0.5-1  $\mu$ m de gruesa, uniforme, con espinas grandes esparcidas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro alrededor del anamórfo, hipófilo, ceroso, carmelita, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescente, subepidermal. 3-4 esporos en profundidad; himenio subepidermal, plano; teliosporos uno debajo del otro, libres, los basales incoloros, los superiores amarillentos, cúbicos, elipsoides, 13-17 X 6-8  $\mu$ m; pared 1  $\mu$ m gruesa, levemente engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Centro América.

**Especímenes estudiados:** sobre Annonaceae, *Annona nolosericea* Safford, HONDURAS: Santa Clara, 20 Jul. 1950, Muller 97 (Tipo). Sobre *Annona* sp., PANAMA: Juan Díaz, 21 Ago. 1923, Stevens 1240A.

**Observación:** esta especie es la segunda conocida para este género y con la siguiente son las únicas con el tipo de anamórfo tipo *Uredostilbe*.

7.2 *Batistopsora crucis-filii* Dianese, Medeiros & Santos. Fitopatol. Bras. **18**(3): 437. 1993.

Tipo: sobre *Annona tomentosa* Fries (Annonaceae), BRASIL: Minas Gerais, Paracatú, 6 Jun. 1993, J.C. Dianese.

Anamórfo: *Uredostilbe crucis-filii* Buriticá, l.c.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio tipo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Soro anamórfico, hipófilo, blancuzco, en grupos limitados por las nervaduras de la hoja, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos periferales unidos lateralmente formando una palisada, rectos, capitados, 40-80 X 8-11  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 5-7  $\mu\text{m}$  de gruesa en el ápice; esporos sésiles, elipsoides, 20-24(-26) X 16-18  $\mu\text{m}$ ; pared uniforme, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro alrededor del anamórfico ó aislado, hipófilo, ceroso, amarillento, lenticular, crecimiento indeterminado, subepidermal, 3-5 esporos en profundidad; himenio subepidermal, plano; teliosporos uno debajo del otro, libres, amarillentos, cúbicos, 14-18 X 8-10  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme.

**Distribución:** Sur-Este del Brasil, vegetación de Cerrado.

**Especímenes estudiados:** sobre Annonaceae, *Annona* aff. *crassifolia* Martius, BRASIL: Minas Gerais, N. de Frutal, 14 Nov. 1983, J.F. & M.M. Hennen & Adell 83-735. Sobre *Annona glaucophylla* Fries, BRASIL: Goias, Luziania, 9 May. 1979, Heringer 1981. Sobre *Annona* sp., BRASIL: Matto Grosso, Chapada do Guimares, hacia Cuiaba, 21 Jul. 1988, J.F. Hennen & Lopez-Franco 88-594 (especimen utilizado para la descripción); Matto Grosso do Sul, O. de Coxim, 16 Abr. 1983, J.F. & M.M. Hennen & Antunes 83-179; Minas Gerais, S. de Ibia, 20 Abr. 1986, J.F. Hennen B 86-309.

**Observaciones:** no fue posible hacer la descripción del tipo; existen algunas diferencias en las medidas dadas por los autores de la especie.

8. **PHAKOPSORA** Dietel, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 13: 333. 1895.

Especie tipo: *Phakopsora punctiformis* (Barclay & Dietel) Dietel, l.c.

= *Melampsora punctiformis* Barclay & Dietel, en: Dietel, Hedwigia 29: 267. 1890.

Tipo: sobre *Galium aparine* de Candolle (Rubiaceae), INDIA: Simla, 15 Oct. 1889, H. Barclay.

Anamórfico: *Milesia puctiformis* Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 58.

Tipo: el mismo que para el teliomórfico.

= *BUBAKIA* Arthur, Res. Sci. Congr. Bot. Viena p. 338. 1906.

Especie tipo: *Bubakia crotonis* (Burrill) Arthur, l.c. p. 339. 1906.

= *Melampsora crotonis* Burrill, Bot. Gaz. 9: 189. 1884.

Tipo: no designado por el autor, escogido por Arthur (l.c.), sobre *Croton capitatus* Michaux (Euphorbiaceae), ESTADOS UNIDOS: Illinois, Oct. 1881, A.B. Seymour.

Anamórfico: *Milesia crotonis* (Cooke) Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 58. 1994.

= *Trichobasis crotonis* Cooke, Grevillea 6(40): 137. 1878.

Tipo: sobre *Croton procumbens* Jacquin (Euphorbiaceae), ESTADOS UNIDOS: California, M. Edwards.

= *ANGIOPSORA* Mains, Mycologia 26: 126. 1934.

Especie tipo: *Angiopsora lenticularis* Mains, Mycologia 26: 127. 1934.

Tipo: sobre *Lasiacis ruscifolia* (H.B.K.) Hitchcock & Chase (Gramineae), ECUADOR: Guayaquil, 31 Jul. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 801.

Anamórfico: *Physopella lenticularis* Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 743. 1958.

Tipo: el mismo que para el teliomórfico.

= *STAKMANIA* Kamat & Sathe, Sydowia 20: 253. 1968.

Especie tipo: *Stakmania indica* Kamat & Sathe, l.c.

Tipo: sobre *Glochidion hoheneckeri* Beddome (Euphorbiaceae), INDIA: Maharastra, Mahableshwar, Nov. 1965, A.V. Sathe.

Anamórfico: *Milesia glochidii* Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 58. 1994.

Tipo: el mismo que para el teliomórfico.

Espermogonio en grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórficos en *Aecidium* Persoon, *Caeoma* Link, *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen, *Physopella* Arthur, *Uredendo* Buriticá & Hennen y *Milesia* White. Teliosoro subepidermal, cubierto por la epidermis, formando una costra de teliosporos unicelulares compactados, de 2 ó más esporos en profundidad, sésiles, irregularmente arreglados, ocasionalmente apareciendo 2-3 en cadenas hacia la base.

libres, compactos, pared pigmentada; poro germinativo uno, cuando visible; período de reposo; metabasidio externo.

**Distribución:** principalmente tropical en América, Africa y Asia; sobre especies de las subclases Magnoliidae, Hamamelidae, Dilleniidae, Rosidae y Asteridae, de la clase Magnoliopsida; y, de las subclases Commelinidae, Zingiberidae y Liliidae de la clase Liliopsida.

**Ciclo de vida:** parcialmente expandido, completamente expandido y parcialmente reducido. Especies autóicas-isomórficas, autóicas-dimórficas y heteróicas-dimórficas.

**Observaciones:** para la mejor comprensión y con el fin de facilitar la identificación de las especies, estas se presentan de acuerdo con la familia del hospedante.

### Sobre Gramineae

1. Anamórfo en *Uredendo* ..... 2.
1. Anamórfo en *Physopella* ..... 5.
2. Pared del teliosporo 1 µm gruesa, uniforme, sobre *Panicum* .... *Phakopsora aurea* (Cummins) Buriticá & Hennen.
2. Pared del teliosporo engrosada apicalmente 3.
3. Esporos anamórficos 18-24 µm, sobre *Tripsacum* ..... *Phakopsora pallescens* (Arthur) Buriticá & Hennen.
3. Esporos anamórficos con más de 24 µm de largo ..... 4.
4. Esporos anamórficos 24-30 X 15-20 µm, sobre *Zea* ..... *Phakopsora zae* (Mains) Buriticá.
4. Esporos anamórficos 28-38 X 18-23 µm, sobre *Tripsacum* ..... *Phakopsora cumminsiana* Buriticá & Hennen.
5. Parafisos en *Physopella* inconspicuos, cortos, de pared hialina, sobre *Lasiacis* ..... *Phakopsora lenticularis* (Mains) Buriticá & Hennen.
5. Parafisos en *Physopella* conspicuos, pared engrosada ..... 6.
6. Himenio del teliosoro cóncavo, sobre *Pennisetum* ..... *Phakopsora apoda* (Hariat & Patouillard) Mains.
6. Himenio del teliosoro plano ..... 7.

7. Pared del teliosoro uniforme, delgada, sobre *Olyra* ..... *Phakopsora phakopsoroides* (Arthur & Mains) Buriticá & Hennen.

7. Pared de los teliosporos superiores engrosada apicalmente ..... 8.

8. Pared engrosada apicalmente 4-8 µm, sobre *Setaria* ..... *Phakopsora cameliae* (Arthur) Buriticá & Hennen.

8. Pared engrosada apicalmente 3-4 µm, sobre *Paspalum* ..... *Phakopsora compressa* (Arthur & Holway) Buriticá & Hennen.

8.1 *Phakopsora aurea* (Cummins) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Angiopsora aurea* Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 83: 221. 1956.

Tipo: sobre *Panicum olivaceum* Hitchcock & Chase (Gramineae), HONDURAS: Uyuca, 13 En. 1951. A.S. Muller 419.

Anamórfo: *Uredendo aurea* (Cummins & Ramachar) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Physopella aurea* Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 742. 1958.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo enfigíneo, principalmente hipófilo, amarillento, dispersos, ruptura de la epidermis evidente. subepidermal; himenio plano en estados tempranos, posteriormente cóncavo y profundo, subepidermal; parafisos en el himenio, pocos hialinos, clavados, 20-40 X 9-12 µm; pared hialina, delgada; esporos sésiles, amarillo pálido, de obovoides a elipsoides, 22-29 X 14-19 µm; pared incolora, 0.5-1 µm gruesa, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, varios y dispersos. Teliosoro anfigíneo, carmelita, dispersos pero más comunmente alrededor del anamórfo, lenticular. 3-5 esporos en profundidad, crecimiento determinado, coalescentes, inicialmente cubiertos por la epidermis, posteriormente erumpente; himenio subepidermal, profundo, de plano a suavemente cóncavo; teliosporos libres, uno debajo del otro, de oblongos a cuboides, hialinos. 14-24 X 8-13 µm; pared hialina, 0.5-1 µm de gruesa, uniforme.

**Distribución:** América Central.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Panicum olivaceum* Hitchcock & Chase, el tipo. Sobre *Panicum*



*sphaerocarpon* Elliot, HONDURAS: Morazan, Cerro de Uyuca, 8 Dic. 1946, *Standley, Allen, Shank & Padilla 946*.

8.2 **Phakopsora pallescens** (Arthur) Buriticá & Hennen, en: Buriticá & Pardo-Cardona, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* **20**(77): 206. 1996.

= *Puccinia pallescens* Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* **46**: 111. 1919.

Tipo: sobre *Tripsacum latifolium* Hitchcock (Gramineae), NICARAGUA: Jinotepe, 3-7 Nov. 1911, *Hitchcock 8720*.

= *Dicaeoma pallescens* (Arthur) Arthur & Fromme, *N. Amer. Fl.* **7**: 278. 1920.

= *Angiopsora pallescens* (Arthur) Mains, *Mycologia* **26**: 128. 1934.

Anamórfo: *Uredendo pallidus* (Dietel & Holway) Buriticá & Hennen, en: Buriticá, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* **19**(72): 50. 1994.

= *Uredo pallida* Dietel & Holway, en: *Holway, Bot. Gaz.* **24**: 37. 1897.

Tipo: sobre *Tripsacum lanceolatum* Ruprecht (Gramineae), MEXICO: cerca Ciudad de Mexico, 1 Oct. 1896, *Holway*.

= *Physopella pallescens* (Dietel & Holway) Cummins & Ramachar, *Mycologia* **50**: 743. 1958.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigéneo, amarillento, dispersos, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos en el himenio, libres, hialinos, de cilíndricos a clavados, 20-35 X 8-20 µm; pared hialina, 2-4 µm de gruesa en el ápice; esporos sésiles, amarillentos, de obovoides a elipsoides, 18-24 X 14-19 µm; pared amarillenta, 1-2 µm de gruesa, uniforme, con diminutas y esparcidas espinas; poros germinativos imperceptibles, mas o menos 5 alrededor del ecuador. Teliosoro hipófilo, disperso ó alrededor del anamórfo, lenticular, plano, coalescentes, crecimiento indeterminado, 2-4 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos libres, uno debajo del otro, amarillentos, de oblongos a elipsoides, cuboides, 12-28 X 10-14 µm; pared amarillenta, 1-2 µm de gruesa, 2-4 µm engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Centro América y Norte de Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Euchlaena mexicana* Schrader, GUATEMALA: Guatemala, 1 May. 1941, *Standley 92861*. Sobre *Euchlaena sp.*, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 30 Abr. 1970, *Pollack*. Sobre *Tripsacum lanceolatum* Ruprecht., MEXICO: Ciudad de Mexico, 1 Oct. 1896, *Holway* (Tipo: *Uredo pallida*); Tizapan, 27 Sep. 1899, *Holway 3504*; San Luis Potosi, Cd. Valles, 20 Oct. 1967, *Hennen 67-264*; Jalisco, Guadalajara, 30 Sep. 1903, *Holway 5080*. GUATEMALA: Quetzaltenango, Aguas Calientes, 13 Ago. 1896, *Seler 2701*. NICARAGUA: Jinotepe, 3-7 Nov. 1911, *Hitchcock 8720* (Tipo). HONDURAS: Escuela Agrícola Panamericana, 12 Ene. 1951, *Muller*; Morazan, Rio Yeguaré, 17 Dic. 1946, *Standley & Williams 1612*. COLOMBIA: Valle del Cauca, Rio Calima, 19 Dic. 1951, *Patiño 21*. Sobre *Tripsacum laxum* Nash., MEXICO: Nayarit, Tepic, 10 Ene. 1923, *Collins & Kempton*; Guadalajara, Barranca de Oblatos, 14 Oct. 1921, *Kempton & Collins*; Morelos, Progreso, 7 Sep. 1948, *Pantre 833*. GUATEMALA: s.d., *Grant 39*. Sobre *Tripsacum sp.*, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 19 May. 1970, *Pollack*.

8.3 **Phakopsora zae** (Mains) Buriticá, *Rev. I.C.N.E. (Medellín)* **5**(2): 183. 1994.

= *Angiopsora zae* Mains, *Mycologia* **30**: 42. 1938.

Tipo: sobre *Zea mays* Linneo (Gramineae), GUATEMALA: Alameda, 2 Nov. 1936, *J.R. Johnston*.

Anamórfo: *Uredendo zae* (Cummins & Ramachar) Buriticá, *Rev. I.C.N.E. (Medellín)* **5**(2): 183. 1994.

= *Physopella zae* Cummins & Ramachar, *Mycologia* **50**: 743. 1958.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigéneo, principalmente hipófilo, amarillo pálido, dispersos, abriendo la epidermis tempranamente, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos en el himenio pocos, libres, de cilíndricos a clavados, 16-30 X 8-14 µm; pared hialina, delgada, ocasionalmente 1-1.5 µm engrosada en el ápice; esporos sésiles, amarillo pálido, de obovoide a elipsoide, 24-30 X 15-20 µm; pared hialina, 1-2 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, más ó menos 6-8 dispersos. Teliosoro anfigéneo, principalmente hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita a negruzco, lenticular, de cupular a plano, crecimiento indeterminado, coalescentes, 1-3 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, inicialmente cóncavo luego plano; teliosporos más ó menos uno debajo

del otro, libres, elipsoides, 16-24 X 9-13  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1.5-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-4  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Centro América, Antillas y Norte de Sur América, márgen occidental de los Andes.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Zea mexicana* Schrader, MEXICO: Guerrero, Acapulco, Chilpancingo rd., 21 Oct. 1943, *Lundell 12602*. Sobre *Zea mays* Linneo, PUERTO RICO: La Vega-Moca rd., 20 Mar. 1926, *Kern & Toro 116*; Naguabo, 19 Abr. 1916, *Whetzel & Olive 440*. JAMAICA: Kingston, Oct. 1956, Neita; Linguanea, St Andrew, 26 Ene. 1957, *Bengry*. TRINIDAD: Lady Chancellor rd., 10 Mar. 1921, *Seaver 3110*; St. Augustine, 8 Dic. 1948, *Dale 1995; 1327*; 11 Oct. 1948, *Hosein*. ST. VINCENT: 2Feb. 1946, *Baker 907*; Experimental Station, 10 Mar. 1921, *Seaver 3103*. GRENADA: Boulonge Estate, 20 Ago. 1944, *Dale 234*; 29 Ene. 1946, *Baker 825*. MEXICO: Veracruz, Orizaba, 9 Nov. 1949, *Niederhauser & Cervantes*; Huatusco, 28 Nov. 1949, *Cervantes & Niederhauser*; Chiapas, Tuxtla Gutierrez, 22 Nov. 1974, *J.F. Hennen & P. Buriticá 74-349*. GUATEMALA: Alameda, 2 Nov. 1936, *Johnston* (Tipo). HONDURAS: Abr. 1970, *Ulstrup*. NICARAGUA: Managua, La Calera, Ene. 1957, *Litzenberg*; Ene. 1957, *Salazar*. COSTA RICA: San José, *Vargas 77-80*. COLOMBIA: Antioquia, Medellín, Ene. 1955, *Skiles*. VENEZUELA: Portuguesa, Acarigua, 28 Ene. 1957, *Malaguti*. PERU: Afilados, 9 Ene. 1957, *Reyes*; 1977, *Bonde*.

**Observaciones:** este Uredinal es conocido, comúnmente, como la roya suramericana del maíz ó la roya pálida del maíz. Registros de daños serios han sido detectados en varias localidades, especialmente en materiales genéticos conocidos como criollos.

**8.4 Phakopsora cumminsiana** Buriticá & Hennen, *nom. nov.* (no *P. mexicana* (Arthur) Arthur, 1917).

Tipo: sobre *Tripsacum lanceolatum* Ruprecht (Gramineae), MEXICO: Durango, 23 Nov. 1963, G.B. *Cummins 63-550*.

Anamórfo: *Uredendo mexicanus* (Cummins) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Physopella mexicana* Cummins, *Southw. Nat.* 12: 71. 1967.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, amarillento, dispersos, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio

subepidermal, plano; parafisos en el himenio, libres, hialinos, cilíndricos, 25-35 X 8-10  $\mu\text{m}$ ; pared hialina, ocasionalmente 2-3  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice; esporos sésiles, amarillo pálido, de obovoides a elipsoides, 25-38 X 18-23  $\mu\text{m}$ ; pared hialina, 1-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, varios, más ó menos dispersos. Teliosoro hipófilo, dispersos, mas comunmente alrededor el anamórfo, de carmelita a negruzco, lenticular, crecimiento determinado, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, levemente cóncavo; teliosporos más ó menos uno debajo del otro, libres, de oblongos a cuboides, 12-30 X 11-18  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** solo conocido en Mexico.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Tripsacum dactyloides* Schlecht., MEXICO: Jalisco, Guadalajara, 1 Nov. 1969, *Hennen 69-284*. Sobre *Tripsacum lanceolatum* Ruprecht, MEXICO: Durango, 23 Nov. 1963, *Cummins 63-550* (Tipo); Nayarit, Tepic, 19 Nov. 1971, *Cummins 71-506*; Sonora, Alamos, 13 Dic. 1971, *Cummins 71-670*; Jalisco, Guadalajara, 21 Dic. 1970, *Cummins 70-349*.

**Observaciones:** especie que con gusto dedicó al Dr. G.B. Cummins, eminente Uredinólogo de Purdue University, continuador de la escuela de J.C. Arthur.

**8.5 Phakopsora lenticularis** (Mains) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Angiopsora lenticularis* Mains, *Mycologia* 26: 127. 1934.

Tipo: sobre *Lasiacis ruscifolia* (H.B.K.) Hitchcock & Chase (Gramineae), ECUADOR: Guayaquil, 31 Jul. 1920, E.W.D. & M.M. *Holway 801*.

Anamórfo: *Physopella lenticularis* Cummins & Ramachar, *Mycologia* 50: 743. 1958.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, amarillento, disperso, inicialmente abierto por un poro, posteriormente ruptura de la epidermis evidente, subepidermal, himenio subepidermal, plano; parafisos periferales y en el himenio, hialinos, libres, pocos, de clavados a cilíndricos, 15-30 X 8-12  $\mu\text{m}$  pared hialina, delgada, ocasionalmente 1-1.5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice; esporos sésiles, amarillentos, de elipsoides a obovoides, 22-27 X 15-20  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  gruesa, uniforme,

con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, más ó menos 6-8, dispersos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita a negruzco, costriforme, crecimiento determinado, coalescentes, 1-3 esporos en capas, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, primero cóncavo luego plano; teliosporos más ó menos uno debajo del otro, libres, elipsoides, 16-30 X 11-16  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, 2-4  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los teliosporos del extremo superior.

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

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Lasiacis divaricata* (Linneo) Hitchcock, PUERTO RICO: Utuado, 8 Nov. 1913, *Stevens 4608*; Colena, 3 Nov. 1913, *Stevens 4528*; Guaynabo, 23 Jun. 1924, Whetzel, Kern & Toro; San Germán, 12 Dic. 1913, *Stevens 5857*. MEXICO: Tamaulipas, S. de Cd. Mante, 23 Sep. 1963, *Cummins 63-147*; Sinaloa, Malpica, 1 Dic. 1971, *Cummins 71-572*; Nayarit, N. de Tepic, 28 Oct. 1969, *Hennen 69-242*. GUATEMALA: 2 Feb. 1905, *Kellerman 5376*. Sobre *Lasiacis ligulata* (H.B.K.) Hitchcock. PUERTO RICO: Maricao, 23 Mar. 1916, *Whetzel & Olive 420*. Sobre *Lasiacis ruscifolia* (H.B.K.) Hitchcock, MEXICO: Tamaulipas, Marmolejo, 2 Ago. 1930, *Barlett 10796*; Sinaloa, Mazatlan, 13 Oct. 1964, *Noel*; Yucatan, Tuxpeña, Campeche, 11 Nov. 1931, *Lundell 927*. GUATEMALA: Santa Rosa, Cuilapa, 20-27 Nov. 1940, *Standley 77899*. ECUADOR: Guayaquil, 31 Jul. 1920, *E.W.D. & M.M. Holway 801* (Tipo). Sobre *Lasiacis sorghoidea* (Desveaux) Hitchcock, MEXICO: San Luis Potosi, Ciudad del Maíz, 29 Sep. 1965, *Hennen 65-178*. Sobre *Lasiacis sp.*, PUERTO RICO: Bayamon, 24 Ene.-5 Abr. 1923, *Seaver & Chardon 1359*. TRINIDAD: Pointe Gourde, 31 Mar. 1921, *Seaver 3402*. Sobre *Panicum arundinariae* Trinius, GUATEMALA: Chimaltenango, Rio Guacalate, 14-23 Dic. 1940, *Standley 81037*. MEXICO: Tamaulipas, Antiguo Morelos, 9 Nov. 1974, *J.F. Hennen & P. Buriticá 74-130*.

#### 8.6 *Phakopsora apoda* (Hariot & Patouillard) Mains, Mycologia 30: 45. 1938.

= *Puccinia apoda* Hariot & Patouillard, Bull. Mus. Hist. Nat. Paris 15: 199. 1909.

Tipo: sobre *Pennisetum setosum* Richard (Gramineae), CHAD (CONGO FRANCÉS): Chairi, Fort Lamy, Oct. 1903, A. Chevalier.

Anamórfo: *Physopella apoda* Buriticá & Hennen, en: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 179. 1994.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, amarillento, dispersos, primero abiertos por un poro, posteriormente ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio subepidermal, cóncavo; parafisos periferales, unidos en la base, curvados, 40-60 X 8-10  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 0.5-1  $\mu\text{m}$  gruesa, 5-7  $\mu\text{m}$  engrosada dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, amarillentos, de elipsoides a obovoides, 24-30 X 18-23  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, varios, más ó menos dispersos. Teliosoro anfigíneo, principalmente hipófilo, alrededor de los anamórfos, negruzco, costriforme, plano, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2-4 capas de esporos; himenio intraepidermal, al inicio cóncavo luego plano; teliosporos irregularmente arreglados, amarillentos, de elipsoides a obovoides, 16-32 X 14-20  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1-2  $\mu\text{m}$  gruesa, uniforme, carmelita, 2-5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los teliosporos en el extremo superior.

**Distribución:** Centro y Sur América, en zonas de clima medio.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Pennisetum clandestinum* Hochstetter & Chiovenda, COSTA RICA: PUR 66592 (no hay mas información). COLOMBIA: Antioquia, San Cristóbal, 24 Abr. 1994, *P. Buriticá 94-001*; Boyaca, vía Duitama-Sogamoso, 2 Oct. 1976, *P. Buriticá*; Cundinamarca, Cachipay, 7 Ene. 1977, *M.I. Umaña*; Bogotá, cerro Monserrate, Ene. 1975, *P. Buriticá 75-3*; Fusagasuga, La Aguadita, 2 Jun. 1976, *M.I. Umaña*; Madrid, 8 Oct. 1975, *P. Buriticá*. ECUADOR: Tungurahua, en la vía Ambato-Puyo, 24 Jul. 1975, *Dumont, Carpenter & Buriticá 75-141E; 75-140E*; Pichincha, en la vía Quito-Santo Domingo, 17 Jul. 1975, *K.P. Dumont, Carpenter & P. Buriticá 75-15E*. BRASIL: Rio de Janeiro, Parque Nal. de Itiaia, 30 Oct. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77-210*; Sao Paulo, Billings Area, 7 Nov. 1975, *Hennen & Figueiredo 75-198*; Assis, 6 Ago. 1976, *Campacci 76-290*; Maria, 16 Jun. 1976, s.c.; Jockey Club, 20 Nov. 1975, *Hennen 75-203*; Minas Gerais, Caldas, 22 Nov. 1983, *J.F. & M.M. Hennen 83-789*.

#### 8.7 *Phakopsora phakopsoroides* (Arthur & Mains) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Puccinia phakopsoroides* Arthur & Mains, Bull. Torrey Bot. Club 46: 412. 1919.

Tipo: sobre *Olyra latifolia* Linneo (Gramineae), CUBA: Guantánamo, 7 Feb. 1918, *J.R. Johnston 1028*.

= *Dicaeoma phakopsoroides* (Arthur & Mains) Arthur & Fromme, en: Arthur, N. Amer. Fl. 7(4): 295. 1920.

= *Angiopsora phakopsoroides* (Arthur & Mains) Mains, *Mycologia* 26: 128. 1934.

Anamórfo: *Physopella phakopsoroides* Cummins & Ramachar, *Mycologia* 50: 743. 1958.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, de amarillento a carmelita, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos periferales abundantes, unidos en la base, curvados, 35-50 X 10-12 µm; pared amarillenta, 3-5 µm gruesa dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 26-32 X 20-24 µm; pared incolora, 1-1.5 µm de gruesa, uniforme, con diminutas y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, varios, más ó menos dispersos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, carmelita, costriiforme, plano. crecimiento indeterminado, 3-4 capas de teliosporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos más o menos uno debajo del otro, libres, de cuboides a elipsoides, 12-21 X 8-14 µm; pared amarillenta, 1-1.5 µm de gruesa, uniforme.

**Distribución:** Antillas y Norte de Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Olyra latifolia* Linneo, CUBA: Guantanamo, 2 Feb. 1918, *Johnston 1028* (Tipo); Santiago de las Vegas, 24 Mar. 1916, *Johnston 509*; 7 Nov. 1915, *Johnston 247*; La Habana, Vento, 1 Jul. 1904, *Baker & Wilson 504*; Camaguey, La Gloria, 25 Ene. 1909, *Shafer 13*; Isla de los Pinos, 20 Feb. 1916, *Britton 14648*. PUERTO RICO: Mayaguez, 30 Ene. 1890, *Heller 4443*; Manati, 2 Jul. 1915, *Stevens 7700*; San Germán, 12 Dic. 1913, *Stevens, 5855; 5849*. ECUADOR: Provincia del Oro, Portovelo, 23 Sep. 1920, *E.W.D. & M.M. Holway 1002*.

8.8 *Phakopsora cameliae* (Arthur) Buriticá, *en*: Buriticá & Pardo-Cardona, *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* 20(77): 205. 1996.

= *Puccinia cameliae* Arthur, *Mycologia* 7: 227. 1915.

Tipo: sobre *Setaria scandens* (Jacquin) Schrader (Gramineae), COLOMBIA: Antioquia, Angelópolis, 30 Ago. 1910, *E. Mayor 275*.

= *Dicaeoma cameliae* (Arthur) Arthur & Fromme, *en*: Arthur, *N. Amer. Fl.* 7(4): 293. 1920.

= *Angiopsora cameliae* (Arthur) Mains, *Papers Michigan Acad. Sci., Arts Letters* 22: 154. 1937.

Anamórfo: *Physopella cameliae* (Mayor) Cummins & Ramachar, *Mycologia* 50: 742. 1958.

= *Uredo cameliae* Mayor, *Mem. Soc. Neuchatel Sci. Nat.* 5: 578. 1913.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, dispersos ó en grupos a lo largo de las nervaduras, amarillento, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio subepidermal, levemente cóncavo; parafisos periferales y en el himenio, libres ó 2-3 unidos en la base, hialinos, de clavados a cilindricos, 25-35 X 8-14 µm; pared delgada, ocasionalmente engrosada en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 20-27 X 15-18 µm; pared 0.5-1 µm de gruesa, uniforme, de incolora a amarillenta, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 7-9, dispersos. Teliosoro anfigíneo, de carmelita a negruzco, dispersos, puntiformes, crecimiento determinado, coalescentes, 2-3 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, esférico; teliosporos irregularmente arreglados, libres, de cuboides a oblongos, 20-25 X 10-18 µm; pared de amarillenta a carmelita, 1-1.5 µm de gruesa, 3-5 µm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Sur de los Estados Unidos, Centro América, Antillas y Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Panicum anceps* Michxaux, ESTADOS UNIDOS: Texas, Elsa, 26 Mar. 1962, *Cummins 62-176*. Sobre *Panicum antidotale* Retzius, ESTADOS UNIDOS: Texas, Kingville, 10 Jul. 1958, *Kreitlow*. Sobre *Panicum firmulum* Hitchcock & Chase, ESTADOS UNIDOS: Texas, Raymonville, 20 Abr. 1962, *Cummins 62-252*. Sobre *Setaria grisebachii* Fournier, MEXICO: Tamaulipas, Antiguo Morelos, 24 Sep. 1963, *Cummins 63-172*. Sobre *Setaria macrostachya* H.B.K., ESTADOS UNIDOS: Texas, Austin, 29 Oct. 1915, *Long, Lewis & Sharp*; Hidalgo, Linn, 4 Abr. 1962, *Cummins 62-191*. MEXICO: Coahuila, Saltillo, 8 Mar. 1962, *Cummins 62-115*; Nuevo León, Linares, 12 Oct. 1967, *Hennen 67-132*; Durango, Hidalgo del Parral, 17 Oct. 1969, *Hennen 69-155*. Sobre *Setaria scandens* Schrader, JAMAICA: 24 Oct. 1896, *Brisbane*. COLOMBIA: Antioquia, Angelópolis, 30 Ago. 1910, *Mayor 275* (Tipo). BRÁSIL: Sao Paulo, Sao Joan, 2 Jul. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway 1989*. Sobre *Setaria setosa* (Swartz) Smith, PUERTO RICO: Isla Mona, 20-21 Dic. 1913, *Stevens 6118*. TRINIDAD: Chacachacare, 10 Feb. 1946, *Baker 966*.

**Observación:** en algunos pocos esporos aparece célula disyuntora. Se han observado pequeñas diferencias en las colecciones provenientes de *Panicum* y *Setaria*.

8.9 **Phakopsora compressa** (Arthur & Holway) Buriticá & Hennen, en: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 179. 1994.

= *Puccinia compressa* Arthur & Holway, en: Arthur, Proc. Amer. Phil. Soc. 64: 157. 1925. nom. nudum.

Tipo: sobre *Paspalum elongatum* Grisebach (Gramineae). BOLIVIA: Cochabamba, 26 Feb. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 331 1/2.

= *Angiopsora compressa* (Arthur & Holway) Mains, Mycologia 26: 129. 1934.

Anamórfo: *Physopella paspalicola* (Hennings) Buriticá & Hennen, en: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 179. 1994.

= *Uredo paspalicola* Hennings, Hedwigia 44: 57. 1905.

Tipo: sobre *Paspalum conjugatum* Berg. (Gramineae). PERU: Yurimaguas, río Huallaga, Ago. 1902. E. Ule.

= *Uredo stevensiana* Arthur, Mycologia 7: 326. 1915.

Tipo: sobre *Paspalum humboldtianum* Fluegge (Gramineae). MEXICO: Morelos, Cuernavaca, 28 Sep. 1899, Holway 3510.

= *Physopella compressa* Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 742. 1958.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, amarillento, dispersos, ruptura de la epidermis evidente; himenio subepidermal, levemente plano; parafisos periferales abundantes, unidos en la base, curvados, 26-50 X 8-14  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 3-7  $\mu\text{m}$  engrosada dorsalmente y ocasionalmente en el ápice; esporos sésiles, incoloros, de obovoides a elipsoides, 20-27 X 15-19  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, más ó menos 6-9, dispersos. Teliosoro principalmente hipófilo, dispersos, alargados, de carmelitas a negruzcos, cupulados, crecimiento indeterminado en sentido longitudinal, coalescentes, 1-3 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos más ó menos uno debajo del otro, carmelitas, oblongos, cuboides ó elipsoides, 20-32 X 12-14  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, 3-5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina y Chile.

**Especímenes estudiados:** sobre Gramineae, *Axonopus compressus* (Swartz) Beauverd, PUERTO RICO: Mayaguez, 8 Feb. 1913, Stevens 280. ESTADOS UNIDOS: Louisiana, Baton Rouge, 29 Ago. 1920, Bonar. GUATEMALA: Izabal, Los Amatos, 22 Feb. 1908, Kellerman 7540. HONDURAS: Cortes, La Lima, 11-20 Abr. 1947, Standley & Chacón 7109. Sobre *Paspalum bulbosum* H.B.K., MEXICO: Sonora, Alamos, 13 Dic. 1971, Cummins 71-673. Sobre *Paspalum plenum* Hitchcock & Chase, MEXICO: San Luis Potosí, Ciudad del Maíz, 21 Sep. 1963, Cummins 63-129. Sobre *Paspalum conjugatum* Berg., CUBA: Santiago de las Vegas, Herradura, Mar. 1917, Horne; 28 Dic. 1917, Earle 831. PUERTO RICO: Coamo Springs, 17 Jul. 1915, Stevens 8342; Maricao 25 Mar. 1916, Whetzel & Olive 417. REPUBLICA DOMINICANA: La Vega, río Maymon, 17 Dic. 1930, Ciferri 74. TRINIDAD: Arima Blanchisseuse, 31 Dic. 1950, Dale 2315. ESTADOS UNIDOS: Florida, Brooksville, 13 Feb. 1921, Stevenson 5518. GUATEMALA: Quirigua, 22 Mar. 1916, Holway 594. COSTA RICA: 29 Nov. 1949, Muller 1952. PANAMA: Bocas del Toro, 9 Ago. 1920, Carleton 21. PERU: Yurimaguas, río Huallaga, Ago. 1902, Ule (Tipo). BRASIL: Rio de Janeiro, 20 Dic. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1418. Sobre *Paspalum decumbens* Swartz, VENEZUELA: Aragua, Ocumare, 26 Abr. 1934, Kern & Toro 1710. Sobre *Paspalum dilatatum* Poirét, MEXICO: Jalisco, Guadalajara, 21 Dic. 1970, Cummins 70-354b. Sobre *Paspalum distichophyllum* H.B.K., BRASIL: Sao Paulo, Arthur Anfirm, 15 Mar. 1922, E.W.D. & M.M. Holway 1633. Sobre *Paspalum elongatum* Griseb. BOLIVIA: Cochabamba, 26 Feb. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 331 1/2 (Tipo); 331; 403. Sobre *Paspalum fasciculatum* Willdenow, GUATEMALA: Sacatepequez, cerca Antigua, Nov. 1938-Feb. 1939, Standley 63343. Sobre *Paspalum humboldtianum* Fluegge, MEXICO: Morelos, Cuernavaca, 28 Sep. 1899, Holway 3510 (Tipo). GUATEMALA: San Rafael, 11 Ene. 1915, Holway 64. HONDURAS: El Paraíso, Ojo de Agua, 27 Feb. 1947, Standley 4707. VENEZUELA: Distrito Federal, Galipan, 23 Abr. 1934, Kern & Toro 1693. BOLIVIA: Sur Yungas, Anacuri, 5 Ene. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 719. Sobre *Paspalum paniculatum* Linneo, MEXICO: Nayarit, Tepic, 15 Nov. 1971, Cummins 71-46a. PUERTO RICO: Río Piedras, 23 Abr. 1916, Whetzel & Olive 390. VENEZUELA: Ocumare, Aragua, 24 Mar. 1939, Chardón 3106. Sobre *Paspalum plicatulum* Michxaux, CUBA: Herradura, 11 Nov. 1917, Earle 811. PUERTO RICO: Mayaguez, 30 Abr. 1913, Stevens 932. BELIZE: Valquero, 10 Ago. 1936.

*Mains 4109*. BRASIL: Sao Paulo, Lapa, 3 Mar. 1922, E.W.D. & M.M. Holway 1607. Sobre *Paspalum squamulatum* Fournier, GUATEMALA: Chimaltenango, La Alameda, 11-22 Dic. 1940, Standley 79958. Sobre *Paspalum stellatum* Fluegge, HONDURAS: Las Mesas, 2 Dic. 1950, Muller 371. Sobre *Paspalum trachycauleon* Steudel, VENEZUELA: Tucupe, cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, Whetzel & Muller 2845a. Sobre *Paspalum virgatum* Linneo, BOLIVIA: Nor Yungas, Anacuri, 3 Jun. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 703.

### Sobre Commelinaceae

8. 10. **Phakopsora tecta** Jackson & Holway, en: Jackson, Mycologia 18: 148. 1926.

Tipo: sobre *Commelina quitensis* Bentham (Commelinaceae), BOLIVIA: Sorata, 16 Abr. 1920, E.W.D. Holway 536.

Anamórfo: *Malupa commelinae* (Kalchbrenner) Buriticá & Hennen, en: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 180. 1994.

= *Uredo commelinae* Kalchbrenner, Grevillea 2: 24. 1882.

Tipo: sobre *Commelina sp.* (Commelinaceae), PORT NATAL: Wood 231.

= *Phakopsora commelinae* Gáumann, Bull. Jar. Bot. Buitenzorg, Serie 3. 5(1): 4. 1922. nom. illegit.

Tipo: sobre *Commelina nodiflora* Linneo (Commelinaceae), JAVA e ISLAS CELEBES.

= *Physopella tecta* Azbukina, Akad. Nauk. SSR. Bot. Inst. Nov. Sist. Nizh. Rast. Leningrado 7: 223. 1970.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Malupa*, hipófilo, agrupados en manchas circulares, amarillentos, cubierto por la epidermis, abiertos por un poro, subepidermal; himenio intraepidermal, levemente cóncavo; parafisos en la parte superior del peridio, curvados, clavados, capitados, 18-28 X 8-12  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, delgada, uniforme, en los parafisos del extremo amarillenta, 5-10  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice; esporos sésiles, irregularmente elipsoides, 24-32 X 18-22  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, en grupos circulares alrededor del anamórfo, redondo, cubierto por la epidermis, compacto, puntiforme, inicialmente ambar luego carmelita oscuro, 3-7 capas de esporos, crecimiento determinado, subepidermal; himenio intraepidermal, levemente cóncavo;

teliosporos irregularmente arreglados, de elipsoides a oblongos, 24-34 X 13-16  $\mu\text{m}$ ; pared en los teliosporos interiores amarillenta, 1-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, con extensiones irregulares en el ápice, en los teliosporos exteriores, carmelita, 6-10  $\mu\text{m}$  de gruesa.

**Distribución:** desde el Sur de los Estados Unidos hasta la Argentina, incluidas las Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Commelinaceae, *Commelina elegans* H.B.K., PUERTO RICO: Arecibo, 27 Ene. 1899, Heller; Sabana LLana, 10 Nov. 1899, Goll, Cook & Collins 164; Añasco, 19 Oct. 1913, Stevens 3600; Palo Seco, 3 Feb. 1916, Stevenson 3853; Coamo Springs, 13 Nov. 1913, Stevens. SAINT THOMAS: Feb. 1887, Eggers. TRINIDAD: Cocorite, 14 Mar. 1921, Seaver 3390. GUATEMALA: Antigua, Sacatepequez. Nov.-Feb. 1938-1939, Standley 58631. Sobre *Commelina longicaulis* Jacquin, PUERTO RICO: Vieques, 18 Jul. 1924, Whetzel, Kern & Toro 2093. Sobre *Commelina nudiflora* Linneo, PUERTO RICO: Palo Seco, 3 Feb. 1916, Stevenson 38539. REPUBLICA DOMINICANA: Santiago, Valle del Cibao, Hato del Yaque, 17 Nov. 1930, Ekman & Ciferri 146. Sobre *Commelina quitensis* Bentham, BOLIVIA: Sorata, 16 Abr. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 536 (Tipo). Sobre *Commelina virginica* Linneo, BRASIL: Belem, Para, IPEAN, 10 Abr. 1971, Albuquerque 1301. Sobre *Commelina sp.*, ESTADOS UNIDOS: Texas, Aransa River, Refugio, 3 Nov. 1974, Hennen & Buriticá 74-52. MEXICO: Nayarit, km. 46 al S. de Compostela, 14 Dic. 1970, Cummins 70-279. BOLIVIA: Sorata, Mandon. ARGENTINA: La Plata, Jun. 1936, Lindquist 2602. BRASIL: Para, Belem, 23 Nov. 1974, Albuquerque. PORT NATAL: Wood 231 (Tipo). Sobre *Tradescantia sp.*, ARGENTINA: Buenos Aires, Abr. 1906, Thaxter 65.

### Sobre Moraceae.

1. Soro de *Malupa* con parafisos largos, > 30  $\mu\text{m}$ , con la pared engrosada (>10 $\mu\text{m}$ ) en el ápice, sobre *Morus* ..... *Phakopsora mori* Buriticá & Hennen.
1. Soro de *Malupa* con parafisos cortos, <30 $\mu\text{m}$ , con pared uniforme, <2 $\mu\text{m}$ , sobre *Ficus* ..... *Phakopsora nishidani* Ito.

Hay por lo menos una docena de uredinales registrados en esta familia de hospedantes: todos ellos pertenecen a la familia Phakopsoraceae. Aquí sólo se presentan las especies en donde el teliomórfo ha sido plenamente confirmado.

8.11. *Phakopsora mori* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Morus sp.* (Moraceae), MEXICO: Tamaulipas, 17 kms. O. de Gomez Farias, camino hacia el Rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, *J.F. Hennen & P. Buriticá* 74-120.

Anamórfo: *Malupa mori* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphiis in *Malupa*, amphigenis, praecipue hypophyllis, dispersis vel aggregatis, flavidis vel brunneis, poro centrali apertis, subepidermalibus; hymenio subepidermalibus, leniter concavo; paraphysibus peripheralibus exhyphoideo contextos formantis, etiam liberis in hymenio, brunneis, cylindratis, clavatis, capitatis, leniter curvatis, 35-60 X 5-9  $\mu\text{m}$ ; parieti flavido, 3-10  $\mu\text{m}$  apice incrassato; sporis sessilibus, flavidis vel brunneis, ellipsoideis vel angulato-ellipsoideis, 22-28 X 16-18  $\mu\text{m}$ ; parieti brunneo, 0.5-1  $\mu\text{m}$  crasso, irregulariter incrassato, remote minute aculeato; poris germinationis obscuris, 2-3 aecuatorialibus. Soris teleutosporiferis hypophyllis, circa soros anamorphiis, crustiformibus, pulvinatis, ceraceis, brunneis, determinatis, epiderme tectis; hymenio subepidermali, concavo; teliosporis irregulariter in 3-5 stratis dispositis, flavidis vel brunneis, cuboides, 10-16 X 8-11  $\mu\text{m}$ ; pariete flavido, 0.5-1  $\mu\text{m}$  crasso.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Malupa*, anfigíneo, principalmente hipófilo, aislados ó en pequeños grupos, de amarillento a carmelita, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, levemente cóncavo; parafisos periferales provenientes de tejido hifoide, otros libres en el himenio, carmelitas, cilíndricos, clavados, clavado-capitados, levemente curvados, 35-60 X 5-9  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 3-10  $\mu\text{m}$  de gruesa en el ápice; esporos sésiles, de amarillentos a carmelita claro, angularmente elipsoides, 22-28 X 16-18  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita claro, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, irregularmente engrosada, con espinas esparcidas; poros germinativos imperceptibles, 2-3 ecuatoriales. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, lenticular, ceroso, carmelita, crecimiento determinado, 3-5 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, de amarillentos a carmelitas, cuboides, 10-16 X 8-11  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme.

**Distribución:** del Sur de los Estados Unidos a Guatemala.

**Especímenes estudiados:** sobre Moraceae, *Morus insignis* Bureau, GUATEMALA: Chimaltenango. Rio Guacalate, 14-23 Dic. 1940, *Standley* 79987. Sobre *Morus nigra* Thunberg, ESTADOS UNIDOS: Florida, Mount Dora, 7 May. 1950, *Christie*. Sobre *Morus sp.* MEXICO: Tamaulipas, 16 km. desde Gómez Farías, camino la Rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-120. (Tipo).

8.12. *Phakopsora nishidana* Ito, Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc. 15: 117. 1938.

Tipo: sobre *Ficus carica* Linneo (Moraceae), JAPON: Kyushu.

= *Phakopsora fici* Nishida, *Engel-no-Tomo* 7: 881. 1911. *nom. nudum*.

= *Phakopsora hengshanensis* Tai, *Farlowia* 3: 98. 1947.

Tipo: sobre *Ficus martinia* (?) (Moraceae), CHINA: Hunan, Hengshan, 18 Nov. 1937, C.C. Cheo 4757.

Anamórfo: *Malupa fici* (Castagne) Buriticá, *Rev. I.C.N.E. (Medellín)* 5(2): 175. 1994.

= *Uredo fici* Castagne, *en: Desmazieres*, *Plant Crypt. de Francia* (Fasc. 34) n. 1662. 1848.

Tipo: sobre *Ficus carica* Linneo (Moraceae), FRANCIA.

= *Uredo fici* var. *guarapiensis* Spegazzini, *An. Soc. Cient. Argentina* 17(3): 120. 1884.

Tipo: sobre *Ficus ibapohy* Martius (Moraceae), PARAGUAY: Guarapi, Mar. 1881, *B. Balansa* 2738.

= *Physopella fici* (Castagne) Arthur, *Result. Sci. Congr. Bot. Viena* p. 338. 1906.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, disperso ó en pequeños grupos en la misma lesión, de amarillento a carmelita, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, suavemente cóncavo; peridio hifoide terminando en parafisos, parafisos periferales y libres en el himenio, cilíndricos, clavados, 20-50 X 6-9  $\mu\text{m}$ ; pared hialina, delgada, uniforme; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 30-24 X 16-19  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del soro anamórfico, lenticular, plano, de carmelita a negruzco, crecimiento indeterminado, coalescente, 3-5 capas de esporos, cubiertos por la epidermis, himenio

subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, carmelitas, oblongos, cuboides, elipsoides, 13-20 X 8-12  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, delgada, uniforme.

**Distribución:** en todo el mundo en donde *Ficus carica* Linneo, es cultivada.

**Especímenes estudiados:** sobre Moraceae, *Ficus carica* Linneo, ESTADOS UNIDOS: Alabama, Tuskegee, 15 Sep. 1907, *Carvee*; Arkansas, White Co., Sep. 1957, *Dale*; Florida, Tampa, Holmes Nursery, 11 May. 1959, *Stokes, Hale & Burnett*; Louisiana, Baton Rouge, 31 Oct. 1974, *Hennen & Buriticá 74-13*; Mississippi, Hampton, Ago. 1926, *Wedgworth*; North Carolina, Raleigh, 4 Oct. 1909, *Higgins*; South Carolina, Aiken, *Ravenel*; Texas, Weslaco, 10 Sep. 1932, *Clover 556*. BERMUDA: Jun. 1921, *Whetzel 5*. CUBA: Paso Estancia, 3 May. 1916, *Johnston 1916*; Cienfuegos, Limones, Nov. 1915, *Johnston 215*; Camaguey, San José, 4-11 Jun. 1918, *Johnston*. PUERTO RICO: San Juan, May. 1903, *Earle 33*; Guaynabo, 23 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2283*. REPUBLICA DOMINICANA: Espaillat, Moca, 2 Feb. 1930, *Ciferri*. MEXICO: Oaxaca, 30 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74 472*. GUATEMALA: Sacatepequez, Antigua, Nov. 1938-Feb. 1939, *Standley 65284*; Chimaltenango, La Alameda, 11-22 Dic. 1940, *Standley 80812*. HONDURAS: Cortes, La Lima, 11-20 Abr. 1947, *Standley & Chacón 7142*. COSTA RICA: San José, Ago. 1908, n.n. COLOMBIA: Antioquia, Medellín, 17 Jun. 1941, *Garcés*; Titiribí, 8 Nov. 1927, *Toro 278*; Arauca, 8 Nov. 1971, *H. Martin*; Caldas, Villamaría, 1 Ene. 1942, *Becerra*; Cundinamarca, Facatativá, *Muñoz*; Chia, 20 Mar. 1977, *Umaña*; Bogotá, 4 Mar. 1975, *Achicanoy*; Nariño, Berruecos, Feb. 1930, *Pardo*; Valle, Cali, 24 Feb. 1937, *Chardón*. ECUADOR: Ambato, Quinta Normal, 1918, *Pachano 21*. PERU: Lima, 1944, *Soukup*. BRASIL: Piracicaba, Escola Agricola, 14 Dic. 1933, *Costa*. ARGENTINA: Santa Fé, 1941, *Schiel 29*. URUGUAY: Montevideo, 13 May. 1963, *García*. FRANCIA: (tipo de *U. fici*). Sobre *Ficus pumila* Linneo, BRASIL: Sao Paulo, Jardim Botánico, 29 Ago. 1975, *Hennen & Figueiredo 75-79*.

**Observaciones:** se insiste, como fué propuesto por Buriticá (1994), que este es el nombre correcto para la roya común del brevo. Una colección hecha por el autor en la región de Uraba (Colombia), presenta características diferentes y se encuentra en proceso de estudio.

#### Sobre Annonaceae.

8.13. *Phakopsora neoherimoliae* Buriticá & Hennen, en: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 176. 1994.

Tipo: sobre *Annona cherimoliae* Miller (Annonaceae), GUATEMALA: Moran, 11 Feb. 1905, W.A. *Kellerman 5403*.

= *Phakopsora cherimoliae* Cummins, Mycologia 48: 604. 1956. (Posterior homónimo de un anamórfo).

Anamórfo: *Physopella cherimoliae* (Lagerheim) Arthur, Result. Sci. Congr. Bot. Viena, p. 338. 1906.

= *Uredo cherimoliae* Lagerheim, en: Patouillard & Lagerheim, Bull. Soc. Mycol. Francia 11: 215. 1895.

Tipo: sobre *Annona cherimoliae* Miller (Annonaceae), ECUADOR: Balao & San Nicolas, 1890, *Lagerheim*.

= *Uredo cupulata* Ellis & Everhart, Field Mus. Publi. Bot. 2: 16. 1900.

Tipo: sobre *Annona sp.* (Annonaceae), MEXICO: Yucatán, Feb. 1899. *F. Millspaugh*.

= *Phakopsora cherimoliae* (Lagerheim) Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 68: 467. 1941. *nom. illegit.*

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, de amarillento a carmelita, en grupos en la misma lesión delimitada por la nervadura de la hoja, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos periferales y en el himenio, rectos, curvados, flexulosos, 26-55 X 7-15  $\mu\text{m}$ ; pared 3-8  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice; esporos sésiles, de amarillentos a carmelitas, redondos, de elipsoides ovoides, 18-24 X 17-21  $\mu\text{m}$ ; pared 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, irregularmente engrosada, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro desarrollado en el anamórfo ó alrededor, hipófilo, ceroso, lenticular, carmelita ó rojizo, coalescente, crecimiento determinado, subepidermal, 3-5 capas de esporos; himenio cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, libres, basales amarillentos superiores carmelitas, cuboides, elipsoides, oblongos, 13-23 X 7-13  $\mu\text{m}$ ; pared 1-2  $\mu\text{m}$  de gruesa, levemente engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** desde el Sur de los Estados Unidos hasta el Norte de Sur América incluidas las Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Annonaceae, *Annona cherimoliae* Miller, ESTADOS UNIDOS: Florida, Exp. Station, 10 May. 1919, *Simmonds*; Plant Introduction Garden, Feb. 1922, *Stevenson 6135*. MEXICO: Chiapas, al S. de Comitán, 27 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74-450*; al S.E. de San Cristobal cerca a Comitán, 26 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74-448*. GUATEMALA: Aguacatan, 27 Dic. 1940, *Johnston 1966*; Moran, 11 Feb. 1905, *Kellerman*



5403 (Tipo). HONDURAS: Escuela Agrícola Panamericana, 12 Dic. 1951, *Muller 654*. COSTA RICA: Aserri, 1 Ene. 1925, *Sydow*. COLOMBIA: Antioquia, Medellín, Sep. 1941, *Garcés*; Boyacá, Villa de Leyva, 10 Dic. 1971, *F. Mosquera*; Caldas, Villamaría, La Floresta, 2 Ene. 1942, *M. Becerra*; Cundinamarca, La Vega, 27 Nov. 1937, *Barrios*. ECUADOR: Pichincha, 66 kms. de Quito en la vía Quito-Otavallo, vía Minas, 8 Ago. 1975, *Dunmont & Buriticá 75-284E*; Balao, Dic. 1890, *Lagerheim* (Tipo); San Nicolás, 1891, *Lagerheim*. Sobre *Annona reticulata* Linneo, CUBA: Santiago de las Vegas, Estación Exp. Agronómica, 3 Feb. 1916, *Johnston 492*. Sobre *Annona squamosa* Linneo, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, Exp. Station, 17 Mar. 1919, Arthur; 5 Feb. 1921, *Stevenson 5660*. CUBA: Santiago de las Vegas, Estación Exp. Agronómica, 25 Jul. 1916, *Johnston 848*; 3 Nov. 1917, *Johnston 951*. Sobre *Annona sp.*, MEXICO: Yucatan, Feb. 1899, *Millspaugh* (Tipo).

**Observación:** la colección 74-448 de Hennen & Buriticá presenta teliomórfos, y corresponde a la segunda colección con este tipo de estructura en un Uredinal tan común.

#### 8.14. *Phakopsora pardo-cardonae* Buriticá, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Gutteria cestrifolia* Triana & Planchon (Annonaceae), COLOMBIA, Antioquia, 4-5 kms. en la vía a San Pablo, desviando de la carretera principal de Cocorná-San Luis. Márgen derecho río Calderas. P. Buriticá, Febrero 3 de 1996.

Soris teleutosporiferis hypophyllis, sparsis vel aggregatis, irregularibus, erumpentibus, minutis, applanatis, rotundatis, 0.15-0.25 mm. diam., flavo brunneis, tandem sanguineofuscis; teleutosporis 3-4 superpositis, ovatis, oblongis vel cubicis, superioribus fuscidulis, inferioribus pallidioribus, 18-22 X 19-14  $\mu\text{m}$ , episporio 1-1.5  $\mu\text{m}$ , ad apicem saepe leniter crassiore, praecipue in sporis superioribus (ubi usque 2-4  $\mu\text{m}$ ) et flavidis.

**Distribución:** Antioquia, Colombia.

**Especímenes estudiados:** el tipo.

**Observaciones:** Remanentes de la presencia de los soros anamórficos fueron evidentes, pero se encontraban en un estado en el cual no fué posible su descripción. Especie que gustosamente dedico a Victor Manuel Pardo-Cardona, quien ha venido estudiando los Uredinales Colombianos.

#### Sobre Leguminosae.

1. Anamórfo en *Malupa*..... *Phakopsora meibomiaae* (Arthur) Arthur.

1. Anamórfo en *Milesia*..... 2.
2. Poros germinativos imperceptibles, sobre *BauhiniaPhakopsora bauhiniicola* Ono, Buriticá & Hennen.
2. Poros germinativos evidentes, sobre *DalbergiaPhakopsora cubana* Ono, Buriticá & Hennen.

Recientemente Ono, Buriticá & Hennen (1991) han revisado a nivel mundial las especies de *Phakopsora* y *Cerotelium* sobre leguminosas; aquí se sigue su criterio en el tratamiento de las distintas especies para el Neotrópico.

8. 15. *Phakopsora bauhiniicola* Ono, Buriticá & Hennen, Mycol. Res. **96**(10): 828. 1992.

**Tipo:** sobre *Bauhinia smilacina* Steud. (Leguminosae), BRASIL: Sao Paulo, 22 Aug. 1975, *Hennen & Figueiredo 75-69*.

**Anamórfo:** *Milesia bauhiniicola* Ono, Buriticá & Hennen, Mycol. Res. **96**(10): 828. 1992.

**Tipo:** el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos en manchas redondas, amarillento, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto, ruptura de la epidermis evidente, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; parafisos en el himenio, pocos, libres, hialinos, clavados, 25-35 X 4-6  $\mu\text{m}$ ; pared uniforme, delgada, hialina; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoides a elipsoides, 23-28 X 17-20  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 6 alrededor del ecuador. Teliosoro alrededor del anamórfo, carmelita, lenticular, plano, crecimiento indeterminado, coalescentes, 3-5 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, carmelitas, cuboides, elipsoides, 19-25 X 10-14  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 3-5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los teliosporos del extremo superior.

**Distribución:** Sur Este del Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Leguminosae, *Bauhinia smilacina* Steudel, BRASIL: Sao Paulo, Arboleda Natural alrededor del Jardín Botánico, 22 Ago. 1975, *Hennen & Figueiredo 75-69* (Tipo); 75-127. Sobre *Bauhinia sp.*, BRASIL: Sao Paulo, cerca Atibaia, 11 Jun.

1981, *Figueiredo & Sabino* 81-32; 21 Jun. 1982, *Hennen & Figueiredo* 82-147.

8.16. **Phakopsora cubana** Ono, Buriticá & Hennen, *Mycol. Res.* 96(10): 830. 1992.

**Tipo:** sobre *Dalbergia americanum* Benthann (Leguminosae), CUBA: Santiago de las Vegas, Baracoa, 14 Abr. 1916, *Johnston* 639.

**Anamórfo:** *Milesia cubana* Ono, Buriticá & Hennen, *Mycol. Res.* 96(10): 830. 1992.

**Tipo:** el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, de amarillento a carmelita claro, redondo, dispersos ó en pequeños grupos, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; esporos sésiles, de amarillentos a carmelitas, irregularmente elipsoides, 24-30 X 17-20 µm; pared amarillenta, 0.5-1 µm de gruesa, uniforme, con pequeñas y dispersas espinas; poros germinativos 2-3 arriba del ecuador. Telioso hipófilo, alrededor del anamórfo, ceroso, de carmelita a negruzco, lenticular, crecimiento indeterminado, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arregaldos, de amarillentos a carmelitas, de elipsoides a cúbicos, 17-22 X 9-12 µm; pared amarillenta, 1-1.5 µm de gruesa, 1.5-3 µm engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Cuba.

**Especímenes estudiados:** el tipo.

8.17 **Phakopsora meibomiae** (Arthur) Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 509. 1917.

= *Physopella meibomiae* Arthur, *Mycologia* 9: 59. 1917.

**Tipo:** sobre *Desmodium incanum* de Candolle (Leguminosae), PUERTO RICO: Añasco, 28 Mar. 1916, *H.H. Whetzel & E.W. Olive* 219.

= *Phakopsora meibomiae* (Arthur) Trotter, *En: Saccardo, Syll. Fung.* 23: 843. 1925. Homónimo posterior.

= *Phakopsora diehlii* Cummins, *Mycologia* 66: 892. 1974.

**Tipo:** sobre *Aeschynomene americana* Linneo (Leguminosae), MEXICO: Sierra Madre, Ene. 1899, *E. Langlasse* 758.

Anamórfo: *Malupa vignae* (Bresadola) Ono, Buriticá & Hennen, *Mycol. Res.* 96(10): 831. 1992.

= *Uredo vignae* Bresadola, *Rev. Myc.* 13: 66. 1891.

**Tipo:** sobre *Vigna marina* (Burman) Merrill (Leguminosae), SAO TOME. A. Moller.

= *Aecidium crotalariaicola* Hennings, *Hedwigia Beibl.* 38: (70). 1899.

**Tipo:** sobre *Crotalaria sp.* (Leguminosae), BRASIL: Santa Catarina, Blumenau, Ene. 1888, *E. Ule* 947.

= *Uredo aeschynomensis* Arthur, *Bot. Gaz. (Crawfordsville)* 39: 392. 1905.

**Tipo:** sobre *Aeschynomene americana* Linneo (Leguminosae), MEXICO: Morelos, Cuautla, 22 Oct. 1903, *Holway* 5220.

= *Physopella aeschynomensis* (Arthur) Arthur, *N. Amer. Fl.* 7: 104. 1907.

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

**Tipo:** sobre *Teramnus uncinatus* (Linneo) Swartz. (Leguminosae), COLOMBIA: Antioquia, Medellín, Rio Porce, 6 Ago. 1910, *E. Mayor* 274.

= *Uredo concors* Arthur, *Mycologia* 7: 330. 1915.

**Tipo:** sobre *Lablab purpureus* (Linneo) Sweet. (Leguminosae), PUERTO RICO: Jayuya, 17 Dic. 1913, *F.L. Stevens* 6042.

= *Phakopsora crotalariae* Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 509. 1917. *nom. illegit.*

**Tipo:** sobre *Crotalaria sp.* (Leguminosae), BRASIL: Rio de Janeiro, Copacabana, Ago. 1897, *E. Ule* 2328.

= *Phakopsora aeschynomensis* (Arthur) Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 509. 1917.

= *Physopella concors* (Arthur) Arthur, *Mycologia* 9: 60. 1917.

= *Phakopsora vignae* (Bresadola) Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 509. 1917.

= *Phakopsora psoraleae* Jackson & Holway, *En: Jackson, Mycologia* 23: 346. 1931. *nom. illegit.*

**Tipo:** sobre *Psoralea glandulosa* Linneo (Leguminosae), BOLIVIA: Sorata, 14 Abr. 1920, *E.W.D. & M.M. Holway* 521.

= *Phakopsora vignae* (Arthur) Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 70: 73. 1943.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, redondo, aislados ó en pequeños grupos en una misma mancha redonda, abierto por un poro, carmelita claro, subepidermal; himenio subepidermal, levemente cóncavo; parafisos periferales levantados por tejido hifoide, parafisos en el himenio de cilíndricos a clavados, 20-40 X 8-12  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, engrosada en el ápice hasta 6  $\mu\text{m}$ ; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de redondos a obovoides, 17-21 X 14-18  $\mu\text{m}$ ; pared 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, incolora, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 4-8, dispersos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita a negruzco, lenticular, plano, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, incoloros en los esporos inferiores, carmelitas en los esporos superiores, cuboides, elipsoides, 14-18 X 6-9  $\mu\text{m}$ ; pared 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-5  $\mu\text{m}$  en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** desde el Sur de los Estados Unidos hasta el Norte de la Argentina, incluidas las Antillas.

**Especímenes estudiados:** los mismos citados por Ono, Buriticá & Hennen (1991).

#### Sobre *Erythroxyloaceae*.

1. Esporos de *Milesia* de obovoides a elipsoides, amarillentos, 20-24 X 16-22  $\mu\text{m}$ ; en las Antillas.....  
..... *Phakopsora erythroxyli* (Cummins) Kern.
1. Esporos de *Milesia* irregulares, angulosos, obovoides, carmelitas, 22-30 X 16- 20  $\mu\text{m}$ ; en Sur América ..  
..... *Phakopsora coca* Buriticá & Hennen.

Estas dos especies de Uredinales han sido consideradas en toda la literatura previa a este trabajo, como una sola especie. Pero, se ha tomado la decisión de separarlas teniendo en cuenta: las diferencias morfológicas, de hospedantes y geográficas. Esta ha sido posible gracias al cúmulo de nuevas colecciones que presentan el estado de teliomórfo y al registro de ciertas áreas hasta ahora no investigadas. *Phakopsora erythroxyli* posee teliosoro puntiforme, con 1-3 capas de esporos e himenio cóncavo, mientras que *Phakopsora coca* posee teliosoro lenticular, con más de tres capas de esporos e himenio plano.

Algunos registros previos de país son erráticos al estar basados en decomisos de aduana, que registran la matrícula del barco y no la procedencia del cargamento.

La precisa y actualizada identificación de los hospedantes fué posible gracias a la colaboración prestada por Dr. Timothy Plowmann (q.e.p.d.) del Field Museum de Chicago, a quien el autor le expresa su gratitud.

8.18. ***Phakopsora erythroxyli*** (Cummins) Kern, *En: Stevenson, Contr. Reed Herb.* 23: 267. 1975.

= *Bubakia erythroxylois* Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 67: 69. 1940. *nom. nudum*

= *Bubakia erythroxylois* Cummins, *Mycologia* 48: 601. 1956. *nom. nudum*. Homónimo posterior.

Tipo: sobre *Erythroxylon havanense* Jacquin (*Erythroxyloaceae*), CUBA: Isla de los Pinos, Cerros de Vivijagua, 28-29 Feb. 1916, N.L. Britton, E.G. Britton & P. Wilson 15023.

Anamórfo: *Milesia erythroxyli-antillanae* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Soris anamorphis in *Milesia*, hypophyllis, flavidis, primo poro centrali apertis tandem epidermis rupturibus; hymenio subepidermalibus, applanato; paraphysis in hymenio, hyalinis, globosis vel clavatis, 20-30 X 8-12  $\mu\text{m}$ ; sporis brevi pedicelatis, flavidis, obovoideis vel elipsoideis, 20-24 X 16-22  $\mu\text{m}$ ; pariete flavidi, 0.5  $\mu\text{m}$  crassa, aequaliter, minute echinulatis; poris germinationis 2-3, aequatorialibus.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, de amarillento a carmelita, en grupos en manchas bien definidas, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto con ruptura de la epidermis, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide (evidente en estados tempranos); parafisos en el himenio, hialinos, de globosos a cilíndricos, 20-30 X 8-12  $\mu\text{m}$ ; esporos en pseudopedicelos (células disyuntoras) cortos, de amarillentos a carmelitas, irregularmente obovoides ó elipsoides, 20-24 X 16-22  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, 0.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con pequeñas espinas esparcidas; poros germinativos 2-3, alrededor del ecuador ó en los ángulos. Teliosoro hipófilo, en la misma lesión de los anamórfos, redondo, puntiforme, crecimiento determinado, coalescentes, 1-3 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, de oblongos a cuboides, 12-24 X 7-12  $\mu\text{m}$ ; pared de amarillenta a carmelita, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, 1.5-2.5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Erythroxyloaceae, *Erythroxyllum confusum* Britton, BAHAMAS: New Province, 7-8 Abr. 1904, *Britton*; 8 Abr. 1904, *Millspaugh 2184*. Sobre *Erythroxyllum havanense* Jacquin, CUBA: Isla de los Pinos, Cerros de Vivijagua, 28-29 Feb. 1916, *Britton*, *Britton & Wilson 15023* (Tipo); San Antonio de los Baños, 21 Nov. 1904, *Baker*; Pinar del Rio, Sierra de Anafe, 28 Dic. 1911, *Wilson*; Santiago de las Vegas, 2 Jul. 1915, *Johnston 174*; Taco Taco, 17 Sep. 1916, *Johnston 578*; 24 Oct. 1915, *Johnston 131*; Soledad, Cienfuegos, 5 Nov. 1915, *Johnston 198*. Sobre *Erythroxyllum rotundifolium* Lunan, ST. CROIX: 18-25 Mar. 1923, *Seaver 925*.

8.19. **Phakopsora coca** Buriticá & Hennen, *En: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 177. 1994.*

Tipo: sobre *Erythroxyllum engleri* Schultz (Erythroxyloaceae), BRASIL: Goias, 196 kms. al Sur de Goiania, cerca a Itumbiara, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-186*.

Anamórfo: *Milesia erythroxyli* (Graziani) Buriticá & Hennen, *En: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 177. 1994.*

= *Uredo erythroxylois* Graziani, *Bull. Soc. Mycol. Francia 7: 152. 1891.*

Tipo: no designado, colecciones sobre *Erythroxyllum coca* Lamark de BOLIVIA Y PERU.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, carmelita, dispersos ó en pequeños grupos, inicialmente abiertos por un poro, posteriormente completamente abiertos, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide (evidente en estados tempranos); parafisos en el himenio, hialinos, de globosos a cilíndricos, 15-25 X 7-9  $\mu\text{m}$ ; esporos en pseudopedicelos (células disyuntoras) cortos, carmelitas, esporos inmaduros incoloros de la mitad hacia abajo, de angularmente obovoides a elipsoides, 22-30 X 16-20  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, 0.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 2-4, ecuatoriales ó en los ángulos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, redondo, lenticular, de amarillento a carmelita, 3-5 capas de esporos, crecimiento determinado, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, hacia la base incoloros, hacia arriba amarillentos, de rectangulares a elipsoides, 18-25 X 7-10  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, irregular, 3-5  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** desde Mexico hasta el Norte de la Argentina.

**Especímenes estudiados:** sobre Erythroxyloaceae, *Erythroxyllum areolatum* Linneo, GUATEMALA: Escuintla, San Antonio Jute, 9 Feb. 1939, *Standley 64874*; Peten, San Francisco, 31 Ene. 1970, *Ortiz 651*. PUERTO RICO: Mona Island, 20-21 Dic. 1913, *Stevens 6448; 6449; 6148*. Sobre *Erythroxyllum brevipes* de Candolle, PUERTO RICO: Rio Portugués, 24 Ene.-5 Abr. 1923, *Seaver & Chardón 1652*. Sobre *Erythroxyllum campestre* Saint-Hilaire, BRASIL: Sao Paulo, santo Amaro, 26 Jun. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway 1922*. Sobre *Erythroxyllum citrifolium* Saint-Hilaire, BRASIL: Minas Gerais. Sete Lagoas, 20 Jun. 1979, *J.F. & M.M. Hennen & Ferreira 79-74*. Sobre *Erythroxyllum coca* Lamark, PERU: Santa Ana, 29 Jun. 1915, *Cook & Gilbert 1571*. BOLIVIA: La Paz, 16 Ago. 1914, *Rose 18916; 1895, von Gulkneith*. Sobre *Erythroxyllum engleri* Shultz, BRASIL: Goias, al S. de Goiania, cerca a Itumbiara, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-186* (Tipo); Distrito Federal, Parque Nacional, 5 Ago. 1976, *Hennen & Ono 76-261*; 4 Ago. 1976, *Hennen, Ono & Heringer 76-245*; Minas Gerais, Sete Lagoas, 20 Jun. 1979, *J.F. & M.M. Hennen & Ferreira 79-66*; Este de Uberlandia, 18 Oct. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76-522*. Sobre *Erythroxyllum daphnites* Martius, BRASIL: Minas Gerais, Sao Joa del Rei, 23 Oct. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77-166*. Sobre *Erythroxyllum decidium* Saint-Hilaire, BRASIL: Sao Paulo, Botucatu, 17 Mar. 1973, *Amaral & Campos 1499*; Atibaia, Jun. 1982, *Hennen & Figueiredo 82-146*; Santara Do Paranaiba, 6 Jul. 1978, *Figueiredo 78-29*. Sobre *Erythroxyllum mexicanum* H.B.K. MEXICO: Chiapas, Tuxtla Gutierrez, 20 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74-313*; al S. de Arriaga, 18 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74-284*. Sobre *Erythroxyllum ovalifolium* Peyritsch., BRASIL: Rio de Janeiro, Copacabana, Jul. 1896, *Ule*. Sobre *Erythroxyllum pelleterianum* Saint-Hilaire, BRASIL: Sao Paulo, Mogi-Mirim 18 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-212*; Botucatu, 3 May. 1972, *Amaral 822*. Sobre *Erythroxyllum suberisum* Saint-Hilaire, BRASIL: Sao Paulo, Villa Prudente, 9 Jun. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway 1946*. Sobre *Erythroxyllum tortuosum* Martius, BRASIL: Distrito Federal entre Planaltina y Formosa, 15 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77-221*; Minas Gerais, al N. de Prata, 16 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-200*. Sobre *Erythroxyllum vacciniifolium* Martius, BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional, 5 Ago. 1976, *Hennen & Ono, 76-281*. Sobre *Erythroxyllum sp.*, COLOMBIA: Caquetá, en la carretera Florencia-Belen, 16 Ene. 1976, *K.P. Dumont, P. Buriticá (76-156), J.L. Luteyn & L.A. Molina*.

**Observaciones:** por el grado de incidencia observado en algunas plantas y localidades, esta especie sería una buena candidata para el control biológico del hospedante en las zonas productoras de Sur América.

### Sobre Burseraceae

8.20. **Phakopsora costaricensis** Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Bursera gummifera* Linneo (Burseraceae), COSTA RICA: San José, La Caja, 24 Dic. 1924, *H. Sydow* (fungi exotici exsiccati 600).

Anamórfo: *Malupa burserae* (Sydow) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Physopella burserae* Sydow, *Ann. Mycol.* 23: 321. 1925.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

= *Phakopsora burserae* (Sydow) Thirumalachar & Kern, *Mycologia* 41: 287. 1949. *nom. illegit.*

Soris teleutosporiferis circa soros anamorphis, hypophyllis, ceraceis, brunneis vel rufeis, determinatis, coalescentibus, 2-4 sporis stratis, subepidermalibus; hymenio subepidermali, concavo; teliosporis irregulariter dispositis, flavidis, angulatis, elipsoideis vel polygonalis, 10-14 X 9-11  $\mu$ m; pariete 1-2  $\mu$ m crassa, 2-3  $\mu$ m apice incrassato in sporis superioribus.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, amarillento, en grupos en manchas definidas por las nervaduras, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, levemente cóncavo; parafisos periferales levantados por tejido hifoide, curvos, cubriendo los esporos, aseptados; parafisos rectos en el himenio, cilíndricos, clavados, 22-25 X 7-9  $\mu$ m; pared amarillenta, 1-4  $\mu$ m de gruesa en el ápice; esporos sésiles, de ovoides a elipsoides, 20-26 X 17-20  $\mu$ m; pared amarillenta, 0.5-1  $\mu$ m de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas, uniformemente distribuidas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, ceroso, de carmelita a rojizo, crecimiento determinado, coalescente, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, angulares, de poligonales a elipsoides, 10-14 X 9-11  $\mu$ m; pared amarillenta, 1-2  $\mu$ m de gruesa, 2-3  $\mu$ m engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Costa Rica.

**Especímenes estudiados:** el tipo.

**Observaciones:** ha sido preciso proponer esta especie como nueva, ya que Sydow (*l.c.*) no describió los teliosporos que estaban presentes en su colección y Thirumalachar & Kern (*l.c.*) lo hicieron en Inglés (1949), suponiendo que Sydow ya lo había hecho formalmente y por ello, propusieron la combinación nueva en el género *Phakopsora*. En conclusión esta especie no ha sido apropiadamente descrita de acuerdo con el Código de Nomenclatura Botánica.

### Sobre Meliaceae

8. 21. **Phakopsora cheoana** Cummins, *Mycologia* 42: 784. 1950.

Tipo: sobre *Cedrela sinensis* Jussieu (Meliaceae), CHINA: Kweichow, Chiang K'ou Hsien, Fan Ching Shan, 27 Oct. 1931. *S.Y. Cheo* 789.

Anamórfo: *Malupa cheoana* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.* Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, disperso ó en pequeños grupos, amarillento, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, levemente cóncavo; parafisos periferales levantados por tejido hifoide, parafisos libres en el himenio, clavados, clavado-capitados, 20-35 X 7-10  $\mu$ m; pared amarillenta, 1-1.5  $\mu$ m de gruesa, 3-6  $\mu$ m engrosada en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, elipsoides, 22-26 X 15-18  $\mu$ m; pared incolora, 1.5-2  $\mu$ m de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo ó aislados, costiforme, plano, ceroso, de amarillento a carmelita, crecimiento indeterminado, coalescentes, 3-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, basales hialinos, superiores carmelitas, de cuboides a elipsoides, 10-23 X 6-10  $\mu$ m; pared hialina en esporos inferiores, amarillenta en los superiores, 1-1.5  $\mu$ m de gruesa, uniforme.

**Distribución:** China, Sureste Asiático y Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Meliaceae, *Cedrela* aff. *angustifolia* (Sesse & Moquin) de Candolle, BRASIL: Sao Paulo, Horto Forestal en Mogi Mirim, 8 Abr. 1983, *J.F. & M.M. Hennen* 83-120; 26 Mar. 1983, *Hennen & Figueiredo* 83-92. Sobre *Cedrela sinensis* Jussieu, CHINA: Kweichow, Fan Ching Shan, Chiang K'ou Hsien, 27 Oct. 1931, *Cheo* 789 (Tipo). Sobre *Cedrela* sp., BRASIL: Sao Paulo, Horto Forestal Mogi Mirim, 11 Jun. 1983, *J.F. & M.M. Hennen & Adell* 83-370; Sao Sebastiao, 12 Feb. 1983, *Hennen & Figueiredo* 83-5.

**Observaciones:** especie originaria del Asia (China) e introducida al Brasil recientemente. Este es el primer registro de este Uredinal en el continente Americano.

### Sobre Euphorbiaceae

1. Anamórfo en *Malupa* ..... 2.
1. Anamórfo en *Milesia* ..... 3.
  2. Parafisos del anamórfo con pared 1-3  $\mu\text{m}$  de gruesa dorsalmente, sobre *Acalypha* .....  
..... *Phakopsora nova* Buriticá & Hennen.
  2. Parafisos del anamórfo con pared 3-7  $\mu\text{m}$  de gruesa dorsalmente, sobre ..... *Jatropha*  
*Phakopsora arthuriana* Buriticá & Hennen.
3. Teliosoro de una sola capa de teliosporos, sobre *Phyllanthus* ..... *Phakopsora purdueae*  
Buriticá & Hennen.
3. Teliosoro con mas de una capa de teliosporos .... 4.
  4. Esporos anamórficos con el ápice engrosado ..... 5.
  4. Esporos anamórficos con la pared uniformemente gruesa ..... 6.
5. Teliosoro con himenio cóncavo, sobre *Croton* ...  
..... *Phakopsora pavida* Buriticá & Hennen.
5. Teliosoro con himenio plano, sobre *Croton* .....  
..... *Phakopsora mexicana* (Arthur) Arthur.
6. Poros germinativos en los esporos anamórficos, alrededor del ecuador, en número menor de 4 ..... 7.
6. Poros germinativos en los esporos anamórficos, dispersos o alrededor del ecuador, en número de 4 o más ..... 8.
7. Teliosoro con 4-7 capas de teliosporos, sobre *Phyllanthus* *Phakopsora ulei* (Sydow) Buriticá & Hennen.
7. Teliosoro con 2-3 capas de teliosporos, sobre *Phyllanthus* .....  
..... *Phakopsora tijucae* Buriticá & Hennen.
8. Teliosporos angostos (7-11  $\mu\text{m}$ ) y con el ápice fuertemente engrosado (>12 $\mu\text{m}$ ), sobre *Croton* .....  
..... *Phakopsora argentinensis* (Spegazzini) Arthur.

8. Teliosporos elipsoides (10-16 $\mu\text{m}$  de ancho) y ápice moderadamente engrosado (<7  $\mu\text{m}$ ) ..... 9.

9. Teliosoro con 4-7 capas de teliosporos, sobre *Croton* ..... *Phakopsora crotonis* (Burrill) Arthur.
9. Teliosoro con 2-3 capas de teliosporos, sobre *Phyllanthus* *Phakopsora* ..... *fenestrala* (Arthur) Arthur.

Las familias Euphorbiaceae y Poaceae (Gramineae) albergan el mayor número de las especies conocidas de *Phakopsora* en el Neotrópico, las cuales se distribuyen en todo el territorio y aún en zonas de clima templado.

La principal variación se encuentra en el teliosoro y como ellos se forman con frecuencia (a diferencia de otras especies) los hemos incluido en la clave. El espermogonio ha sido encontrado para varias especies siendo estas éstas autóicas-isomórficas.

Para reconocer el peridio en los anamórfos de algunas de las especies es recomendable el estudio de los soros en estados tempranos y con secciones transversales.

### 8.22. *Phakopsora nova* Buriticá & Hennen, *nom. nov.*

= *Phakopsora antiguensis* Kern & Thurston, *En: Cummins, Mycologia* 48: 604. 1956. *nom. nudum*, Homónimo posterior.

Tipo: sobre *Acalypha sp.* (Euphorbiaceae), VENEZUELA: Miranda, carretera Petare-Guarenas, 15 Mar. 1939, H.H. Whetzel & A.S. Muller 2972.

Anamórfo: *Malupa antiguensis* (Cummins) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo antiguensis* Cummins, *Bull. Torrey Bot Club* 67: 613. 1940.

Tipo: sobre *Acalypha guatemalensis* Pax. & Hoffmann (Euphorbiaceae), GUATEMALA: Sacatepequez. Antigua, Nov. 1938-Feb. 1939, P.C. Standley 64281.

= *Phakopsora antiguensis* (Cummins) Kern & Thurston, *Mycologia* 36: 508. 1944. *nom. illegit.*

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, dispersos ó en pequeños grupos, redondo, amarillento, abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, plano; parafisos perifericos levantados por tejido hifoide, abundantes, curvados y rectos, aseptados, 7-11 X 20-40  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa.

sa, 1-3  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice; parafisos en el himenio del mismo tipo; esporos sésiles, de elipsoides a obovoides, 19-29 X 14-19  $\mu\text{m}$ ; pared 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, de incolora a amarillenta, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 4-5 alrededor del ecuador. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, primero ambar luego carmelita obscuro, ceroso, costriforme, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2-3 capas de esporos, subepidermal; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, libres, de oblongos a cuboides, 16-26 X 10-13  $\mu\text{m}$ ; pared de amarillenta a carmelita, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-3  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Centro América y Norte de Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Acalypha guatemalensis* Pax & Hoffmann, GUATEMALA: Sacatepequez, Antigua, Nov. 1938-Feb. 1939, *Standley 64281* (Tipo). Sobre *Acalypha schiedeana* Schlechtendal, MEXICO: Sinaloa, en Mex. 40, 23 kñs. Este de Chupaderos, 4 Dic. 1963, *Cummins 63-711*; en Mex 40, 7 kms. arriba de Copala, 8 Dic. 1970, *Cummins 70-232*; en Mex. 40 cerca km. 245 Este de Chupaderos, 3 Dic. 1971, *Cummins 71-597*. Sobre *Acalypha sp.*, MEXICO: Nayarit, 32 kms. en la vía Tepic-Santa Cruz, 18 Dic. 1970, *Cummins 70-336*. VENEZUELA: Miranda, carretera Petare-Guarenas, 15 Mar. 1939, *Whetzel & Muller 2972* (Tipo).

**Observaciones:** ha sido preciso proponer un nuevo nombre para esta especie, teniendo en cuenta que la primera vez que fueron descubiertos los teliosporos, Kern & Thurston (1944) propusieron el nombre como una combinación nueva con base en *Uredo antiguensis* Cummins. Al describir el teliomórfo no se siguió el Código de Nomenclatura Botánica. Cummins (1956) trató de validar la especie haciendo la descripción correcta, pero utilizó el mismo nombre, que de por sí era incorrecto por haber sido aplicado a un anamórfo.

8.23 *Phakopsora arthuriana* Buriticá & Hennen, *En: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 180. 1994.*

= *Phakopsora jatrophicola* Cummins, *Mycologia* 48: 604. 1956. *nom. nudum*. Homónimo posterior.

Tipo: sobre *Jatropha canescens* Mueller (Euphorbiaceae), MEXICO: Baja California, Todos los Santos, Mts. Laguna, 21 Feb. 1928, *M.E. Jones 24531*.

Anamórfo: *Malupa jatrophicola* (Arthur) Buriticá & Hennen, *En: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 180. 1994.*

*Uredo jatrophicola* Arthur, *Mycologia* 7: 331. 1915.

Tipo: sobre *Jatropha curcas* Linneo (Euphorbiaceae), PUERTO RICO: Hormigueros, 14 Ene. 1914, *F.L. Stevens 220*.

= *Phakopsora jatrophicola* (Arthur) Cummins, *Bull. Torrey Bot. Club* 64: 43. 1937. *nom. illegit.*

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, raramente epifilo, en grupos en manchas delimitadas por las nervaduras, amarillento, redondo, abierto por un poro, subepidermal; himenio intraepidermal, cóncavo; parafisos periferales cubriendo los esporos, levantados por tejido hifoide, los superiores proyectándose hacia afuera del hospedante, curvos, cilíndricos ó clavados, aseptados. 20-50 X 9-12  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, 3-7  $\mu\text{m}$  engrosada dorsalmente y en el ápice; parafisos en el himenio del mismo tipo; esporos sésiles, de obovoides a elipsoides, 24-29 X 16-20  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a carmelita, 0.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, inicialmente ambar, luego carmelita, costriforme, crecimiento indeterminado, coalescentes, 6-12 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio intraepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, libres, de cuboides a oblongos, 13-27 X 7-13  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita, 1  $\mu\text{m}$  de gruesa, 1-3  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** desde el Sur de los Estados Unidos hasta el Brasil, incluídas las Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Jatropha angustifolia* Grisebach, CUBA: Herradura, 4 Ene. 1918, *Earle 840*; 24 mar. 1921, *Johnston 2539*. Sobre *Jatropha canescens* Mueller, MEXICO: Baja California, Todos los Santos, Cota Ranch, Montes Laguna, 21 Feb. 1928, *Jones 24531* (Tipo); Saetia, Oriente, 8 Abr. 1916, *Johnston 514*. PUERTO RICO: Hormigueros, 14 Ene. 1913, *Stevens 220* (Tipo); Ciales rd., 20 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2226*; Vieques, 18 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2094*. SANTO DOMINGO: Azua, 20 Mar. 1913, *Rose, Fith & Russell 4064*. HAITI: Artibonite Valley, 31 Ene. 1973, *Vakili*. MEXICO: Chiapas, 60 kms. O. de Tuxtla Gutierrez en Mex. 109. 21 Nov. 1974, *Hennen & Buriticá 74-336*. GUATEMALA: Izabal, entre los Amates e Izabal, 26 Feb. 1908, *Kellerman 7582*; Santa Rosa, Región de Platanares, entre Taxisco y Guazacapan, 3 Dic. 1940, *Standley 79092*; 79720; Laguna, 20 Ene. 1906, *Kellerman*; Jutiapa, región el Tablón, NE de Jutiapa, 30 Oct. 1940, *Standley 75916*; Zacapa, 1 Ene. 1908, *Kellerman 7831*. EL SALVADOR: San Vicente, alrededor San Vicente, 7-14 Feb. 1947, *Standley &*

*Padilla 3622*. VENEZUELA: Las Trincheras, 25 Feb. 1940, *Barrus & Muller 3841*. PERU: Carolina, río Ucayali, 18 Oct. 1940, *Stakman 96*. BRASIL: Campinas, Ribeirao Preto, Faz. San José, 29 May 1935, *Costa & Krug*; Sao Paulo, Faz. Sao Pedro de Cascata, Itatiba, 9 Jul. 1936, *Costa*. Sobre *Jatropha gossypifolia* Linneo (*Adenoropium gossypifolium* (Linneo) Pohl), CUBA: Habana, Cano, 6 May. 1914, *Ekman*; 7 Abr. 1903, *Shafer 86*; Soledad, Cienfuegos, 5 Nov. 1915, *Johnston 208*; Baracoa, 14 Abr. 1916, *Johnston 587*; Sta Clara, río Toyaba, 5 Mar. 1910, *Britton & Wilson 5549*. PUERTO RICO: Río Piedras, cerca Lagoon, 10 Abr. 1916, *Whetzel & Olive 239*; Río Tanama, River Valley, 7 Abr. 1916, *Whetzel & Olive 240*; Tanco, 31 Mar. 1916, *Whetzel & Olive 241*; Añasco, 7 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2416*; Humacao Playa, 1 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2431*; Ensenada Honda cerca a Fajardo, 30 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2436*; Quebradillas, 21 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2472*; Guayama, 4 Dic. 1913, *Stevens 5401*; Sabana Grande, 28 Jun. 1915, *Stevens 7540*; Guayamilla, 13 Nov. 1913, *Stevens 5866 bis*; San Germán, 8 Dic. 1913, *Stevens 4790*; 4113; Corozal, 24 Ene.-5 Abr. 1923, *Seaver & Chardón 1992*; Vieques, 17 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2091*; Lapa, 17 Jun. 1915, *Stevens 7137*; Quebradillas, 20 Jun. 1915, *Stevens 7272*. REPUBLICA DOMINICANA: La Vega, Moca, 7 Ago. 1918, *Stevenson 7063*; Sánchez, 4 Ago. 1918, *Stevenson 7023*; Espaillat, Moca, 16 Jun. 1930, *Ciferri*. ST CROIX: 18-25 Mar. 1923, *Seaver 927*; Frederiksted, 1 Feb. 1913, *Rose, Fitch & Russell 3204*. ESTADOS UNIDOS: Texas, Brownsville, *Smith 58962*. MEXICO: Lumellin, Ago. 1910, *Seffer*. COSTA RICA: Peralta, 13 Jul. 1923, *Stevens 418*. PANAMA: cerca a la playa de Nueva Gorgona, 8 Oct. 1961, *Duke 4495*; Los Santos, Playa Concepción, 24 Dic. 1966, *Burch 1260*. BRASIL: Para, IAN, Belem, 23 Oct. 1960, *Albuquerque 816*.

**Observaciones:** en esta especie como en la anterior ha sido preciso proponer un nombre nuevo, por los motivos anotados. Especie que se dedica a Joseph Charles Arthur (1850-1942) padre de los estudios uredinológicos en el Nuevo Mundo.

#### 8. 24. *Phakopsora purducae* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Phyllanthus* aff. *adenodiscus* Mueller (Euphorbiaceae), MEXICO: Veracruz, S. de Tantuoyuca, en Mex. hwy. 127, 11 Nov. 1974. *J.F. Hennen & P. Buriticá 74-195*.

Anamórfo: *Milesia purducae* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, minutis, dispersis vel aggregatis, flavidis, subepidermalibus; hymenio erumpenti, applanato; peridio hyphoideo; sporis sessilibus, angularis, ellipsoideis, 22-40 X 20-24  $\mu$ m; parieti dense minuteque aculeato, flavido vel brunneo, 0.5-1  $\mu$ m crasso; poris germinationis 2-3, aecuatorialibus vel in angulis. Soris teleutosporiferis hypophyllis, brunneis vel atris, circa soros anamorphis vel dispersis, rotundatis, subepidermalibus, crustiformibus, 1-2 sporis stratis (praecipue 1), indeterminatis; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis rectangularibus vel ellipsoideis, 26-30 X 10-12  $\mu$ m; parieti flavido vel brunneis superne, 1.5-2.5  $\mu$ m crasso, 4-5  $\mu$ m apice incrassato; poro germinationi unico in apice.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, pequeño, redondo, en grupos ó dispersos, de amarillento a carmelita, subepidermal; himenio subepidermal, erumpente, plano; peridio hifoide; esporos sésiles, angularmente elipsoides, 22-40 X 20-24  $\mu$ m; pared de amarillenta a carmelita, 0.5-1  $\mu$ m de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 2-3, ecuatoriales ó en los angulos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita a negruzco, redondo, costriiforme, subepidermal, 1-2 capas de esporos, una principalmente, crecimiento indeterminado; himenio subepidermal, plano; teliosporos rectangulares, elipsoides, 26-30 X 10-12  $\mu$ m; pared amarillenta siendo más oscura en el tercio superior, 1.5-2.5  $\mu$ m de gruesa, 4-5  $\mu$ m engrosada en el ápice; poro germinativo apical.

**Distribución:** México.

**Especímenes estudiados:** el tipo.

**Observaciones:** el soro anamórfico en *Milesia*, el tipo de arreglo del teliosoro y el poro germinativo en los teliosporos, han dado fundamento para acomodar esta especie en *Phakopsora* y no en *Melampsora* ó *Aplopsora*, con los cuales hay una similitud y relación evidente.

Especie que se nombra en reconocimiento a la institución que ha albergado y fomentado el estudio de los uredinales a nivel universal. El Arthur Herbarium (PUR) se encuentra localizado en Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.

#### 8.25. *Phakopsora pavidia* Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Croton* *sp.* (Euphorbiaceae), VENEZUELA: Tucupe cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, *H.H. Whetzel & A.S. Muller 2848*.



Anamórfo: *Milesia pavida* (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo pavida* Jackson & Holway, *En: Jackson, Mycologia* 23: 468. 1931.

Tipo: sobre *Croton compressus* Lamark (Euphorbiaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, 13 Nov. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1296*.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, dispersis vel aggregatis, rotundatis, flavidis vel brunneis, primo poro centrali apertis tandem erumpentibus, subepidermalibus; hymenio subepidermalibus, applanato; peridium hyphoideis evidendis; paraphysibus in hymenio copiosis, hyalinis, globosis, clavatis, 25-35 X 9-14 µm; parieti tenuo, apice 1-3 µm incrassato; sporis sessilibus, hyalinis vel flavidis, obovoideis vel elipsoideis, 25-30 X 18-21 µm; parieti flavido. 1-1.5 µm crasso, 3-7 µm apice incrassato, versimiliter bilaminatis, densis et minuteque aculeatis; poris germinationis 4, aecuatorialibus. Soris teleutospórfis hypophyllis, circa soris anamorphis vel dispersis, brunneis, crustiformibus, determinatis, coalescentibus, 2-3 sporis stratis, subepidermalibus; hymenio subepidermalí, concavo; teliosporis irregulariter dispositis, liberis, brunneis, oblongis vel elipsoideis, 22-26 X 12-14 µm; parieti flavido vel brunneo, 1.5-2.5 µm, 3-5 µm apice incrassato in sporis superioribus.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos ó dispersos, redondo, de amarillento a carmelita, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide claramente evidente en estados tempranos; parafisos en el himenio, abundantes, hialinos, globosos ó clavados, 25-35 X 9-14 µm; pared delgada, ocasionalmente 1-3 µm engrosada dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoideos a elipsoides, 25-30 X 18-21 µm; pared amarillenta, 1-1.5 µm de gruesa, 3-7 µm engrosada en el ápice, apareciendo bilaminada, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 4 ecuatoriales. Telioso hipófilo, alrededor del anamórfo ó disperso, carmelita, costriforme, crecimiento determinado, coalescentes, 2-3 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, libres, carmelitas, de oblongos a elipsoides, 22-26 X 12-14 µm; pared de amarillenta a carmelita, 1.5-2.5 µm de gruesa, 3-5 µm engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Croton compressus* Lamark, BRASIL: Rio de Janeiro, 13 Nov. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1296* (Tipo); 29 Ago. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1080*; Campo Grande, 19 Sep. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1126*; Sao Paulo, Campinas, 3 Abr. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway 1694*. Sobre *Croton sonderianus* Muell.-Arg., BRASIL: Ceara, Fortaleza, 4 May. 1977, *de Almeida*. Sobre *Croton sp.*, VENEZUELA: Tucupe, cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, *Whetzel & Muller 2848* (Tipo); Monagas, Caripe, Feb. 1940, Barrus 3809. BRASIL: Bahia, cerca a Jacobina, 30 Jun. 1979, *J.F. & M.M. Hennen 79-129*; Minas Gerais, Juiz de Fara, 14 Nov. 1976, *J.F. & M.M. Hennen 76-634*; Santa Catarina, Blumenau, Jul. 1888, *E. Ule 898*; Sao Paulo, Campinas, 4 Oct. 1979, *J.F. Hennen & Figueiredo 79-331*; Sao Paulo, Parque Morumbi, 13 Sep. 1976, *J.F. Hennen & Figueiredo 79-364*; Mogi Guacu, 14 Jul. 1977, *Figueiredo 77-33*; cerca Campinas, 5 Ago. 1975, *J.F. Hennen & Figueiredo 75-58*; Joanopolis, 8 Sep. 1977, *Figueiredo*.

**Observaciones:** esta especie se separa de *Phakopsora argentinensis* por la forma y grosor de la pared, en los esporos anamórficos; con *Milesia venezuelana* por la ornamentación; y, de *Milesia valentula* por el grosor de la pared.

8.26. **Phakopsora mexicana** (Arthur) Arthur, *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 508. 1917.

= *Bubakia mexicana* Arthur, *N. Amer. Fl.* 7(2): 104. 1907.

Tipo: sobre *Croton sp.* (Euphorbiaceae), MEXICO: San Luis de Potosí. Cárdenas, 22 Oct. 1898, *E.W. Holway 3144*.

= *Melampsora mexicana* (Arthur) Saccardo & Trotter, *En: Saccardo, Syll. Fung.* 21: 601. 1912.

= *Schroeteriaster mexicana* (Arthur) Sydow, *Monographia Uredinearum* 3: 402. 1914.

Anamórfo: *Milesia mexicana* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Espermogonio desconocido. Anamórfo principalmente hipófilo, dispersos, redondo, de amarillento a carmelita, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide evidente en estados tempranos; parafisos en el himenio pocos, hialinos, de globosos a clavados, 12-40 µm de ancho; pared hialina, ocasionalmente 1-3 µm de gruesa dorsalmente y en el ápice;

esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de obovoídes a elipsoides, 25-32 X 18-22  $\mu\text{m}$ ; pared de hialina a amarillenta, 1.5-2.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 4-7  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice, con grandes y abundantes espinas; poros germinativos imperceptibles, 4 ecuatoriales, Teliosoro enfingéneo, principalmente hipófilo, alrededor el anamórfo, negruzco, redondo, costriforme, crecimiento determinado, coalescentes, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, de amarillentos a carmelitas, obovoídes, elipsoides, cuboides, 18-35 X 10-16  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, carmelita en el ápice de los esporos superiores, 2-2.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 5-9  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** del Sur de los Estados Unidos a Guatemala.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Croton adspersus* Benth, MEXICO: Sinaloa, 27 kms. E. de Chupaderos, 5 Dic. 1963, *Cummins* 63-721. Sobre *Croton clavescens* Watson, MEXICO: Patzcuaro, 16 Oct. 1898, *Holway* 3001; Michoacan, Uruapan, 13 Nov. 1905, *Pringle* 13605; Nayarit, Tepic, 19 Nov. 1971, *Cummins* 71-510. Sobre *Croton ciliato-glandulosum* Ortega, MEXICO: Nuevo León, S. de Monterrey, 3 Oct. 1969, *Hennen* 69-31M; 71-11A; Jalisco, S. Cocula, 22 Oct. 1971, *Cummins* 71-228; Sinaloa, alrededor de Guadalupe, 18 Abr. 1910, *Standley & Russel*; Guerrero, Taxco, 5 Dic. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-532. Sobre *Croton flavescens* Green, MEXICO: Sinaloa, N. de Mazatlan, 2 Dic. 1971, *Cummins* 71-587; Sonora, SO de Mocuzare, 9 Dic. 1971, *Cummins* 71-645. Sobre *Croton fruticulosus* Torrey, ESTADOS UNIDOS: Texas, Garner St. Park, 26 Jul. 1961, *Miller*. Sobre *Croton draco* Schlechtendal, GUATEMALA: Jutiapa, entre Jutiapa y Las Tunas, 4 Nov. 1940, *Standley* 76291. Sobre *Croton* aff. *Ortega* Standley, GUATEMALA: Jutiapa, 24 Oct.-5 Nov. 1940, *Standley* 75225. Sobre *Croton* sp., MEXICO: Tamaulipas, S. de Victoria, 6 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-83; San Luis de Potosí, *Cárdenas*, 22 Oct. 1898, *Holway* 3144 (Tipo); San Luis de Potosí, 29 Oct. 1967, *Hennen & Rodríguez* 67-367; Michoacan, Lago Patzcuaro, 15 Nov. 1967, *Hennen* 67-467, Nuevo León, 1 Nov. 1967, *Hennen & Rodríguez* 67-409; Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, 20 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-312. GUATEMALA: Alrededores de Jutiapa, 24 Oct.-5 Nov. 1940, *Standley*.

8. 27. **Phakopsora ulei** (Sydow) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

= *Schroeteriaster ulei* H. & P. Sydow, *Ann. Mycol.* 14: 70. 1916.

Tipo: sobre *Phyllanthus* sp. (Euphorbiaceae), BRASIL: Rio Acre, Seringal San Francisco, Jul. 1911, *E. Ule* 3487.

= *Bubakia ulei* (Sydow) Jackson & Holway, *En: Jackson, Mycologia* 23: 466. 1931.

Anamórfo: *Milesia phyllanthi* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo phyllanthi* Hennings, *Hedwigia* 35: 248. 1896.

Tipo: sobre *Phyllanthus* sp. (Euphorbiaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Corcovado, Jul. 1887, *E. Ule* 699.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos ó dispersos, amarillento, inicialmente abierto por un poro, subepidermal; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, irregularmente piriformes, arriñonados, 26-33 X 16-20  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme, con pequeñas y abundantes espinas; poros germinativos 2-3, ecuatoriales. Teliosoro hipófilo, dispersos, de carmelita a negruzco, costriforme, 3-7 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, amarillentos, ovoides, oblongos, cuboides, 16-25 X 10-12  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 1-4  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los teliosporos del extremo superior.

**Distribución:** Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Phyllanthus* sp., BRASIL: Rio de Janeiro, Corcovado, Jul. 1887, *Ule* 699 (Tipo).

**Observaciones:** la descripción de los teliosporos ha sido adaptada de la dada por Sydow (1916), los especímenes a disposición se encuentran en muy mal estado y no se encontraron otros para estudio.

La forma irregular, piriforme, arriñonada de los esporos anamórficos separan esta especie de las demás en *Phyllanthus*. El teliosoro la separa de *Phakopsora fenestrala*, con la cual ha sido confundida con gran frecuencia.

La combinación *Bubakia ulei* (Sydow) Jackson & Holway (1931) fué hecha con base en un espécimen mal identificado. El hospedante es *Maprounea* sp. y la roya es *Chaconia maprouneae* (Viegas) Ono & Hennen.

8.28. **Phakopsora tijucae** Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Phyllanthus lathyroides* H.B.K. (Euphorbiaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Tijuca, 19 Ago. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1056.

Anamórfo: *Milesia tijucae* (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo tijucae* Jackson & Holway, *En: Jackson, Mycologia* 23: 469. 1931.

Tipo: el mismo que para el teliomórfo.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, dispersis vel aggregatis, rotundatis, flavidis, primo poro centrali apertis tandem erumpentibus; hymenio subcuticulari, erumpenti, aperto; peridio hyphoideo; sporis sessilibus, allipsoideis vel obovoideis. 23-26 X 15-18  $\mu\text{m}$ ; parieti 1-1.5  $\mu\text{m}$  crasso, aequaliter, superne brunneis inferne hyalinis, dense et minuteque aculeato; poris germinationibus 2, aecuatorialibus; Soris teleutosporiferis hypophyllis, subepidermalibus, circa soros anamorphos, succineis, crustiformibus, indeterminatis, 2-3 sporis stratis, epidermis tectis; hymenio subepidermali, applanato vel concavo; teliosporis seriatim dispositis, liberis, oblongis vel cuboideis, 12-24 X 10-12  $\mu\text{m}$ ; parieti flavide vel brunnei, 0.5-1  $\mu\text{m}$  crassis, 2-3  $\mu\text{m}$  incrassatis in sporis superioribus.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos ó dispersos, redondo, amarillento, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subcuticular, erumpente, plano; peridio hifoide; esporos sésiles, de obovoideos a elipsoides, 23-26 X 15-18  $\mu\text{m}$ ; pared carmelita hacia la parte superior, amarillenta hacia la parte inferior, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 2, ecuatoriales. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, ambar, costriforme, crecimiento indeterminado, 2-3 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, plano ó ligeramente cóncavo; teliosporos uno debajo del otro, de oblongos a cuboideos, 12-24 X 10-12  $\mu\text{m}$ ; pared de amarillenta a incolora, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-3  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Phyllanthus lathyroides* H.B.K., BRASIL: Rio de Janeiro, Tijuca, 19 Ago. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1056* (Tipo); Petropolis, 25 Oct. 1921, *E.W.D. & M.M. Holway 1245; Ule 2214*.

**Observaciones:** el tipo escogido por Jackson (1931) para designar el anamórfo posee teliosporos y es de allí, de donde se han descrito.

8. 29. **Phakopsora argentinensis** (Spegazzini) Arthur. *Bull. Torrey Bot. Club* 44: 508. 1917.

= *Melampsora argentinensis* Spegazzini, *Anal. Soc. Cient. Argentina* 47: 266. 1899.

Tipo: sobre *Croton hirtus* L'Heritier (Euphorbiaceae), ARGENTINA: Córdoba, 15 Abr. 1899, *T. Stuckert*.

= *Schroeteriaster argentinensis* (Spegazzini) P. & H. Sydow, *Monographia Uredinearum* 3: 401. 1914.

= *Bubakia argentinensis* (Spegazzini) Jackson & Holway, *En: Jackson, Mycologia* 23: 464. 1931.

= *Phakopsora crotonicola* Kern, Thurston & Whetzel, *En: Chardon & Toro, Monogr. Univ. Puerto Rico, Ser. 2: 271. 1934.*

Anamórfo: *Milesia crotonicola* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo crotonicola* Hennings, *Hedwigia* 35: 251. 1896.

Tipo: sobre *Croton glandulosa* Linneo (Euphorbiaceae), ARGENTINA: Sierra Chica de Córdoba, cerca La Calera, Ene. 1881, *C. Galander*.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos ó aislado, redondo, de amarillento a carmelita, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; parafisos en el himenio pocos, hialinos, clavados; pared hialina, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de globosos a elipsoides, 25-27 X 21-24  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, irregularmente engrosada, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 3-4 dispersos alrededor del ecuador. Teliosoro anfigíneo, principalmente hipófilo, alrededor del anamórfo, negruzco, de cupuliforme a crustiforme, crecimiento determinado, 2-4 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, semicóncavo; teliosporos de amarillentos a carmelitas, más oscuros hacia la parte superior, de obovoideos a elipsoides, 20-48 X 7-12  $\mu\text{m}$ ; pared 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, hasta 12  $\mu\text{m}$  engrosada en el ápice.

**Distribución:** Norte de Argentina.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Croton hirtus* L'Heritier, ARGENTINA: Córdoba, 15 Abr. 1899, *Stuckert* (Tipo); 1899, *Stuckert*.

**Observaciones:** dos características posee esta especie que la hacen inconfundible: la longitud de los teliosporos y la pared engrosada en el ápice. Jackson (1931) registra espermogonio para esta especie en una colección realiza-

da por Holway en Brasil; dicha colección ha sido determinada como perteneciente a otra especie.

8. 30. **Phakopsora crotonis** (Burrill) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club. 44: 508. 1917.

= *Melampsora crotonis* Burrill, Bot. Gaz. 9(12): 189. 1884.

Tipo: no designado. Colecciones citadas por el autor sobre *Croton capitatus* Michaux y *Croton monanthogynus* Michaux (Euphorbiaceae), ESTADOS UNIDOS: Illinois, 1881, A.B. Seymour. La colección citada sobre *C. capitatus* fué seleccionada por Arthur (Result. Sci. Congr. Bot. Viena p. 339. 1906) como el tipo.

= *Pucciniastrum crotonis* (Burrill) De Toni, en: Saccardo, Syll. Fung. 7: 753. 1888.

= *Bubakia crotonis* (Burrill) Arthur, Result. Sci. Congr. Bot. Viena p. 339. 1906.

= *Bubakia crotonis* (Cooke) Arthur, N. Amer. Fl. 7: 104. 1907.

Tipo: no escogido. ESTADOS UNIDOS: California, mencionada como localidad tipo.

= *Schroeteriaster crotonis* (Burrill) Dietel, En: P. & H. Sydow, Monographia Uredinearum 3: 401. 1914.

Anamórfo: *Milesia crotonis* (Cooke) Buriticá & Hennen, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(72): 58. 1994.

= *Trichobasis crotonis* Cooke, Grevillea 6(40): 137. 1878.

Tipo: sobre *Croton procumbens* Jacquin (Euphorbiaceae), ESTADOS UNIDOS: California, M. Edwards.

= *Uredo wrightii* Berkeley & Curtis, en: Cooke, Grevillea 20: 110. 1892.

Tipo: sobre *Croton* sp. (Euphorbiaceae), ESTADOS UNIDOS: Texas.

Espermogonio subcuticular, semiesférico ó cónico, 80-150 µm diam., con peridio; himenio plano; grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos en manchas definidas, redondo, de amarillento a carmelita, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide, evidente en estados tempranos; parafisos en el himenio, pocos,

hialinos, de globosos a clavados, 15-35 µm de ancho; pared hialina, ocasionalmente hasta 1.5 µm de gruesa dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, de ovoides a elipsoides, 20-30 X 16-20 µm; pared de hialina a amarillenta, 0.5-1.5 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 4, ecuatoriales. Teliosoro anfigíneo, principalmente hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita oscuro a negruzco, circular, lenticular, crecimiento determinado, coalescentes, cupular, 4-7 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, de amarillentos a carmelitas, ovoides, de cuboides a elipsoides, 24-40 X 10-16 µm; pared amarillenta, más oscura en la parte superior de los esporos periféricos, 1.5-2.5 µm de gruesa, 3-7 µm engrosada en el ápice de los esporos superiores.

**Distribución:** desde los Estados Unidos (Illinois) hasta Centro América (Honduras) y Las Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Croton argyranthemum* Michaux, ESTADOS UNIDOS: Florida, Gainesville, 21 Sep. 1936, Weber; Eustis, Lake Co., 28 May.-15 Jun. 1895, Nash. Sobre *Croton californicus* Mueller, ESTADOS UNIDOS: California, San Francisco, San Francisco Dunes, 16 Oct. 1925, Parks 2904; San Diego, 3 Jul. 1920, Bethel; cerca a Long Beach, 7 Nov. 1915, Bethel; Ocean View, 21 Oct. 1892, Blasdale; Salinas, 22 Ago. 1934, Reed. Sobre *Croton capitatus* Michaux, ESTADOS UNIDOS: Missouri, Columbia, 28 Sep. 1914, Reed 1098; cerca Hannibal, 3 Ago. 1912, Lahembauer; Emma, 24 Ago. 1894, Demetrio; Mississippi, Starkville, Oct. 1890, 16 Nov. 1891, Tracy; Biloxi, 13 Oct. 1897, Tracy; Agricultural College, 29 Oct. 1921, Miles 32; Arkansas, Texarkanda, 6 Oct. 1921, Bartholomew; Oklahoma, Ft. Hill, 23 Jun. 1916, Clemens; Louisiana, Shreveport, 3 Oct. 1921, Bartholomew; Texas, Longview, 30 Sep. 1921, Bartholomew; cerca Port O'Conner, 8 Sep. 1969, Cummins 69-90. Sobre *Croton dioicus* Cavanilles, ESTADOS UNIDOS: Texas, Big Bend Nat. Park, 25 Oct. 1961, Cummins 61-390. Sobre *Croton engelmannii* Fernandez, ESTADOS UNIDOS: Arkansas, Black Rock, 29 Sep. 1925, Bartholomew. Sobre *Croton hirtus* L'Heriter, TRINIDAD: Lady Chancellor Rd., 10 Mar. 1921, Seaver. Sobre *Croton lindheimerianus* Scheele, ESTADOS UNIDOS: Texas, Goldwaite, 17 Ene. 1939, Watson. Sobre *Croton luteo-virens* Wood & Standley, ESTADOS UNIDOS: Nuevo Mexico, Silver City, 25 Sep. 1944, Barkley 14707. Sobre *Croton monanthogynus* Michaux, ESTADOS UNIDOS: Indiana, West Lafayette, 1 Oct. 1942, Cummins; 14 Oct. 1941, Cummins; Arkansas, Mena, 7 Oct. 1921, Bartholomew;

Walnut Ridge, 29 Oct. 1918, *Bartholomew*; Rogers, 24 Sep. 1908, *Bartholomew*; Illinois, Murphysboro, 21 Sep. 1925, *Bartholomew*; Anna, Oct. 1881, Seymour; Kentucky, Lexington, 12 Oct. 1922, *Bartholomew*; Mississippi, Agricultural College, 22 Oct. 1921, *Miles*; Oklahoma City, 21 Sep. 1921, *Bartholomew*; Spiro, 22 Oct. 1913, *Bartholomew*; Missouri, Joplin, 13 Oct. 1921, *Bartholomew*; Columbia, 27 Sep. 1904, *Reed*; 12 Sep. 1886, *Tracy & Galloway*; Perryville, Ago. 1886, Demetrio; Texas, Indianola, 8 Sep. 1969, *Cummins* 69-86; Denton, 28 Oct. 1907, Long; Tennessee, Nashville, 26 Ago. 1919, *Ludwig* 374; Kansas, Manhattan, 8 Jul. 1893, *Hitchcock*; Phillips, 15 Ago. 1903, *Bartholomew*; Bow Creek, 7 Sep. 1903, *Bartholomew*; Alabama, Huntsville, 9 Sep. 1892, *Atkinson* 8436; Tusculumbia, 21 Oct. 1918, *Bartholomew*; Louisiana, Clouterville, 27 Oct. 1886, *Langlois* 732; Shreveport, 10 Oct. 1913, *Bartholomew*. Sobre *Croton pottsii* (Klotzsch) Mueller, ESTADOS UNIDOS: Texas, Big Bend Nat. Park, 25 Oct. 1961, *Cummins* 61-392; 12 Oct. 1961, *Cummins* 61-309; 14 kms. S. de Marga, 29 Oct. 1963, *Cummins* 63-490; 1.6 kms. S. de Kent, 28 Oct. 1963, *Cummins* 63-467. Sobre *Croton punctatus* Jacquin, ESTADOS UNIDOS: Florida, Shell rd., 7 May. 1901, *Tracy*. HONDURAS: Cuyamel, Sea Beach, 30 Sep. 1923, *Carleton* 540. Sobre *Crotonis texensis* (Klotzsch) Mueller, ESTADOS UNIDOS: Nebraska, North Platte, 13 ago. 1902, Sheldon; Kansas, Fairport, 7 Sep. 1895, *Bartholomew*; Stockton, 21 Sep. 1921, *Bartholomew*; Arizona, H. Lowell, 17 Oct. 1902, *Thomber*; Campo Verde, 14 Sep. 1923, Jones; Texas, Austin, 20 Oct. 1914, *Lewis*; Waco, 28 Sep. 1921, *Bartholomew*; Joaquin, 15 Oct. 1913, *Bartholomew*; Georgetown, 26 Ago. 1909, *Heald & Wolf* 2380; Cuero, 3 Sep. 1909, *Heald & Wolf* 2582; Stockdale, *Heald & Wolf* 2647. Sobre *Croton* sp., ESTADOS UNIDOS: Texas, Raymondville, 15 Oct. 1963, *Cummins* 63-329; 23 kms. S. de Denton, 29 Ago. 1966, *Hennen* 66-40; Palmetto Sta. Park, 2 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-38, 74-42; S. de Gonzalez, 2 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-43; 74-47; Uvalde, 11 Jul. 1916, Long; Brenham, 2 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-36; S. of Maria, 6 Sep. 1970, *Cummins* 70-7; Sherman, 30 Ago. 1966, *Hennen* 66-43; S. Padre Island, 3 Sep. 1969, *Cummins* 69-82; Angelina, Nt. Forest, 12 Sep. 1969, *Cummins* 69-112. MEXICO: Durango. S. de Hidalgo del Parral, 17 Oct. 1969, *Hennen* 69-150; NE de Durango, 23 Oct. 1969, *Hennen* 69-216; Chihuahua, N. de Jiménez, 16 Oct. 1969, *Hennen* 69-135; 26 kms. S. de Chihuahua, 21 Oct. 1963, *Cummins* 63-394; Nuevo León, O. de Linares, 3 Oct. 1963, *Cummins* 63-208; 3 Oct. 1963, *Cummins* 63-215; Cañon de Santa Rosa, *Hennen* 65-135; San Roberto, 1 Sep. 1969, *Cummins*:

Tamaulipas, Ciudad Mante, 26 Sep. 1965, *Hennen* 65-166; Villa Gran, 6 Oct. 1963, *Cummins* 63-261; San Luis Potosí, 9 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-151; S. de Matamoros, 5 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá* 74-60; Puebla, carretera hacia Serdan, 29 Nov. 1971, *Hennen* 71-139; Veracruz, E. de Jalapa, 1 Dic. 1971, *Hennen* 71-167. Sobre *Crotonopsis linearis* Michaux, ESTADOS UNIDOS: Tennessee, Signal Mountain, 27 Sep. 1920, *Bartholomew*; Arkansas, Ozark Nat. Forest, Oct. 1912, Long; Florida, Lake City, 23 Jun. 1906, *Rolfs*; Texas, E. de San Agustín, 11 Sep. 1969, *Cummins* 69-103. Sobre *Crotonopsis elliptica* Willdenow, ESTADOS UNIDOS: Tennessee, Monterrey, 20 Jul. 1935, *Sharp & Underwood* 7995.

8.31. **Phakopsora fenestrala** (Arthur) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44: 508. 1917.

= *Schroeteriaster fenestrala* Arthur, Mycologia 8: 24. 1916.

Tipo: sobre *Phyllanthus grandifolius* Linneo (Euphorbiaceae), PUERTO RICO: Martín Peña, 11 Ago. 1915, *F.L. Stevens* 9314.

Anamórfo: *Milesia fenestrala* (Arthur) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo fenestrala* Arthur, Mycologia 7: 332. 1915.

Tipo: sobre *Phyllanthus grandifolius* Linneo (Euphorbiaceae), PUERTO RICO: Bayamón, 19 Feb. 1913, *F.L. Stevens* 1822.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos ó dispersos, redondos, de amarillentos a carmelitas, abierto por un poro; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; esporos sésiles, de amarillentos a carmelitas, de elipsoides a oblongos, algo irregulares, 23-32 X 16-23 µm; pared 0.5-1 µm de gruesa, uniforme, con pocas y fuertes espinas; poros germinativos 3-4, arriba del ecuador. Teliosporo hipófilo, alrededor del anamórfo, carmelita, crustiforme, crecimiento determinado, coalescentes, 2-3 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos uno debajo del otro, oblongos, 23-27 X 10-16 µm; pared carmelita. 1-1.5 µm de gruesa, 3-5 µm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Antillas.

**Especímenes estudiados:** sobre Euphorbiaceae, *Phyllanthus distichus* (Linneo) Mueller, PUERTO RICO: Rio Portugues cerca Ponce, 24 Ene.-5 Abr. 1923, *Seaver & Chardón* 1654; Vieques, 18 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro* 2095; Ensenada Honda, 29 Jun. 1924, *Whetzel,*

Kern & Toro 2465; cerca Bayamon, 24 Ene.-5 Abr. 1923, Seaver & Chardón 1358; S. Mayaguez, 13 Mar. 1916, Whetzel & Olive 323; Guamica, 30 Mar. 1916, Whetzel & Olive 324. Sobre *Phyllanthus grandifolius* Linneo, PUERTO RICO: Martín Peña, 11 Ago. 1915, Stevens 9314 (Tipo); Bayamon, 21 May. 1913, Stevens 1822 (Tipo); Villa Alba, 4 Ene. 1913, Stevens 527; Bayamon, 19 Feb. 1913, Stevens 389; 24 Ene.-5 Abr. 1923, Seaver & Chardón 1355. REPUBLICA DOMINICANA: Subo, La Romana, 1-3 Dic. 1909, Taylor 365. Sobre *Phyllanthus niruri* Linneo, PUERTO RICO: Guaynabo, 12 Jun. 1924, Whetzel, Kern & Toro, 2195; Rio Piedras, 22 Abr. 1916, Whetzel & Olive 238.

**Observaciones:** en varias ocasiones se ha observado una estrecha relación de esta especie con *Aecidium favaceum* Arthur; así se encuentra consignado en las notas de herbario de Arthur y en Jøerstad (1956), es posible que exista tal relación.

#### Anamórfos relacionados con este grupo.

8.32. **Milesia valentula** (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo valentula* Jackson & Holway, *en*: Jackson, Mycologia 23: 468. 1931.

Tipo: sobre *Croton* aff. *floribundus* Sprengel (Euphorbiaceae), BRASIL: Rio de Janeiro, Therezopolis, 15 Oct. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1221.

8.33. **Milesia venezuelanae** (Kern & Thurston) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Bubakia venezuelana* Kern & Thurston, Mycologia 36: 506. 1944. *nom. illegit.*

Tipo: sobre *Croton* sp. (Euphorbiaceae), VENEZUELA: Carabobo, vía Chirgua, 8 Mar. 1939, A.S. Muller & H.H. Whetzel 2951.

#### Sobre Rhamnaceae

1. Teliosoros con 2-5 capas de teliosporos, sobre *Zizyphus* ..... *Phakopsora zizyphi-vulgaris* Dietel.

1. Teliosoros con más de 5 capas de teliosporos, sobre *Colubrinae* ..... *Phakopsora colubrinae* Viegas.

Estas dos especies son muy similares en sus anamórfos, el cual se encuentra cubierto por un peridio celular que termina en parafisos (*Malupa*). Yen (1974-1975) presenta dibujos de la organización y especialización del peridio. Los abundantes parafisos en el himenio se registran por primera vez.

8.34. **Phakopsora zizyphi-vulgaris** Dietel, Ann. Mycol. 8: 469. 1910.

Tipo: sobre *Zizyphus jujuba* Lamark (Rhamnaceae), INDIA: Pusa, 8 Mar. 1909, R. Sen.

Anamórfos: *Malupa zizyphi-vulgaris* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo zizyphi-vulgaris* Hennings, Hedwigia Beibl. 41: 21. 1902.

Tipo: sobre *Zizyphus vulgaris* Lamark (Rhamnaceae), JAPON: Tosa, Niimura, Ago. 1901, Yoshinaga 55.

Espermogonio desconocido. Anamórfos hipófilo, amarillentos, disperso ó en pequeños grupos, inicialmente abierto por un poro; himenio subepidermal, suavemente cóncavo; parafisos periferales originados en la especialización de células peridiales; parafisos libres en el himenio, hialinos, cilíndricos, clavados, 25-45 X 6-9 µm; pared hialina, delgada, ocasionalmente 1-3 µm de gruesa en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, elipsoides, ovoides, 18-24 X 14-18 µm; pared incolora, 0.5-1 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 3 alrededor del ecuador. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfos, de amarillento a carmelita, costiforme, crecimiento determinado, aislados, 1-3 capas de esporos, cubierto por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, carmelitas, elipsoides, oblongos, 10-18 X 6-10 µm; pared carmelita, 1-1.5 µm de gruesa, 2-4 µm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Estados Unidos y Brasil. Especie que sin lugar a dudas ha sido introducida junto con su hospedante.

**Especímenes estudiados:** sobre Rhamnaceae. *Zizyphus jujuba* Lamark, ESTADOS UNIDOS: Florida, Homestead, 1 Dic. 1938, Rühle 12509. Sobre *Zizyphus mauritiana* Lamark, ESTADOS UNIDOS: Florida, Homestead, 17 Dic. 1938, Rühle 12520. Sobre *Zizyphus spina-christi* Willdenow, BRASIL: Joazeiro do Nordeste, s.n., Puttemans 1605. Sobre *Zizyphus* sp., BRASIL: Sao Paulo, Piracicaba, 24 Abr. 1908, Puttemans 1606.

**Observaciones:** en reciente publicación, Yen (1975) describe en dibujos la forma como las células del peridio se han transformado en su parte apical en parafisos, a la vez muestra como se han ensamblado.

8.35. **Phakopsora colubrinae** Viegas, Bragantia (nota 20): 103. 1960.

Tipo: sobre *Colubrina rufa* Reisseck (Rhamnaceae), BRASIL: Minas Gerais, Agua Limpia, Estación Experimental, 23 Jun. 1946, E.P. Heringer 458.

Anamórfo: *Malupa colubrinae* (Cummins) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo colubrinae* Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 70: 79. 1943.

Tipo: sobre *Colubrina ferruginosa* Brongniart (Rhamnaceae), GUATEMALA: Quetzaltenango, abajo de Colomba en la carretera hacia Asintal, 20 Feb. 1941, P.C. Standley 87894.

= *Uredo hoveniae* Lindquist & Costa-Neto Rev. Fac. Agronomía, La Plata, 43: 61. 1967.

Tipo: sobre *Hovenia dulcis* Thunberg (Rhamnaceae), BRASIL: Taquari, 9 Jul. 1948, CEPA, 1733.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, en grupos en manchas bien definidas, carmelita, abierto por un poro; himenio subepidermal, levemente cóncavo; peridio terminando en parafisos cortos; parafisos en el himenio hialinos, cilíndricos, 30-50 X 6-9 µm; pared hialina, delgada, uniforme, ocasionalmente 1-3 µm engrosada en el ápice; esporos sésiles, de amarillentos a carmelitas, de obovoides a elipsoides, 18-28 X 15-18 µm; pared amarillenta, 0.5-1 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 4-6 alrededor del ecuador. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, lenticular, crecimiento determinado, aislados, 5-7 capas de esporos; himenio subepidermal, suavemente cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, superiores carmelitas inferiores hialinos, elipsoides, cuboides, 10-18 X 6-10 µm; pared hialina, en esporos inferiores, carmelita en esporos superiores, 1-1.5 µm de gruesa, 2-4 µm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Centro y Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Rhamnaceae, *Colubrina ferruginosa* Brongniart, GUATEMALA: Quetzaltenango, Colomba, 20 Feb. 1941, Standley 87894 (Tipo). Sobre *Colubrina rufa* Reisseck, BRASIL: Minas Gerais, Agua Limpia, Estación Exptal. 23 Jun. 1946, Heringer (Tipo); Sao Paulo, Mogi Mirim, Horto Forestal, 16 Sep. 1976, Hennen & Figueiredo 76-382; 76-348; 83-88; 83-493; 83-621; 83-644; 84-176; 88-67. Sobre *Hovenia dulcis* Thunberg, BRASIL: Sao Paulo, Mogi Mirim, Horto Forestal, 2 Jun. 1982, Figueiredo 82-104; J.F. & M.M. Hennen 83-125; 14 May. 1978, Guimares, Hennen & Figueiredo 78-15.

**Observaciones:** no se encontraron diferencias sustanciales entre las colecciones hechas sobre *Colubrina* y *Hovenia*, por lo tanto consideramos *Uredo hoveniae* Lindquist & Costa-Neto (1967) como sinónimo de *Uredo colubrinae* Cummins y estos como el anamórfo de la especie citada. *Hovenia* es un género originario de Asia (China, Korea, Japón) y ha sido introducido al Brasil por su valiosa madera y allí ha encontrado un uredinal nativo.

### Sobre Vitaceae.

1. Anamórfo en *Physopella*, parafisos periferales cortos, sin cubrir los esporos, pared engrosada en el esporo, subtropical ..... *Phakopsora muscadinae* Buriticá & Hennen.

1. Anamórfo en *Physopella*, parafisos periferales largos, cubriendo los esporos, pared del esporo uniforme, tropical ..... *Phakopsora uva* Buriticá & Hennen.

La mayoría de autores siguen a **Hiratsuka** (1935) y a **Cummins & Ramachar** (1958) en solo considerar dos especies de uredinales sobre *Vitis*. *Phakopsora cronartiformis* Dietel, con esporos anamórficos verrucosos y *Phakopsora ampelopsidis* Dietel & Sydow, esporos anamórficos equinulados. **Sydow** (1915) considera además a *Phakopsora vitis* Sydow. Con el cúmulo de nuevas colecciones realizadas en varias partes del globo y con una muy buena representación del teliómorfo, ha sido posible establecer que realmente hay un complejo de especies en éste hospedante. Poblaciones de Asia (al menos 4 especies) son diferentes a las de las Américas y entre estas, las de la zona templada son diferentes de las tropicales. Así, ha sido reconocido por **Buriticá** (1994) al publicar *Phakopsora uva*, criterio que se sigue en éste trabajo.

### 8.36. *Phakopsora muscadinae* Buriticá, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Vitis rotundifolia* Michaux (Vitaceae), ESTADOS UNIDOS: Georgia, Athens, Denmark Farm, 21 Oct. 1947, J.H. Miller.

Anamórfo: *Physopella vitis* (Thüemen) Arthur, Result. Sci. Congr. Bot. Viena p. 338. 1906.

= *Uredo vitis* Thüemen, Pilze des Weintokes p. 182. 1878.

Tipo: sobre *Vitis sp.* (Vitaceae), ESTADOS UNIDOS: South Carolina, Aiken, 1868, H.W. Ravenel.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, flavidis vel brunneis, dispersis vel

aggregatis, absolute apertis, subepidermalibus; hymenio subepidermalibus, applanato; paraphysisibus peripheralibus ad basim conjunctis, in hymenio curvatis, flavidis vel brunneis, 30-60 X 6-10  $\mu\text{m}$ ; parieti flavido, 2-5  $\mu\text{m}$  apice et dorsaliter incrassato; sporis sessilibus, flavidis, obovoideis vel ellipsoideis, 20-24 X 12-16  $\mu\text{m}$ ; parieti hyalino vel flavido, 1-1.5  $\mu\text{m}$  crasso, 2-4  $\mu\text{m}$  apice incrassato, dense et minute aculeato; poris germinationis 2-4, aequatorialibus. Soris teleutosporiferis hypophyllis, circa soros anamorphos, crustiformibus, ceraceis, succinatis vel brunneis, indeterminatis, coalescentibus, 1-3 sporis stratos, epiderme tectis; hymenio subepidermali, leniter concavo vel applanato; teliosporis seriatim, flavidis, cuboideis vel anguloso-ellipsoideis, 10-18 X 8-14  $\mu\text{m}$ ; parieti flavido, 1-1.5  $\mu\text{m}$ , crasso.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, de amarillento a carmelita claro, aislado ó en pequeños grupos, completamente abierto; himenio subepidermal, plano; parafisos periferales unidos en la base, parafisos libres en el himenio del mismo tipo que los periferales, curvados, de amarillentos a carmelitas, 30-50 X 6-10  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 2-5  $\mu\text{m}$  de gruesa dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, amarillentos, de obovóides a elipsoides, 20-24 X 12-16  $\mu\text{m}$ ; pared de incolora a amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, 2-4  $\mu\text{m}$  engrosada en la parte superior, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 2-4, ecuatoriales. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, lenticular, ceroso, de ambar a carmelita, crecimiento indeterminado, coalescentes, 1-3 capas de esporos; himenio subepidermal, de plano a levemente cóncavo; teliosporos mas o menos uno debajo del otro, libres, amarillentos, de cuboídes a irregularmente elipsoides, 10-18 X 8-14  $\mu\text{m}$ ; pared amarillenta, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme.

**Distribución:** del Sureste de los Estados Unidos al Norte de Mexico.

**Especímenes estudiados:** sobre Vitaceae, *Vitis munsoniana* Simpson ex Munson, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 5 Feb. 1921, *Stevenson 5516*. Sobre *Vitis rotundifolia* Michaux (= *Muscadinia rotundifolia* (Michaux) Small), ESTADOS UNIDOS: Georgia, Athens, Denmark Farm, 21 Oct. 1947, *Miller* (Tipo); South Carolina, Aiken, 1868, *Ravenel* (Tipo); Louisiana, Baton Rouge, 31 Oct. 1974, *Hennen, P. Buriticá & B. Lowy 74-16*; Texas, Marshall, 30 Oct. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-9*. MEXICO: Tamaulipas, *Gomez Farias*, 6-8 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-110*.

**Observaciones:** especie fácil de reconocer por el ápice engrosado en los esporos anamórficos. Presenta mayor

afinidad en su conjunto morfológico con *Phakopsora vitis*, proveniente de Asia que con la típica especie neotropical *Phakopsora uva*.

**8.37 Phakopsora uva** Buriticá & Hennen, *en*: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 181. 1994.

Tipo: sobre *Vitis sp.* (Vitaceae), MEXICO: Tamaulipas, 16 km. O. de Gómez Farías, camino del Rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, *J.F. Hennen & P. Buriticá 74-114*.

Anamórfo: *Physopella viala* (Lagerheim) Buriticá & Hennen, *en*: Buriticá, Rev. I.C.N.E. (Medellín) 5(2): 181. 1994.

= *Uredo viala* Lagerheim, Compt. Rendu. Acad. Sci. 110: 729. 1890.

Tipo: sobre *Vitis vinifera* Linneo (Vitaceae), JAMAICA: entre Kingston y Rockfort, Oct. 1899, *Lagerheim*.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigíneo, principalmente hipófilo, aislado ó en pequeños grupos, de blanquizco a amarillento, erumpente; himenio erumpente, plano; parafisos periféricos unidos en la base, formando como una canasta alrededor del soro, cubriendo los esporos, hilinos, curvados, flexuosos, 30-90 X 9-12  $\mu\text{m}$ ; pared hialina, ocasionalmente 1-2  $\mu\text{m}$  engrosada dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, incoloros, de redondos a elipsoides, 17-22 X 13-17  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 0.5-1  $\mu\text{m}$  de gruesa, irregularmente engrosada, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 6-8 dispersos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de hialino a carmelita claro, lentiforme, ceroso, crecimiento indeterminado, coalescentes, 1-3 capas de esporos, cubiertos por la epidermis; himenio subepidermal, plano; teliosporos uno debajo del otro, libres, de incoloros a amarillentos, cuboídes, elipsoides, 21-25 X 9-13  $\mu\text{m}$ ; pared incolora, 1-1.5  $\mu\text{m}$  de gruesa, uniforme.

**Distribución:** toda América tropical, en zonas por debajo de los 1.000 m.s.n.m.

**Especímenes estudiados:** sobre Vitaceae, *Cissus sp.* (?), MEXICO: Tamaulipas, 10 millas O. de Gomez Farias, camino al Rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-116*. Sobre *Vitis aestivalis* Michaux, CUBA: Santiago de las Vegas, 13 May. 1916, *Johnston 701*. Sobre *Vitis caribaeae* de Candolle, GUATEMALA: Centro de Guatemala, 7 Ene. 1917, *Holway 680*. Sobre *Vitis lambrusca* Linneo, ESTADOS UNIDOS: Florida, Winter Haven, 15 Oct. 1959, *Burnett*. HONDURAS: Uyuca, 28 Jul. 1950, *Muller 112*. Sobre *Vitis tiliifolia*



H.B.K., ESTADOS UNIDOS: Miami, 5 Feb. 1921, *Stevenson 5515*. GUATEMALA: 17 Ago. 1936, Johnston 85; Huehuetenango, San Rafael Petzal, 9 Ene. 1941, *Standley 82917*. HONDURAS: 6 Nov. 1950, *Muller 597*. Sobre *Vitis vinifera* Linneo, CUBA: Habana, 21 Mar. 1903, *Holway*. PUERTO RICO: Maricao, 22 Mar. 1916, *Whetzel & Olive 347*; Pastillo Springs, 10 Nov. 1913, *Stevens 5718*. JAMAICA: St. Andrew, cross roads, 24 Feb. 1958, *Powell 438*; Hope Gardens, Ene. 1948, *Martin*: Kingston, Oct. 1889, *Lagerheim* (Tipo). ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 31 May. 1906, *Bessey 38*. GUATEMALA: Chimaltenango, La Alameda, 11-22 Dic. 1940, *Standley 80806*. COSTA RICA: San José, Tonduz. PANAMA: Almirante, 25 Oct. 1928, *Reinking*. Sobre *Vitis sp.*, TRINIDAD: 5 Feb. 1921, *Leacock*. MEXICO: Puebla, Xicotepéc de Juárez, 23 Nov. 1971, *Hennen 71-114*; Oaxaca, Juchitan, 16 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-266*; Chiapas, Amatenango, 28 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-463*; Tamaulipas, Gomez Farias, Rancho del Cielo, 6-8 Nov. 1974, *Hennen & P. Buriticá 74-108*; 74-114 (Tipo). COLOMBIA: Antioquia, Sopetrán, Jul. 1975, *Achicanoy*; Cundinamarca, Fusagasugá, 17 Sep. 1980, *P. Buriticá 80-78*; 10 Jun. 1976, *G. Cadena*; Huila, Altamira, Abr. 1972, *Perdomo & Buriticá*; Valle del Cauca, Palmira, 21 Jun. 1945, *E. de Rojas P.*; Pradera, El Rosario, 5 Feb. 1945, *E. de Rojas P.* ECUADOR: Cuenca, 10 Sep. 1920, *Holway 975*.

**Observaciones:** especie bien definida por los parafisos periféricos largos, cubriendo los esporos y por la erumpencia del anamórfo, que sobresale por encima de la epidermis de las hojas. Efectos dañinos han sido registrados en uvas cultivadas en Colombia.

#### Sobre Malvaceae

8.38. *Phakopsora gossypii* (Lagerheim) Hiratsuka. Uredinological Studies, Kasai Publ. Co. Tokyo p. 266. 1955.

= *Doassansia gossypii* Lagerheim, J. Mycol. 7: 49. 1891.

Tipo: sobre *Gossypium sp.* (Malvaceae), ECUADOR: Los Rios, Balsapamba, Dic. 1890, *G. Lagerheim*.

= *Chrysomyxa gossypii* (Lagerheim) Setchell, Bot. Gaz. 19: 187. 1894.

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

Tipo: sobre *Gossypium acuminatum* Roxburg (Malvaceae), CUBA: Santiago, Mar. 1903, *L.M. Underwood & F.S. Earle 159*.

= *Cerotelium gossypii* (Arthur) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44: 150. 1917.

= *Kuehneola desmium* Butler, Fungi and Dis. Plants, p.363. 1918.

= *Cerotelium desmium* Arthur, N. Amer. Fl. 7(10): 698. 1925.

= *Phakopsora desmium* (Arthur) Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 72: 206. 1945.

= *Phakopsora gossypii* Dale, Commonw. Mycol. Inst. papers 60: 4. 1955. Homónimo posterior.

Anamórfo: *Malupa desmium* (Berkeley & Broome) Buriticá, Rev. I.C.N.E. 5(2): 175. 1994.

= *Aecidium desmium* Berkeley & Broome, J. Linn. Soc. 14: 95. 1875.

Tipo: sobre *Gossypium sp.* (Malvaceae), SRI LANKA (Ceylan): Peradeniya, Ene. 1868.

= *Uredo gossypii* Lagerheim, J. Mycol. 7: 48. 1891.

Tipo: sobre *Gossypium sp.* (Malvaceae), ECUADOR: Los Rios, Balsapamba, Dic. 1890, *G. Lagerheim*.

= *Uredo desmium* (Berkeley & Broome) Petch, Ann. Bot. Gard. Peradeniya 5(4): 247. 1912.

Espermogonio desconocido. Anamórfo hipófilo, aislado ó en pequeños grupos en manchas bien delimitadas, amarillento, abierto por un poro, subepidermal; himenio de subepidermal a intraepidermal, cóncavo; parafisos periferales cubriendo los esporos, levemente curvados, cilíndricos, 20-50 X 7-9 µm; pared hialina, 1-2 µm de gruesa, ocasionalmente 2-4 µm engrosada en el ápice; parafisos en el himenio del mismo tipo; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, angularmente elipsoides, obovoides, 22-28 X 16-19 µm; pared incolora, 1-1.5 µm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas, espinas un poco mas grandes en la base; poros germinativos imperceptibles, 2 ecuatoriales. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de amarillento a carmelita, ceroso, cupular, crecimiento determinado, coalescentes, 5-7 capas de esporos; himenio subepidermal, inicialmente esférico, posteriormente semiesférico; teliosporos irregularmente arreglados, amarillentos, cuboides, elipsoides, angulares, 12-20 X 8-12 µm; pared amarillenta, 1-2 µm de gruesa, 3-5 µm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Africa, Asia, América Tropical.

**Especímenes estudiados:** sobre Malvaceae, *Gossypium acuminatum* Roxburg, CUBA: Santiago, Mar. 1903, *Underwood & Earle 159* (Tipo). ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 16 Dic. 1907, *Bessey*. Sobre *Gossypium arboreum* Linneo, COLOMBIA: Valle del Cauca, Palmira, 25 Mar. 1943, *J.M. Varela*. Sobre *Gossypium barbadense* Linneo, PUERTO RICO: Trujillo Alta, 26 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2262*. HAITI: Port Prince, Nov. 1918, *Rose 23983*. TRINIDAD: Chacachacare, 1 Abr. 1951, *Dale*. COLOMBIA: Valle del Cauca, Palmira, 22 Jul. 1943, *E. de Rojas P.*; Antioquia, Fredonia, 27 Jul. 1927, *R.A. Toro 237*. Sobre *Gossypium brasiliense* MacFadyen, PUERTO RICO: Tanama, 7 Jul. 1915, *Stevens 8005*. FILIPINAS: Manila, 26 Ene. 1913, *Merrill*; Mindanao, Todaya, Mt. Apo, May, 1924, *Clemens 5648*. Sobre *Gossypium hirsutum* Linneo, PUERTO RICO: Vieques, 18 Jul. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2092*; Mayaguez, May. 1903, *Earle 78*. ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 16 Dic. 1907, *Bessey*. COLOMBIA: Valle del Cauca, Palmira, 16 Abr. 1943, *E. De Rojas P.* BRASIL: Campinas, Instituto Agronómico, 25 Abr. 1934, *Hermann*; Para, Belem, 15 May. 1977, *Da Silva*; Rio Janeiro, Gard., 10 Nov. 1936, *Grillo*. Sobre *Gossypium mexicanum* Todaro, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami 17 dic. 1907, *Bessey, Bessey*. Sobre *Gossypium microcarpum* Todaro, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 16 Dic. 1907, *Bessey*. Sobre *Gossypium peruvianum* Cavanilles, ESTADOS UNIDOS: Florida, Miami, 16 Dic. 1907, *Bessey*. ECUADOR: San Miguel, 4 Nov. 1924, *Stevens 235*, SIERRA LEONA: Njala, 31 Dic. 1935, *Daighton 941A*. Sobre *Hibiscus tiliaceus* Linneo, PUERTO RICO: San Juan, 14 Dic. 1962, *Schroder*. Sobre *Montezuma speciosissima* Moziño & Sesse, PUERTO RICO: Río Prieto, 20 Jun. 1924, *Whetzel, Kern & Toro 2261*. Sobre *Gossypium sp.*, GUATEMALA: Los Amates, 20 Feb. 1908, *Kallerman 7340*. ECUADOR: Los Rios, Balsapamba, Dic. 1890, *Lagerheim* (Tipo). COLOMBIA: Caquetá, Florencia - Belén, 16 Ene. 1976, *K. Dumont, P. Buriticá (76 - 141), J. L. Luteyn & L. A. Molina*; Huila, Altamira - Florencia; Valle del Cauca, Buenaventura, 23 Oct. 1924, *Stevens i.*; PERÚ: Huanuco, Tingo María Monzón, 6 Jul. 1976, *K. Dumont, S. Carpenter, M. Sherwood & P. Buriticá 76 - 177P*. TRINIDAD: Esp. Station, 2 Mar. 1921, *Seaver 2953*. NEW GUINEA: Moroba, Kajabit, 23 Nov. 1939, *Clemens 10827*. INDIA: Bihar, Pusa, 29 Dic. 1906, *Butler*. LIBERIA: Bolkalm, 5 Oct. 1950, *Orton*. SIERRA LEONA: Newton, 21 Nov. 1950, *Orton*. SRI LANKA (Ceylan): Peradeniya, Ago. 1909, *R.B.S. 2940*.

**Observaciones:** Se han observado daños severos en algunos materiales genéticos cultivados, especialmente en los considerados como criollos.

## Sobre Guttifereae.

8.39 **Phakopsora butleri** Dianese, Santos & Medeiros, *Fitopatol. Bras.* 18(3): 438, 1993

Tipo: Sobre *Kielmeyera coriaceae* Martius (Guttifereae),

BRASIL: Brasilia D. F., 30 Ago. 1992, *Dianese 1803*.

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

Tipo: sobre *Kielmeyera coriaceae* Martius (Guttifereae),

BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional Aguas Emendadas, NE de Brasilia, 4 Ago. 1976, *J. F. Hennen, Y. Ono & E. P. Heringer 76 - 486*.

Espermogonio desconocido. Anamórfo anfigineo, amarillento, solitarios o en pequeños grupos, subepidermal en origen, posteriormente erumpente; himenio subepidermal, plano; peridio hifoide; parafisos en el himenio libres, hialinos, de cilíndricos a clavados, 30 - 40 X 8 - 12 mm; pared hialina, delgada, ocasionalmente engrosada 3mm dorsalmente y en el ápice, con pocas verrugas; esporas sésiles de incoloras a amarillentas, de obovoides a elipsoides, 24 - 30 X 20 - 24 mm; pared de incolora a amarillenta, 1 - 1.5 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, 4 - 6 supraecuatorial. Teliosoro anfigineo, principalmente epifilo, dispersos o alrededor del anamórfo, ambar, cerosos, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescentes, 5 - 7 capas de esporas, profundas; himenio subepidermal, plano, teliosporos irregularmente arreglados, amarillentos, cuboides, oblongos, elipsoides, 20 - 25 X 12 - 14 mm; pared amarillenta, 2 - 4 mm de gruesa, irregularmente engrosada, en los ángulos y en el ápice de las esporas superiores.

## Distribución Brasil:

**Especímenes estudiados:** sobre Guttifereae, *Kielmeyera coriaceae* Martius, BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional Aguas Emendadas, EN Brasilia, 5 Ago. 1976, *Hennen, Ono & Heringer 76 - 246*; Parque Municipal de Gama, 15 Oct. 1976, *J. F. & M. M. Hennen & Heringer 76 - 486*.

**Observaciones:** las células esporógenas del soro anamórfico se levantan para sobrepasar el tejido del hospedante y producir los esporos. Especie recién descrita, de la cual no fue posible obtener el tipo para su estudio.

**Sobre Lythraceae.**

8.40. *Phakopsora cupheae* Buriticá, Rev. Acad. Colombiana Cienc. 19(74): 464, 1993.

Tipo: sobre *Cuphea* sp. (Lythraceae), ECUADOR: Pichincha, en la carretera Toachí - Paloquemado, 19 Jul. 1975, K. P. Dumont, S. Carpenter & P. Buriticá 75 - 057E.

Anamorfo: *Milesia cupheae* (Hennings) Buriticá, Rev. Acad. Colombiana Cienc., 19(74); 465, 1995.

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

Tipo: sobre *Cuphea micrantha* H. B. K. (Lythraceae), BRASIL: Goyas, Ene. 1893, E. Ule 2001.

Espermogonio desconocido. Anamórfico anfigíneo, principalmente hipófilo, en grupos en manchas bien definidas, carmelitas, abiertos por un poro; himenio subepidermal, levemente cóncavo; peridio hifoiado; parafisos en el himenio, cilíndricos, libres, 20 - 30 mm X 6 - 8 mm; pared hialina, ocasionalmente 2 - 4 mm de gruesa en el ápice; esporos sésiles, carmelitas en la mitad superior, amarillentos en la mitad inferior, subglobosos, de oblongos a elipsoides, 18 - 24 X 14 - 21 mm; pared de incolora a amarillenta, 0.5 - 1.0 mm de gruesa, uniforme, densamente equinulada: poros germinativos 2 - 3, supraecuatorial. Teliosoros hipófilo, dispersos o alrededor del anamórfico, de carmelita a negruzco, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2 - 3 capas de esporas, plano; teliosporos irregularmente arreglados, carmelitas, oblongos, de obovoides a elipsoides, 18 - 27 X 9 - 16 mm; pared amarillenta, más oscura hacia el ápice, 1 - 2 mm de grueso, 3 - 5 mm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Antillas, Centro y Sur América.

**Especímenes estudiados:** sobre Lythraceae, *Cuphea carthagenensis* (Jacquin) MacBride, HONDURAS: Las Mesas, 2 Dic. 1950, Muller 367, Sobre *Cuphea micrantha* H. B. K., BRASIL: Goyaz, Ene. 1893, Ule 2001 (Tipo). Sobre *Cuphea parsonia* (Linneo) Brown, PUERTO RICO: Arecibo y Larea, 21 Jun. 1915, Stevens 7278; Cabo Rojo, 15 Jun. 1913, Stevens 2279; Maricao, 16 - 23 Mar. 1916. Whetzel & Olive 302; Maricao, 8 Jul. 1924, Whetzel, Kern & Toro 2377. JAMAICA: Troy, 13 - 18 Sep. 1906, Britton 436. Sobre *Cuphea balsamona* Chamisso & Schlechtendal, COSTA RICA: Cartago, 7 Jul. 1923, Stevens 259; Colombiana, 18 Jul. 1923, Stevens 558; Guapiles, 20 Jul. 1923, Stevens 616. Sobre *Cuphea* sp., COLOMBIA: Boyacá, vía

Tunja - Ramiriquí, 13 Sep. 1976, K. Dumont, Umaña & P. Buriticá 76 - 430, ECUADOR: Pichincha, 2 Km arriba de Toachí, 19 Jul. 1975, K. Dumont, Carpenter & P. Buriticá 75 - 57E (Tipo); 19 Km de Santo Domingo, 19 Jul. 1975, K. Dumont, Carpenter & P. Buriticá 75 - 074E; El Oro, 17 Km de Piñas hacia Machala, 29 Jul. 1975, K. Dumont, Carpenter & P. Buriticá 75 - 180E; Loreto, 71 Km de Tingo María en la vía Pucalipa - Tingo María, 4 Jul. 1976, Dumont, Carpenter & P. Buriticá 76 - 156P. Además los citados por Buriticá (1995).

**Observaciones:** también registrada en el Neotrópico, sobre *Cuphea serpyllifolia* H. B. K., *Cuphea strigulosa* H. B. K., *Parsonia pinto* (Vandelli) Hillar y *Parsonia racemosa* (Linneo) Standley.

**Sobre Myrtaceae.**

8.41 *Phakopsora rossmanii* Dianese, Santos & Tessmann, Fitopatol. Bras. 18(3): 437, 1993.

Tipo: sobre *Campomanesia adamantini* Martius (Myrtaceae), BRASIL: Goyas, Goiatuba, 28 May. 1993, J.C. Dianese 4050.

Anamorfo: *Physopella juelii* (Sydow) Buriticá & Hennen, comb. anamorph. nov.

= *Uredo* sp. Jüel, Bih. K. Svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 23(3): 26, 1897.

Tipo: sobre *Campomanesia cyanea* Berg. (Myrtaceae), BRASIL: Rio Grande do Sul, Santa María de Bocca do Monte, 1893, Malme.

= *Phakopsora juelii* Sydow, Monographia Uredinearum 3: 416, 1915, nom. Illegit.

Tipo: el mismo espécimen de Jüel l.c.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, aislado, carmelita, subepidermal en origen, posteriormente erumpente; himenio erumpente, plano; parafisos periferales encorvados, 20 - 35 X 5 - 8 mm; pared amarillenta, 1.5 - 3.0 mm de grueso en el ápice; esporos sésiles, carmelitas, reniformes, espatulados, obovoides, 18 - 23 X 14 - 18 mm; pared carmelita, 0.5 - 1.0 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos 2 - 4, hacia los ángulos. Teliosoro hipófilo, pequeño, alrededor del soro anamórfico, de amarillento a carmelita, ceroso, lenticular, crecimiento determinado, 2 - 4 capas de esporos; himenio subepidermal, cóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, de amarillentos a carmelitas, cuboides, elipsoides, 10 - 14 X 6 - 9 mm; pared 1.0 - 1.5 mm de gruesa, uniforme.

### Distribución Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Myrtaceae, BRASIL: Sao Paulo, Mogi Mirim, Horto Forestal Estatal. 2 Sep. 1976, *Hennen & Figueiredo* 76 - 341; 16 Sep. 1976 *Hennen & Figueiredo* 76 - 393; 29 Dic. 1976, *J.F. & M.M.*, *Hennen & Figueiredo* 76 - 825; 33 Km de Sao Carlos en hwy hacia Ribeiro Preto, 17 Jul. 1979, *J.F. & M.M.*, *Hennen* 79 - 208; Entrada de Pedro I, Perdoes, 30 Jun. 1977, *Figueiredo* 77 - 10; Goanopolis, cerca a las cataratas, 8 Sep. 1977, *Figueiredo* 77 - 90; Entrada de Mogy, 22 Sep. 1977, *J.F. & M.M.*, *Hennen* 77 - 101; 33 Km de Sao Carlos sobre hwy hacia Ribeira Preto, 17 Jul. 1979, *J.F. & M.M.*, *Hennen* 79 - 207; Mogi Mirim, Horto Forestal, 1 Nov. 1979, *J.F. & M.M.*, *Hennen & Figueiredo* 79 - 347, Minas Gerais, E de Uberlandia sobre hwy 365, 10 Oct. 1976, *J.F. & M.M.*, *Hennen* 76 - 460.

### Sobre Combretaceae.

8.42. **Phakopsora chavesii** Dianese, Santos & Medeiros, *Fitopatol. Bras.* 18(3): 140, 1993.

Tipo: sobre *Terminalia phaeocarpae* (Combretaceae). BRASIL: Brasilia D.F., 2 May. 1993, *J.C. Dianese* 3850.

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

Tipo: sobre *Terminalia sp.* (Combretaceae), BRASIL: Mato Grosso, 25 Km S.W. de Chapada go Guimaraes, 21 Jul. 1988, *J.F. Hennen & R.M. López-Franco* 88 - 617.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico principalmente hipófilo, en pequeños grupos o poco aislados, redondo, amarillento, inicialmente abierto por un poro, posteriormente erumpente; himenio subepidermal, plano; peridio hifoideo; parafisos libres en el himenio, hialinos, de cilíndricos a clavados, 14-18 X 10-12 mm, pared hialina, delgada; esporos sésiles, de pálidos a amarillentos, de elipsoides a angularmente elipsoides, 20-24 X 17-21 mm; pared de hialina a amarillenta, 1.0-1.5 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, +/- 2-3 dispersos ó hacia los ángulos. Teliosoro anfigíneo, principalmente hipófilo, alrededor del anamórfico, de amarillento a carmelita, ceroso, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescentes; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arreglados, 3-4 en capas, rectangulares, oblongos, elipsoides, 15-17 X 8-10 mm; pared amarillenta, 1.5-2.5 mm de gruesa, uniforme.

### Distribución Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Combretaceae, *Terminalia sp.*, BRASIL: Matto Grosso, S.W. de Chapadao do Guimaraes, 21 Jul. 1988, *Hennen & López-Franco* 88 - 617; Goias, S. de Alvarado, 14 Jul. 1979, *J.F. & M.M. Hennen* 79 - 167; S. de Goiania, cerca Itumbiara, 16 Jul. 1979, *J.E. & M.M. Hennen* 79 - 188; 79 - 189.

### Sobre Bignoniaceae

8.43. **Phakopsora arrabidaeae** Buriticá & Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Arrabidaea selloi* (Sprengel) Sandwith. (Bignoniaceae), BRASIL: Sao Paulo, Santana de Parnaiba en la carretera que se une con la vía a Anhanguera, 6 Jul. 1978, *M.B. Figueiredo* 78 - 33.

Anamorfo: *Physopella cerotelioides* (Jackson & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

= *Uredo cerotelioides* Jackson y Holway, *en: Jackson, Mycologia* 24: 94, 1932.

Tipo: sobre Bignoniaceae, BRASIL: Sao Paulo, Garulhos, 1 Jun. 1922, *H.W.D. & M.M. Holway* 1927.

Spermogoniis adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, albidis vel flavidis, aggregatis vel dispersis in maculo grandis primo tectis, tandem poro centrali apertis, subepidermalibus; hymenio subepidermali, applanato; paraphysisibus peripheribus et in hymenio liberis, curvatis, capitatis, elevatis, septatis 22-30 X 5-10 mm; parieti flavido, apice 1.0-1.5 mm crasso, subtiliter et aequaliter aculeato; poris germinationis obscuris. Soris teleutosporiferis sparsis circa soros anamorphis, hypophyllis, ceraceis, brunneis, indeterminatis, subepidermalibus, hymenio applanato vel leniter curvatis; teliosporis irregulariter dispositis in 2-4 stratis laxis, rectangularibus, ellipsoideis, 16-22 X 11-13 mm, flavidis; constanter parieti flavido, constanter 0.5-1.0 mm crasso.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, de blancuzco a amarillento, en grupos ó aislados en manchas grandes en la hoja, inicialmente abierto por un poro; himenio subepidermal, plano; parafisos en todo el soro, principalmente periféricos, curvados, septados, capitados, clavados, 22-30 X 5-10 mm, pared amarillenta, 1-5 mm engrosada en el ápice; esporos sésiles, elipsoides, ovoides, 22-24 X 16-20 mm; pared de amarillenta a carmelita, con 0.5-1.0 mm de gruesa, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro alrededor del anamorfo, hipófilo, ceroso, ambar, crecimiento indeterminado, 2-4 capas de esporos; himenio plano ó levemente curvado; teliosporos irregularmente arreglados,

libres, rectangulares, cuboides, elipsoides, 16-22 X 11-13 mm; pared amarillenta, 0.5-1.0 mm de gruesa, uniforme.

**Distribución:** Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Bignoniaceae. *Arrabidaea selloi* (Sprengel.) Sandeith., BRASIL: Sao Paulo, Santana de Parnaíba vía Anhanguera, 6 Jul. 1978, *Figueiredo* 78 - 33 (Tipo); 78 - 25; 78 - 26; Horto Forestal N. Sao Paulo, Serra de Cantauneira, 5 Sep. 1975, *Hennen & Figueiredo* 75 - 94; Campinas, birro Ribeira, Faz. Sao Jorge, 5 Ago. 1975, *Hennen & Figueiredo* 75 - 56; Itaici vía Anhanguera y Viracopas, 24 Sep. 1979, *J.F. & M.M. Hennen & Figueiredo* 79-322. Sobre Bignoniaceae, BRASIL: Sao Paulo, Garulhos, 1 Jun. 1922, *E.W.D. & M.M. Holway* 1927 (tipo *Uredo cerotelioides*).

**Observaciones:** dos características presenta esta especie que no se incluyen en la descripción. En la colección *Hennen & Figueiredo* 79 - 322 se encontró en algunos soros anamórficos esporos lisos, redondos con poros germinativos evidentes (1 ó 2), mezclados con los esporos normales. Estos parecen ser anisporos. Como esta característica no está presente en el tipo, optamos por dejarla por fuera de la descripción. Es preciso repetir colecciones en diversas épocas del año, con el fin de determinar si hay algún efecto climático en el desarrollo de este tipo de esporos. El otro detalle que fue observado en algunas colecciones con mayor ó menor intensidad, fue la presencia de verrugas en los parafisos.

#### Sobre Rubiaceae.

1. Teliosoro puntiforme con himenio cóncavo, crecimiento determinado, sobre *Sickingia*.....  
..... *Phakopsora neovenezuelana*  
Buriticá & Hennen.
1. Teliosoro lenticular con himenio plano, crecimiento indeterminado .....
2. Parafisos periferales en el anamórfo rectos, con el ápice engrosado 3-5 mm sobre *Tocoyena*..  
.. *Phakopsora tocoyenae* Buriticá & Hennen.
2. Parafisos periferales del anamórfo curvados, con la pared engrosada ..... dorsalmente 3.
3. Teliosoro con 1-3 capas de teliosporos, sobre *Alseis*.....  
..... *Phakopsora melanotes* Sydow.
3. Teliosoro con más de 3 capas de teliosporos, sobre *Randia*.....  
..... *Phakopsora melaena* Sydow.

#### 8.44 *Phakopsora neovenezuelana* Buriticá y Hennen, *nom. nov*

= *Phakopsora venezuelana* Sydow, Ann. Mycol. 33: 85, 1935. Homónimo posterior.

Tipo: sobre *Sickingia erythroxylois* Willdenow (Rubiaceae), VENEZUELA: Puerto de la Cruz, El Limón, 17 Ene. 1928, *H. Sydow* 283.

= *Angiopsora venezuelana* (Sydow) Thirumalachar & Kern, Mycologia 41: 287, 1949

Anamorfo, *Physopella venezuelana* (Sydow) Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 743, 1956.

= *Phakopsora venezuelana* Sydow, Ann. Mycol. 28: 49, 1930.

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, carmelita, en pequeños grupos o aislado, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, erumpente, plano; parafisos periferales curvados, incoloros, 25-40 X 8-12 mm; pared hialina, 2-5 mm engrosada dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, carmelitas, elipsoides, obovoides, 20-26 X 18-22 mm; pared amarillenta, 1.0-1.5 mm de gruesa, irregular, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles, + 4-6 dispersos. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, costriforme, crecimiento determinado, coalescente, 1-4 capas de esporas; himenio subepidermal, semicóncavo; teliosporos irregularmente arreglados, libres, carmelitas, cuboides, elipsoides, 10-18 X 8-14 mm; pared carmelita, 1.0-1.5 mm de gruesa, 2-6 mm engrosada en el ápice de los esporos de extremo superior.

**Distribución** Venezuela.

**Especímenes estudiados:** el tipo

**Observaciones:** ha sido preciso proponer un nuevo nombre para esta especie, teniendo en cuenta que Sydow (*l.c.*) la describió por primera vez en su estado anamórfico, pero usó en forma incorrecta el nombre teliomórfico (nombre ilegítimo). Cuando describió el estado teliomórfico volvió a usar el nombre ya propuesto con anterioridad que aplica al anamorfo, para el estado teliomórfico (homónimo). Según el Código de Nomenclatura Botánica (1988), esto no es posible de hacer.

#### 8.45 *Phakopsora tocoyena* Buriticá y Hennen, *sp. nov.*

Tipo: sobre *Tocoyena sp.* (Rubiaceae), BRASIL: Distrito Federal, cerca al borde Este del Parque Nacional Aguas Emendadas en la carretera 020 entre Planaltina y Formosa, 5 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77 - 217.*

Anamorfo: *Physopella tocoyena* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Spermogonii adhuc ignotis. Soris anamorphis hypophyllis, aggregatis, brunneis, primo poro centrali apertis tandem erumpentis, subepidermalibus; hymenio erumpenti, applanato; paraphysibus peripheralibus, abundis, ad basim conjunctis, curvatis, 20-48 X 7-10 mm; parieti flavido, 3-5 mm apice et dorsaliter incrassato, sporis sessilibus, flavidis vel brunneis, obovoideis vel ellipsoideis, 24-28 X 18-22 mm; parieti 0.5-1.0 mm aequaliter crasso, dense et minuteque aculeati verrucosa; poris germinationis obscuris. Soris teleutosporiferis hypophyllis, circa soros anamorphis brunneis vel atris, crustiformibus, applanatis, indeterminatis, coalescentibus, epiderme tectis; hymenio subepidermali, applanato; teliosporis seriatim in 3-4 stratis dispositis adherenti, rectangulis oblongis vel ellipsoideis, 20-26 X 14-18 mm; parieti bruno, 3-4 mm, 4-6 mm apice incrassato in sporis superioribus.

Espemogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, en grupos, carmelitas, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, erumpente, plano; parafisos periferales abundantes, curvados, 20-48 X 7-10 mm; pared amarillenta, 3-5 mm de gruesa dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, de amarillentos a carmelitas, obovoideos, elipsoides, 24-28 X 18-22 mm; pared amarillenta, 0.5-1.0 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas, y verrugas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo, de carmelita a negruzco, costriforme, plano, crecimiento indeterminado, coalescente, 3-4 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos mas o menos uno debajo del otro, rectangulares, elipsoides, 20-26 X 14-18 mm; pared carmelita, 3-4 mm de gruesa, 4-6 mm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Rubiaceae, *Tocoyena sp.*, BRASIL: Distrito Federal, Parque Nacional Aguas Emendadas, 15 Nov. 1977, *J.F. & M.M. Hennen 77 - 213*; Matto Grosso do Sul, O. de Coxim, 17 Abr. 1983,

*J.F. & M.M. Hennen & R. Antunes 83 - 202*; Minas Gerais, S. de Ibia, 20 Abr. 1986, *Hennen 86 - 179*; 21 Abr. 1986, *Hennen 86.82.*

#### 8.46 *Phakopsora melanotes* Sydow, 14: 70, 1916.

Tipo: sobre *Alseia sp.* (Rubiaceae), BRASIL: Rio Acre, Seringal San Francisco, Jul. 1911, *E. Ule 3416.*

Anamorfo: *Physopella melanotes* Buriticá y Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para el teliomorfo.

Espemogonio desconocido. Soro anamórfico anfígneo, principalmente hipófilo, carmelita, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, erumpente, plano; parafisos periferales curvados, amarillentos, 30-50 X 8-12 mm; pared amarillenta, 1-4 mm de gruesa dorsalmente y en el ápice; esporos sésiles, de incoloros a amarillentos, obovoideos, elipsoides, 20-26 X 18-21 mm; pared incolora, 0.5-1.0 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro anfígneo, principalmente hipófilo, alrededor del anamórfo o aislado de carmelita a negruzco, lenticular, crecimiento indeterminado, coalescente, 1-5 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos uno mas o menos debajo del otro, libres, superiores carmelitas, inferiores hialinos, cuboides, elipsoides, 12-20 X 10-14 mm; pared carmelita en los esporos superiores, hialina en los inferiores, 1.0-1.5 mm de gruesa, engrosada 1-3 mm en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Brasil.

**Especímenes estudiados:** el tipo

#### 8.47 *Phakopsora melaena* Sydow, Ann. Mycol. 37: 315, 1939.

Tipo: sobre *Randia armata* (Swartz) de Candolle (Rubiaceae), ECUADOR: Guayas, Chongon, 31 Ago. 1937, *H. Sydow 7.*

= *Phakopsora randiae* Kern & Thurston, 36: 508, 1944.

Syntipos: sobre *Randia armata* (Swartz) de Candolle y *Randia caracasana* Standley (Rubiaceae) VENEZUELA: Tucupe, cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, *H.H. Whetzel & A.G. Muller 2842 y 2852.*

= *Angipsora melaena* (Sydow) Thirumalachar & Kern, Mycologia 41: 286, 1949.

Anamorfo: *Physopella melaena* Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 743, 1958.

Tipo: el mismo de Sidow *l.c.*

Espermogonio desconocido. Soro anamórfico hipófilo, disperso, amarillento, inicialmente abierto por un poro, posteriormente completamente abierto; himenio subepidermal, levemente cóncavo, parafisos periferales curvados, de incoloros a amarillentos, 29-45 X 7-13 mm; pared incolora, 1-4 mm de gruesa en el ápice y en el dorso; esporos sésiles, incoloros, de globosos a obovoides; 19-25 X 16-21 mm; pared incolora, 1.0-1.5 mm de gruesa, uniforme, con abundantes y pequeñas espinas; poros germinativos imperceptibles. Teliosoro hipófilo, alrededor del anamórfo o aislados en grupos circulares, de carmelita a negruzco, cupuliforme, crecimiento indeterminado, coalescentes, 2-5 capas de esporos; himenio subepidermal, plano; teliosporos irregularmente arregla-

dos, libres, superiores, carmelitas, inferiores hialinos, oblongos, cuboides, elipsoides, 16-26 X 10-17 mm; pared carmelita en los esporos superiores, hialina en los inferiores, 1.0-1.5 mm de gruesa, 2-6 mm engrosada en el ápice de los esporos del extremo superior.

**Distribución:** Venezuela, Ecuador, Brasil.

**Especímenes estudiados:** sobre Rubiaceae, *Randia armata* (Swartz) de Candolle, VENEZUELA. Tucupe cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, Whetzel & Muller 2842 (Tipo *Phakopsora randiae*); ECUADOR: Guayas, Chongos, 31 Ago. 1937, Sydow 7 (Tipo). Sobre *Randia caracasana* Standley, VENEZUELA. Tucupe cerca a Caracas, 28 Feb. 1939, Whetzel & Muller 2852; BRASIL: Piauí entre Teresina y Dermeval Lovao, 4 Jul. 1979, L.F. & M.M. Hennen 79 - 144; Matto Grosso do Sul, cerca a Miranda, 21 Abr. 1983, J.F. & M.M. Hennen y Antunes 83 - 263.

# NEW SPECIES OF FROGS FROM LOW AND MODERATE ELEVATIONS FROM THE CALDAS TRANSECT OF THE EASTERN FLANK OF THE CORDILLERA CENTRAL

por

John D. Lynch y José Vicente Rueda-Almonacid<sup>1</sup>

## Resumen

**Lynch, J. D. & J. V. Rueda-Almonacid.** New species of frogs from low and moderate elevations from the Caldas transect of the eastern flank of the Cordillera Central. *Rev. Acad. Colomb. Cien.* **23** (87): 307-314. 1999. ISSN 0370-3908.

Cuatro especies adicionales del género *Eleutherodactylus* se registraron de la parte oriente del departamento de Caldas, Colombia. Con estas, conocemos 28 especies del género sobre un perfil comprendido entre los 600 y 2650 m.s.n.m. Se registra *Eleutherodactylus orpacobates* por primer vez afuera de la Cordillera Occidental. Se nombran tres nuevas especies.

**Palabras clave:** Colombia, *Eleutherodactylus*, Leptodactylidae, Especies nuevas

## Abstract

Four additional species of *Eleutherodactylus* are reported from eastern Caldas, Colombia, bring to 28 the number of species known along a transect between 600 and 2650 m. *Eleutherodactylus orpacobates* is reported for the first time away from the Cordillera Occidental and three species are named as new.

**Key words:** Colombia, *Eleutherodactylus*, Leptodactylidae, New species

## Introduction

Between November 1992 and June 1994, the junior author made a series of collections of frogs in eastern

Departamento Caldas at elevations between 1000 and 2650 m.s.n.m. Additional collections were made by the bióloga Mariela Osorno and by field parties from the Instituto de Ciencias Naturales in Municipio Samaná at elevations between 600 and 1500 m.s.n.m. during the same interval. Subsequently, Jeanette Nieto, Mariela Osorno y Claudia Vélez made collections in forest

<sup>1</sup> Laboratorio de Anfibios, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.



fragments in eastern Departamento Antioquia, just to the north of the Caldas transect.

The eleutherodactyline frogs collected in the higher parts of these transects were described in a series of papers (Lynch, 1997; Lynch & Rueda, 1997, 1998 *a y b*) and this paper treats the species found in the lowest part of the transect. Lynch & Rueda (1998 *b*) included the then-undescribed species named here in their summary of distributions of species along the transect.

## Materials and Methods

Terminology and methods follow Lynch & Duellman (1997). The following abbreviations are used in species accounts: E-N (eye to nostril distance), HW (greatest head width), IOD (interorbital distance), SVL (snout to vent length). Specimens were also studied from the collections of the Instituto Alexander von Humboldt (IAvH, formerly IND-AN, INDERENA), Villa de Leyva, and the museum of herpetology, Universidad de Antioquia (MHUA), Medellín.

### *Eleutherodactylus orpacobates* Lynch, Ruiz & Ardila

Three specimens of this species (IAvH 5597-98, CALDAS, Municipio Samaná: vereda San Lucas, 1100 m; and IAvH 5598, Quebrada Mercedes, 1200 m) are available and provide the first record of this species away from the northern and western slopes of the Cordillera Occidental (Lynch *et al.*, 1994). This record might be seen as astonishing except that a good number of species "typical" of the biogeographic Chocó have been found along this transect, both in the lower part as well as in the upper part.

### *Eleutherodactylus fallax* sp. nov.

**Holotype:** Amphibian collection of Instituto de Ciencias Naturales, ICN 40795, an adult male, obtained 22-26 February 1998 by Mariela Osorno (original number MOM 1092).

**Type-locality:** ANTIOQUIA, Municipio San Rafael, bosque de San Rafael, cerca Estadero El Bizcocho, aprox. 1200 m.s.n.m.

**Paratypes:** ANTIOQUIA, Municipio San Carlos: Bosque San Carlos, 1180 m.s.n.m. (ICN 40796-97). CALDAS, Municipio Samaná, San Lucas, 1100 m.s.n.m. (IAvH 5600).

**Referred specimens (juveniles):** Antioquia, Amalfí: vereda La Guyana, 1400 m (MHUA 687). San Carlos: Bosque San Carlos (ICN 42420-21). Caldas, Samaná:

Rancho Quemado, aprox. 6 km SW Florencia, 1850 m (ICN 40792-93); carretera Samaná a Florencia, Km. 4.4, La Palma, 1385 m (ICN 40794).

**Etymology.** Latin, *fallax*, meaning deceitful, in reference to the throat pattern that resembles that of *E. fitzingeri*.

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum shagreen, that of venter smooth anteriorly, weakly areolate posteriorly; no dorsolateral folds; (2) tympanum round in males, slightly higher than long in females; (3) snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile, long; (4) upper eyelid lacking pungent tubercles, broader than IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores prominent, subtriangular in outline, closely juxtaposed; (6) males with vocal slts, nuptial pads; (7) first finger longer than second; broad disks on outer fingers; (8) fingers lack lateral fringes; (9) ulnar tubercles indistinct; (10) minute tubercles on heel and outer edge of tarsus; short inner tarsal fold; (11) two metatarsal tubercles, inner elongate, ca. 8 times size of outer; few supernumerary plantar tubercles; (12) weak lateral fringes on toes, no webbing; toe disks slightly smaller than those of fingers; fifth toe slightly longer than third; (13) gray to light brown with indistinct darker brown markings dorsally; posterior surfaces of thighs brown; ventral surfaces cream; lateral portions of throat reticulated with gray to black, defining cream central raphe on throat; (14) adults of moderate size, two males 26.8 mm, two females 37.1-45.1 mm SVL.

*Eleutherodactylus fallax* is most distinctive for its throat pattern (Fig. 1), a feature otherwise known in only three species of *Eleutherodactylus* — *E. gutturalis* and *E. lanthanites* of the *conspicillatus* group and *E. fitzingeri* of the *fitzingeri* group of the subgenus *Craugastor*. Although superficially resembling *E. fitzingeri*, *E. fallax* is easily distinguished because its fifth toe is slightly longer than the third (reverse in *E. fitzingeri*), it lacks webbing of the toes (basally webbed in *E. fitzingeri*), the skin of the dorsum is shagreen (bearing numerous low warts in *E. fitzingeri*), and the posterior surfaces of the thighs are unicolor (bearing pale spots in *E. fitzingeri*). *Eleutherodactylus lanthanites* has a prominent subconical tubercle on the upper eyelid and a prominent conical tubercle on the heel (each lacking in *E. fallax*) and is a short-limbed frog. *Eleutherodactylus gutturalis* closely resembles *E. fallax* but has larger warts scattered over the shagreen dorsum and lacks lateral fringes on the toes.

**Description** (proportions based on the four adults as well as two juvenile females). Head broader than body (except in gravid females), longer than wide; HW 38.1-

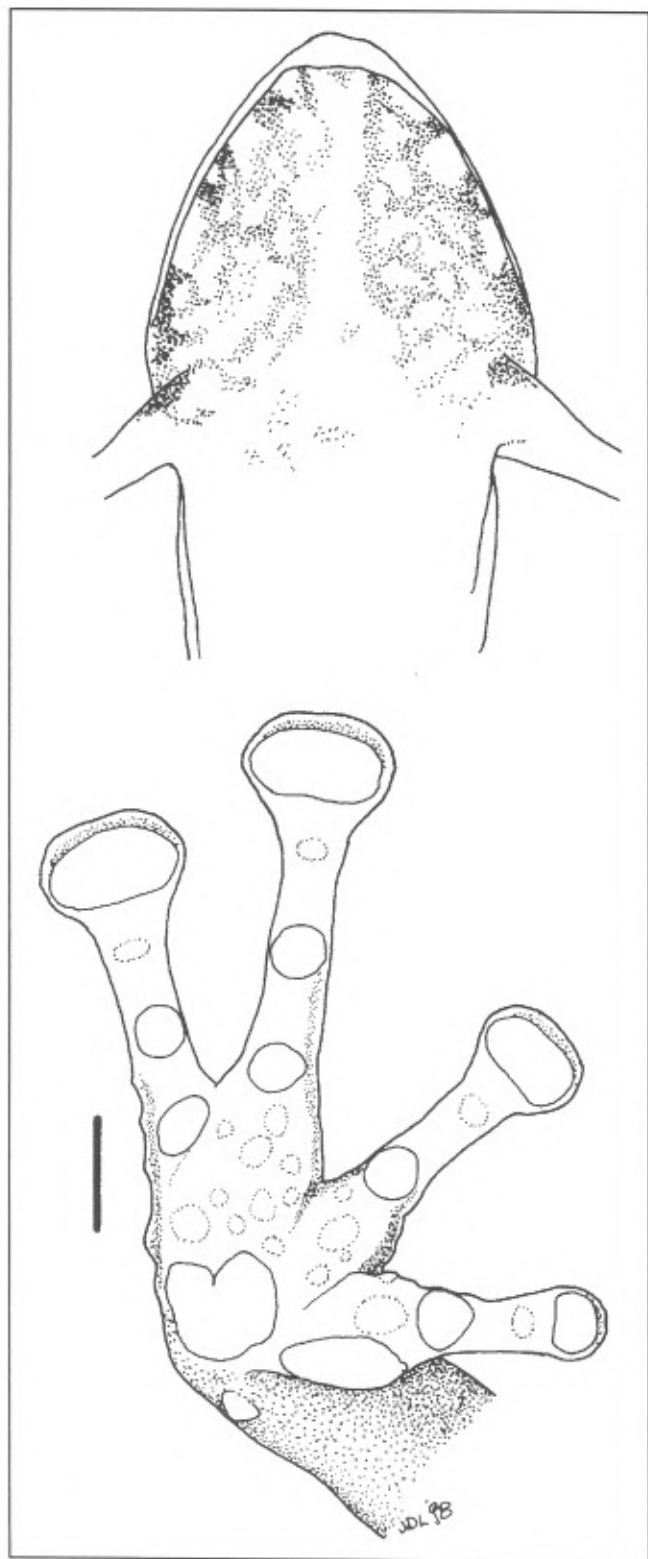


Figure 1. Ventral view of throat of male *Eleutherodactylus fallax* (ICN 40796). Palmar view of hand of *Eleutherodactylus penetopus* (ICN 42460); scale equals 2 mm.

39.6 % SVL in males, 34.0-39.6 % in females; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; E-N 100.0-105.7 % eye length in males, 104.1-112.2 % in females; nostrils weakly protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis relatively sharp, sinuous; loreal region weakly concave, sloping abruptly to lips; lips not flared; upper eyelids lacking enlarged warts or tubercles; upper eyelid width 104.5-118.2 % IOD in males, 89.1-113.8 % in females; no cranial crests; supratympanic fold evident, ending just behind tympanum; tympanum round in males, slightly higher than long in females, its length 34.3-43.2 % eye length in males, 29.4-38.9 % in females, separated from eye by distance equal its length; postrectal tubercles not prominent; choanae large, round, well medial of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, subtriangular in outline, each about size of a choana, separated medially by distance less than  $1/3$  width of an odontophore in adult females, by about  $1/2$  width of an odontophore in males and juvenile females, each bearing transverse row of 3-6 teeth; tongue longer than wide, its posterior  $1/5 - 1/4$  not adherent to floor of mouth, posterior edge notched; short vocal slits posterolateral to tongue in adult males.

Dorsal surfaces fine shagreen lacking enlarged tubercles or folds; skin of side of head bearing numerous small warts; skin of throat smooth, no tubercles along lower lip, that of most of abdomen granular; discoidal folds prominent, well anterior to groin; no anal sheath but pair of small tubercles above vent; ulnar tubercles very low, even antibrachial; palmar tubercle bifid, larger than oval thenar tubercle; few supernumerary palmar tubercles; subarticular tubercles round, nonconical; fingers long and slender, lacking lateral keels or fringes (some slightly desiccated specimens manifest lateral keels); all fingers with broad ventral pads and round disks; disks of inner fingers slightly expanded, those of fingers III-IV about twice width of digit below disk; first finger longer than second when each is equally appressed; cream nuptial pads on thumbs of males.

Heel with minute to small tubercle; series of equal-sized tubercles along outer edge of tarsus; inner tarsal fold on distal  $1/4$  of tarsus, its proximal end bearing subconial tubercle; inner metatarsal tubercle  $2 \frac{1}{2}$  times as long as wide, 6-8 times size of round, subconical outer metatarsal tubercle; supernumerary plantar tubercles at bases of toes II-IV (and sometimes I and V), up to two proximal to base of toe IV; fringe along preaxial surface of toes (less evident along postaxial edge), no webbing; subarticular tubercles longer than wide, subconical (except round basal subarticular tubercle of toe V); toes

bearing broad disks (slightly smaller than those of fingers); tip of toe V reaches just beyond distal border of penultimate subarticular tubercle of toe IV, tip of toe III reaches to base of same tubercle; legs long, shank 67.9-70.9 % SVL in males, 56.6-69.8 % in females; heels broadly overlapping when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane.

**Color in ethanol.** Dorsum gray to brown with darker brown blotches dorsally (no defined pattern); side of head and flanks cream to pale brown with dark brown labial bars and canthal-supratympanic stripe; limb bars usually poorly defined, on shank forming chevrons about width of interspaces; anal triangle diffuse; anterior and posterior surfaces of thighs brown, sometimes with small clear spaces (not spots); ventral surfaces cream to white forming a median raphe on throat; throat lateral to raphe bearing black reticulum.

**Color in life.** Dorsal surfaces dark brown with irregular darker brown or orangish-brown spots; limbs reddish-brown with dark brown bands; posterior surfaces of thighs pale brown with no trace of pattern; throat gray with cream spots and median raphe; venter yellowish; iris yellow above, copper below with black reticulations (fieldnotes, Mariela Osorno).

**Measurements of holotype in mm.** SVL 26.8, shank 19.0, HW 10.6, head length 11.5, chord of head length 11.7, upper eyelid width 2.6, IOD 2.2, tympanum length 1.6, eye length 3.7, E-N 3.7.

**Natural history.** All specimens were found in either primary or well-conserved secondary forest and all were encountered in the immediate vicinity of streams.

**Remarks.** Nearly all specimens come from the lower part of the transect but the junior author obtained two at Rancho Quemado, which we view as being part of the upper section of the Caldas transect. Because the Rancho Quemado area was so intensively collected, and *E. fallax* was rarely found there, we think that this represents the upper limit of distribution for this species.

***Eleutherodactylus penelops* sp. nov.**

**Holotype:** Amphibian collection of Instituto de Ciencias Naturales, ICN 42459, an adult female, one of a series collected by V. Rueda, 24 Marzo 1994 (original number, PR 15885).

**Type-locality:** CALDAS, Samaná: carretera Samaná a Florencia, Km. 1.7, 1375 m.s.n.m.

**Paratopotype:** ICN 42459.

**Paratypes:** ANTIOQUIA, Municipio San Carlos: Hda. Las Vegas, 1180 m.s.n.m. (ICN 42424-25). Municipio San Luis: vereda El Silencio, Km 135 La Dorada-Medellín, 1010-1030 m.s.n.m. (ICN 15765). Municipio San Rafael: bosque de transmisión, Estadero El Bizcocho, 1200 m.s.n.m. (ICN 42423). CALDAS, Municipio Samaná: Km 5.8-7.0 carretera Samaná a La Cristalina, 1430-1500 m. (ICN 42458); ca. 6 km NW por trocha de vereda San Lucas, 1400 m.s.n.m. (IAvH 5592-93).

**Referred specimens (juveniles).** Caldas, Samaná: carretera hacia La Cristalina, Km. 5.6, Qda. Cristalina, 1350 m (ICN 42396). Km 5.8-7.0 carretera Samaná a La Cristalina, 1430-1500 m. (ICN 42456-57); carretera Samaná a Florencia, Km. 1.7, 1375 m. (ICN 42461).

**Etymology.** Greek, *penelops*, a kind of duck, used in reference to its call (duck-like).

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum shagreen with few pungent tubercles, venter areolate; no dorsolateral folds; (2) tympanum prominent, higher than long; (3) snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; canthus rostralis evident; (4) upper eyelid as broad as IOD, bearing conical tubercle; no cranial crests; (5) vomerine odontophores prominent; (6) males with nuptial pad, lacking vocal slits; (7) first finger shorter than second; digits with expanded disks; (8) fingers bearing lateral fringes; (9) series of ulnar tubercles present; (10) conical tubercle on heel; short inner tarsal fold; small outer tarsal tubercles; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, 4-6 times size of round outer; supernumerary plantar tubercles present; (12) toes bearing lateral fringes, no webbing; fifth toe very long; (13) dorsum dark brown, with or without cream blotches; venter brown with cream flecking; groin and concealed surfaces of limbs dark brown with large cream spots; (14) adults of moderate size, males 16.3-22.2 mm SVL, females 31.2-37.8 mm SVL.

Probably most closely related to (and similar to) *E. latidiscus* of the biogeographic Chocó from which it may distinguished in having a brown venter with cream flecking (in contrast to a cream venter with brown reticulation). Additionally, in *E. latidiscus*, adult females display flaring of the upper lips.

**Description** (proportions based on three adult males and on six adult and four juvenile females). Head not as wide as body, usually wider than long; HW 36.1-40.0 ( $\bar{x}$  = 38.4) % SVL in males, 37.4-41.6 ( $\bar{x}$  = 39.9  $\pm$  0.4) % in females; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; snout long, E-N 85.2-90.3 ( $\bar{x}$  = 86.1) % eye length in males, 78.4-95.6 ( $\bar{x}$  = 89.9  $\pm$  1.7) % in

females; nostrils weakly protuberant, directed laterally; canthus rostralis relatively distinct, edge rounded, sinuous; loreal region weakly concave, sloping abruptly to lips; upper eyelid bearing subconical tubercle on posterior third and several non-pungent tubercles; no cranial crests; upper eyelid width 95.2-109.1 ( $\bar{x} = 101.4$ ) % IOD in males, 92.1-103.1 ( $\bar{x} = 100.1 \pm 1.0$ ) % in females; supratympanic fold prominent, ending above insertion of arm; tympanum round in males, higher than long in females, directed posterolaterally; tympanum length 32.2-37.1 ( $\bar{x} = 34.2$ ) % eye length in males, 28.6-35.4 ( $\bar{x} = 30.8 \pm 1.0$ ) % in six adult females, 23.3-30.6 ( $\bar{x} = 25.8$ ) % in four juvenile females; postrictal tubercles subconical; postocular folds low; choanae round, well median of palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, round, separated medially by distance equal to  $\frac{1}{2}$  to an odontophore width, each bearing 3-6 teeth in a transverse row; odontophores approximately  $1\frac{1}{2}$  times size of a choana; tongue broader than long, its posterior edge not notched, posterior  $\frac{2}{5}$  not adherent to floor of mouth; males lack vocal slits.

Skin of dorsum finely shagreen with some larger tubercles posteriorly and on flanks; no dorsolateral folds; skin of venter granular; discoidal folds prominent, well anterior to groin; upper surfaces of limbs shagreen; no anal sheath; subanal tubercles only slightly larger than granules on underside of thighs; ulnar tubercles nonconical, antibrachial largest; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; numerous supernumerary palmar tubercles; subarticular tubercles round, subconical; fingers bearing fleshy lateral fringes and expanded disks with broad ventral pads; finger disks round, those of outer fingers larger than tympanum; disk of thumb narrower than those of other fingers (Fig. 1); first finger shorter than second; males with nuptial pad on thumb.

Conical tubercle on heel; outer edge of tarsus with nonconical tubercles; inner edge of tarsus bearing short fold on distal  $\frac{1}{5}$ ; inner metatarsal tubercle  $2\frac{1}{2}$  times as long as wide, 4-6 times size of rounded outer; numerous supernumerary plantar tubercles; subarticular tubercles round and subconical (distal subarticulars nonconical); toes bearing prominent lateral fringes but no webbing; toes bearing round, expanded disks as large as those of outer fingers; tip of toe V reaches to distal edge of distal subarticular tubercle of toe IV, tip of toe III reaches about  $\frac{1}{2}$  way between penultimate and distal subarticular tubercles of toe IV; hindlegs relatively long, heels overlapping when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane; shank 52.2-56.1 ( $\bar{x} = 54.7$ ) % SVL in males, 49.7-58.0 ( $\bar{x} = 53.6 \pm 0.7$ ) % in females.

**Color in ethanol.** Dorsum brown with cream blotches to dark brown with no markings; dark subocular bars; canthal stripe not apparent; supratympanic stripe dark brown; limb bars as broad as interspaces, oblique on shanks; venter brown with numerous cream flecks on abdomen; groin, lower flanks, anterior and posterior surfaces of thighs, concealed shank and tarsus brown with large cream spots.

**Color in life.** Dorsum dark or grayish brown to dark green with black markings (interocular bar, oblique flank bars, limb bars), ventral surfaces gray or dull orange with dense brown spotting (tending to coalesce) to a thick black reticulation; groin and concealed surfaces of limbs black with yellow to orange spots; inner digits yellow to orange; iris copper with black reticulum (based on field notes by M. Osorno, J. V. Rueda & P. M. Ruiz on file in the Laboratorio de Anfibios, ICN).

**Measurements of holotype in mm.** SVL 37.4, shank 19.5, HW 14.9, head length 14.5, chord of head length 15.5, upper eyelid width 3.5, IOD 3.8, tympanum length 1.5, eye length 4.9, E-N 4.5, width of disk of third finger 2.2.

**Natural history:** *Eleutherodactylus penelopus* is confined to well-forested streams and has not been found in forests away from streams. In Caldas, it was found in the gallery forests of streams winding their way through pastures. Mariela Osorno views the animal as uncommon, based on calls.

*Eleutherodactylus viejas* sp. nov.

**Holotype.** ICN 42426, an adult female obtained in January 1998. Amphibian collection of Instituto de Ciencias Naturales, by Mariela Orsono (field number MOM 1072).

**Type-locality.** ANTIOQUIA, Municipio San Carlos: carretera San Carlos a vereda Patio Bonito, Hda. Las Vegas, 1180 m.s.n.m.

**Paratopotypes.** Males (ICN 42427-29, 42435), females (42433-34) collected in January, February, and March 1998.

**Paratypes.** ANTIOQUIA, Amalfi: vereda El Jardín, Bosque Quebradoncita, 1000 m (MHUA 453). San Rafael: bosque San Rafael (ICN 42436-37). CALDAS, Samaná: carretera Samaná a Florencia, Km. 1.7, 1375 m.s.n.m. (ICN 42413). CUNDINAMARCA, Yacopí: Inpección de Policía de Guadualito, Cerro Colorado, 1190 m (ICN 42987), 1502 m (ICN 42980-81), vereda Barbascales, finca Montebello, 820 m (ICN 42984), vereda Sardinás, finca Matecaña, 1100-1120 m (ICN 42982, 42988-89).

**Referred Material** (juveniles). **Antioquia**, Municipio San Carlos: bosque de San Carlos (ICN 42430-32, 42441-45); Municipio San Rafael: bosque de San Rafael (ICN 42438-40, 42446). **Caldas**, Municipio Samaná: Km 23 carretera La Victoria a Samaná, Qda Tasajos con Río La Miel, 700 m (ICN 42409-10); carretera Samaná a Florencia, Km 1.7, 1375 m (ICN 42412); carretera Samaná a vereda California alta, Km. 1.6-3.0 (ICN 42411). **Cundinamarca**, Yacopí: Inpección de Policía de Guadualito, (ICN 42992), vereda Barbascales, finca Montebello, 820 m (ICN 42983, 42991, 43003), vereda Sardinias, finca Matecaña, 1100-1120 m (ICN 42990, 42998-99).

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum bearing numerous nonconical tubercles, that of venter areolate; no dorsolateral folds; (2) tympanum round, prominent,  $\frac{1}{4}$  to  $\frac{2}{5}$  length of eye; (3) snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; snout long; (4) upper eyelid narrower than IOD, bearing small tubercle; no cranial crests; (5) vomerine odontophores prominent, oval, bearing slanted rows of teeth; (6) males with vocal slits and nuptial pads; (7) first finger shorter than second, fingers bearing round disks; (8) ulnar tubercles forming row, not prominent; (9) fingers bearing lateral fringes; (10) tubercle on heel nonconical, smaller tubercles on outer edge of tarsus, fold-like tubercle on inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, much larger than outer; numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes bearing lateral fringes; fifth toe very long; (13) brown above with darker brown markings; venter cream, stippled with brown, heaviest on throat; posterior surfaces of thighs brown with large cream spots; no canthal stripe; (14) adults small, males 15.3-19.1 ( $\bar{x} = 17.7 \pm 0.5$ ) mm SVL, females 24.0-29.1 ( $\bar{x} = 26.8 \pm 0.5$ ) mm SVL.

Superficially similar to *E. taeniatus* in that it lacks a canthal stripe and is a small brown frog of the *E. unistrigatus* group. From all species associated with the complex by Flores & Vigle (1994), *E. viejas* is readily distinguished in having orange spots on the concealed surfaces of the limbs.

**Etymology.** The specific epithet is Spanish (a modismo in Colombia, meaning pretty young women) and is used as a noun in apposition. The name is given for three biologists (Jeannette Nieto, Mariela Osorno, and Claudia Vélez) who have observed the species in great detail in forest fragments of southeastern Antioquia.

**Description** (proportions based on nine males and 15 females). Head broader than (males, immature females) to slightly narrower than (gravid females) body,

wider than long; HW 35.4-41.0 ( $\bar{x} = 39.0 \pm 0.6$ ) % SVL in males, 38.0-40.5 ( $\bar{x} = 40.6 \pm 0.4$ ) % in females; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; E-N 77.8-100.0 ( $\bar{x} = 86.4 \pm 2.7$ ) % eye length in males, 85.2-108.6 ( $\bar{x} = 97.5 \pm 1.8$ ) % in females; nostrils protuberant, directed laterally; canthus rostralis relatively sharp, sinuous; loreal region concave, sloping abruptly to lips; lips not flared, even in large females; nonconical tubercle on posterior half of upper eyelid; upper eyelid width 60.0-85.7 ( $\bar{x} = 73.9 \pm 3.0$ ) % IOD in males, 59.1-86.7 ( $\bar{x} = 73.7 \pm 2.0$ ) % in females; no cranial crests; supratympanic fold short, above and behind tympanum; tympanum round, prominent, separated from eye by its own diameter; tympanum length 26.1-36.0 ( $\bar{x} = 29.9 \pm 1.0$ ) % eye length in males, 29.0-40.0 ( $\bar{x} = 32.8 \pm 0.9$ ) % in females; postrectal tubercles nonconical or slightly subconical; choanae round, well median of palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, oval, separated medially by distance equal to  $\frac{2}{3}$  to entire width of an odontophore, each between  $\frac{1}{2}$  size of to slightly larger than a choana, bearing a slanted row of up to four teeth; tongue longer than wide, its posterior border bearing feeble notch, posterior  $\frac{1}{3}$  not adherent to floor of mouth; males with subgular vocal sac, vocal slits short, posterolateral to tongue.

Skin of dorsum bearing numerous nonconical tubercles, fewest found on snout; no dorsolateral folds; no anal sheath or perianal tubercles; discoidal folds just anterior to groin; 3-5 ulnar tubercles, antebrachial largest (often only one pungent); palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles prominent; subarticular tubercles round, subconical; fingers bearing lateral fringes and large round disks; first finger shorter than second; males with white nuptial pad on thumb.

Tubercle on heel nonconical; smaller tubercles along outer edge of tarsus; fold-like tubercle at mid-tarsus on inner edge of tarsus; inner metatarsal tubercle 2.5 times as long as wide, about eight times size of oval outer metatarsal tubercle; numerous supernumerary plantar tubercles, arranged in rows; subarticular tubercles round, subconical; toes bearing lateral fringes, no webbing; toe disks round, expanded, smaller than those of outer fingers; tip of toe V reaches distal edge of distal subarticular tubercle of toe IV, that of toe III reaches distal edge of penultimate subarticular tubercle of toe IV; heels broadly overlapping when flexed hindlegs held perpendicular to sagittal plane; shank 57.1-61.4 ( $\bar{x} = 58.8 \pm 0.5$ ) % SVL in males, 52.7-61.4 ( $\bar{x} = 57.1 \pm 0.7$ ) % in females.

**Coloration in ethanol.** Dorsum brown with darker brown interorbital bar, scapular and sacral chevrons, suprainguinal bar; supratympanic stripe and labial bars dark brown; limb bars narrower than interspaces, perpendicular on shanks; broad cream line above vent and dark brown anal triangle; dark brown field on posterior surfaces of thighs bearing large cream spots; anterior surfaces of thighs dark brown, occasionally with cream spots toward groin; groin cream, sharply set off from dark pigment on anterior surfaces of thighs; ventral surfaces cream with brown stipple, heaviest on throat and undersides of limbs.

**Color in life.** Dorsum copper brown to dark brown with irregular-shaped cream, nearly black, or orange spots. Flanks dark brown with pale brown slanting stripes. Posterior surfaces of thighs dark brown with orange spots. Venter nearly white to pinkish with pale spots, with or without gray marbling on throat. Iris pale copper to reddish-copper with thick black reticulum (fieldnotes of M. Osorno).

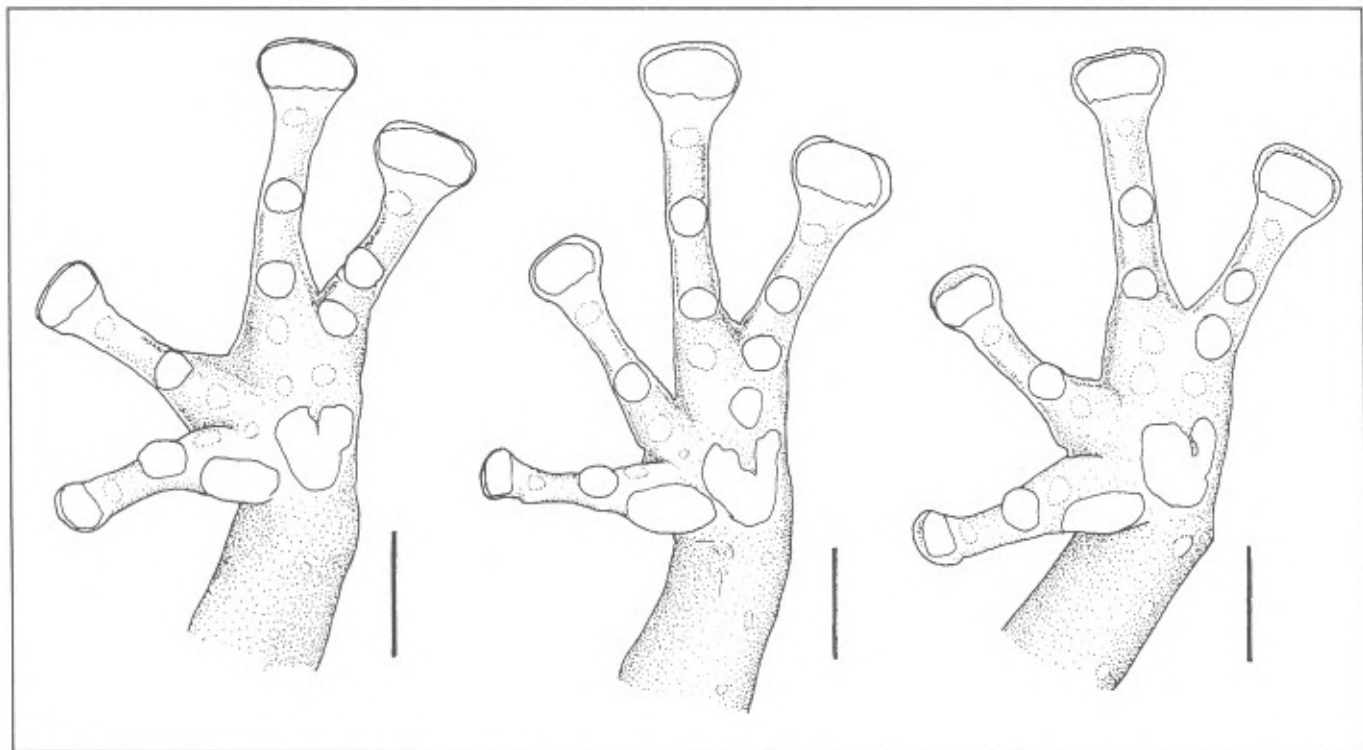
**Measurements of holotype in mm.** SVL 26.8, shank 15.5, HW 11.3, head length 10.5, chord of head length 11.3, upper eyelid width 2.2, IOD 3.3, tympanum length 1.2, eye length 3.4, E-N 3.5.

**Remarks.** *Eleutherodactylus viejas* may be a species of the phenetic *E. frater* group (Flores & Vigle, 1994). If so, it is one of the two trans-Andean lowland species (*E. taeniatus* is the other). The remaining trans-Andean species (*E. miyatai*, *E. ptochus*, and *E. suetus*) are cloud-forest species but the alpha taxonomy of the trans-Andean members of this complex remains to be completed (Lynch & Ardila-R., MS). Although M. Osorno found this species to be exclusive to forests in the lowlands of eastern Antioquia, JDL has seen specimens from abandoned pastures in the much more mesic cloud forests of municipio Guatapé.

At present, we view *E. viejas* as most similar to *E. miyatai* and *E. taeniatus*. The three are readily separated based on coloration and *E. viejas* has narrower digital disks than do the other two (Fig. 2).

### Discussion

With these descriptions, we think we have identified all *Eleutherodactylus* species except one found on the Caldas transect. The one remaining species is a single



**Figure 2.** Palmar views of hands of three species of the *Eleutherodactylus taeniatus* complex. (Left) *E. miyatai* (ICN 15267), (Middle) *E. taeniatus* (ICN 31855), and (Right) *E. viejas* (ICN 42433). Scales equal 2 mm.

specimen (from 700 m.) of an undescribed species of the *E. diastema* group and is included in a manuscript on that group by JDL.

The upper part of the transect (1800 to 2450 m) harbors 20 species of *Eleutherodactylus* whereas the lower part (600 to 1600 m) harbors only nine (*E. bufoniformis*, *E. fallax*, *E. gaigei*, *E. orpacobates*, *E. penelopus*, *E. raniformis*, *E. taeniatus*, *E. viejas*, and the undescribed species).

### Acknowledgments

We thank Vivian Paéz for access to the collection under her charge. Marcela Osorno made her collections from eastern Antioquia available for study.

### Literature cited

- Flores, G. & G. O. Vigle. 1994. A new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from the lowland rainforests of Amazonian Ecuador, with notes on the *Eleutherodactylus frater* assembly. *J. Herpetology* 28: 416-424.
- Lynch, J. D. 1997. Intrageneric relationships among mainland *Eleutherodactylus* II. A review of the *Eleutherodactylus sulcatus* group. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21 (80): 353-372.
- Lynch, J. D. & W. E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology, and biogeography. *Natural History Museum of the University of Kansas, Special Publications* (23): ii + 1-236.
- Lynch, J. D. & J. V. Rueda-Almonacid. 1997. Three new species of frogs (*Eleutherodactylus*) from cloud forests in eastern Departamento de Caldas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21 (79): 131-142.
- \_\_\_\_\_. 1998 a. Additional new species of frogs (genus *Eleutherodactylus*) from cloud forests of eastern Departamento de Caldas, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22 (83): 287-298.
- \_\_\_\_\_. 1998 b. New frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the eastern flank of the northern Cordillera Central of Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22 (85): 561-570.
- Lynch, J. D., P. M. Ruiz-Carranza, & M. C. Ardila-Robayo. 1994. The identities of the Colombian frogs confused with *Eleutherodactylus latidiscus* (Boulenger) (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Occasional Papers of the Natural History Museum The University of Kansas* (170): 1-42.

# ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA FLORA DE HEPÁTICAS DE COLOMBIA

por

Jaime Uribe M. <sup>1</sup> & S. Rob Gradstein <sup>2</sup>

## Resumen

**Uribe M., J. & S. R. Gradstein:** Estado del conocimiento de la flora de hepáticas de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **23** (87): 315-318. 1999 ISSN 0370-3908.

La flora de hepáticas de Colombia es muy rica. Cerca del 60% de las especies de América tropical y una sexta parte de las hepáticas del mundo están presentes en Colombia. El país tiene más especies que toda el África al sur del Sahara y casi dos veces más que Europa.

El nuevo catálogo de hepáticas de Colombia acepta 840 especies (en 36 familias y 136 géneros): 832 especies de Hepaticae y 8 de Anthocerotae.

**Palabras clave:** Hepaticas, Colombia, distribución, diversidad

## Abstract

The Colombian hepatic flora is a very rich one. About 60% of all the species of tropical America and one sixth of the World's hepatics occur in Colombia. The country has more species than the whole of Africa south of the Sahara and almost twice as many as Europe.

The new catalogue of the hepatics of Colombia accepts 840 species (in 36 families and 136 genera): 832 species of Hepaticae and 8 species of Anthocerotae.

**Key words:** Hepatics, Colombia, distribution, diversity

En el nuevo catálogo de hepáticas de Colombia (Uribe & Gradstein, 1998) se aceptan 840 especies, en 36 familias y 136 géneros: 832 especies de hepáticas (en 34

familias y 132 géneros) y 8 especies de Anthocerotes (en 2 familias y 4 géneros). La flora de hepáticas de Colombia es muy rica (Tabla 1). Cerca del 60% de las especies de

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, apartado 7495, Santa Fe de Bogotá, Colombia. e-mail: juribem@ciencias.ciencias.unal.edu.co

<sup>2</sup> Albrecht von Haller Institute of Plant Sciences, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, D-37073 Göttingen, Germany. e-mail: sgradst@gwdg.de



América tropical y casi una sexta parte de las del mundo se encuentran en Colombia. El país tiene más especies que todo el Africa al sur del Sahara y casi dos veces las que tiene Europa.

**Tabla 1.** Numero de especies de Hepáticas y Anthocerotos registrados para Colombia y otras regiones.

Area	Especies	Referencia
Colombia	840	Uribe & Gradstein, 1998
América tropical	1350	Gradstein et al. en prensa
Africa al sur del Sahara	713	Wigginton & Grolle, 1996
Europa	451	Grolle, 1983
El Mundo	ca. 5000	Gradstein et al., en prensa

Desde 1979, 16 géneros y 164 especies de hepáticas han sido registrados como nuevos para Colombia. Los géneros nuevos para Colombia son: *Andrewsianthus*, *Austrofossombronia*, *Campanocolea*, *Cephalozioopsis*, *Cylindrocolea*, *Diplophyllum*, *Gymnocoleopsis*, *Kymatocalyx*, *Lunularia*, *Luteolejeunea*, *Mytilopsis*, *Pallavicinia*, *Ruizanthus*, *Temnoma*, *Thysananthus*, and *Trachylejeunea*. Grupos con gran número de especies son: *Riccardia* (Meenks 1987), *Symphyogyna* (Uribe & Aguirre, 1995), *Metzgeria* (Kuwahara, 1982, 1986; Pinheiro da Costa, en prep.), *Plagiochila* (Wolf, 1993), y la familia Lejeuneaceae (Gradstein, 1994; Schuster, 1992).

El número total de especies de hepáticas de Colombia se ha incrementado en un 8% en los últimos veinte años. Este incremento puede parecer bajo, pero la razón para esto es el gran número de nuevos sinónimos. Desde 1979 los nombres de más de cien especies han sido reducidos a la sinonimia y cerca de 80 fueron excluidos o renombrados luego de revisiones taxonómicas. Así, la cantidad total de nombres cambiados es mayor que el incremento neto en especies, totalizando más del 40% de los registrados en 1979! El número de especies indudablemente sufrirá cambios en el futuro debido a nuevos descubrimientos y por nuevos sinónimos resultantes del trabajo taxonómico. Especialmente en el género *Plagiochila*, el género de hepáticas más grande en Colombia, con cerca de 150 especies, se puede esperar que muchos nombres cambien cuando la taxonomía de este género, aún pobremente conocido, haya sido revisada (Heinrichs et al., 1998).

Los registros altitudinales de las especies muestran que la más alta diversidad en términos del número de

especies está entre 2000-3000 m, en el piso Montano superior (Tabla 2), Esto confirma las observaciones previas basadas en datos más limitados (Gradstein, 1995).

**Tabla 2.** Distribución altitudinal de las hepáticas de Colombia basado en los registros altitudinales de cerca de 750 especies.

Piso altitudinal	Número de especies
0-1000 m	225 (180 por debajo de 500 m)
1000-2000 m	275
2000-3000 m	375
3000-4000 m	270
4000-4700 m	65

De particular interés es el número relativamente grande de especies registradas por debajo de los 500 m (180 especies). Usualmente las selvas húmedas tropicales son consideradas pobres en briofitos, cuando son comparadas con los bosques montanos. Estudios recientes, sin embargo, muestran que la diversidad de hepáticas en las selvas húmedas tropicales no es mucho más baja que la de los bosques montanos, con excepción del bosque montano superior (Gradstein, 1995). Las especies de Lejeuneaceae son particularmente numerosas en las tierras bajas, totalizando cerca del 70% de la diversidad de hepáticas en esta área. La mayoría de las hepáticas de tierras bajas en Colombia crecen en los bosques pluviales de la región Amazónica y la costa del Pacífico. Estos últimos son muy interesantes porque muchos elementos "montanos" crecen al nivel del mar, debido al clima excepcionalmente húmedo en esta región (Gradstein, 1995).

Una alta diversidad es observada también entre 3000 y 4000 m, en los pisos montano, subalpino y páramo bajo. Arriba de 4000 m en el superpáramo, la diversidad de hepáticas es baja, aunque de interés debido a la presencia de un considerable número de taxa raros o endémicos, e.g. *Anastrophyllum austroamericanum*, *A. pearcei*, *Drepanolejeunea andina*, *Gymnocoleopsis multiflora*, *Gymnomitrium andinum*, *G. atrofilum*, *G. setaceum*, *G. truncatopiculatum*, *Herbertus oblongifolius*, *Jamesoniella undata*, *Jensenia florschuetzii*, *Leptoscyphus cleefii*, *Marsupella andina*, *M. involuta*, *M. trollii*, *Metzgeria metaensis*, *Plagiochila cleefii*, *P. revolvens*, *Riccardia parasitans*, *R. wallisii*, *Riccia lamellosa*, *Scapania cuspiduligera* (véase también Gradstein, 1998).

El número de especies registradas por departamentos se ha incrementado en casi 2500; de estos más de una

tercera parte son registros nuevos desde 1979 (Tabla 3). El más alto número de registros nuevos es de Risaralda (279 principalmente colecciones de J. Wolf y otros), seguido por Chocó (79 principalmente colecciones de S. R. Gradstein), Cundinamarca (70 nuevos registros, varios colectores), Magdalena (64, la mayoría de G. B. A. van Reenen), Meta (64, principalmente colecciones de A. M. Cleef y S. R. Gradstein) y Boyacá (49 la mayoría colecciones de A. M. Cleef). El número de registros departamentales se incrementará cuando la gran cantidad de ejemplares de hepáticas indeterminados depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL) y otros herbarios (e.g. colecciones de S. P. Churchill, en HUA, PSO, etc.) sean trabajados.

A pesar de la gran cantidad de datos nuevos, nuestro conocimiento sobre la distribución de las hepáticas en las diferentes regiones y departamentos de Colombia es aún escaso. Las regiones menos conocidas son los Llanos Orientales y la región de la Costa Caribe, las cuales tienen, en promedio, menos de 10 registros por departamento, cinco de ellos (Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre, Vichada) sin un solo registro.

La ausencia de registros puede ser debida, en parte, a la pobreza de hepáticas en estas áreas de tierras bajas secas. Podríamos esperar, sin embargo, que un intensivo trabajo de campo en estas áreas durante las estaciones lluviosas produjera registros de especies de *Fossombronia*, *Notothylas*, *Riccia*, *Cylindricolea* y otras hepáticas tolerantes a la desecación.

Los bosques pluviales de tierras bajas de la región de la Costa Pacífica y región Amazónica son también muy pobremente conocidos, a pesar del alto número de especies registradas. Registros departamentales de estas regiones son aún relativamente pocos y casi nada se sabe acerca de la frecuencia de las especies en estas áreas. Como aún permanecen grandes parches de bosque pluvial de tierras bajas en Colombia, la exploración de la flora de hepáticas de éstos debe ser una prioridad para investigaciones futuras.

La región andina tiene el más alto número de especies. Siendo cerca del 20-25% de la superficie terrestre de Colombia, esta región contiene 93% del total de la diversidad de especies de musgos (Churchill, 1991). Para hepáticas, la cifra es muy parecida (ca. 90%). Aunque, el número de registros de la región Andina es aún relativamente bajo, variando de 10 a 150 especies por departamento, con excepción de Cundinamarca (385 especies), Risaralda (291 especies) y Magdalena (277 especies) que pueden ser considerados los departamentos

**Tabla 3.** Número de especies de hepáticas registradas de los Departamentos de Colombia en 1979 y en 1998 (número de nuevos registros en paréntesis).

Departamento	1979	1998
Amazonas	23	28 (5)
Antioquia	67	77 (10)
Arauca	16	33 (17)
Atlántico	0	0
Bolívar	0	0
Boyacá	90	139 (49)
Caldas	28	47 (19)
Caquetá	14	15 (1)
Casanare	0	25 (25)
Cauca	109	150 (41)
Cesar	62	62
Chocó	65	144 (79)
Córdoba	0	0
Cundinamarca	315	385 (70)
Guainía	1	1
Guajira	10	10
Huila	34	67 (33)
Magdalena	213	277 (64)
Meta	55	119 (64)
Nariño	2	8 (6)
Norte de Santander	34	40 (6)
Putumayo	33	33
Quindío	15	18 (3)
Risaralda	12	291 (279)
San Andrés y Providencia	0	1 (1)
Santander	46	83 (37)
Sucre	0	0
Tolima	64	99 (35)
Valle	120	122 (2)
Vaupés	32	34 (2)
Vichada	0	0

de Colombia mejor conocidos en flora de hepáticas. Las cifras para Magdalena y Risaralda son algo engañosas debido a que casi todos los registros de Risaralda son de dos localidades solamente, Santa Rosa de Cabal (1500-4000 m) y Mistrató (1200-1800 m), y los de Magdalena son todos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esto muestra que el número total de especies registradas por departamento es una cifra inadecuada para evaluar el estado de exploración del área. Adicionalmente, información sobre el número de localidades inventariadas es requerida también.

Los datos disponibles indican claramente que nuestro conocimiento de las hepáticas de Colombia es aún muy incompleto a pesar del progreso registrado aquí. Aún hay mucho por hacer para mejorar nuestro entendimiento de la rica diversidad de Hepáticas y Anthocerotos de Colombia.

## Referencias

- Churchill, S. P.** 1991. The floristic composition and elevational distribution of Colombian mosses. - *Bryologist* 94: 157-167.
- Gradstein, S. R.** 1994. Lejeuneaceae: Ptychantheae, Brachiolejeuneae. - *Flora Neotropica Monograph*. 62: 1-216. New York Botanical Garden.
- \_\_\_\_\_. 1995. Diversity of Hepaticae and Anthocerotae in montane forests of the tropical Andes. - In: S. P. Churchill et al. (eds), *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests*. p. 321-334. - New York Botanical; Garden.
- \_\_\_\_\_. 1998. Hepatic diversity of the neotropical páramos. - *Monogr. Syst.Bot. Missouri Bot. Gard.* 68: 69-85
- Heinrichs, J., Gradstein, S. R. & Grolle, R.** 1998. A revision of the neotropical species of *Plagiochila* (Dumort.) Dumort. (Hepaticae) described by Olof Swartz. - *J. Hattori Bot. Lab.* 85: 111-142.
- Kuwahara, Y.** 1982. Studies on Colombian Cryptogams XV. On high Andean *Metzgeria* collected by Antoine M. Cleef in 1972 and 1973. - *Proc. Kon. Ned. Acad. Wetensch., Ser. C*, 85: 357-380.
- \_\_\_\_\_. 1986. The Metzgeriaceae of the Neotropics. - *Bryophyt. Biblioth.* 28: 1-254.
- Meenks, J. L. D.** 1987. Studies on Colombian Cryptogams XXVIII. A Guide to the tropical Andean species of *Riccardia* (Hepaticae). - *J. Hattori Bot. Lab.* 62: 161-182.
- Schuster, R. M.** 1992a. The Hepaticae and Anthocerotae of North America, Vol. VI. - Field Museum, Chicago.
- Uribe, J. & Aguirre, J.** 1995. Las especies colombianas del género *Symphyogyna* (Hepaticae: Pallaviciniaceae). - *Caldasia* 17(82-85): 429-458.
- Uribe, J. & Gradstein S. R.** 1998. Catalogue of the Hepaticae and Anthocerotae of Colombia. *Bryophytorum Bibliotheca* 53. Stuttgart, Germany. 100 p.
- Wolf, J. H. D.** 1993. Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the northern Andes. - *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80: 928-960.