

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XXI

MARZO DE 1997

NUMERO 79

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



CONTENIDO - CONTENTS

	Pág.		Pág.
Nota Editorial (Editorial)	5	Física (Physics)	
Botánica (Botany)		Determinación de algunas funciones útiles en cálculos de estructura atómica. (Determination of some useful functions in atomic structure computations).	
Datos etnobotánicos sobre algunas palmeras de la América intertropical. (Ethnobotanical data on several palms of tropical America.)		<i>Diógenes Campos Romero</i>	97
<i>Victor Manuel Patiño</i>	7	Inventario preliminar de gases de efecto invernadero en Colombia. Fuentes y sumideros. (Preliminary inventory of greenhouse gases in Colombia. Sources and sinks).	
Ciencias de la Salud (Health Sciences)		<i>Fabio González, Ismael Concha, Jorge Vallejo & Humberto Rodríguez</i>	107
Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). Identificación, manejo y solución de un problema también nuestro. (History, pathology and clinical aspects of Subacute Sclerosing Panencephalitis in Colombia.)		Historia y Filosofía de la ciencia Some mistaken arguments against objectivity and truth in science	
<i>Gabriel Toro González</i>	25	<i>Eduardo Alberto Castro</i>	119
Seneciosis. Enfermedad veno-oclusiva hepática (EVOH) en Colombia. 1964-1996. Identificación, manejo y solución de un problema. (Senecio disease. Venous occlusion of the liver in Colombia. Identification, handling and clinical aspects)		Matemáticas (Mathematics)	
<i>Gabriel Toro G., Elsa Rojas V & Gabriel Arango U.</i>	35	La revista "Electronic Journal of Differential Equations". (The Electronic Journal of Differential Equations).	
Ciencias de la Tierra (Earth Sciences)		<i>Alfonso Castro</i>	125
Análisis de la frecuencia de terremotos fuertes en la región central de Colombia mediante parámetros de régimen sísmico. (Analysis of strong earthquakes frequency in Colombia Central region by means of seismic parameters).		Zoología (Zoology)	
<i>Eldán de J. Salcedo H., Clara I. Rivera P & Augusto A. Gómez C.</i>	57	Three new frogs (<i>Eleutherodactylus</i> : Leptodactylidae) from Cloud forests in Eastern Departamento Caldas, Colombia. (Tres nuevas especies de <i>Eleutherodactylus</i> : Leptodactylidae) de los bosques nublados del este del Departamento de Caldas, Colombia.).	
Ecología (Ecology)		<i>John D. Lynch & José Vicente Rueda</i>	131
Contenidos de Cd, Cu y Zn en <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i> de la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Chengue, Costa Caribe Colombiana. (Cd, Cu and Zn contents in <i>Rhizophora mangle</i> and <i>Avicennia germinans</i> from the Ciénaga Grande de Santa Marta and Bahía de Chengue in Colombian Caribbean Coast).		Las especies colombianas del género <i>Creagrutus</i> (pisces, Characidae). (The Colombian species of <i>Creagrutus</i> (Pisces, Characidae).	
<i>Néstor Hernando Campos & María Cristina Gallo</i>	73	<i>César Román V. & Plutarco Cala</i>	143
Las Cavernas. Clasificación ecológica de sus oscuros ecosistemas. (Natural caves. Ecological classification of its dark ecosystems)		Seis nuevas especies de <i>Eleutherodactylus</i> Dumeril & Bibron, 1841 (Amphibia : Leptodactylidae) del norte de la Cordillera Occidental de Colombia. (Six new species of <i>Eleutherodactylus</i> Dumeril & Bibron (Amphibia: Leptodactylidae) from the northern of Colombia, Cordillera Occidental).	
<i>Manuel del Llano Buenaventura</i>	91	<i>Pedro M. Ruiz-Carranza, John D. Lynch & M. e. Ardila-Robayo</i>	155
		Vida Académica (Academic Life).	175
		Constitución de la Academia (Members of the Academy).....	187

DATOS ETNOBOTANICOS SOBRE ALGUNAS PALMERAS DE LA AMERICA INTERTROPICAL

por

Víctor Manuel Patiño R. (*)

Resumen

Patiño, V. M.: Datos etnobotánicos sobre algunas palmeras de la América Intertropical. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 7-23, 1997. ISSN 0370-3908.

Se presentan datos preferentemente del siglo XVI al XVIII sobre la importancia de las palmas para el hombre en América intertropical, y los principales usos discriminados por raíces, estípites, hojas, inflorescencias y frutos.

Palabras claves: Palmas, América Intertropical, usos.

Abstract

This paper includes the following items: a) Importance for the Amerindians; b) Myths; c) Totem; d) Beliefs; e) Ceremonial object; f) Calendar motif; g) Heraldic motif; h) Soil indicator; i) Protection, management, and domestication; j) Uses, divided by parts of the plant in different ways; roots; stems, leaves, inflorescences, and fruits. References predominantly from XVI, XVII, and XVIII centuries.

Key words: Palms, Tropical America, uses.

Valor del recurso

La importancia de las palmas para los indígenas americanos se puede concretar con este pasaje de un misionero jesuita en la cuenca del Orinoco a mediados del siglo XVIII, referido en general a todas las tribus del área, pero en particular a los nómadas:

“Este es el paraíso terrenal de los goagibos y chiricoas; esta es su delicia, su despensa universal y su todo; en esto piensan; esta es la materia de sus conversaciones; en esto sueñan, y sin esto no podrían tener gusto en esta vida” (Rivero, 1956, 4).

Mitos

Son relativamente escasos los mitos que se han conservado de los pueblos indígenas americanos sobre plan-

* Miembro correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Apartado Aéreo 21-54. Cali.

tas en general y sobre las palmeras en particular. Quizá no porque no existieran, sino porque faltó quien los registrara en el momento oportuno, antes de que las comunidades amerindias desaparecieran o se aculturaran. Sin embargo, no faltan del todo.

Los tamanacos de la cuenca del Orinoco, según lo registró un misionero jesuita en el siglo XVIII, creían que al principio del mundo después de un presunto diluvio universal, sólo sobrevivió una pareja, y la manera como se regeneró la especie humana, se debió a que esos individuos echaron hacia atrás semillas de la palma moriche, de las cuales salieron hombres las arrojadas por el varón, y mujeres las arrojadas por la hembra (Giliĵ, 1965, III, 39-40).

Los catíos y los chocoes tienen el mito del submundo o mundo de abajo, de donde los hombres obtuvieron las primeras semillas de maíz y de chontaduro (Patiño, 1963, I, 156-158). Entre los yukuna-matapí del Vaupés también se ha registrado un mito sobre el origen de esa misma palma (Herrera Angel: RCA, XVIII, 1975, 407-409).

Totem

Los tamanacos mencionados arriba tenían entre sus parcialidades una que se identificaba en el siglo XVIII como hijos del moriche y del oso (Giliĵ, op. cit., I, 27, 132; III, 43).

Los witotos del sur colombiano contaban hasta principios de este siglo con una parcialidad conocida como *jimene*, "Hijos del chontaduro".

La palabra *aguaruna* que identifica a unos indígenas del río Marañón, se descompone en *agua*, una palma y *runa*, gente (Karsten, 1935, 82). En realidad los nombres son *aguachi*, *aguaje*, *agushi*, *ahuague*, *almashi* para *Mauritia flexuosa* (Soukup, 1980? 266).

Creencias

En el río Marañón, según el testimonio de un misionero del siglo XVIII, creían los indígenas que enterrando las sobras de la comida de un español al pie de la palma llamada *tarapoto barrigón* (*Iriartea ventricosa*), a medida que crecía la palma, crecía también la barriga del implicado (Maroni, 1889, 115).

Es muy generalizada en la costa colombiana del Pacífico la creencia de que sembrando las semillas de chontaduro despojadas del endocarpo leñoso, y haciendo la operación en cuclillas, la palma sale sin espinas. Esto

se sometió a comprobación experimental en 1946 en la Estación Agroforestal del Calima con semillas enteras y almendras solas (Patiño, 1947, 21): no hubo diferencia significativa, y en ambos casos salieron unas pocas palmas sin espinas.

Los indígenas del norte del Brasil, a principios del siglo XIX, creían que se curaban enfermedades venéreas introduciendo el miembro en un agujero hecho en una nuez de coco (Martius, 1843, 17: *ibid.* 1939, 235).

Objeto ceremonial o fetiche

No se sabe si en esto como en muchas otras costumbres americanas, al conocimiento indígena se superpuso la influencia europea, en un proceso sincrético.

Hacia 1610 los pijaos tanto hombres como mujeres, éstas cuando parían, se ponían en las cabezas unos bonecos de palma (Simón, 1953, IX, 69), costumbre que debió ser más antigua, asociada a la covada.

Los indígenas de las Antillas menores francesas, según datos de la sexta década del siglo XVII, ungían el cuello y la cabeza del padrino y la madrina de un recién nacido, con aceite de palmista (Du Tertre, 1958, II, 353). Como este es un nombre genérico para varias clases de palmas, no se sabe a cuál especie atribuirlo.

Una palma enana de Martinica (*Geonoma?*) la usaban los makendales o curanderos en sus ceremonias místicas, cada una entera (Descourtilz, 1833, VI, 290-292).

Los curanderos cayapas y cuaiqueres o awas de la costa ecuatoriana atribuirían a palmeras umbrófilas como *Synecanthus warscewiczianus* y a algunas geonomas, ser hospederas de espíritus (Barfod et al, 1988). La primera de dichas especies es bastante escasa.

Los jívaros del oriente ecuatoriano emplean en forma ritual varias especies de palmas. Un caso es el palmito de Tarapoto (*Iriartea, Socratea*), y el leño del chontaduro para labrar agujas con que cosen los labios de las tsantsas o cabezas-trofeos (Karsten, 1923, 6, 36, 32, 75; *ibid.*, 1935, 116, 305).

Motivo calendárico

Las épocas de cosecha de algunas palmas debieron ser mitos importantes en la vida de los pueblos indígenas, y así ocurrió con los nómades de la cuenca del Orinoco. En toda la América intertropical, la especie que condicionó las actividades humanas en forma más definida, fue el pijibay o

cachipay, cuyo período productivo está señalado por las festividades principales del año (Patiño, 1995, 665-666).

Motivo heráldico

Dice un autor mestizo peruano que uno de los distintivos del mítico Manco Capac era "un albol de chunta" (Poma de Ayala, 1944, 83, 84). Esta palabra, deturpada por los españoles en *chonta*, es un quechuismo aplicable a toda palmera, especialmente a las de leño muy duro, de que los pueblos selváticos hacían armas ofensivas. Estas constituían un tributo que las tribus orientales debían dar a los incas, "unas astas de lanzas de palma para el servicio de la casa del sol" (Sarmiento de Gamboa, 1947, 223).

De las naciones independientes, Haití tiene en su escudo, cuyo lema es "L'union fait la force", una palma coronada por un gorro frigio, que un autor de ese país identifica como *Oreodoxa (Roystonea) regia* (Sylvain, 1930, 19).

Indicador

En la isla de Trinidad la especie *Roystonea oleracea* se considera índice de buen suelo (De Verteuil, 1884, 397). En el extremo noroeste de la isla existe la bahía de Chaguaramas (Borde, 1876, I, 11), nombre que la palma tiene en Venezuela y que es una supervivencia del tiempo en que Trinidad fue una posesión española.

En el río Rupununi de la Guayana inglesa se le daba a mediados del siglo XIX el nombre macusi de *curua* a la *Attalea speciosa* de Martius, que la tenían los indígenas como indicativo de buen suelo (Schomburgk, 1923, II, 285-286).

Protección, trasplante, manejo, predomesticación y domesticación

Los indígenas americanos protegieron de la destrucción aquellas especies vegetales a las que concedían algún valor, hecho conocido en toda la América intertropical. Cuando hacían desmontes, para los cultivos, dejaban en pie los especímenes deseados (Patiño, 1965-1966, 154). En la Guayana inglesa en el siglo pasado se procedía del mismo modo con las palmas de frutos comestibles (im Thurn, 1883, 251).

En casos particulares, los indígenas fueron capaces cuando se lo propusieron, de trasplantar ejemplares enteros. Para la fiesta del Corpus en el medio Amazonas a mediados del siglo XIX, se traían enteras a los pueblos las palmas mirití, *Mauritia* (Bates, 1962, 55).

Ciertas especies fueron predomesticadas, o sea plantadas como individuos aislados, sin que se tratara de una actividad permanente. Así ocurrió en varios jardines botánicos como el de Trinidad, donde se propagaron la centroamericana *Attalea cohune* y la nativa *Maximiliana caribaea* (Hart, 1905, 11).

Semidomesticadas figuran *Sabal palmetto* para sombreros, en Puerto Rico, Méjico y Guatemala; la *Roystonea borinquena* y otras (Cook, 1910, 311-314). La macagüita de Venezuela (*Aiphanes* sp.) se cultivaba en los jardines de Caracas a principios de este siglo (Alvarado, 1953, 223). La *A. caryotifolia* del occidente colombiano se deja manejar con mucha facilidad y su cultivo parece ser prehispánico (Patiño, 1963, I, 97-99).

Cerca de Sacarura, en Esequibo, arriba de Bartika Grove, observó a mediados del siglo XIX un científico cultivada por indios y negros la *Maximiliana regia*, al mismo tiempo que *Guilielma* y *Cocos nucifera* (Schomburgk, 1922, I, 228).

En el Estado brasileño de Río Grande do Norte se suele cultivar la nativa carnaubeira como cerca viva (Amaral, 1940, II, 450).

Los indígenas guatós hasta hace unos 25 años aprovechaban los montículos a la orilla del río Paraguay para plantar palmas de acurí (Susnik, 1978, 12, 20), que podría ser *Scheelea (Attalea) princeps*.

Las de dispersión geográfica más extensa y el consiguiente cultivo prehispánico se pueden considerar el chontaduro y el cocotero.

Usos

Es en el uso de las palmas por el hombre donde más se patentiza el aspecto etnobotánico. Esta herencia se les debe a los primitivos pueblos americanos, y sólo en parte ha sido aprovechada por las etnias que los han sucedido en el ecúmene en los últimos quinientos años, y de esto hay varios ejemplos.

Algunas palmeras tiene usos múltiples, mientras que otras uno solo o pocos. Entre las primeras están el cocotero, el chontaduro, el moriche. El cocotero lo incluyo entre las palmeras americanas, porque hay constancia histórica de su presencia en la costa sur de Panamá y en la costa norte del Chocó en el momento del descubrimiento de América, aunque la introducción parece haber sido poco anterior a la Conquista.

Una revisión de los usos se presenta a continuación. Se hará teniendo en cuenta los diversos órganos que constituyen la planta.

Raíces

En publicación anterior se mencionó el uso de raíces de algunas palmas en la culinaria indígena, para objetos de menaje (Patiño, 1990, I, 168-169). Los rallo en la parte oriental de Sur América estaban constituidos predominantemente por una tabla sobre la cual se incrustaban trocitos de cuarzo y otras piedras duras y puntiagudas, sujetas mediante resinas como la de peramán, la gutífera *Moronobea riparia*. Pero en algunos casos se echó mano de las raíces epigeas de la palma chuapo (*Socratea exorrhiza*), que están provistas de espinas cónicas. Así en los Llanos del Meta, cerca del piedemonte, lo registra en 1824 uno de los miembros de la Comisión Científica francesa contratada por el vicepresidente Santander en 1822; chuapo, "de cuyas raíces se usan como rallo de yuca amarga" (Rivero y Ustáriz, 1857, I, 83).

Del Amazonas peruano hay por lo menos dos referencias sobre esto. En el idioma yameo a la ralladora la llaman *tánsata cashapona*, por la palma espinosa erizada de púas que se emplea, *pona tató*, identificada como *Iriarteia* (*Socratea*) *exorrhiza* (Espinosa Pérez, 1955, I, 313-314). En el idioma piro se llama *raíz de oposqui*: "Es planta erizada de finas, iguales y consistentes púas, que se tiene en la cocina doméstica para rallar raíces, tubérculos, frutos etc. Es el rallador de la selva" (Tovar, 1966, 146).

En cuanto al molinillo para batir el chocolate, ha sido tradicional en el occidente colombiano, por lo menos hasta mediados de este siglo, el que se fabricaba de la base del tallo con las raíces rígidas adheridas, de la palma llamada *matamba*, que es una *Chamaedorea* (observación personal). El chocolate se conoció en Sur América, sólo después de la dominación española, pues el cultivo del cacao no empezó sino cuando a fines del siglo XVI y seguramente a principios del XVII. En Venezuela la "palma de molinillo" es asimismo una *Chamaedorea*, pero también una *Geonoma* (Alvarado, 1954, II, 316-317; 346). Es de advertir que el nombre *matamba* se da en el Chocó y en la Costa Atlántica a palmas flexuosas del género *Desmoncus*.

Estipes

Enteros

a) Material estructural de construcción

Los estipes de varias especies de palmas se emplean, unas veces enteros, otras hendidos en rajadas o tiras para la armazón de viviendas o sea la parte estructural.

El estípote entero de algunas especies de palmas ha sido material preferido para varias construcciones. Por ejemplo, las estacadas defensivas de varios pueblos americanos que disfrutaron de la especie, se hicieron con el de la palma de chontaduro, lo cual está bien documentado (Patiño, 1963, I, 161-164), lo mismo que para *Astrocaryum standleyanum* (Ibid., 1990, II, 183-185). Los españoles tomaron la idea de los indígenas y a veces construyeron palizadas con palmas espinosas, como lo hizo Antonio Sedeño, conquistador de Trinidad, hacia 1535 (Sedeño: Arellano Moreno, 1961, 145-146).

Para postes de viviendas se han preferido especies de astil liso. Los warraus o guaraúnos interioranos de la Guayana inglesa en el siglo XIX hacían casas sobre pilotes, reminiscentes de las del delta del Orinoco. Aún habiendo cerca otras palmas, preferían buscar lejos los troncos de la *manicole* (*Euterpe oleracea*) (im Thurn, 1883, 203, 207). Con esta misma especie u otra muy afín, llamada *naidí*, en la costa sur del Pacífico, erigen las plataformas al aire libre que comunican la cocina de las viviendas sobre pilotes, con el retrete (Observación personal). Preferido en el Valle del Cauca fue en el pasado el estipe de la palmicha o *Sabal*, para los estantillos de ranchos y quioscos. Asimismo en las sabanas de la costa atlántica, las viviendas por lo general están sustentadas en postes de esta *palma amarga*, bien enterrados en el suelo para que puedan soportar el peso de los moradores, que cuelgan de esos postes sus hamacas (Gordon, 1957, 82-83).

Las latas de corozo, de Castilla y de gallinazo, especialmente esta última, todas del Género *Bactris*, se emplearon corrientemente en la Costa Atlántica, enteras y bien juntas, para construir las paredes de las viviendas.

En la Costa del Pacífico la especie preferida para los pilotes de las casas es la palma *memé* (*Wettinia quinaria*); pero hendida y tasajeadá se emplea en pisos y paredes, aunque para esto también se echa mano de otras.

b) Especies de tallos delgados pero resistentes y flexibles, como algunas *Bactris*, se han solido usar como palancas para impulsar canoas. En Venezuela contaban para esto con *B. piritu* (Appun, 1961, 111), y así también en la Costa Atlántica de Colombia (Serra, 1956, I, 102).

c) Asimismo palmas delgadas han servido para la confección de bodoqueras a varios pueblos indígenas: *Bactris* o *Astrocaryum* a los chochos del alto Sinú y *paxiuba-i* en

el Rionegro (Patiño, 1992, V, 81-82; Gilij, 1965, I, 167; Serra, 1956, I, 150).

d) Estipes enteros que tienen médula esponjosa y por consiguiente son flotables, han sido preferidos para balsas rústicas (Patiño, 1991, III, 242-243; Gilij, 1965, III, 99; Ramos Pérez, 1946, 205; Cuervo, 1893, III, 101; Maroni, 1889, 114-115).

e) Entre los muzos (siglo XVI) "hay muchas palmas y de muchas maneras y de algunas de ellas hacen los indios los arcos y flechas y macanas y lanzas y dardos; es la madera negra como ébano" (Morales Padrón, 1958, 606). (Se ha modernizado la ortografía),

Durante las guerras de independencia, en Venezuela las fuerzas patriotas iban armadas con picas de *píritu* o *macanilla*. Asimismo los contingentes que preparó Francisco de Paula Santander en los Llanos Orientales, hicieron sus picas y chuzos a base de la palma *albarico* (Restrepo J.M., 1944, IV, 340, 361). En ambos casos se trataba de componentes del género *Bactris*.

f) Varias palmas se han usado como arcaduces o cañerías para aprovisionar de agua las viviendas. Por percepción personal observé esto en 1937 en Nogales, sitio cordillerano del municipio de Buga, en este caso de palma de cera.

g) El estipe excavado entero o quitada una porción, pero en ambos casos limpio de la médula, ha servido a fuer de vasija (chontaduro) o pozuelo (corozo de puerco).

h) Lo relacionado con la historia colonial y republicana de la palma de cera se ha tratado antes (Patiño, 1974, VI, 39-40; *ibid.*, 1975-76, 189-191). El químico Juan Bautista Boussingault escribió en 1825, en Bogotá una contribución sobre la *Ceroxylon* del Quindío; llegó a la conclusión de que el exudado no era propiamente una resina (Boussingault, et al, 1844, 37-38). Dicha sustancia constituye un revestimiento del estipe, y por eso se incluye aquí.

Astil hendido

El estipe hendido ha sido más frecuente en construcciones que el entero. La división longitudinal adopta dos formas principales: 1) En tiras o latas completamente separadas una de otra, y 2) En esterilla, similar a la de la guadua, o sea tasajeada, con lo que se obtiene una lámina enteriza pero flexible.

1) Un científico alemán visitó a partir de 1848 varias regiones de Venezuela, la Guayana inglesa y los ríos Blan-

co y Negro del Brasil. En Aroa señala el uso de la palma mapora [así se llaman varias especies] para hacer "tablas de guano" [otro nombre colectivo para palmas en las Antillas], y en el delta del Orinoco tablas de moriche (Appun, 1961, 401).

Del occidente colombiano y el Darién panameño hay referencias a lo mismo. En 1780 un ingeniero español realizó un viaje por el Atrato y otros puntos del Chocó, y da cuenta de varios productos. Al hablar de suelos y paredes de las casas, asienta: "La palma llamada *barrigona* la abren y en pedazos de seis a siete varas de largo y tres cuartas de ancho la venden a cuatro reales cada uno; con estos pedazos forman los suelos y paredes de las casas, y aún los entarimados para las camas" (Jiménez Donozo: Ortega Ricaurte, 1954, 223).

Entre los cunas se llama *siler uala* a la "palma de la que se sacan tiras para hacer casas" (Puig, 1944, 125), que no se identifica. En la provincia de Popayán, que incluía la Costa del Pacífico, la Comisión Corográfica registra entre las palmas la *barrigona* y la *zancona* "de que se hacen tablas abriéndola" (Pérez F., 1862, 182-183). Ambas son Iriarteínas, la primera *Iriartea ventricosa* y la segunda *Socratea exorrhiza*. Sin saberse si son estas mismas, hacia 1930 un antropólogo sueco vio entre los cholos del río San Juan del Chocó, que los pisos de las casas estaban hechos de latas de palma (Wassén, 1935, 53).

2) En cuanto a la esterilla de palma, está registrada en la Amazonia ecuatoriana desde el siglo XVII (1661). Los roamaynas que vivían en los ríos Tigre y Pastaza, cuando alguno moría (...) "Tapan de boca de la sepultura con tablas hechas de troncos picados de palmas, y encima de este tablado o barbacoa echan y amontonan la tierra..." (Figuroa, 1904, 249; *ibid.*, 1986, 286). Otro misionero permaneció en el río Napo entre 1750 y 1759; llevó un diario, y en uno de sus pasajes consigna cómo construyó la iglesia. "...con palos atravesados y encima tarapotos, se hizo un suelo firme (estos tarapotos son cierta palma así llamada; es durísima, y recién cortada de la medida que uno quiere, tendida en tierra se va rajando, y con la punta del hacha, a corta distancia, toda, como un dedo, hasta el meollo; después se abre derecha de un solo lado y se le saca la carnaza blanca y suave con facilidad; ábrese a dos manos, y queda como una tabla de media vara o más; pónese boca a bajo, con peso encima al sol un par de días, y queda llana y manejable...)" (Uriarte, 1943, I, 174).

Trozos del estipe

El indígena americano labró a partir de algunas palmas de leño muy resistente, flechas y arcos, agujas etc.

Lo relativo al chontaduro se vio en otra oportunidad (**Patíño**, 1963, I, 164-169).

Larvas

Los pueblos primitivos han usado los insectos como alimento, y América no ha sido la excepción. En Colombia la cría artificial de hormigas culonas está documentada entre varias tribus de la Cordillera Oriental y de los Llanos, desde la época de la conquista. También en el caso de las palmeras, los indígenas se ingeniaron para inducir la producción de larvas de Coleópteros, muy apreciadas como alimento. La documentación histórica no deja duda sobre esto.

En orden de antigüedad, la primera noticia que hallo del siglo XVII se refiere a los gusanos de la palma *motacú* de Bolivia (*Attalea (Scheelea) princeps*), y vale la pena transcribir todo el pasaje: "Otra palma se llama *motacú* en la provincia de Santa Cruz de la Sierra, cuyo cogollo se come y es como palmito. Lleva una fruta tan grande como el puño, de figura óvala; su carne se come cruda, cocida y asada y se hacen de ella mazamoras muy buenas y chichas. Cortado el cogollo y cavado el tronco por arriba, se hinche en pocos días de un licor muy oloroso y de buen sabor, que sirve de vino a los indios. En el tronco de esta palma se hallan gusanos largos como un dedo, que, asados, los comen los indios de Santa Cruz y aún los criollos de aquella provincia, por mucho regalo" (**Cobo**, 1956, I, 263).

A medida que se ensanchaba el conocimiento del mundo americano, las referencias iban aumentando. Del siglo XVIII hay varias. De 1741 es este dato sobre la palma *curúa* de Santa Marta (*Scheelea* spp.), cuyo fruto se conocía como *curumuta*: "Cría esta palma en el centro donde se coge el vino, después de agotado, unos gusanos blancos, del porte de un dedo pulgar, llamados mojojeyes. Estos se fríen y se saca de ellos un aceite tan claro, gustoso y usual, como la manteca de cerdo doméstico, que sirve a los mismos usos que aquella, y también para alumbrarse, y el gusano queda hecho un chicharrón, que lo comen mucho..." (**Rosa**, 1945, 312).

De 1758 son afirmaciones de un misionero observante mallorquín que fundó y dirigió en el Putumayo una misión entre los indígenas en dicho año; en este caso no especifica sino que habla de palmas en general: "Estos gusanos fritos son muy rica comida, tan delicada como los sesos de un carnero fritos, y su sabor es bellissimo" (**Serra**, 1956, I, 205).

En un informe del 17 de septiembre de 1773, cuatro religiosos franciscanos de las misiones del Putumayo y

del Caquetá, dicen que los indios macaguajes, encabellados, zenzeguajes, huaques o murciélagos y otros, comían varias que llaman sabandijas: "Uno de ellos [guisados] es la vianda que hacen del gusano que llaman sañe, con que se saborean, porque todo el es manteca viva. Críase en el migajón [meollo o médula] que se corrompe dentro de las palmas de canangucho [*Mauritia flexuosa*] después de derribadas y crece tan largo y grueso como el dedo pulgar" (**Cuervo**, 1894, IV, 270-271; **Zawadsky**, 1947, 203).

Un médico holandés que vivió en Surinam, se refiere en 1769 a la costumbre de hacer cortes en el palmito o cabish (cabbage?) de la palma maripa (*Maximiliana*), para obtener el gusano comestible, que no se atrevió a probar (**Fermin**, 1769, I, 147-149).

En 1775 otro médico, Agustín Marón, hizo una descripción geográfica de Venezuela, y al reseñar entre las palmas la yagua [quizá *Scheelea*] y la mapora (*Roystonea*?), menciona los gusanos de la médula del estipe, de los cuales se sacaba aceite y una ensalada (**Arellano Moreno**, 1970, 458-459).

Desde 1749 hasta 1767 permaneció en varios lugares de la cuenca del Orinoco un jesuita italiano, que publicó entre 1780 y 1784 una obra en cuatro tomos, sobre sus experiencias. Al mencionar la palma de corozo (*Acrocomia sclerocarpa*), muy común en los Llanos, dice que produce, cuando se ha abierto para sacar el vino, un gusano, "que al cabo de pocos días se transforma en una especie de escarabajo, es la delicia de muchos. Dicen que es agradable al paladar, del sabor de la manteca, y le conceden infinitas alabanzas al modo bárbaro" (**Gillij**, 1965, I, 237). Como se ve, es el primero que identifica el insecto con un coleóptero.

Tampoco faltan datos del siglo XIX. El médico boliviano Dr. Boso escribió en 1815 una carta descriptiva de los productos naturales del oriente de ese país, y al hablar de las palmas, afirma que del motacú y de alguna otra sacan los indios sus gusanos de comer (**Valdizán y Maldonado**, 1922, III, 369).

En la Guayana inglesa a mediados del siglo XIX, se registra por un naturalista el uso por los indios warraus o guaraúnos de las larvas de *Calandra* obtenidas de la palma moriche (**Schomburgk**, 1922, I, 134-135). Otro naturalista poco después menciona las tortas de "yaruma" que se hacían en el bajo Orinoco con médula rallada de la misma palma moriche, mezclada con manteca de larvas de coleópteros; tales tortas eran delgadas y redondas y se tostaban; tenían olor a podrido. En otro pasaje dice que las larvas eran de Cerambícidos (**Appun**, 1961, 391; 401).

Un botánico inglés que a mediados del siglo XIX recorrió el Amazonas, indica el uso de gusanos comestibles obtenidos del estipe de la palma *pihigua* (asi), o sea el *pihiguao* o chontaduro. El mismo autor refiere que en la zona quinera del Pumachaca al occidente del Ecuador, donde se da la palma *cadi* o *tagua*, los indios, aunque comen el palmito, prefieren los gusanos del tronco, llamados "majón" (Spruce, 1908, I, 483-484; II, 244). En el Brasil otro gran naturalista da cuenta del uso de larvas de palmeras (Martius, 1939, 60).

Meristemo como alimento

Aprendido quizá de animales como el oso, el hombre primitivo americano utilizó como alimento el cogollo de varias palmas, más conocido bajo el nombre de palmito. El origen de esta palabra y las principales especies de que se ha echado mano con este propósito, se presentaron en otro lugar (Patiño, 1990, I, 78-80).

Este uso pervive, y en Amazonas ha sido tradicional el aprovechamiento extractivo del palmito de la palma *assai* (*Euterpe oleracea*), aunque recientemente se han iniciado ensayos de cultivo. La exportación desde allí a Europa ha sido constante. También hace unos 15 años empezó y aún ahora perdura en la costa colombiana del Pacífico la extracción de la nativa *naidí*, descrita inicialmente como *E. cuatrecasana*. Pero la tendencia más marcada es reemplazarla por el cultivado chontaduro, del cual hay ya varias plantaciones en los ríos costeros del Valle del Cauca, Raposo, Cajambre, Yurumanguí y Naya, por las evidentes ventajas comerciales que tiene sobre las *Euterpe*, como ser el palmito de mayor tamaño y menos rápido para oxidarse, así como por ser la palma sumamente precoz, pues a los 18 meses de plantada (y se pueden sembrar cerca de 8 a 10.000 ejemplares por hectárea) se puede empezar a cortar, habiéndose desarrollado en Costa Rica una tecnología adecuada de beneficio. En el momento en que esto se escribe, aparecen noticias de que uno de los cultivos sustitutivos de la coca en Caquetá y Putumayo, es el chontaduro para palmito.

Hojas

Fibras

Las frondes de varias especies de palmas se han usado ampliamente como material de construcción, y desde este punto de vista se estudia en otro párrafo.

También algunas hojas se han usado (el limbo, los folíolos, o el raquis) para confección de canastos, manares

o sea zarandas para harina de yuca (Gillij, 1965, II, 192; 260; 252); petates (Cortés y Larraz, 1958, II, 38); esterres como las de chingalé (*Astrocaryum*) de la cuenca del Magdalena (Rosa, 1945, 313; Ancizar, 1956, 429, 430; Schenck, 1953, 14-15; Vergara y Velasco, 1974, II, 600, 602, 624); recubrimiento penial entre tribus desnudas (Martius, 1939, 72 nota); sombreros, como entre los serimoes del Amazonas (Heriarte, (1662), 1874, 50) o en la costa de Gracias a Dios (Honduras) (Exquemeling, 1945, 244); escobas, como las de la palma de su nombre, llamada *noli* en el Chocó (*Chelyocarpus dianeurus*), del *amargo* (*Welfia*) en Barbacoas (Pérez F., 1862, 184); tipitís o exprimidores de yuca hechos de hojas de *cokerite* (*Maximiliana*) (Farabee, 1924, 21) por los caribes centrales, y muchos otros.

Pero lo más socorrido y que revela muy a las claras el componente étnico, son las fibras que se extraen de las hojas de ciertas palmas, pues ello implica un proceso de separación de los tejidos intersticiales, y por ende la habilidad manual humana.

Teóricamente, de cualquier palma se podría sacar fibra; pero la experiencia de los pueblos americanos ha consagrado unas pocas especies como las más apropiadas para dicho propósito. En el siglo XVII se explica que la palma *chambira*, que dio nombre a un río de la región amazónica ecuatoriana, permitió a los misioneros jesuitas vestir sotanas para los viajes en la montaña, pues era "a manera de cáñamo" (Figueroa, 1904, 382, 397).

Entre los mismos maynas del Marañón en el siglo XVIII (y aún antes) se hacían telas listadas muy curiosas a base de la fibra de la palma *achua* (*Mauritia*), y de la *chambira* (*Astrocaryum*) redes, sogas y vestidos; pero en este caso no teñían bien (Maroni, 1889, 113, 114). El uso del *moriche* en el bajo Orinoco para sacar una especie de cáñamo con el cual se hacían delantalillos y guayucos, redes, chinchorros, cordeles, sogas y maromas está documentado desde la primera mitad del siglo XVIII (Gumilla, 1955, 103-104), y en toda la cuenca de ese río y del Casiquiare a mediados del siglo XIX se seguían haciendo chinchorros de lo mismo (Michelena, 1867, 357), así como en la Guayana (im Thurn, 1883, 172).

El género *Astrocaryum* ha sido el que más especies ha suministrado para extracción de fibras. Ya se vio la cita del siglo XVIII sobre la *chambira*, que se continúa usando y aún es parcialmente cultivada o por lo menos protegida por varias tribus supervivientes del Ecuador (Jensen: EB, 49 (3), 1995: 309-319), o del alto Amazonas. Del bajo es el *tucumá* (*A. tucuma*), con referencias desde el siglo

XVIII (1774-1775) (Sampaio, 1825, 67) y XIX (Bates, 1962, 338; Wallace, 1939, 654), y que también se cultiva en parte (Ducke, 1946, 22-23). En la cuenca del Magdalena es endémica *A. malybo*, usada más que todo para esteras. De la costa del pacífico es *A. standleyanum*, que tiene dos focos de manufactura, uno en el río medio San Juan del Chocó y otro en la costa ecuatoriana (observación personal y Pedersen: EB, 48 (3), 1994: 310-325). Han sido también famosos los chinchorros de cumare de los Llanos Orientales. De las palmas de este género se usa sólo el cogollo todavía sin desflecarse, o lo que según un galicismo impuesto en Colombia después de la introducción de la palma africana de aceite, se llama flecha, porque la hoja adulta es inmanejable.

Material de construcción

En otra oportunidad se hizo un repaso de las informaciones coloniales sobre los materiales usados en América ecuatorial en la cobertura de viviendas definitivas o provisionales (Patiño, 1990, II, 161-168). En cuanto a las palmas, el uso está condicionado por la existencia en la localidad de una o varias especies, y por las cualidades de elasticidad y resistencia de las frondes a la intemperie. Se han usado tanto palmas de hojas flabeladas (*Sabal*, *Copernicia*, *Mauritia*, *Thrinax*), como pinnadas (*Manicaria*, *Scheelea*, *Maximiliana*, *Roystonea*, *Phytelephas*, *Yarina*, *Welfia*, *Geonoma*, *Leopoldinia* etc.).

En cada caso varía la técnica de trabarlas y superponerlas, de manera de asegurar una cobertura durable, impenetrable a la lluvia. Las especies de hojas pinnadas se suelen hender en dos porciones a lo largo del raquis. Se presentarán unos ejemplos de la época colonial.

Describiendo un marino de mediados del siglo XVII la isla de Tortuga al norte de la de Santo Domingo, que servía de base de operaciones a los bucaneros, dice que había un "árbol" llamado *palmeto*, con cuyas hojas secas se techaban las casas (Exquemeling, 1945, 38). El nombre palmetto se continúa usando en el sur de los Estados Unidos para una especie de *Sabal*, pues hasta allá llega el área de dispersión de este género por el norte. Quizá el nombre español muy generalizado de "palmicha" o "palmiche" se aplique en varios lugares a estas palmas, y por lo menos perdura en esa forma en el Valle del Cauca para la *S. mauritiiformis*.

Los misioneros jesuitas llegaron a Belem del Pará a fines de 1652 y dos años después iniciaron la construcción de su primera iglesia, a la cual le pusieron techo de *pindeba da terra*, "a que os naturaes dão o nome de ubuçú", techo que duró hasta 1670, o sea 16 años (Moraes,

(1759) (1860, 322). Esa palabra tupí quiere decir "hoja grande" (Barbosa Rodrigues, 1893, 28), y corresponde a *Manicaria saccifera*.

En 1741 en la provincia de Santa Marta se promiscuaba entre la *palma real* (quizá una *Scheelea* no bien definida) (Dugand, CESPEDESIA, 1976, 237), y la *zarare* (*Copernicia tectorum*), cuya hoja sería "Más permanente que la otra la real, porque en ella no prende el fuego (?) y como incombustible, es más durable la fábrica" (Rosa, 1945, 312-313). El nombre ha sido acertado en *zará* o *sará*, predominante en la actualidad. A esta misma especie la llaman en Venezuela, en cuyos llanos abunda, *palma de sombrero*, porque de ella se hacen, pero también sirve para techos, como lo consigna una referencia de 1779: "aprovechan la penca con sus hojas, que tejidas con curiosidad, hacen una cobija muy vistosa para casas e iglesias" (Caulin, 1966, I, 45), de donde el otro nombre que le tienen en ese país de *palma de cobija*.

En una relación anónima sin fecha, pero posterior a 1771, sobre el curso del río Atrato, se dice que la iglesia de Lloró estaba "cubierta con paja de rabihorcado, que es más durable para el sol y agua" (Cuervo, 1892, II, 306). Este nombre rabihorcado o rabiahorcado se les da en el occidente colombiano a las palmas del género *Geonoma*.

En un manuscrito de un misionero jesuita en la provincia de los Maynas, que se terminó de redactar en 1738 pero que sólo se publicó siglo y medio después, se menciona la palma parina, evidente error de copia por yarina, de la cual se dice: "De las ramas se sirven, en especial los omaguas, para techar sus casas y ranchos de prestado en los arenales del río" (Maroni, 1889, 114). La costumbre se sigue practicando, como lo comprobó el autor cerca de Iquitos en 1982. Esta especie, que antes estaba incluida en el género *Phytelephas*, ha sido restablecida al género *Yarina* de Hipólito Ruiz. Se usaba en el Putumayo a principios del presente siglo (Hardenburg, 1913?, 156).

De 1741 es la noticia de que las tribus del Orinoco usaban para la armazón del techo de las viviendas rajadas del tronco de la *palma moriche* (*Mauritia*) "y las hojas ya maduras y grandes de las misma contra los rigores del sol" (Gumilla, 1955, 103). Datos confirmados en 1780 por otro misionero jesuita (Giliij, 1965, I, 174); según él, los techos de paja no duraban más de siete años (Ibid., III, 60-61, 62). Un informe de 1767 sobre la manera como los jesuitas manejaban sus misiones, relata que la iglesia y las viviendas de Carichana y San Borja estaban tachadas con hojas de *palma real* (?) o de *moriche* (Cuervo, 1893, III, 109, 111).

Sobre algunas de las especies mencionadas y sobre otras, existen datos del siglo XIX, que confirman lo ya dicho.

Ofrenda religiosa

Las hojas incipientes, o sea el cogollo, a partir de la introducción del catolicismo en América, se cortan para la ceremonia del Domingo de Ramos. En esto, como se ha visto que ocurre con las hojas adultas para techar, la selección de las especies está condicionada por la existencia misma de una o varias en un lugar dado.

Las por eso llamadas *palmas de ramo* han solido ser la de cera en climas fríos (*Ceroxylon*), varias *Scheeleas* y *Attaleas* o cuanta especie de hojas pinnadas se halle a la mano, respetando en eso la tradición española y mediterránea, pues esa región del Viejo Mundo sólo dispuso de la cultivada datilera (*Phoenix dactylifera*), común en África del Norte e introducida a España aparentemente durante la dominación árabe. Son conocidas por todos los datileros de Elche en la provincia de Alicante. En América se lleva el cogollo entero o varios folíolos frescos se tejen de distintas maneras para fabricar objetos que luego se fijan en las paredes de las viviendas como talismán defensivo.

Exudaciones

Las frondes de la carnaubeira del Brasil (*Copernicia prunifera*) están revestidas de cera, que se ha extraído tradicionalmente en el nordeste de ese país.

Velas

Debe ser muy reciente el uso de hojas enteras de la palma temiche (*Manicaria*) entre los waraos o guaraúnos en el delta Orinóquico a fuer de velas para impulsar canoas (Wilbert, 1980), porque en una monografía 12 años anterior, sobre esa comunidad, consta que sólo las hojas se destinaban para cubrir techos y a modo de paraviento en las cocinas, mientras que las velas se fabricaban de venas o raquis de moriche, todo ilustrado con fotografías (Suárez, 1968, 27-28; 73; 40-41).

Fibras intrafoliares

Hay unas pocas especies de palmas que tienen fibras de distinta consistencia en la base de la vaina, y de ellas ha hecho uso el hombre americano. Tal es el corozo (*Elaeis oleifera*) que parece se usó como yesca, y así se desprende de algún pasaje de la correspondencia de José

Celestino Mutis. También del bajo Atrato hay informes de 1780 sobre la lana de *palmilla* (Ortega Ricaurte, 1954, 209).

De las fibras rígidas de *Oenocarpus bataua* usan algunas tribus como asta de flechas, untadas de curare para derribar pájaros.

Famoso es el chiquichiqui (*Leopoldinia piassaba*), popularizado por Humboldt (Humboldt, 1941, III, 355; 1942, IV, 243), cuyos datos son confirmados por varios autores del siglo XIX que visitaron las cuencas del Orinoco y del Rionegro (Schomburgk, R.H., 1840, 100; Wallace, 1939, 307).

El nombre *piassaba* (piaçaba) se aplicó en la costa central del Brasil a la palma productora de fibras que Martius después llamó *Attalea funifera* (Bondar, 1942), y lo consagró Wallace para el chiquichiqui del Rionegro-Casiquiare, por acarreo desde el sur, pues la penetración portuguesa Rionegro arriba desde el siglo XVIII, había introducido allí algunos vocablos del tupí-guaraní.

Agustín Codazzi desde 1838 informaba que los indígenas del Rionegro, entre otras cosas se dedicaban a reunir las fibras del chiquichiqui (En Michelena, 1867, 331). Este último político venezolano, quien realizó un viaje por el interior de Sur América entre 1855 y 1859, da cuenta de que en el trayecto orinóquico de Caicara a Atures, en que gastó 25 días, las embarcaciones fueron remolcadas por los bogas indígenas, usando cabuya de chiquichiqui (Michelena, op. cit., 270). En esa época todos los pueblos del Casiquiare tenían la industria de torcer cables de la misma fibra, pues la palma abundaba en la región; los cables eran muy apreciados tanto en el Amazonas como en Angostura (Ibid., 357).

Durante la última guerra mundial se intensificó la extracción de chiquichique y ha seguido así hasta nuestros días. Durante un viaje del autor a la estrella fluvial Orinoco-Atabapo-Guaviare-Inírida, se colectaron el 10 de julio de 1948 semillas y plántulas de la palma en el penúltimo de dichos ríos. Este material de propagación se entregó el día 23 del mismo mes a un vivero oficial que había en Cali en esa época (Patiño, 1949, 35, 42).

La situación de esta actividad extractiva hace una veintena de años se halla consignada en un artículo informativo (Putz, 1979).

Pecíolos

Los de la pángana (*Raphia taedigera*) del bajo Atrato se emplearon en el Chocó en el siglo XIX como palancas para impulsar canoas (Pérez F., 1862, 188-189).

Se llama *guina* en la parte baja del Orinoco a las camadas de la epidermis tomadas de la base seca de los pecíolos de dos especies de *Oenocarpus*, que se usan como capa de cigarros (Appun, 1961, 387-388).

Arpa eolia del pecíolo de *Mauritia* hacían algunas tribus de la Guayana inglesa (im Thurn, 1883, 310).

Inflorescencias

Espata

La espata fibrosa a modo de bolsa de *Manicaria* sirve de gorro en el bajo Orinoco y en la costa del Pacífico, y en el Chocó lo mismo y como red de pescar.

A fuer de vasijas o para adorno se han empleado espatas leñosas de varias especies (*Syagrus*, *Roystonea*).

Espádices como alimento

De varias palmas se han consumido las inflorescencias tiernas, como en el caso del chontaduro, y más definitivamente de algunas *Chamaedorea* de Centro América, distinguidas con el nombre nahuatl de *tepejilote*, y que por este motivo son objeto de cultivo en Guatemala y Honduras.

(Cook et al, 1939; Castillo Mont et alii, 1994). De Guatemala a Costa Rica se llama *pacaya*, al parecer palabra maya. En esta última nación los guatusos en el siglo pasado la consumían (Thiel: Fernández, 1883, III, 316). Pacayas "legumbre conocida", figuran como silvestres al oriente de Guatemala, en un relato sobre entrada hecha en 1695 por misioneros dominicos (Ximénez, 1931, III, 24).

Espádices para elaborar sustitutos de la sal

Para la obtención de una sustancia salina sustituta del cloruro de sodio, se han usado en toda la América intertropical las inflorescencias o los frutos de varias especies. El dato más antiguo se refiere a la cuenca media del río Magdalena, a 150 leguas de la desembocadura, desde el tiempo de la expedición de Jiménez de Quesada a lo largo de ese río (Oviedo y Valdés, 1959, III, 125; Cuervo, 1892, II, 207; Espada, 1889, cast., 91). De la misma época es la documentación sobre los llanos de Colombia y Venezuela, donde no alcanzaba la sal marina ni la de las fuentes salinas del pie de la Cordillera Oriental (Upía) (Aguado, 1957, III, 496; Castellanos, 1955, I, 538; Simón, 1963, II, 119).

En el Amazonas propio el hecho se registra durante el viaje de regreso desde Quito hasta Belem del Pará en 1647, según el jesuita Acuña que bajó con Pedro de Teixeira; habla solamente de palmas para sal sin especificar (Acuña: Maldonado y Acuña, 1942, 92). En el alto Rionegro se hacía a fines del XVIII sal con espádices de la palma seje (*Oenocarpus bataua*) (Humboldt, 1941, III, 193). En el departamento de Loreto en el Perú se ha aprovechado la espata (debe ser el espádice), de la palma motacú (*Attalea* [Scheelea] *princeps*, que es también común en el oriente de Bolivia (Espinosa, 1955, I, 463).

Inflorescencias Cosméticas

La Expedición Botánica peruana en el período colonial (1778-1788) tuvo como principal figura a Hipólito Ruiz, quien recorrió gran parte del territorio del virreinato. Exploró en 1784 la provincia de Huánuco, y enumera entre las plantas que vio en las cercanías de Pozuzo la *siasia*, palma de flor olorosa, que describe inicialmente como *Nunnezharia fragrans* o también *Morenia fragrans* (Ruiz, 1952, I, 295, 304-305, 339). Ambos géneros se consideran ahora sinónimos de *Chamaedorea*.

Más de un siglo después, otro ilustre botánico, esta vez inglés, al revisar las diversas formas que presentan los vegetales en América ecuatorial, menciona las flores de la palma *changapilla* (ahora se dice *sangapilla*), de los Andes peruanos (vertiente oriental), que conservan durante meses su fino olor, y por ello las usaban las jóvenes para aromatizar el cabello, y aún camas y altares domésticos (Spruce, 1908, I, 46). Es sabido que este autor permaneció varios meses en la región, con base de operaciones en la localidad de Tarapoto. A esta misma especie se refiere un botánico boliviano, que la halló entre Reyes y Rurrenabaque, en el Departamento del Beni: "Las indias de muchas poblaciones (...) se prenden al pecho la *siyaya*, que así se llama la palmera aquí, para cumplir la función femenina universal de perfumarse" (Cárdenas, 1969, 368).

Frutos

Alimento

Están en primer lugar las tres palmas mencionadas como de uso múltiple, coco, chontaduro y moriche. Las cocoínas suministran varias más: el cucurito (*Maximiliana*) del Orinoco y Guayanas; el táparo o corozo de la costa del Pacífico (*Orbignya cuatrecasana*); diversas especies de *Attalea*, como los almendrones de la cuenca del Cauca. Las Bactridinas presentan *Aiphanes caryotifolia*:

varias *Acronomia*, como el coco grande de Antioquia, y desde luego el chontaduro. A las Phytelephantinas pertenecen las diferentes taguas, de las cuales no sólo es comestible la masa o arilo que rodea las semillas, cuando está maduro, sino las mismas semillas cuando están tiernas o en leche, y así lo consignó para la de Timaná nuestro sabio Caldas (Caldas, 1933, 172; Koziol et al, 1993).

En cuanto a palmeras cuyos frutos sirven para preparar bebidas, en este caso solamente del mesocarpo, son bastantes y de diversos grupos. Las más conocidas que dan bebidas fermentescibles son las de los géneros *Euterpe*, *Scheelea*, *Astrocaryum*, *Bactris*, *Mauritia* etc., mientras que las que dan bebidas oleosas son del género *Oenocarpus*. De esto se ha escrito en otra ocasión (Patiño, 1990, I, 107-108, 104).

Aceites se obtienen del mesocarpo de *Elaeis oleifera* o de la almendra de *Scheelea*, *Maximiliana* (Feil, 1996; 300-309), *Attalea*, incluyendo *Ynesa*, *Orbignya*, algunas *Syngrus*, *Acrocomia*, *Bactris*, *Elaeis*, aunque muchos otros géneros tienen aceite pero en proporciones no comerciales. Sobre 9 oleaginosas espontáneas de la costa del Pacífico se publicó un trabajo, que incluye análisis químicos de tres o cuatro (Patiño, 1977b.) y otro monográfico sobre el nolí (ibid., 1977a.).

Frutos para alimento animal, tanto aves como mamíferos, se han registrado desde temprana época.

Las araras azules (Psittacidos) en la Guayana inglesa a mediados del siglo XIX comían los frutos del cucurito (*Maximiliana*) y del jawari (*Astrocaryum*) (Schomburgk, 1922, II, 6), y en la misma época el loro araruna (*Macrocercus hyacinthinus* Lath.) del Amazonas se alimentaba con los frutos del mucujá (*Acronomia*). En Cametá del mismo Amazonas los gallinazos comían con avidez los frutos de tucumá (*Astrocaryum*) y mucujá (Bates, 1962, 79-80; 74). Las panchanas o loras son plaga muy conocida de la palma de chontaduro en la costa del Pacífico y en el Chocó (Observación personal).

En cuanto a mamíferos silvestres, la Comisión Corográfica de la Nueva Granada, por boca de su relator Manuel Ancízar, registra que los sainos comen la pulpa de la palma tagua en el medio Magdalena (Ancízar, 1956, 422). Igual cosa se registra para la antá del Chocó, que es también un tagua (Pérez, F., 1862, 188-189). Los frutos de palma de cacho (*Socratea*) eran comida de los puercos de monte o báquiras en los llanos venezolanos (Appun, 1961, 189).

Los cerdos domésticos introducidos por los españoles se multiplicaron rápidamente hasta volverse cimarrones,

sobre todo en las Antillas, porque encontraron en muchas palmas un alimento de primer orden. Una de ellas era la palma yagua (*Roystonea*), y el hecho está registrado desde la época de la conquista por el cronista Pedro Mártir de Anglería.

En la isla de Puerto Rico el hecho para varias especies que no se identifican, consta desde el siglo XVIII (Abbad, 1959, II, 116, 117, 124, 143, 249).

En América continental, con mayor número de especies, principalmente del grupo de las Coccoinas o Coccoideas, el proceso fue más amplio, y aún a una de ellas, la *Scheelea butyracea*, se la sigue llamando en el Valle del Cauca, *corozo de puerco* o *palma de puerco*.

Esta asociación de los animales con las palmas, facilitó la propagación de varias especies. Ya desde mediados del siglo pasado Agustín Codazzi y su secretario Felipe Pérez, observaron que en la costa norte del Chocó, al comer los animales el fruto de la antá o tagua, liberaban las semillas (Pérez F., 1862, 188-189). A principios del siglo actual, el científico suizo Jacques Huber, del recién fundado Museo Goeldi de Belem del Pará, en su descripción de la fisiografía y la vegetación amazónicas, llama la atención hacia la asociación de las palmas Coccoinas con el mamífero roedor agutí o cutía (*Dasyprocta*), que entierra las semillas y suele abandonarlas (Huber, 1910, 155), propiciando así la propagación.

Sustitutos de la sal

En el siglo XVIII los otomacos del Orinoco hacían sal incinerando el cuscó de la palma de cucurito (*Maximiliana*) (Gilij, 1965, III, 70).

En varias localidades del Rionegro se usaban con ese fin los frutos calcinados y lixiviados de la palma *jará assú* (*Leopoldinia*) (Wallace, 1878, 45; , 1853, 15-16; , 1939, 625-626).

Frutos y semillas como adornos

De frutos o semillas de diversas palmas el hombre americano elaboró objetos de adorno. Es ambigua la información de un misionero franciscano en el oriente de Venezuela, entre 1670 y 1680 o cosa así, que reza: "Las hembras [habla de cumana gotos, palenques, cores, tamuzas, chaimas, farantes, cuacas, arucas y caribes] usan traer en las orejas arracadas que forman de manillas de caracol y de coco" (Ruiz Blanco, 1892, 62). *Cocos nucifera*, como se demostró en otro lugar (Patiño, 1963, I, 59-74; 84-85) sólo figura en Venezuela a partir de fi-

nes del siglo XVII; a menos que en este caso *coco* esté con el sentido de "cuesco de cualquier palma".

Un viajero por el Amazonas en su relato de 1768, al hablar del río Yapurá o Caquetá y sus afluentes, dice que los indios xumanos traían colgados de las orejas anillos de semilla "de la fruta llamada tucumá" (Noronha, 1862, 46). Como se sabe, esta es *Astrocaryum tucuma*.

Entre las palmas que había en el Nuevo Reino de Granada a mediados del siglo XVIII figura esta: "El coyol es otra especie de palma de que fabrican las cuentas negras y lustrosas para rosarios" (Oviedo, 1930, 24). El nombre coyol es náhuatl, derivado de *coyatl*, palma (Molina, (1571), 1944, Vocabulario 25), pero aplicado particularmente a las del género *Acrocomia*. Estas semillas tenían gran predicamento entre las tribus indígenas mayas. En las ordenanzas que hizo en 1552-1553 el licenciado Tomás López Medel en orden a erradicar la llamada idolatría, dispuso que los señores o caciques no enviaran coyoles a los indios comunes, pues era la señal usada para convocarlos a reuniones secretas (Landa, 1938, 338-339). El empleo para rosarios en Méjico está documentado desde mediados del siglo XVII (Cobo, 1956, I, 264).

En el occidente colombiano es común el dicho "engañar con sortija de corozo", cuando se dan cosas de poco valor en relación con el favor recibido.

Objetos de adorno, tanto para la persona como para la casa, se han hecho también a partir de las semillas de las distintas especies de taguas, y sobre esto existe bastante información.

Las semillas peladas del chascará o mararay *Aiphanes* spp. eran las bolas para jugar casas los niños, antes de que empezaran a imponerse las de cristal (Rivas: Fernández Madrid, 1932, I, 90 etc.).

Notas finales

1) De cerca de setenta especies se presentaron datos sobre dispersión y parcialmente sobre usos en otras oportunidades (Patiño, 1975-76, 183-215; *ibid*, 1967-1968; III, 420-422; *ibid.*, 1974, VI, 38-47). Algunas repeticiones habrán sido inevitables; pero en el presente trabajo se hace énfasis en el aspecto etnobotánico.

2) Recientemente los géneros *Maximiliana*, *Orbignya*, *Scheelea* e *Ynesa* han sido refundidos todos en *Attalea*. Se ha preferido conservar en la mayor parte de los casos el tratamiento taxonómico que tienen los documentos que se citan, para comodidad del lector.

3) Se han preferido las referencias del período colonial como más antiguas y algunas del período republicano, porque reflejan mejor la autenticidad de los usos. Se dejan por fuera numerosas fuentes documentales, pues conviene que otros autores contribuyen con sus trabajos a enriquecer el tema.

4) Hay noticias de usos menores no registrados; pero algunos son puramente locales y no han trascendido. Unos y otros podrían ser objeto de investigaciones folclóricas.

Abreviaturas

ACH-BHN: Academia Colombiana de Historia. Biblioteca de Historia Nacional. Bogotá.

AEA: Anuario de Estudios Americanos. Sevilla.

AEN: Archivo de la Economía Nacional. Bogotá.

BANHV: Boletín de la Academia Nacional de Historia de Venezuela, Caracas.

EDAE: Biblioteca de autores españoles desde la formación del lenguaje hasta nuestros días. Madrid.

EPC-ENP: Biblioteca de la Presidencia de Colombia. Empresa Nacional de Publicaciones. Bogotá.

BPCC: Biblioteca Popular de Cultura Colombiana. Bogotá.

CLDRHA: Colección de libros y documentos referentes a la historia de América. Madrid.

CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

EB: Economic Botany. New York.

ES: Etnologiska Studier. Gotemburgo.

IVIC: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas.

PER: Publicaciones Banco de la República. Bogotá.

RACC: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Bogotá.

RCA: Revista Colombiana de Antropología. Bogotá.

SGHG: Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala, Guatemala.

UCV: Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Bibliografía

- Abbad y Lasierra, Iñigo (Fr.):** 1959. Historia geográfica, civil y natural de la isla de San Juan Bautista de Puerto Rico. Estudio preliminar por Isabel Gutiérrez del Arroyo. Ediciones de la Universidad de Puerto Rico. Méjico. Editorial Orión. cxxxii, 320 pp.
- Acuña, Cristóbal de (S.J.):** 1942. Nuevo descubrimiento del gran río de las Amazonas, por el Padre... Al cual fue y se hizo por orden de su majestad el año de 1639. Bogotá. (En Maldonado & Acuña, pp. 51-181).
- Acuña, Cristóbal:** (Véase Figueroa, Francisco de, y otros, 1976).
- Alvarado, Lisandro:** Obras completas de... Ministerio de Educación. Caracas. Imprenta Nacional.
- _____ 1953. I. Glosario de voces indígenas de Venezuela. Voces geográficas. (Trabajo inédito complementario). xxviii, 422, 3 (índice) pp., 2 retratos, facsímil portada 1a. ed.
- _____ 1954. II. Glosarios del bajo español en Venezuela. Primera parte: Aceptaciones Especiales. Prólogo de Pedro Grases. xxxvi, 505 pp., 1 mapa plegable fuera texto, 1 retrato Alvarado, fac. 1a. ed.
- Amaral, Luis:** Historia geral da Agricultura brasileira no triplice aspecto politico-social-económico. (BRASILIANA, Serie 5a. vols. 160, 160A, 160B. Biblioteca Pedagógica Brasileira). Companhia Editora Nacional. São Paulo. Empreza Graphica da "Revista dos Tribunaes".
- 1940 Vol. II, 473 pp..
- Ancizar, Manuel.** 1956. Peregrinación de Alpha por las provincias del norte de la Nueva Granada, en 1850-1851. BPC-ENP, 24, Bogotá, 496 pp.
- Appun, Karl Ferdinand:** 1961. En los trópicos. Traducción del alemán: Federica de Ritter. UCV. Ediciones Biblioteca, 2. Caracas. Imprenta Universitaria. 519 pp., il..
- Arellano Moreno, A. (edit.):** 1961. Documentos para la historia económica de Venezuela. Recopilación y prólogo de...UCV. Facultad de Humanidades y Educación. Caracas. Imprenta Universitaria. 421 pp.
- _____ 1970. Documentos para la historia económica en la época colonial. Viajes e informes. Selección y estudio preliminar de...BANHV, 93, Caracas. Italgáfica. xiv, 552 pp..
- Barbosa Rodriguez, João:** 1893. Vocabulario indígena com a orthografia correcta (Complemento da PORANDURA AMAZONENSE). Publicação da Bibliotheca Nacional. Rio de Janeiro. Typ. de G. Leuzinger & Filhos. iv, 64 pp..
- Barfod, Anders & Henrik Balslev:** 1988. The use of palms by the cayapas and coaiqueiros on the coastal plain of Ecuador. PRINCIPES, 31(1), 1988, pp. 29-42.
- Bates, Henry Walter:** 1962. The naturalist on the river Amazons. Foreword by Robert L. Usinger. Berkeley and Los Angeles. University of California Press. Reprinted from the second edition: John Murray. London. 1864. x, 465 pp., 4 pp. de mapas y varias figuras entre texto.
- Bondar, Gregorio:** 1942. A piassaveira e outras palmeiras Attaleaceas (sic) na bahia. Instituto Central de Fomento Económico de Bahia. Boletim No. 13. Bahia. Tipografía Naval. 76 pp.
- Borde, Pierre-Gustave-Louis.** Histoire de l'île de La Trinidad sous le gouvernement espagnol Paris. Maisenneuve et Cie., libraires-éditeurs. Imp. de G. Jacob. Orléans.
- _____ 1876. Première partie (1498 a 1797). Découverte, conquête et Colonisation. xxiv, 329 pp..
- Borgtoft Pedersen, Henrik:** Mocado palm-fibers: Use and management of *Astrocaryum standleyanum* (Arecaceae) in Ecuador. EB. 48(3), July-September 1994: 310-325, 10 fig..
- Boussingault, (Jean-Baptiste) & R., (François Désiré).** 1849. Viajes científicos a los Andes ecuatoriales o colección de memorias sobre Física, Química e Historia Natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela... Traducidas por J. Acosta... Paris. Librería Castellana. Lasserre, editor. Imprenta de Beau, Saint Germain en Laye. xxi, 322 pp..
- Caldas, Francisco José de:** 1933. Relación de un viaje hecho a Cotacache, La Villa, Imbabura, Cayambe etc., comenzado el 23 de julio de 1802, por...Erudición Ibero-Ultramarina. Madrid. IV, pp. 163-172; 349-363.
- Cárdenas, Martín:** 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Cochabamba. Imprenta metodista Icthus. (10), 422 pp.. (offset).
- Castellanos, Juan de:** 1955. Obras. Prólogo de don Miguel Antonio Caro. BPC, vols. 9, 10, 11 y 12. Bogotá. Editorial ABC. Tomo I, 696 pp..
- Castillo Mont, J. J., Negli René Gallardo, and Dennis V. Johnson.** The pacaya palm (*Chamaedorea tepejilote*; Arecaceae) and its food use in Guatemala. EB, 48(1), January-March 1994: 68-75, 4 fig.
- Caulin, Antonio:** 1966. Historia de la Nueva Andalucía. Estudio preliminar y edición crítica de Pablo Ojer, S.J. BANHV, 81, 82, Caracas, Italgáfica.
- I. ccxcii, 411 pp., 1 mapa plegable f. de texto, 1 fac. 1a. ed..
- Cobo, Barnabé:** 1956. Obras del P.. Estudio preliminar y edición del P. Francisco Mateos. BDAE, tomo 91 y 92. Madrid. Gráficas Orbe. I. xlviii, 439 pp..
- Cook, O.F.** 1910. History of the coconut palm in America. SMITHSONIAN INSTITUTION. Contributions from the United States National Herbarium. Vol. 14. Part. 2, Washington, Government Printing Office. xii, 271-342 (=84) pp..
- _____ & C.B., Doyle. The edible pacaya palm of Alta Verapaz. National Horticulture Magazine 18, 1939: 161-179, figs. 1-9.
- Cortés y Larraz, Pedro:** 1958. Descripción geográfica-moral de la diócesis de Goathemala.. Prólogo del licenciado Adrián Recinos. Biblioteca "Goathemala" de la Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala. Volumen XX. Guatemala. C.A. Tipografía Nacional. II. 304 pp.
- Cuervo, Antonio B.:** Colección de documentos inéditos sobre la geografía y la historia de Colombia, recopilados por... Impresión dirigida y revisada por Francisco Javier Vergara V. (Menos Tomo II).
- _____ 1892. T. II. Sección 1a. Geografía y Viajes. Costa Pacífica, provincias litorales y campañas de los conquistadores. Bogotá, 543, xx pp..
- _____ 1893. T. III. Sección Segunda. Geografía, Viajes, Misiones y Límites. La Hoya del Orinoco durante la Colonia. 536 pp..
- _____ 1894. T. IV. Sección 2a. Geografía-Viajes-Misiones-Límites. Casanare y el Caquetá, durante la Colonia. Bogotá, 516 pp..

Tomo II, Casa Editorial de J.J. Pérez.

Tomos III y IV, en Imprenta de Vapor de Zalamea Hnos.

Descourtilz, M(ichel) E (tienne): 1833. Flore pittoresque et médicale des Antilles, ou Histoire Naturelle des plantes usuelles des colonies françaises, anglaises espagnoles et portugaises, par... Peinte d'après les dessins faits sur les lieux par M.J. Th. Descourtilz. Seconde édition. Paris. Imprimerie de Casimir.

VI. (4), 308 pp., lám. 381-452 fuera texto.

De Verteuil, L(ouis) A(ntoine) A(imé): 1884. Trinidad: Its geography, natural resources, administration, present condition, and prospects. Second edition. London. Cassell & Company Ltd. xii, 484 pp., 1 pliable map out text.

Ducke, A(dolfo): 1946. Plantas de cultura precolombina na Amazonia brasileira. Notas sobre as especies ou formas espontaneas que supostamente lhes teriam dado origem. Inst. Agron. do Norte. BOLETIN TECNICO No. 8, Belem do Pará. 29 junho 1946, pp. 1-24.

Dugand, Armando & Read, R.W.: Palmarum colombiensium elenchus. CESPEDESIA. Vol. V. Nos. 19-20. Julio-Diciembre de 1977. Pp. 257-340.

Du Tertre, J(ean) B(aptiste): Histoire générale des Antilles. Réédition executée d'après l'édition de 1677-1671 aux frais de la Societé d'Histoire de la Martinique. Editions C.E.P. Fort-de-France. Imprimeries Réunis Casablanca.

1958. T. II. (6), 501 pp..

Espinosa Pérez, Lucas (O.S.A.): Contribuciones lingüísticas y etnográficas sobre algunos pueblos indígenas del Amazonas peruano. CSIC. Instituto Bernardino de Sahagún. Madrid. Sucesores de Rivadeneyra S.A.

1955. I. Sección 1a. Indios Piojé; Sección 2a. Indice koto u orejón; Sección 3a. Indios yameo; Sección 4a. Apéndices e índices. 602 pp., 2 mapas plegables fuera texto.

Exquemeling, John y Ringrose, Basil: 1945. Piratas de América. Introducción, Henry Powell. Buenos Aires. Editora Colombia. Talleres Gráficos de Macagno, Landa y Cía. 390 pp.

Farabee, William Curtis: 1924. The central caribs. University of Pennsylvania. The University Museum Anthropological Publications, Vol. X. Philadelphia. Published by the University Museum. 300 pp., XL plates (1 full color), 1 map out text.

Feil, Jan Peter: Fruit production of *Attalea colenda* (Arecaceae) in coastal Ecuador. An alternative oil resource? E.B. 50(3), July-September 1996: 300-309.

Fermin, Philippe: Description générale, historique, géographique et physique de la colonie de Surinam... Enrichie de figures & d'une carte topographique du pais. Par... docteur en Médecine. A Amsterdam. Chez E. van Harrevelt.

1769. Tome premier. xxiv, 252 pp. y 1 map.

Fernández, León: Colección de documentos para la historia de Costa Rica, publicados por el Lic. Don...

1883. T. III. San José. Imprenta Nacional. xx, 488 pp..

Fernández Madrid, Pedro: Escritos de don... (Véase RIVAS, Raimundo, 1932, I).

Figueroa, Francisco de (P.): 1904. Relación de las misiones de la Compañía de Jesús en el país de los Maynas. CLDRHA, I. Madrid, xvi, 420 pp.

_____, **Cristóbal de Acuña y otros:** 1986. Informes de jesuitas en el Amazonas. 1660-1684. MONUMENTA AMAZONICA. B I. Instituto de Investigaciones IIAF. CETA. Iquitos, Perú. S.p.i. 368 pp.

Gilij, Filippo Salvatore: 1965. Ensayo de Historia Americana. Traducción y estudio preliminar de Antonio Tovar. Fuentes para la Historia Colonial de Venezuela. BANHV, vols. 71, 72, 73, Caracas. Italgráfica. C.A.

I, xxxiv, 327 pp..

II, 343 pp..

III, 359 pp..

Gordon, B. Le Roy: 1957. Human Geography and Ecology in the Sinú country of Colombia. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. xiii, 117 pp. de texto y con 16 lám., 136 pp.

Gumilla, Joseph: 1955. El Orinoco ilustrado. Historia natural, civil y geográfica de este gran río. Biblioteca de la Presidencia de Colombia. No. 8, Bogotá. Editorial ABC, 427 pp..

Hardenburg, W.E.: 1913? The Putumayo. The devil's paradise. Travels in the Peruvian Amazon region and an account of the atrocities committed upon the Indians therein. Edited and with an introduction by C. Reginald Enock... London. 2d. impression, 1913? (S.f.). T. Fisher Unwin. London: Adelphi Terrace. Leipsic. inselstrasse 20, 347 pp..

Hart, J.H. (inchley): TRINIDAD Annual report on the ROYAL BOTANIC Gardens, and their work. Port-of-Spain. The Government Printing Office.

1905 22 pp.

Heriarte, Mauricio de: 1874. Descrição do estado do Maranhão, Pará, Corupá e rio das Amazonas. Feita por...Ouvidor-geral, Provedor-mór e Auditor, que foi, pelo Governador D.Pedro de mello, no anno de 1662...Dada a luz por 1a. vez. Vienna d'Austria. Imprensa do filho de Carlos Gerold. 84 pp..

Herrera Angel, Leonor: Kanumá: Un mito de los Yukuna-Matapí. RACC, Bogotá, Vol. XVIII, 1975, (1er. semestre): 383-416.

Huber, J.: (1910): Mattas e madeiras amazonicas. BOLETIM DO MUSEU GOELDI (MUSEU PARAENSE) DE HISTORIA NATURAL E ETHNOGRAPHIA. Pará. Vol. VI. 1909. pp. 91-225.

Humboldt, Alexandre de: Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente, hecho en 1799, 1800, 1802, 1803 y 1804 por... y A. BONPLAND. (Biblioteca Venezolana de Cultura). Caracas. Escuela Técnica Industrial. Talleres de Artes Gráficas. Traducción de Lisandro Alvarado, Eduardo Röhl y José Nueete Sardi.

1941 T. III. 406 pp.

1942 T. IV. 606 pp..

im Thurn: (Véase Thurn, Everard F. im, 1883).

Jensen, de Holm and Henrik Balslev: Ethnobotany of de fiber palm *Astrocaryum chambira* (Arecaceae) EB, 49(3), 1995: 309-319.

Jiménez Donozo, Juan: Relación del Chocó, o de las provincias de Citará y Nóvita que tienen esta denominación, en que se manifiesta su actual estado y en el que se podrían poner conforme al reconocimiento del capitán de ingenieros don...Noviembre 15 de 1780. (En ORTEGA RICAURTE, Enrique, 1954).

- Johnson, Dennis V.:** (Véase Castillo Mont, Juan José, Negli René Gallardo, and Dennis V. Johnson, 1994).
- Karsten, Rafael:** 1923. Blood revenge, war, and victory feasts among the Jibaro indians of Eastern Ecuador. Smithsonian Institution. Bureau of American Ethnology. Bulletin 79. Washington. Government Printing Office. 94 pp. y 9 láminas.
- _____ 1935. The head-hunters of Western Amazons. The Life and Culture of the Jibaro Indians of Eastern Ecuador and Perú... (Commentationes humanarum litterarum, VII, 1). Helsingford. Centraltryckeri och Bokbinderi Ab. xvi, 598 pp..
- Koziol, Michael J, and Henrik Borgtoft Pedersen:** *Phytelephas aequatorialis* (Arecaceae) in human and animal nutrition. EB, 47(4), 1993, 401-407.
- Landa, Diego de (Fr.):** 1938. Relación de las cosas de Yucatán, por el P...Introducción y notas por Héctor Pérez Martínez. Séptima edición. Con un apéndice en el cual se publican por primera vez varios documentos importantes y cartas del autor. México, D.F. Editorial Pedro Robredo. Talleres tipográficos de A. del Bosque. 411 pp..
- Maldonado, José de (O.F.M.) & Acuña, Cristóbal de (S.J.):** 1942. Relaciones del descubrimiento del Río de las Amazonas. Reimpresión de la edición de 1642 revisada y anotada por Juan B. Bueno Medina. Fondo Rotatorio de Publicaciones del Ministerio de Educación Nacional...Bogotá. Imprenta Instituto Gráfico Ltda. 188 pp..
- Maroni, Pablo (S.J.):** 1889. Noticias auténticas del famoso río Marañón y misión apostólica de la Compañía de Jesús de la provincia de Quito... Escribíalas por los años de 1738 un misionero de la misma Compañía, y las publica ahora por primera vez...Madrid. Establecimiento Tipográfico de Fontanet. Impresor de la Real Academia de la Historia. 676 pp..
- Martius, Car(olus) Frid(eric) Phil(ipus) de:** 1843. Systema materiae medicae vegetabilis brasiliensis. Composituit.. Lipsiae, apud Frid. Fleischer. Vindobonae, apud Frid. Beck in cmm.. (2), xxvi, 155 pp..
- _____ 1939. Natureza, doenças, medicina e remedios dos indios brasileiros (1844). Edição ilustrada. Tradução, prefacio e notas de Pirajá da Silva. São Paulo. Companhia Editora Nacional. Empreza Graphica da "Revista dos Tribunaes". xxxii, 286 pp. y XIX lám. fuera texto.
- Michelena y Rojas, F.:** 1867. Exploración oficial por la primera vez desde el norte de la América del Sur, siempre por los ríos, entrando por las bocas del Orinoco, de los valles de este mismo y del Meta, Casiquiare, Río-Negro o Guaynía y Amazonas, hasta Nauta en el Alto marañón o Amazonas, arriba de las bocas del Ucayali... En los años de 1855 hasta 1859. Bruselas. A Lacroix, Verboecheoven y Cia., impresores y editores. 684 pp..
- Molina, Alonso de (Fr.):** 1944. Vocabulario en lengua castellana y mexicana, por el R.P. fray...Obra impresa en México, por Antonio de Spinola en 1571, y ahora editada en facsimil. Colección de incunables americanos. Siglo XVI. Vol. IV. Madrid. Ediciones Cultura Hispánica. Gráficas Ultra (4), 121, 2, 2, 162 pp. dobles.
- Monteiro de Noronha, José:** 1862. Roteiro da Viagem da Cidade do Pará, até as ultimas colonias do sertão da Provincia. Escripito na Villa de Barcellos pelo Vigario Geral do Rio Negro o Padre Dr..., no anno de 1768. Pará. Typographia de Santos & Irmãos. 77, v pp..
- Moraes da Fonseca Pinto, José Francisco Javier:** (Historia da Companhia de Jesus no Pará. Pará (1759, 1860). Ficha extraviada.
- Morales Padrón, Francisco:** 1958. Aspectos de la cultura de los indios Muzos (alto Magdalena). (AEA, Sevilla, 1958, vol. XV, pp. 551-582). Relación de la región de los indios Muzos y Colimas ordenada hacer por el gobernador Juan Suárez de Cepeda (pp. 583-616).
- Noronha, José Monteiro de:** (Véase Monteiro de Noronha, José, 1862).
- Ortega Ricaurte, Enrique:** 1954. Historia documental del Chocó. Publicaciones del Departamento de Bibliotecas y Archivos Nacionales, vol. XXIV, Bogotá, Editorial Kelly, viii, 293 pp. y láminas fuera texto.
- Oviedo, Basilio Vicente de:** 1930. Cualidades y riquezas del Nuevo reino de Granada. Manuscrito del siglo XVIII, publicado con un prólogo, por Luis Augusto Cuervo. ACH-BHN, Vol. XLV, Bogotá, Imprenta Nacional. xxiv, 337 pp..
- Oviedo y Valdés, Gonzalo Fernández de:** 1959. Historia general y natural de las Indias. Edición y estudio preliminar de Juan Pérez de Tudela Bueso. EDAE. Continuación de la Colección Rivadeneira. Tomos 11/-121. Madrid. Ediciones Atlas. Gráficas Orbe, S.L.
- _____ 1959 III, 435 pp..
- Patiño, Víctor Manuel:** 1947. Exploración agrícola del litoral Pacífico. Campaña de cultivos coloniales. Memoria bianual de 1945-1946. Departamento del Valle del Cauca. Secretaría de Agricultura y Fomento. Cali. Imprenta Departamental. 52 pp. y 2 croquis.
- _____ 1949. Estación Agro-Forestal del Pacífico de Calima-Buenaventura. Memoria anual de 1948. Departamento del Valle del Cauca. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Sección Cultivos Coloniales. Serie Informativa, Año II, No. 3, Cali. Editorial Pacífico. 58 pp..
- _____ Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Cali. Imprenta Departamental. 1963 T.I. 547, (1 erratas) pp.. 1967-1968 T. III, 569, (2 erratas) pp..
- _____ 1965-1966. Historia de la actividad agropecuaria en América equinoccial. 1a. edición. Cali. Imprenta Departamental. 601, (1 erratas) pp..
- _____ 1975-1976. Historia de la vegetación natural y de sus componentes en la América equinoccial. Cali. Imprenta Departamental. 431 pp..
- _____ 1977a. El corozo o nolí (*Elaeis oleifera*) (HBK) Cortés ex Wessels Boer), recurso natural oleaginoso de Colombia. Cespedesia, vol. VI, Nos. 21-22, enero-junio 1977: 7-122.
- _____ 1977b. Palmas oleaginosas de la costa colombiana del Pacífico. Cespedesia, Cali, Vol. VI, Nos. 23-24, julio-diciembre de 1977: pp. 127-260.
- _____ Historia de la cultura material en la América equinoccial. Bogotá. Imprenta Patriótica. Instituto Caro y Cuervo. 1990. Tomo I. Alimentación y alimentos. xviii, 345 pp.il. 1990 "II. Vivienda y menaje. 552 pp.. 1991 "III. Vías, transportes, comunicaciones. 521 pp.il.. 1992 "V. Tecnología. 346 pp.il..

- _____ 1995. Datos etnobotánicos adicionales sobre el cachipay o pijibay (*Bactris gasipaes* Kunth), Arecaceae y especies afines en América intertropical. RACC, vol. XIX, No. 75, Bogotá, noviembre pp. 661-671.
- Pérez, Felipe.** 1862. Jeografía física del Estado del Cauca, escrita de orden del Gobierno Jeneral, por...miembro de la nueva Comisión encargada de los trabajos corográficos de la República. Bogotá. Imprenta de la Nación. 334 pp..
- Poma de Ayala, Felipe Guaman:** 1944. Primer nueva coronica y buen gobierno. Escrita entre 1584 y 1614. Publicada y anotada por Arthur Posnansky. La Paz. Editorial del Instituto Tihuanacu de Antropología, Etnografía y Prehistoria. (ii), vi, x, 890 (no numeradas) pp..
- Puig, Manuel María:** 1944. Diccionario de la lengua Caribe Cuna, por el P...misionero del Corazón de María. Con prólogo de Ernesto J. Castellero R. Panamá. La Estrella de Panamá. 193 pp..
- Putz, Francis E.:** Biology and human use of *Leopoldinia piassaba*. Principes, 23(4), 1979: 149-156.
- Ramos Pérez, Demetrio:** 1946. El tratado de límites de 1750 y la expedición de Iturriaga al Orinoco. Prólogo de Armando Melón y Ruiz de Gordejuela. CSIC. Instituto Juan Sebastián de Elcano. Madrid. Gráficas Versal. iv, 537 pp..
- Restrepo, José Manuel:** Historia de la revolución de la República de Colombia en la América meridional. Publicaciones del Ministerio de Educación Nacional. BPCC. (Historia). Vols. IX, X, XIV, XV, XVIII, XIX, , , Bogotá.
1944 IV. Imprenta Nacional. 483 pp..
- Ribeiro de Sampaio, Francisco Xavier:** 1825. Diario da Viagem que em visita, e correição das povoações da capitania de S. Jose do Rio Negro fez o ouvidor e intendente geral da mesma...no anno de 1774 e 1775. Exornado com algumas noticias geograficas, e hidrograficas da dita capitania...Vindica-se occasionalmente o direito dos seus verdadeiros limites pela parte do Perú, Nova Granada, e Guyana. E tratase a questão da existencia das Amazonas Americanas, e do famoso lago dourado. Lisboa. Na Typografia da Academia. (4), 120 pp..
- Ringrose, Basil:** (Véase Exquemeling, John y Ringrose, Basil, 1945).
- Rivas, Raimundo:** 1932. Escritos de don Pedro Fernández Madrid, publicados con noticias sobre su vida y su época, por...Bogotá. Editorial Minerva. Tomo I. 601 pp..
- Rivero, Juan:** 1956. Historia de las misiones de los llanos de Casanare y los ríos Orinoco y meta. Por el P...de la Compañía de Jesús. BPC, No. 23. Bogotá. Editorial Argra. Empresa Nacional de Publicaciones. xiv, 454, (7 de indice) = 475 pp..
- Rivero y Ustariz, Mariano Eduardo de:** Colección de memorias científicas, agrícolas e industriales, publicadas en distintas épocas. Bruselas. Imprenta de H. Goemaere.
1857 T.I. (4), ii (índice), viii, 294 pp., 7 láminas (dibujos) y mapas plegables del río Meta y de Cerro de Pasco.
- Rosa, José Nicolás de la:** 1945. Floresta de la santa iglesia catedral de la ciudad y provincia de Santa Marta. Biblioteca Departamental del Atlántico. Biblioteca de Escritores Costeños. Vol. I. Barranquilla. Empresa Litográfica S.A., 326 pp..
- Ruiz (López), Hipólito:** 1952. Relación histórica del viage, que hizo a los Reynos del Perú y Chile el Botánico don... en el año de 1777 hasta el de 1788, en cuya época regresó a Madrid. Segunda edición enmendada y completada en todo lo que faltaba, por el Dr. Jaime Jaramillo Arango. Publicada por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Talleres Gráficos de Cándido Bermejo.
Tomo I, (Texto): xlv, 526 pp..
- Ruiz Blanco, Matías (Fr.):** 1892. Conversión en Píritu (Colombia) de indios cumanagotos y palenques...Colección de libros raros o curiosos que tratan de América. Tomo VII. Madrid. Librería de Victoriano Suárez. Imprenta de Tomas Minuesa. xvi, 228 pp..
- Sarmiento de Gamboa, Pedro:** 1947. Historia de los Incas. 3a. edición. Biblioteca Emecé de obras universales. Sección X-Historia y Arqueología. Buenos Aires. Compañía Impresora Argentina, S.A. 302 pp..
- Schenk, Fr (iedrich) Von:** 1953. Viajes por Antioquia en el año de 1880. Traducción del alemán por Ernesto Guhl. Banco de la República. AEN. 9. Bogotá. Imprenta del Banco de la República. 76 pp. y 3 mapas.
- Schomburgk, Richard:** Richard Schomburgk's travels in British Guiana. 1840-1844. Translated and edited, with geographical and general Indexes, and route maps, by Walter E. Roth. Georgetown.
1922 I. 402 pp. y 1 mapa.
1923 II. 443 pp. y mapas.
- Schomburgk, Robert H(ermann):** 1840. A description of British Guiana, geographical and statistical; exhibiting its resources and capabilities, together with the present and future condition and prospectus of the colony. London. Simpkin, Marshal and Co., Printed by Richard and John E. Taylor. (4), 155 pp., 1 map (pliable) out text.
- Sedeño, Antonio:** Carta relación que hace...al emperador de todo lo que le aconteció en la isla de Paria y que le obligan a abandonar aquellos lugares. (En Arellano Moreno, A., 1961: 135-168).
- Serra, Juan de Santa Gertrudis (Fr.):** 1956. Maravillas de la Naturaleza. Bogotá. BPC, Vols. 28 y 29. Editorial ARGRA. Tomo I. Primera y segunda parte. 423 pp. y 1 mapa f. de texto.
- Simón, Pedro:** 1953. Noticias historiales de las conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales. Por Fr...del orden de San Francisco del Nuevo Reino de Granada. (1a. ed. 1627). Edición dirigida por Manuel José Forero. Biblioteca de Autores Colombianos. 44-52. Bogotá. Editorial Kelly. Tomo IX. 249 pp..
- _____ . 1963. Noticias historiales de Venezuela. Estudio preliminar por Demetrio Ramos Pérez...BANHV, vols. 66 y 67. Caracas. Editorial Arte. Tomo II. 674, (22 índice) pp..
- Soukup, Jaroslav:** 1980? Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y Catálogo de géneros. 2a. ed. Lima. Editorial Salesiana. S.f. 439 pp..
- Spruce, Richard:** 1908. Notes of a Botanist on the Amazon & Andes. Being records of travel on the Amazon and its tributaries, the Trombetas, Rio Negro, Uaupés, Casiquari, Pacimoni, Huallaga, and Pastaza... during the years 1849-1864. Edited and condensed by Alfred Russell Wallace... With a biographical Introduction, Portraits, seventy-one illustrations and seven maps. London. Mac Millan and Co. Limited. Edinburgh. I. lii + 518 pp.. II.xii, 542 pp., 4 mapas (2 plegables) fuera texto.

- Suárez, María Matilde:** 1968. Los warao-Indígenas del delta del Orinoco. IVIC. Departamento de Antropología. Caracas. Editora Venográfica. Linotipo Sarria. xii, 311 pp., incl. 80 lám..
- Susnik, Branislava:** 1978. Los aborígenes del Paraguay. I. Etnología del Chaco boreal y su periferia (Siglos XVI y XVIII). Museo Etnográfica "Andrés Barbero". Asunción. Escuela Técnica Salesiana. 156 pp..
- Sylvain, P.G.:** 1930. Étude sur les principaux arbres et arbustes d'Haiti propres a l'ornamentation. Service Technique du Département de l'Agriculture et de l'Enseignement Professionel. Bulletin No. 21. Port-au-Prince. Octobre, 1930, 57 pp..
- Thiel, Bernardo Augusto.** Relación de un viaje a los indios Guatusos (título libre). (En Fernández, León, 1883, III, 309-324).
- Thurn, Everard F. im:** 1883. Among the Indians of Guiana. Being sketches, chiefly anthropologic, from the interior of British Guiana. With 53 illustrations and a map. London. Kegan paul, Trench & Co. Printed by spottiswoode and Co., xvi, 445 pp..
- Tovar, Enrique D.:** 1966. Vocabulario del oriente peruano. Prólogo de Martha Hildebrandt. Universidad Mayor de San Marcos. Lima. Imprenta Universidad Mayor de San Marcos. 214 pp..
- Uriarte, Manuel J. (S.J.):** 1952. Diario de un misionero de Mainas. Transcripción, introducción y notas del P. Constantino Bayle, S.J. CSIC. Instituto Santo Toribio de Mogrovejo. Biblioteca "Misionalia Hispánica". vols. viii, ix. Madrid. Ediciones Jura. T. I, 379 pp., las primeras lvii en romanos.
- Valdizan, Hermilio y Maldonado, Angel:** 1922. La Medicina popular peruana. (Contribución al Folklore médico del Perú). Lima. Imprenta Torres Aguirre. III. (Documentos ilustrativos). 488, xl pp..
- Vergara y Velasco, F(rancisco) J(avier):** 1974. Nueva Geografía de Colombia escrita por regiones naturales. 1a. ed. 1902. AEN.PER. Bogotá, Talleres Gráficos del Banco de la República. Tomo II. pp. 399-840.
- Wallace, Alfred Russell:** 1853. Palm trees of the Amazon and their uses. With forty-eight plates. London. John van Voorst. Printed by Taylor and Francis. viii, 125 pp..
- _____ 1878. Tropical nature and other essays. London. Macmillan and Co. R. Clay, Sons, and Taylor. xvi, 356 pp..
- _____ 1939 Viagens pelo Amazonas e Rio Negro. Tradução de Orlando Torres. Prefaciada, anotada e revista por Basilio de Magalhães. Ed. ilustrada. Brasileira. Serie 2a. vol. 156. São Paulo. Companhia Editora Nacional. Empresa Gráfica da "Revista dos Tribunaes". xl, 668 pp. e 17 estampas.
- Wassen, Henry:** 1935. Notes on Southern groups of Chocó Indians in Colombia. Es. Goteborgs Museum. pp. 35-182.
- Wilbert, Johannes:** The palm leaf sail of the warao Indians. PRINCIPES, 24(4), 1980: 162-169.
- Ximenez, Francisco:** Historia de la provincia de San Vicente de Chiapa y Guatemala de la Orden de Predicadores. Prólogo del Lic. J. Antonio Villacorta C. SGHG. Biblioteca "Goathemala". Vol. I. Guatemala C.A. Tipografía Nacional.
- _____ 1931. T. III. Prólogo: Estudios del Licenciado Agustín Mencos F. y doctor Ramón A. Salazar, xxxii, 432 pp..
- Zawadzky C(olmenares), Alfonso:** 1947. Viajes misioneros del R.P. Fr. Fernando de Jesús Larrea, franciscano, 1700-1773, Cali, Imprenta Bolivariana, vii, 326 pp..

PANENCEFALITIS ESCLEROSANTE SUBAGUDA (PEESA)

Identificación, manejo y solución de un problema también nuestro*

por

Gabriel Toro González**

Resumen

Toro González, G. Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). Identificación, manejo y solución de un problema también nuestro. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 25-34, 1997. ISSN. 0370-3908.

Se presentan la historia, la patología y los aspectos clínicos de la Panencefalitis Esclerosante subaguda (PEESA) en Colombia, donde tal enfermedad se reconoció por primera vez en 1966, tras lo cual se han diagnosticado numerosos casos. Igualmente se analizan las relaciones entre la PEESA y la vacuna contra el sarampión.

Palabras claves: Panencefalitis, Colombia.

Abstract

History, pathology and clinical aspects of subacute Sclerosing Panencephalitis in Colombia are presented. The relationship of the disease and measles vaccine is also discussed.

Key words: Panencephalitis, Colombia.

Historia

Una mejor comprensión del cuadro clínico y su correlación con los aspectos patológicos, la identificación de su

etiología, el análisis de su epidemiología y de los mecanismos causales de la Panencefalitis Esclerosante Subaguda (PEESA) no sólo ha representado un extraordinario avance para la Biomedicina, sino que ha suministrado un mo-

* En memoria de los 120 pacientes, casi todos niños, quienes nos enfrentaron al problema, nos dieron la oportunidad de encontrar la más adecuada forma de manejo en busca de una solución.

** Neuropatólogo, Profesor Honorario de la Universidad Nacional de Colombia, Investigador emérito del Instituto Nacional de Salud y Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Santafé de Bogotá.

delo de experimentación contribuyendo al mejor conocimiento del grupo de entidades reunidas bajo la denominación, hasta hace poco vigente, de "enfermedades virales lentas" y de las encefalitis de etiología viral en general.

Los hechos que finalmente llevaron a comprender la etiología de la PEESA se extienden a lo largo de aproximadamente medio siglo. **Dawson** en 1933 y 1934 describió inclusiones intracelulares de tipo A en cerebros de pacientes que él consideró erróneamente fallecidos por Encefalitis letárgica. **Pette** y **Doring** en 1939 informan varios casos de Panencefalitis con características de Encefalitis japonesa. En el mismo año **Van Bogaert** y de **Busscher** describieron la "Esclerosis inflamatoria de la substancia blanca", en el primer caso de la serie que posteriormente denominaron Leucoencefalitis esclerosante subaguda o enfermedad de **Van Bogaert**, supuestamente por entonces diferente de la Encefalitis de inclusión tipo **Dawson** y de la nodular descrita por **Pette** y **Doring**. Un aporte muy valioso hacia la teoría unicista de estas supuestas tres entidades fue el dado por **Kalm** en 1952, quien delimitó un patrón clínico común. **Radermecker** entre 1949 y 1956 describió los cambios electroencefalográficos comunes a este grupo de encefalitis crónicas y comprobó que la periodicidad, no constante pero sí muy frecuente, es en la PEESA una ayuda significativa para el diagnóstico.

En el Simposio de Amberes en 1959, se revisaron 65 casos de PEESA procedentes en su mayoría de los países europeos; ahí **Tariska** y **Osetowska** definieron el tipo y la distribución de las lesiones de esta entidad y **Petsche** y col. demostraron los patrones electroforéticos de las proteínas del líquido cefalorraquídeo.

Bouteille y col. en 1965, describieron la ultraestructura de las inclusiones intracelulares que estimaron semejantes a las observadas en cultivos infectados por el virus del sarampión. **Freeman** y col. en 1967 demostraron por inmunofluorescencia antígeno sarampionoso en el tejido cerebral. **Connolly** y col. en el mismo año comprobaron la presencia tanto del antígeno como del anticuerpo sarampionoso en LCR y en suero de pacientes con esta encefalitis. La conferencia sobre virus del sarampión y PEESA, auspiciada en 1967 por el NINDB revisó las evidencias sobre la etiología de la PEESA quedando bastante esclarecida la responsabilidad del virus del sarampión como causante de esta entidad. **Horta-Barbosa** y col. y posteriormente **Payne** y col. lograron aislar el virus del sarampión del cultivo de la biopsia cerebral de algunos pacientes. La formación de sincitios, conocido efecto citopatogénico del virus del sarampión, se ha demostrado al cultivar tejido de la biopsia cerebral de estos pacientes

y también lo hemos logrado al estudio directo histopatológico de algunas biopsias.

Esta encefalitis tiene distribución mundial y su frecuencia parece mayor en las regiones subdesarrolladas del mundo en las cuales la vacunación antisarampionosa se inició hace poco y a veces es limitada o inexistente. En América Latina los primeros casos comprobados por estudio post-mortem o por biopsia fueron identificados en nuestro país a partir de 1966 y hoy es posible reunir varios centenares si a los 120 casos colombianos se suma la experiencia de países como México, Brasil y Venezuela entre otros.

Fisiopatogenia

A pesar de los avances extraordinarios que se han logrado en este terreno en los últimos años, aún no se conoce el mecanismo por el cual el virus del sarampión permanece en el tejido nervioso por períodos tan largos (años, excepcionalmente décadas) y cuál es el o los factores que ponen en marcha la serie de eventos activadores del virión. El primer hecho sobresaliente es que la Panencefalitis esclerosante subaguda se presenta sólo mediante la interacción del huésped y del virus, pues ha sido muy grande el número de pacientes de sarampión e infinitamente menor el que tardíamente desarrolló esta Panencefalitis. Estudios experimentales con los virus del sarampión y con la PEESA sugieren que los factores determinantes para que se produzca una infección persistente o defectuosa pueden ser ciertos cambios de maduración en las células del sistema nervioso central, un desarrollo insuficiente del sistema inmune del huésped, o la inmunización apenas parcial suministrada por la madre al individuo que sufre la enfermedad. De todas maneras debe insistirse en que el término infección viral lenta, denominación que cada vez más parece va quedando limitada para la PEESA y que **Sigurdsson** compara a una "película en cámara lenta" se refiere no a la lentitud del virus para producir la enfermedad, sino a las características temporales del proceso en sí mismo.

Manifestaciones clínicas

La enfermedad ataca a niños y adolescentes con mayor incidencia entre los 5 y 12 años, dos veces más el sexo masculino que el femenino, rara vez adultos jóvenes y excepcionalmente lactantes.

La división del cuadro clínico en tres y mejor aún en cuatro estadios evolutivos ampliamente difundida; en la mayoría de los pacientes y dentro de ciertos límites es fácil de reconocer: La PRIMERA ETAPA suele presentar

pérdida de la memoria, disminución del vocabulario y a veces dislalia, apatía o irritabilidad, retraimiento o por el contrario excitación, sialorrea, risa o temores inmotivados. En la SEGUNDA ETAPA son notorios los fenómenos convulsivos y motores. Aunque algunos pacientes pueden presentar crisis de tipo gran mal, predominan ampliamente las contracciones mioclónicas del tronco que ocasionan caídas bruscas, por lo cual a menudo se cree que el niño presenta trastornos de tipo atáxico cerebeloso. Frecuentemente las crisis mioclónicas son focales y muy intensas y pueden ser desencadenadas por ruidos súbitos, por estímulos táctiles o luminosos y desaparecen durante el sueño. La frecuencia de estos accidentes y su intensidad aumentan con el tiempo y hacen imposible no sólo la marcha, sino la posición de pie o de sentado, por lo cual el paciente adopta el decúbito supino. Hacia el final de esta etapa aparece un cuadro extrapiramidal con la casi totalidad de los signos y síntomas del síndrome parkinsoniano: facies fija o inexpresiva, voz monótona, rigidez del tipo "rueda dentada", temblor fino sobre todo en las manos, tanto en reposo como durante los movimientos voluntarios (Fig. 1). En la TERCERA ETAPA el enfermo entra en coma, no responde a los estímulos, presenta rigidez de decorticación o descerebración, mutismo, respiración irregular y estertorosa y signos de disfunción autonómica: hipo o hipertensión arterial, crisis de palidez o rubor, elevación de la temperatura. En la CUARTA ETAPA todas las funciones corticales han desaparecido y el paciente se encuentra caquéctico, con escaras de decúbito y generalmente muere por infección intercurrente.



Figura 1. Niña de 10 años en la 2a etapa de la evolución clínica de la Panencefalitis esclerosante subaguda cuya expresión facial y posición anómala de los dedos en ambas manos es difícil de imitar.

Algunos pacientes presentan trastornos de la visión que se correlacionan con lesiones anatómicas demostradas en autopsias que han sido objeto de un detenido estudio de la vía óptica y que entre otros cambios incluyen alteraciones en la mácula.

En cerca del 80% de los casos la enfermedad termina en 18 a 24 meses; excepcionalmente puede presentarse una recuperación en la segunda o tercera etapa, pero estos pacientes quedan con un retardo mental usualmente marcado. La sobrevida casi nunca es mayor a 3-4 años, aunque se han publicado raros casos de hasta 8 años. La enfermedad cursa afebril y en más de dos tercios de los casos el LCR muestra citoquímica normal; en los demás puede verse una discreta elevación de las proteínas hasta 60-120 mg% y una ligera linfocitosis de 15-20 células por m^3 ; las curvas de oro o benjui coloidal se presentan con desviación a la izquierda y la inmunoelectroforesis indica elevación de las IgG producidas en un 70% en el cerebro. Tanto en suero como en LCR hay elevación creciente de los títulos de anticuerpos sarampionosos, que a menudo alcanzan valores superiores a los de un paciente con sarampión eruptivo. Diferentes estudios han puesto en evidencia una alteración de la inmunidad tisular (respuesta a la candidina, inhibición de la migración de leucocitos periféricos y transformación blástica de los linfocitos alterados).

Desde el comienzo de la enfermedad el EEG, muestra anomalías paroxísticas que en su forma típica presenta ondas lentas paroxísticas seguidas de disminución de la actividad eléctrica o aun de silencio, es el patrón paroxístico periódico mencionado antes y cuyo valor diagnóstico en la PEESA fue originalmente una contribución de J.Radermecker (Fig. 2).

Hasta hoy se trata de una afección mortal y diversos tratamientos ensayados como la iodo-deoxiuridina, el copolímero del pirano, las arabinosas entre otros han sido

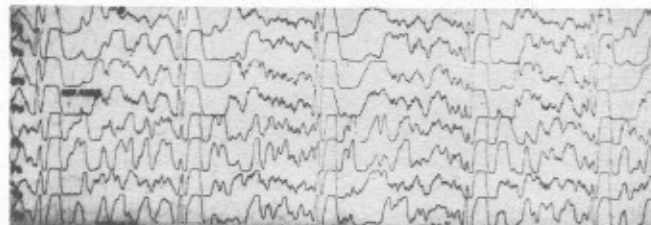


Figura 2. EEG con ondas lentas paroxísticas seguidas de disminución de la actividad eléctrica, no constante pero sí bastante frecuente (aproximadamente 70%) en los pacientes de PEESA.

inefectivos; la utilización y el efecto de nuevos agentes antivirales requieren mayor evaluación y puede decirse lo mismo de la aplicación intraventricular de interferón.

Patología

Los cambios patológicos habitualmente comienzan y son más severos en etapas tempranas a nivel occipital (Fig.3), parietal y posterotemporal lo cual se debe tener en cuenta si llegase a ser necesario practicar la biopsia y en ella los cambios principales son infiltrados perivasculars de predominio linfocitario, astrocitosis e inclusiones intranucleares y más raramente intracitoplasmáticas sobre todo en oligodendroglia pero también en la neurona.

La patología más ampliamente analizada en estudios post-mortem muestra lesiones más severas en la sustancia blanca pero también presentes en la sustancia gris, a nivel de hemisferios y del tronco cerebral, de donde el término panencefalitis; generalmente el cerebelo presenta lesiones mínimas. Hay abundante destrucción neuronal, neuronofagia e infiltración perivascular con células linfoides y mononucleares; en la sustancia blanca es frecuente la lesión de la mielina con una severa gliosis fibrilar. Lo mismo que en la biopsia el elemento histopatológico más característico lo constituyen las inclusiones eosinófilas intranucleares e intracitoplasmáticas en neuronas (Fig.4) y más frecuente aún en células gliales,



Figura 3. Cortes seriados del lóbulo occipital del cerebro de un niño de 9 años con PEESA. Pese a la severa gliosis comprobada microscópicamente, se reconoce a simple vista alguna tendencia a la cavitación de las lesiones.

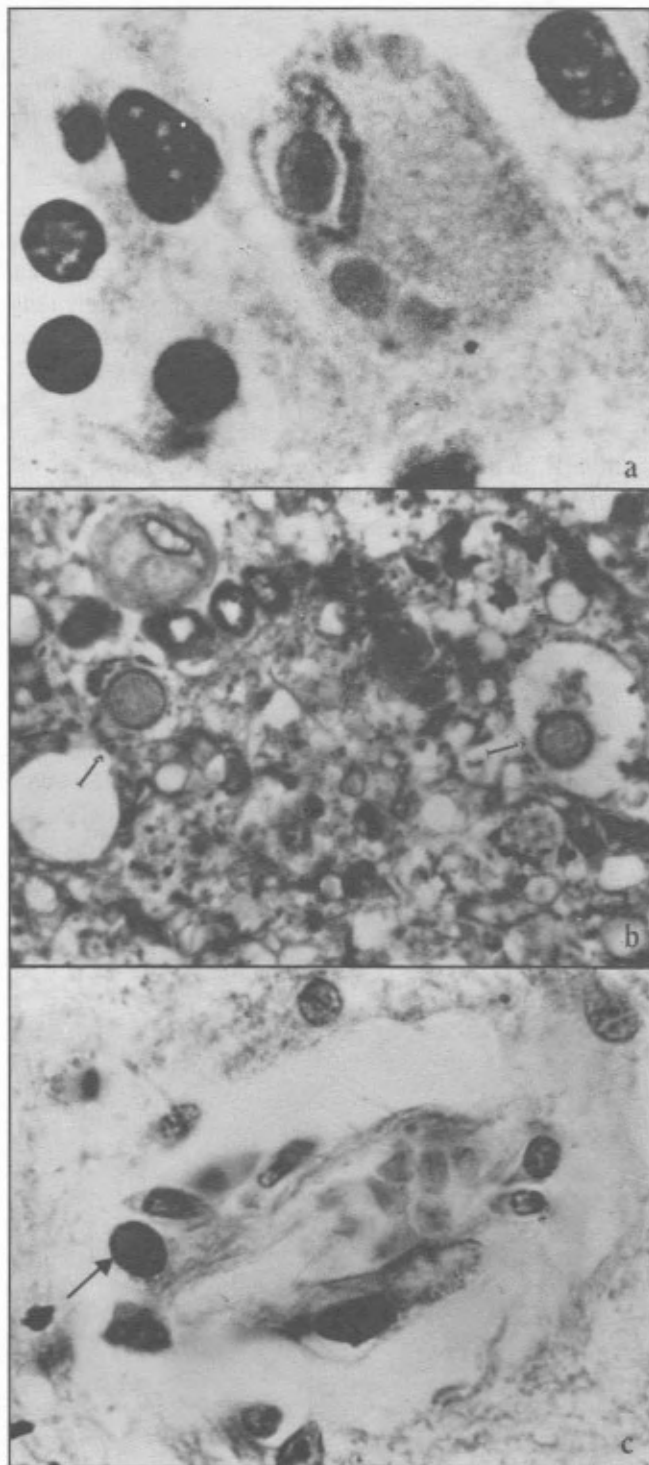


Figura 4. a) Neurona con una inclusión intranuclear y numerosas intracitoplasmáticas en un caso de PEESA cuya evolución total fatal fue de aproximadamente doce meses. H&E 400x aprox. b). En el mismo caso dos inclusiones (flecha) ocupan completamente el núcleo de sendos oligodendrocitos. H&E 250 x aprox. c). Oligodendrocito con inclusión viral que ocupa totalmente su núcleo y que excepcionalmente tiene ubicación perivascular (flecha). H&E 250x aprox.

preferencialmente en oligodendroglia (Figs. 4a, 4b, 4c) las cuales al microscopio electrónico muestran una estructura microtubular característica de los paramixovirus (Fig.5). Hemos descrito la presencia de sincitios en cinco de cincuenta biopsias cerebrales de niños con PEESA; estos sincitios son semejantes a los observados en el apéndice cecal y a veces en el pulmón durante la enfermedad sarampionosa aguda y semejan también el efecto citopatogénico producido en cultivos celulares por este paramixovirus (Fig.6). Es frecuente la degeneración esponjosa de la substancia blanca y en casos de larga evolución la gliosis es marcadísima (Fig.7) y puede demostrarse degeneración neurofibrilar (Fig.8). El infiltrado inflamatorio, en algunos casos discreto, en otros es bastante más denso (Fig.9). Un cuidadoso examen de los ganglios simpáticos suele mostrar cambios de ganglionitis (Fig.10) los cuales podrían explicar las manifestaciones de disautonomía que presentan algunos enfermos.

PEESA y Vacuna para sarampión:

Se conocen los siguientes puntos de relación: a) La evidencia con que se cuenta hoy día permite pensar que la vacuna antisarampionosa protege contra la Panencefalitis esclerosante subaguda. b) Como la protección de la vacuna antisarampionosa parece disminuir hacia el comienzo de la adolescencia (baja notoria de los títulos de anticuerpos protectores) se estudia la conveniencia de una dosis de refuerzo hacia los 10 años. c) Algunos niños pueden haber tenido formas subclínicas de sarampión, que sin embargo, producen una reacción inmunológica igual a la de una forma florida; parece que en tales casos la administración de vacuna antisarampionosa produce una serie de alteraciones inmunológicas que podrían desencadenar la Panencefalitis, pero este es un problema que requiere estudios complementarios antes de sugerir, como se ha hecho, la aparición de la PEESA después de las campañas de vacunación antisarampionosa; la recomendación práctica sería llevar a cabo dosificación de anticuerpos de sarampión en niños mayores de 5 años antes de aplicar la vacuna antisarampionosa.

En lo que concierne a este punto vale la pena citar la experiencia de **Modlin** y **Jabbour** con 419 casos americanos que han sido objeto de cuidadoso estudio epidemiológico. Estos autores señalan en USA la constante disminución del número de casos de PEESA asociados al sarampión y el número de casos "Asociados a la vacuna" (es decir en niños que no han tenido la enfermedad eruptiva y que recibieron la vacuna antisarampionosa) es de unos 3 a 7 por año en ese país de 200 millones de habitantes. Creo pertinente citar textualmente el resto de sus

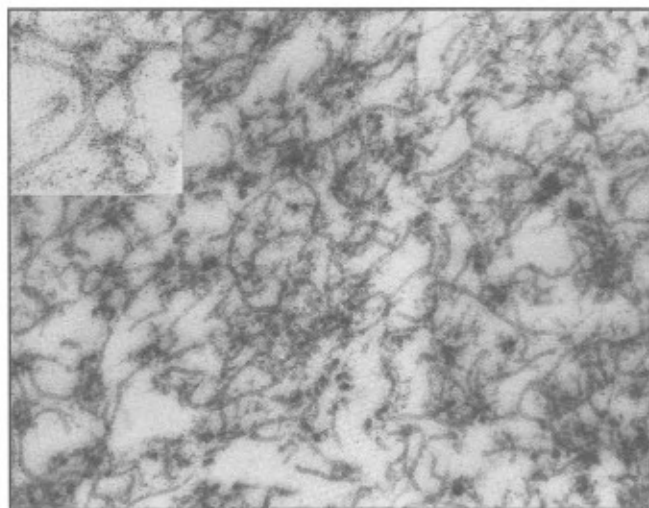


Figura 5. Electromicrografía que muestra la estructura microtubular en la inclusión intracelular del paramixovirus del sarampión. Biopsia cerebral de un paciente con PEESA 20.000 x aprox. El recuadro con aumento unas 4 veces mayor da idea más elocuente de esta red microtubular.

comentarios: "Basados en los informes anuales de la morbilidad del sarampión y de los datos sobre distribución de la vacuna antisarampionosa, en USA se puede estimar que por cada millón de casos de sarampión se presentan cinco a diez casos de PEESA y entre cada millón de recipientes de la vacuna de sarampión podría presentarse de 0.5 a 1 caso". En la misma reunión **Baublis** y **Payne** comentan: "La evidencia de un papel específico de la vacuna antisarampionosa en la patogénesis de PEESA debe esperar hasta que se realice un estudio epidemiológico prospectivo". Años después ese papel específico y la disminución vertical en aparición de nuevos casos de PEESA es un hecho que muchos hemos podido verificar.

Parece que en los casos "asociados a la vacuna" el período de incubación de PEESA es más corto y la evolución más fulminante. Cuatro de nuestros pacientes habían recibido la vacuna del sarampión, uno de ellos después de haber sufrido el brote sarampionoso; aún cuando el grupo es pequeño se pudo observar en dos una evolución rápida y fulminante y un período de incubación corto. Años después de estos análisis podría afirmar que varios países han visto disminuir la aparición de la PEESA con la vacunación antisarampionosa y aunque su evaluación debe continuar el beneficio obtenido con esta inmunización cada vez está mejor documentado.

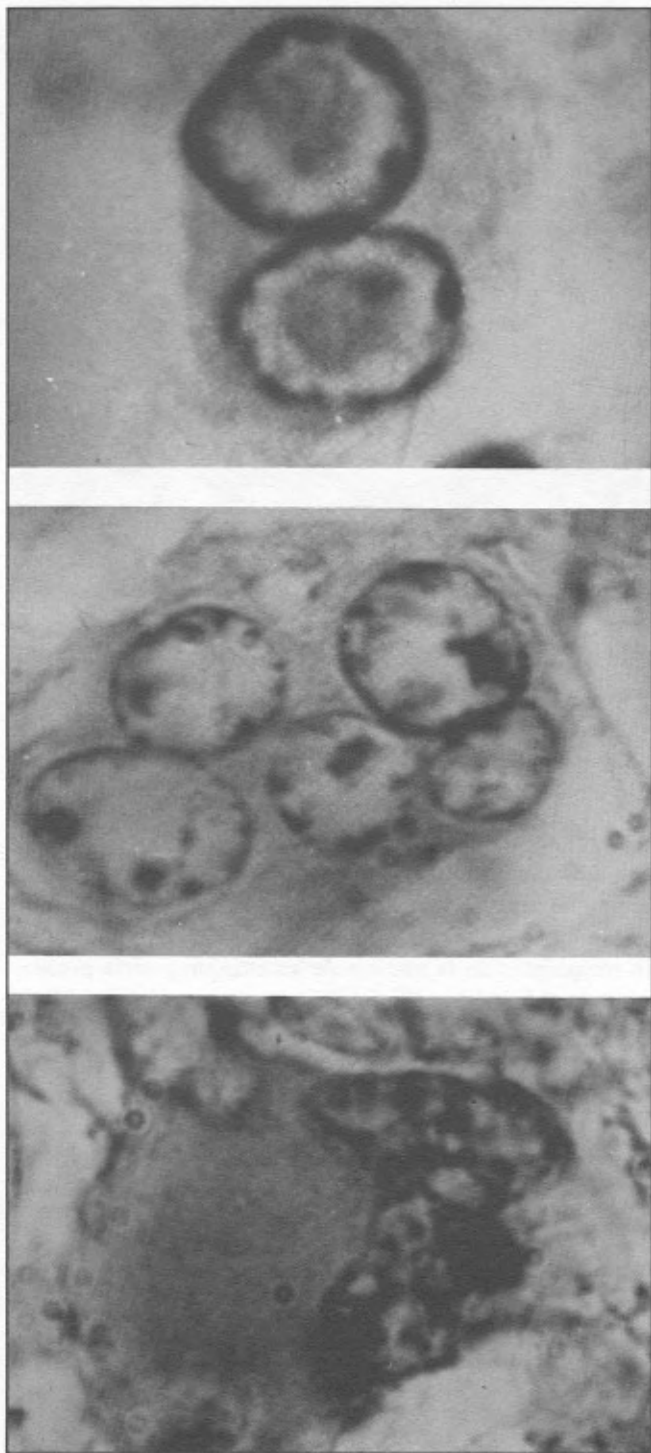


Figura 6. Formación secuencial de sincitio, conocido efecto citopatogénico del virus del sarampión en cultivo celular, pero no descrito antes en preparaciones histopatológicas de pacientes con PEESA. Primero se adosan dos núcleos (H&E 450x) luego lo hacen un mayor número (H&E 250x) y finalmente se observa con nitidez como el conglomerado nuclear comparte un citoplasma único.

La PEESA en nuestro medio

Una mirada juiciosa retrospectiva a nuestro archivo de Patología del Centro Hospitalario -Universitario San Juan de Dios en Bogotá, tanto en autopsias (iniciado en enero/54) como de especímenes quirúrgicos y biopsias (iniciado en enero/53) me permite pensar que ningún paciente con esta encefalitis acudió a nuestra consulta antes de 1966. Este año llega al Hospital Neuropsiquiátrico de Bogotá el primero y el más difícil de los casos que he diagnosticado, edad poco usual (17 años) cuadro clínico atípico interpretado como Esquizofrenia catatónica y sin inclusiones al estudio post-mortem. Otros elementos sí concordaban con lo que **Jindrich Fisher** en Praga y la literatura me habían indicado; pero además pesaba la responsabilidad de abrir un capítulo a nuestra patología; diagnosticué PEESA y en Caracas **Armando Domínguez** que había aprendido a identificarla en Frankfurt me manifestó su acuerdo. Por haber sido el punto de partida de muchos otros análisis y de este artículo transcribo muy someramente ese caso:

Caso 1.

M.T.A. (H. NPSB. H.C No.26.822). Femenino, 17 años, procedente de Granada (Meta). Duración de la enfermedad 3 años y 8 meses. No hay historia de sarampión. Un mes antes del ingreso, mutismo y movimientos involuntarios de miembro superior derecho que se exageraban con el ruido.

Antecedente de convulsiones de tipo G.M. de los 3 meses a los 3 años; ligero retardo sicomotor.

Examen físico: Negativista, con movimientos del miembro superior derecho y gesticulaciones.

Curso: Hospitalizada por 2 meses sin mejoría, fue readmitida 1 mes después en iguales condiciones. Curso lento y progresivo con persistencia de los movimientos involuntarios del miembro superior derecho. Luego deterioro gradual, ataxia y hemiplejía izquierda hasta la posición de decorticación, lesiones de coroidoretinitis en O.D. Muere por infección respiratoria.

E.E.G. Un registro normal bajo anestesia con pentotal (IX-1/66).

Autopsia (A-025/66). Macroscopicamente severa lesión cortical con tendencia a la necrosis pseudolaminar ocasionalmente y en la sustancia blanca bioccipital y frontal de predominio derecho muy notable aumento de la consistencia.

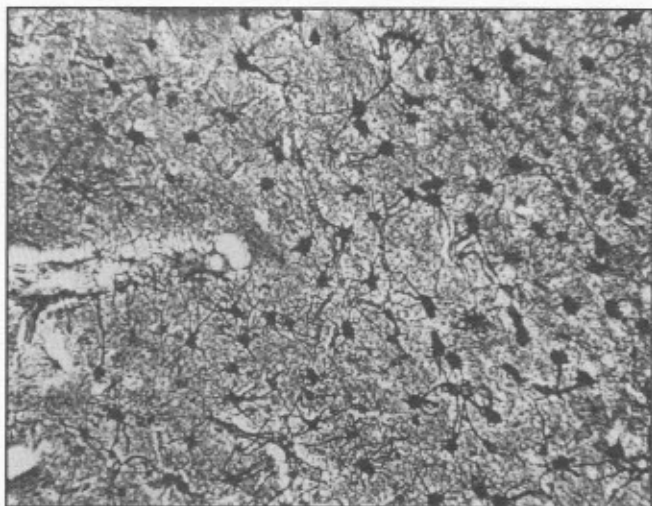


Figura 7. Gliosis (astrocitosis) muy severa. Niña de 17 años con PEESA, descrita más adelante como caso 1. Carbonato de plata 250 x aprox.

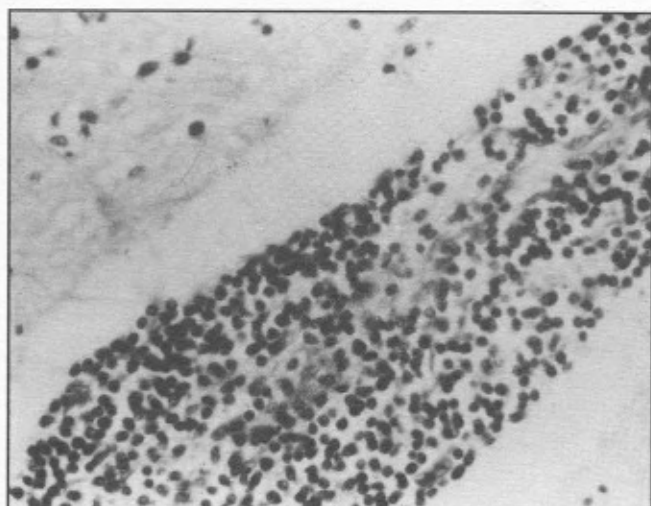


Figura 9. Infiltrado perivascular selectivamente linfocitario en el cerebro de un paciente de PEESA con evolución total de aproximadamente un año. H&E 250 x aprox.

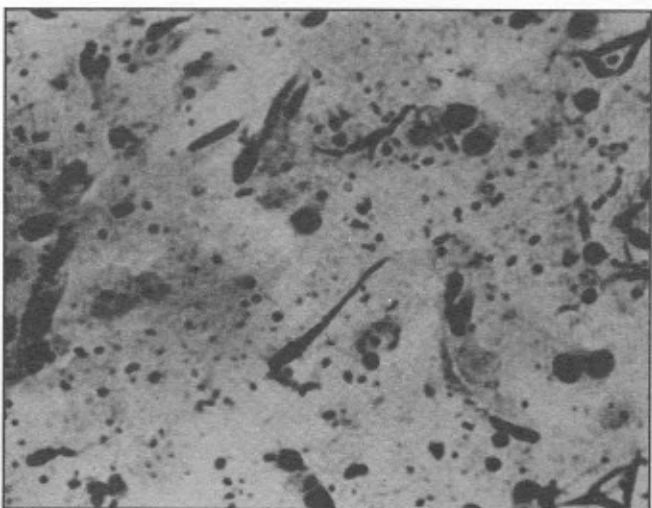


Figura 8. Degeneración neurofibrilar en la misma paciente de la figura 7, niña de 17 años en quien la PEESA termina fatalmente en 3 años y 8 meses. Tinción de Bielschowsky 250 x aprox.

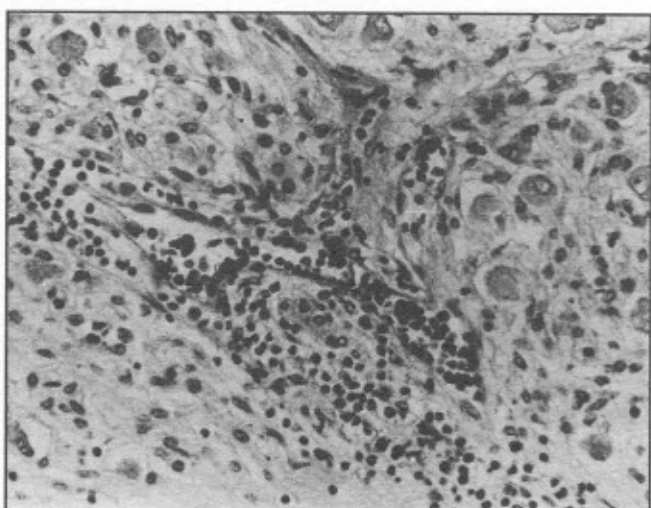


Figura 10. Infiltrado inflamatorio linfocitario que infiltra difusamente el ganglio simpático. Este cambio muy seguramente contribuye a explicar las manifestaciones de disautonomía que presentan algunos enfermos de panencefalitis esclerosante subaguda. H&E 250 x aprox.

La imagen microscópica es de PEESA. Caso muy crónico, marcado cambio esponjoso de la sustancia blanca, sin presencia de inclusiones y con cambio neurofibrilar tipo Alzheimer.

Enseguida aunamos esfuerzos con otros centros hospitalarios pero en primer lugar con los colegas de la Universidad de Antioquia (Hospital San Vicente de Paul). Trabajando juntos en los primeros cinco años habíamos comprobado veintidos casos y al finalizar la primera dé-

cada (1976) nuestra identificación y seguimiento totalizaba setenta pacientes.

El programa de vacunación antisarampionosa se inicia en Colombia en 1970 pero su cobertura al principio limitada se va generalizando hacia el año 1976 y siguientes. En la década 1976-1986 el estudio totaliza cien pacientes pero la curva de su aparición cada vez muestra mayor declive, lo cual nos permite compartir la muy universal interpretación de que la vacuna antisarampionosa

entre otros problemas causados por este virus está resolviendo el problema de la PEESA. De esa fecha (1986) es el 2o. caso escogido un poco al azar, cuyo resumen transcribo en primer lugar porque también se aparta un poco del esquema clásico y en segundo lugar porque en cierta medida marca un punto de llegada, pues desde entonces y hasta hoy (1986-1997) cualquier nuevo caso probado de PEESA en Colombia puede mirarse como una excepción y por eso no considero exagerado afirmar que una vez identificamos y manejamos cada vez con mayor cobertura el problema, lo tenemos prácticamente controlado pues ya hace más de tres años no vemos pacientes con esta enfermedad.

Caso 2.

Mujer de 23 años, natural y procedente de Zipaquirá. Tuvo sarampión a los 4 años y desde los 17 presenta crisis aquinéticas, recibe Tegretol y Epamín. En octubre 2/86 presenta adinamia, somnolencia, cefalea global súbita y 6 horas más tarde lateralización izquierda, mutismo y escalofríos. Reacciona sólo a estímulos dolorosos. Muestra pérdida de control de esfínter vesical y crisis convulsivas no especificadas. En octubre 14/86 cayó en coma profundo y se remitió del Hospital de Zipaquirá al Hospital San Juan de Dios en Bogotá. Examen neurológico: Paciente en coma, estrabismo divergente. Babinsky bilateral. Al estímulo doloroso abre los ojos, fenómeno de no retirada, signos meníngeos, fondo de ojo normal, hemiparesia derecha, hiperreflexia e hipertonia generalizada, incontinencia de esfínteres, trismus bilateral, clonus aquinético. Hospitalización 39 días, no remisiones. Decorticación hemisferio izquierdo, descerebración hemisferio derecho. Reflejo trompa succión. Estudios para tóxicos y virus negativos. Vidarabina x 10 días sin respuesta. TAC: atrofia cortical difusa. RX: bronconeumonía basal izquierda, LCR en 3 ocasiones no concluyente. Diagnóstico: Encefalitis viral, Encefalopatía tóxica, Meningoencefalitis TBC. El estudio post-mortem muestra los cambios usuales en PEESA y las inclusiones intranucleares son típicas, muy numerosas y con las características antes descritas.

Este ejercicio de años de nuestra Neuropatología no sólo ha ayudado a esclarecer, hacer el seguimiento y resolver muchos otros problemas y el que la PEESA ha representado sino que también ha permitido aglutinar y mejorar actitudes para enfrentar la solución de problemas, actualizar e incluir metodología y como saldo final acelerar el desarrollo y apoyar el control de calidad de la manera como manejamos a nuestros pacientes con enfermedades que afectan el neuroeje.

Bibliografía

1. **López, F., G. Toro, J. Holguín, CS. Uribe, & R. Londoño.** 1970. Panencephalite sclerosante subaigue en Colombia. Etude collaborative de 20 cas-VI Congress International de Neuropathologie -Paris, 31 Aout 4 septembre 1970. Masson & Cie, p. 1150.
2. **Toro, G., & H. Calderón.** 1971. Estudio de 12 casos humanos de Encefalomiелitis rábica. Anales del II Simposio Nacional sobre Rabia -Manizales 1970. Imprenta INPES-Bogotá,
3. _____, & **D. Cadena, & E. Rey.** 1971. Estudio de cuatro casos humanos fatales por reacción adversa a la vacunación antirrábica. Anales del II Simposio Nacional sobre Rabia. Manizales/70. Imprenta INPES-Bogotá.
4. _____ 1971. (Neuropatología). Coautores: López, F., Holguín, J., Uribe, C., Londoño, R. Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA) -Estudio cooperativo y multidisciplinario de 22 casos colombianos -Monografía Imprenta INPES -Bogotá, D.E.
5. **Rodríguez, G., M. Romero, G. Toro, & B. Buitrago,** 1972. Encefalitis equina venezolana. Histopatología de la infección natural y experimental en hamster. Rev. Latinoamericana de Patología, 11: 85-100.
6. **Toro, G.** Fisiopatología de la infección al sistema nervioso por el virus Herpes simplex y dimensión del problema de esta encefalitis viral entre nosotros. Conferencia dictada el 15 de mayo de 1974 ante la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (Ver anales de la Academia).
7. _____ 1972 (Neuropatología) Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). Temas médicos (Anuario de la Academia Nacional de Medicina), 1972; 4: 179-263.
8. _____ & **I. Vergara,** 1974. Reacciones Neuroparalíticas por vacunación antirrábica a base de tejido nervioso-cerebro de ratón lactante (CRL). Memorias del I Seminario Internacional y III Nacional de Rabia 1-7, sept de 1974. Cali, Colombia. Impreso offset Servisalud Valle, Cali, p. 65-85.
9. **Buitrago, B., A. Lleras, G. Toro, & G. Rodríguez** 1974. Muerte por Encefalitis rábica de siete pacientes que recibieron vacunación específica post-exposición. Memorias del I Seminario Internacional y III Nacional de Rabia, 1-7 Cali, Colombia. Impreso offset Servisalud Valle, Cali, p. 86-93.
10. **Toro, G.** 1974. Enfermedades virales lentas. Temas médicos (Organó oficial de la Academia Nacional de Medicina de Colombia). Tomo VIII. Editorial Stella, Bogotá, p. 105-117.
11. **Rodríguez, G., G. Toro, B. Buitrago, & A. Sánchez** 1976. La inclusión viral de la Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). Arch. Invest. Med. (Méx.), 6, 1975, p. 419-434. Resumen 91 3317 en Virology abstracts Vol. 9, No. 6, p. 87, e incluido en resúmenes del IX Congreso Latinoamericano de Patología, Mérida, Yucatán, 25-30 nov/73, Patología, supl. I-II-73.
12. **De Román, L., G. Román, G., Toro, & I. Vergara** 1976. Panencefalitis esclerosante subaguda-Estudio epidemiológico. Antioquia Médica (1976) Vol 26: 99-122. Resumen como carta al editor: The Lancet, December 18, p. 1353.
13. **Román, G., G. Toro, & I. Vergara** 1976. Encefalitis herpética. Fisiopatología de la infección del sistema nervioso central por el

- virus del "Herpes simplex". *Tribuna Médica*, Tomo LIII, Segundo número de abril, p. 34-40.
14. **Toro, G., I. Vergara, M. Restrepo, & G. de Toro** 1976. Leucoencefalopatía aguda difusa (LAD). Una forma de Vasculomielinopatía diseminada. Estudio de 15 casos. *Acta Med. Col.* 1976; 1: 93-104. Véase también *Anales del IV Congreso colombiano de medicina interna*. Bogotá, mayo 27-29.
 15. _____, **S. de Onatra, & L.H. Sanín**, 1976. Encefalopatía malárica. Una forma de Vasculomielinopatía diseminada. Estudio de 19 casos. *Acta Med. Col.* 1: 173-184.
 16. _____, **J. Holguín, CS. Uribe, & R. Londoño**. 1977. Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA) en Colombia-Estudio de 70 casos. *Antioquia Médica*, 2: 73-107. Resumen en *Anales del IV Congreso colombiano de medicina interna*. Bogotá, mayo 27-29 de 1976 y en *Anales IV Congreso Panamericano de Neurología*, ciudad de México, octubre 12-17 de 1975.
 17. **Rodríguez, G., G. Toro, & Buitrago, & I. Vergara**, 1976. Estructura del cuerpo de Negri en biopsia cerebral humana: *Anales IV Congreso colombiano de medicina interna*, Bogotá, mayo 27-29, p. 113.
 18. **Toro, G., I. Vergara, & G. Román**, 1977. Neuroparalytic accidents of antirabies vaccination with suckling mouse brain (SMB) vaccine. clinical and Pathological study of 21 cases. *Arch. Neurol.* 34: 694-700.
 19. _____, & **G. Román**, 1978. Cerebral Malaria. A disseminated vasculomyelinopathy (19 cases). *Arch Neurol.* 35: 271-275.
 20. **Vergara, I., G. Toro, G. Román, & G. Mendoza** 1979. Fatal Guillain Barré Syndrome with reduced-dose antirabies vaccination. *Arch Neurol.* 36: 254.
 21. **Román, G., L. Navarro de Román, G. Toro & I. Vergara**. 1979. Herpes encephalitis in pregnancy. *Am J of Obstetrics and Gynecology.* 135: 158-159.
 22. _____, **G. Román, & L. Navarro de Román**, 1979. Subacute sclerosing panencephalitis (Long-term). *Arch. Neurol.* 36: 453.
 23. **Rosselli, A., G. Toro, I. Vergara, F. Espinosa, R. Hurtado, & M. Restrepo** 1979. Leucoencefalopatía aguda difusa causada por exposición a organofosforados. *Acta Med Col* 4: 13-21. Resumen en: *Anales V Congreso Col. de Med. Cali*. Octubre 31 a noviembre 4 de 1978, p. 54 y en *Anales del XXI Congreso Nacional de Patología - Cartagena*, abril 26-28 p. 12.
 24. **Román, & G. Toro** 1980. Herpetic Brain -Stem Encephalitis. *Neurology* 30: 981-985.
 25. **Toro, G.** 1980. Elementos para un diagnóstico diferencial entre Encefalitis viral y reacción hiperérgica del Neuroeje. *Anales del Coloquio sobre inmunología organizado por ASCOFAME e ICFES*, marzo 27-28.
 26. _____ 1980. Virus y Neuronas, En: *Anales del Simposio Bases moleculares de la vida y la enfermedad. Memorias del Primer simposio de actualización médica sobre biología molecular en la práctica clínica*. Bogotá, nov. 29-30/79. Carlos Valencia Editores, Bogotá, p. 349-371.
 27. _____ 1979. Encefalitis herpética -Referencia especial a la presencia en adultos de esta forma de infección viral. Tesis para optar al título de Profesor Titular de Patología - Universidad Nacional de Colombia. El original de este trabajo reposa en la Biblioteca Central de la Universidad Nacional.
 28. **Guzmán, M., M. Ayala, G. Toro, L. Morales, & H. Díaz** 1980. Estudio del líquido cefalorraquídeo en el diagnóstico de la Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). *Acta Med. Col.* 5: 431-437.
 29. **Toro, G.** 1981. Demencia viral transmisible. En: *Avances en Neurobiología. Segundo Simposio Nacional-Fundación OFA*. Sep. 1980. Carlos Valencia Editores, Bogotá, pags. 215-238.
 30. _____, & **G. Román-Campos**, 1980. G. Cerebral Malaria. The year book of Neurology & Neurosurgery. Ed. by R.M. de Jong, p. 125-126.
 31. _____, **A. Domínguez & I. Costero** 1975. Capítulo XVIII- Patología del sistema nervioso -pág 825-875. En *Texto de Patología de Correa P, Arias Stella J, Pérez Tamayo R. y Carbonell L*. La Prensa Médica Mexicana, p. 747-795.
 32. **Vergara, I., G. Toro, J. Saravia**. 1977. Capítulo Infecciones del sistema nervioso En: *Urgencias en cirugía editado por: Escobar J., Aristizábal, G y Murcia A*. Editorial Stella, Bogotá, D.E.
 33. **Toro, G.** 1978. Infecciones del Sistema Nervioso Central, con la coautoría de los doctores Ignacio Vergara, Jaime Saravia y Charles M. Poser y con la colaboración de otros 13 especialistas de diferentes universidades del Continente. Fondo Educativo Interamericano, S.A.
 34. _____ 1976. Revisión técnica de la versión española realizada por el doctor Alejandro Jiménez Arango- Capítulo X -Infecciones del Sistema Nervioso de la obra *Pediatric Neurology Handbook*, second Edition de J.T. Jabbour, Danilo A. Dueñas, Richard C., Gil-martin, Jr y Marvin I. Gottlieb, publicada originalmente por Medical Examination Company, Inc. Flushing, New York. E.U.A. Fondo Educativo Interamericano, SA 1978.
 35. _____ 1976. El desarrollo de la investigación científica en Virología. Una historia de dos siglos. Conferencia dictada el 19 de marzo de 1976 ante la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-químicas y Naturales en honor a la memoria del Académico doctor Andrés Soriano Lleras. Incluye la biografía del homenajeado. (*Arch-Acad*).
 36. _____ 1981. Demencia viral transmisible. *Boletín informativo del Hospital Mental de Antioquia.* 8 (2) 1-20.
 37. _____ 1995. Con los otros miembros del Comité integrado por el Instituto Nacional de Salud; *Rabia -Conductas en caso de exposición*. Serie de Notas Técnicas No. 4, Bogotá. Colombia, 1981. Cuarta Edición 1985 y Quinta Edición.
 38. **Vergara, I., & G. Toro**, 1983. Enfermedades de la mielina en Fundamentos de medicina. Eds. H. Vélez, J. Borrero, J. Restrepo, W. Rojas. Tercera Edición 1983. Tomo Neurología, Cap 27, pág. 395-406. Ed. Sigifredo Betancur, Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB), Medellín.
 39. **Toro, G., G. Román, I. Vergara, & L. de Román**. Infecciones virales del sistema nervioso. Idem. texto y tomo, cap. 32, pág. 457-464.
 40. **Vergara, I., G. Toro, G. Román, J. Marztegui, D. Enria, N. Fernández** 1983. Infecciones Virales del Sistema Nervioso Central. Cap. 28, en: *Neurología*. Ed. E. Bustamante, J.P. Recagno Cepeda, M. Velasco Suárez. El Ateneo México, pág. 395-419.

41. **Toro, G., G. Román, L. de Román.** 1983. Neurología Tropical. Printer Colombiana S.A. Bogotá.
42. **Vergara, I., A. Rosselli, G. Toro, G. Pérez, & M. Muñoz.** 1984. Panencefalitis esclerosante subaguda y embarazo. Resumen en Anales del VIII Congreso colombiano de medicina interna, Barranquilla, Oct. 30 Nov. 4.
43. **Espinal, CA., & G. Toro** 1983. Paludismo -Vasculomielinopatía por *Plasmodium falciparum*, Cap. Entregado para publicación en noviembre 11/83 en Anales del Simposio Biología de la infección. Fundación OFA, (Arch. Fund. OFA-Bogotá).
44. **Toro, G.** 1986. Rabia. Capítulo 56 de Medicina interna, editado por Fernando Chalem, Jaime Campos, Jorge Enrique Escandón, y Roberto Esguerra. Editorial Norma, Colombia, p. 188-191.
45. ————. 1986. Encefalitis por Togavirus (Arbovirus). Capítulo 57 del texto de la Ref. 44, pág. 192-195.
46. **Espinal, CA., & G. Toro** 1986. Malaria. Capítulo 80 del Texto de la Ref. 44, p. 278-288.
47. **Vergara, I. & G. Toro** 1986. Infecciones del sistema nervioso central. Capítulo 197 del Texto de la Ref. 44, p. 897- 905.
48. ————, **G. Toro, & LR. Amador.** 1986. LR. Enfermedades de la mielina, Capítulo 206 del Texto de la Ref. 44, p. 946- 952.
49. **Rodríguez, G., M. Martínez, A. Morales, G. Toro & B. Buitrago.** 1986. Manual de viscerotomía-Fiebre amarilla. Imprenta del Instituto Nacional de Salud, mayo de 1986. Serie de notas e informes técnicos No. 10.
50. **Johnson, KP., E. Potes, G. Toro & J. Boshell.** Determinación de la distribución topográfica de las lesiones causadas al Sistema nervioso central por el virus rábico, utilizando técnicas de Inmuno-histoquímica. (En proceso de publicación).
51. **Vergara, I., G. Toro, LR. Amador, O. Mejía, & M. Saavedra.** 1990. Esclerosis múltiple. Una experiencia de 30 años. Acta Neurol. Colomb. 6: 72-86.
52. **Toro, G., M. Martínez, G. Román, & J. Boshell.** En Neurología cuarta edición 1991. Coordinada por C.S. Uribe en Fundamentos de medicina, editado por varios profesores de la U. de Antioquia. Capítulo 24 Enfermedades virales del neuroje, p. 232-259.
53. **Román, G. & G. Toro.** Tropical Neurology. (Text-book) (fecha aproximada de aparición 1er. semestre de 1997).
54. **Toro, G.** 1993. Hombre, hambre y contaminación del medio ambiente. Rev Fac Med U.N. Col. 41: 28-45.
55. ————, **L. Román & col.** Neuropathological findings in 15 colombian fatal cases of Multiple Sclerosis (trabajo colaborativo entre nuestro Departamento de Patología y Neuroepidemiología de NIH (En proceso de publicación).
56. **Stadlan, E., S. de Onatra, G. Toro & G. Román.** 1993. Clinical and Pathological features of acute flaccid paralysis in Latin America. A review of 11 fatal cases children from Colombia. Editado por Olive J.M. Román G. de Quadros CA. En Proceedings of an International meeting sponsored by the Pan American Health Organization and the National Institutes of Health, Washington D.C. September 14-16, 1992, Technical Report Series. WHO/PAHO, Washington, D.C.
57. **Toro, G.** 1995. Patología degenerativa del sistema nervioso. Seminario presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de Patología (Coord. GonzálezAlfonso J.E.). Patología (Méx.) 33: 113-135.
58. ———— & **J. Raad.** Rabia. Biomédica 1996, No. 3 (En prensa).

SENECIOSIS. Enfermedad veno-oclusiva del hígado (EVOH) en Colombia. 1964-1996

Identificación, manejo y solución de un problema^I

por

Gabriel Toro González*, Elsa Rojas Villamil**, Gabriel Arango Uribe***

Resumen

Toro, G., E. Rojas & G. Arango: Seneciosis. Enfermedad veno-oclusiva del hígado (EVOH) en Colombia. 1964-1996. Identificación, manejo y solución de un problema. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 35-56, 1997. ISSN. 0370-3908.

Se presenta una síntesis (25 casos) de la seneciosis, enfermedad causada por la ingestión de infusiones de *Senecio formosus*. La EVOH se identificó en Colombia en 1964 tras lo cual se hicieron estudios fitoquímicos y farmacológicos. La retrorsina constituye el 50% de los alcaloides presentes, correspondiendo a ésteres de 1-Hidroximetil-1 :2 Dehidro-7-Hidroxi-pirrolizidinas. Desde 1968 se ha divulgado a todos los niveles información pertinente con lo cual ha disminuido sensiblemente el consumo de éstas infusiones, reduciéndose el número de casos a partir de 1973 a sólo 9, el último de ellos en 1993.

Palabras claves: *Senecio*, seneciosis, Colombia

Abstract

A historical synthesis of Senecio disease in Colombia since 1964 is presented (25 cases). Pharmacological and phytochemical studies showed that retrorsine constitutes 50% of alkaloids present in *Senecio formosus*. Published information regarding the toxicity of the use of Senecio has reduced the incidence of the disease in the last two decades.

Key words: *Senecio*, seneciosis, Colombia

I Esta nueva visita al tema es un homenaje a la memoria de Milton Argüello Jiménez.

* Profesor Honorario, Universidad Nacional. Investigador Emérito, Instituto Nacional de Salud. Miembro de número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Santafé de Bogotá

** Docente adscrita (Gastroenteróloga) Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

*** Estudiante X Semestre, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

Introducción-historia

La utilización de extractos de plantas para multitud de dolencias es una costumbre universal y muy antigua. En Colombia el *Senecio formosus* (Fig. 1), ("árnica de Bogotá" en lenguaje popular) es considerado desde hace años como una planta medicinal y a ello obedece su empleo en infusiones, tinturas y cataplasmas; así se explica que en nuestros libros de Botánica se haga de ella obligada referencia. **Enrique Pérez Arbeláez** afirma que es sudorífica, depuradora de la sangre y antisifilítica (1). **Santiago Cortés** garantiza que empleada en baños calientes tiene efectos benéficos contra el reumatismo crónico (2). **Eugenio Arias** dice que en infusión es útil en casos de gota, reumatismo, parálisis, trauma encefalocraneano, epilepsia y neuritis y advierte que en grandes cantidades causa vómitos y cólicos (3).

Sólo hasta 1975 nuestro más extenso texto sobre botánica y medicina, Flora Medicinal de Colombia (3 tomos) del profesor **Hernando García Barriga** (4) concede am-

plio espacio no sólo a sus cualidades sino más aún a sus efectos adversos, transcribiendo algunos hechos de nuestras primeras experiencias en Enfermedad venoclusiva hepática (EVOH) humana. Estos primeros nueve pacientes cuyas manifestaciones clínicas y cambios patológicos informamos en 1968 (5) fueron el origen de una investigación más extensa y más densa que incluyó no solamente la identificación y manejo de nuevos casos sino la prueba exitosa de reproducir en ratones lesiones sensiblemente idénticas a las causadas por la infusión de *S. formosus* en el hígado humano (6). La tesis titulada "Estudio fitoquímico y farmacológico del *S. formosus*" con la cual **Flor Cecilia Muñoz** opta en la Universidad Nacional al título de Químico Farmaceuta en 1974 (7) es de algún modo consecuencia de un problema que desde su aparición en nuestro medio en 1964 comenzamos a divulgar, pero al mismo tiempo se convirtió en el punto de apoyo más significativo para ayudarnos a comprender el porqué del problema que intentábamos resolver, manejo que por supuesto debía partir de un conocimiento lo más universal posible de la historia.

En 1852 **José Félix Merizalde** en su artículo publicado en el "Pasatiempo de Bogotá" (No. 59 de agosto 11) afirma que el ya fallecido **Francisco Javier Matiz** halló el árnica en el cerro de Monserrate (Colombia) y que curó con ella a muchos aporreados en la cabeza, pero **Matiz** supuso que el tabaquillo (árnica de Bogotá) era la misma árnica montana; (cita **M. Hernández**) error en el que infortunadamente muchos otros han caído y entre ellos autoridades como **Bonpland** y **Humboldt** quienes presentan el *S. formosus* como oriundo de Nova Hispania (México). Y este no es un hecho aislado pues se puede ver también en "Flora de la Provincia de Buenos Aires" como el *Senecio madagascariensis* es confundido con *Senecio burchellii*.

Daniel (hno) González Patiño hace en 1984 clara diferencia entre *S. formosus* y *Arnica montana*; esta última como indican **L Villar Pérez** y colaboradores crece entre los 1.500 y 2.300 m de altitud; se muestra bastante localizada en el Pirineo aragonés y es tóxica en todas sus partes, las gentes de Aragón lo saben y sólo le dan uso externo.

El género *Senecio* pertenece a la gran familia de las compuestas y cuenta con más de mil especies que en su mayoría han demostrado alto contenido de multitud de alcaloides, (más de treinta), muchos de ellos con acción hepatotóxica. Este género ha sido objeto de muy voluminosa investigación tanto en su aspecto botánico y fitoquímico (4, 8-38) como en lo referente a su acción farmacológica (39-97).



Figura. 1. *Senecio formosus*, "árnica de Bogotá". Herbario Nacional Colombiano No. 135565.

La primera voz de alerta registrada en la literatura sobre la acción tóxica de los Senecios fue la de **Osler** y data de 1883 (98); doce años más tarde (1895) **Grandval** y **Lajoux** (20) aislan y por primera vez un alcaloide de un Senecio, la Senecionina y Senecina del *Senecio vulgaris* L.

En 1904 **Chase** (99) atribuye a *S.burchellii* DC una dolencia que atacaba los caballos en la región este de la provincia del Cabo y cuya denominación popular era "Stomach Stagers" e intenta reproducir experimentalmente su lesión hepática. Pero un interés serio en la acción tóxica de los Senecios sólo se aprecia después de los trabajos de **Watt** en 1909 (10) y de **Cushny** en 1911 (39) quienes probaron que los alcaloides del *S.latifolius* eran la causa del daño hepático y de la muerte de los animales de pastoreo en Africa del Sur.

La entidad conocida como "Bread Poisoning" fue descrita por **Albertyn** en 1918 y atacaba principalmente familias pertenecientes a las clases pobres, cuya dieta tenía como base pan. **Willmot** y **Robertson** (78) sospecharon que su etiología fuese una especie de *Senecio* con capacidad hepatotóxica que contaminara los cultivos de trigo circunstancia por demás homóloga a lo ocurrido con la "Molteno Cattle Disease" o "Straining Disease" en Africa del Sur; "Winton Disease" (99) en Nueva Zelanda y "Pictou Disease" en Nueva Escocia; enfermedades que como la "Bread Poisoning" tenían como patología básica el daño hepático y cuyo origen se un comprobaron estos autores y argumentó convincentemente **Steyn** en 1930 en su libro *The Toxicology of Plants in South Africa* (16), fue la presencia en trigales y en los forrajes del *S.burchellii* D.C. y del *S.ilicifolius* Thun. Simultáneamente con estos hallazgos en Africa del Sur, se descubrió en otros países este efecto tóxico. En Inglaterra, se confirmó que el "Ragwort" (*S.jacobaea* L) es responsable de cirrosis hepática en el ganado y que en Canadá la misma especie era causante de la "Pictou Disease", una enfermedad de los caballos y del ganado vacuno semejante a la conocida como "Winton Disease" en Nueva Zelanda y a la "Walking Disease" en Nebraska, enfermedad observada en los caballos por ingestión de *S.ridellii*. Pero además con el paso del tiempo son ya demasiado numerosas las observaciones de alteración hepática en diferentes localidades, en diferentes vertebrados y por no pocas especies del género *Senecio*.

En nuestro país identificamos la EVOH en 1964, informamos los primeros 9 casos en 1968 (5) y también localmente publicamos diez años más tarde (1978) diez y seis casos incluyendo el análisis comparativo de la lesión en el hígado de personas que por diferentes dolencias in-

girieron infusiones de *Senecio formosus* (árnica de Bogotá) y el daño hepático que experimentalmente causamos a ratones con extractos de la misma planta suministrados por vía oral e intraperitoneal según ocho esquemas diferentes variando el tiempo y la dosis (6). Hicimos por entonces otros informes menores y la correspondiente comunicación tanto al público potencial consumidor como a los formuladores, primordialmente homeópatas. Así el problema disminuyó pero seguimos viendo casos, nueve pacientes nuevos en las últimas dos décadas (1976-1996) y uno de nosotros (G.Toro) que tuvo la oportunidad de participar desde el comienzo del manejo de esta patología en nuestro medio, invitó a sus colegas a revisitarse el tema cumpliendo un deseo y un compromiso, rendir culto a la memoria de quien entre nosotros ha llegado más lejos en su intento de desterrar de sus compatriotas la ancestral costumbre de consumir extractos de plantas sin conocer sus efectos adversos y en particular los del género *Senecio*.

Material y métodos

Nuestro material consta básicamente:

a) Del estudio clínico, análisis de los hallazgos de laboratorio y de los cambios patológicos en veinticinco pacientes que hicieron enfermedad venooclusiva hepática post-ingestión de infusión elaborada con extracto de la planta *Senecio formosus*, antecedente comprobado más allá de toda duda en veinticuatro de ellos. Pero también incluye,

b) una síntesis de hechos que nuestro grupo de trabajo ha podido coleccionar o comprobar, relacionados con la botánica, la fitoquímica y acción farmacológica del *S.formosus* administrando a ratones por vía oral o parenteral los extractos de las hojas completas, de las hojas desengrasadas y de los alcaloides totales presentes en ellas.

a). Casuística:

1. H.C. 376455. H.S.J.D.

Hombre de 36 años con antecedentes de ingestión de "árnica" durante varios años, quien 15 días antes de su ingreso presentó dolor en hipocondrio derecho y distensión abdominal. Al examen físico se encontró tinte subictérico de escleras, ascitis y circulación colateral. En el servicio presentó hematemesis y melenas; cincuenta y dos días después de su ingreso falleció en coma hepático.

Laboratorio: proteínas totales 5.30 gms. %, albúmina 2.45 grs%, globulina 2.45 grs%, bilirubina total 1.43 mg %, bilirrubina conjugada 1.14 mgr%, transaminasas G.O. 96 U, G.P. 85 U, fosfatasa alcalina 5.8 U.B. Rx. V.D.A.

“várices esofágicas, duodeno deformado con posible nicho ulceroso. Biopsia hepática compatible con cirrosis.

Autopsia 449-64: Várices esofágicas, ascitis de 8.000 ml. el hígado con aspecto de nuez moscada, pesa 950 gr y tiene la imagen histopatológica de E.V.O.H.

2. H.C. 401173 H.S.J.D.

Mujer de 25 años con antecedentes de ingestión de “árnica” quien 20 días antes de su ingreso presentó dolor en hipocondrio derecho, sensación de distensión abdominal y pérdida progresiva de peso.

Al examen físico se observan conjuntivas subictéricas, ascitis y circulación colateral. En el servicio presenta marcada ictericia y muere 34 días más tarde en coma hepático.

Laboratorio: hemoglobina 10 gr.%, hematocrito 26%, proteínas totales 5.8 gr%, albúmina 3.45 gr %, globulina 2.35 g%, bilirrubina total 3.6 mg%, bilirrubina conjugada 2.64 mg%.

Autopsia 292-65: Ascitis de 3.000 ml. El hígado que semeja congestión pasiva crónica, pesa 1.050 gr y sus cambios histopatológicos corresponden a E.V.O.H.

3. H.C. 15881 H.S.J.D.

Hombre de 58 años, quien tomó 4 tazas de infusión de “árnica” al día durante los últimos meses. 22 días antes de su ingreso presentó dolor en hipocondrio derecho, distensión abdominal y 15 días después edema de miembros inferiores.

Al examen físico se encontró un paciente icterico, con ascitis, hepatomegalia, telangiectasias y cianosis. En el servicio presentó al séptimo día, hematemesis y melenas y posteriormente murió en coma hepático.

Laboratorio: proteínas totales 5.8 gr %, albúmina 3.8 gr %, globulina 2 mg, bilirrubina total 3.9 gr %, bilirrubina conjugada 3.7 mg%, fosfatasa alcalina 11. U.B.

Autopsia 027-67: várices esofágicas ascitis de 1.500 ml. El hígado semeja la nuez moscada, pesa 1000 gr y tiene los cambios histopatológicos de E.V.O.H.

4. H.C. 34862 H.S.J.D

Hombre de 57 años, bebedor de alcohol con antecedentes de ingerir árnica que consulta por dolor en hipocondrio derecho y distensión abdominal.

Al examen físico se encuentra ictericia generalizada, ascitis y hepatomegalia. Durante su control presenta epi-

sodios de precoma hepático y muere por coma hepático dos meses más tarde.

Laboratorio: proteínas totales 7.28 gm%, albúmina 4.08 gr %, globulina 3.20 gr%, bilirrubina total 4.75 mgs %, bilirrubina conjugada 2.20 mgs %, fosfatasa alcalina 10 U.B. esofagoscopia: várices esofágicas. Dos biopsias hepáticas compatibles con E.V.O.H.

5. H.C. 299235 I.C.S.S.

Hombre de 47 años, con antecedentes de ingestión de infusiones de “árnica” (3 tazas diarias durante 15 días), quien dos meses antes de su ingreso presenta dolor en epigastrio y en dos ocasiones melenas: con diagnóstico de úlcera duodenal se practica laparotomía, encontrándose ascitis e hígado finamente nodular.

En el servicio aumenta la ascitis y muere en coma hepático siete días más tarde.

Laboratorio: hemoglobina 17.8 gr %, albúmina 3.2 gr %, globulina 1.30 gr %, protrombina 11" (100%). Dos biopsias hepáticas compatibles con E.V.O.H.

Autopsia 021-67: Úlcera gástrica de 0.5 cm en la pequeña curva; el hígado tiene aspecto de nuez moscada, pesa 1.250 gr. y muestra los cambios histopatológicos de la E.V.O.H.

6. H.C. 6531. H.S.J.D.

Mujer de 50 años con antecedentes de ingestión de bebidas de yerbas que incluían “árnica” y cascabelitos, en la cual se diagnosticó insuficiencia cardíaca congestiva por hipertensión arterial, habiendo sido tratada durante dos años; al estudio post-mortem se le diagnosticó E.V.O.H.

Autopsia 234-67: Se confirmaron los cambios de I.C.C. ascitis de 2.500 ml. El hígado es difusamente nodular, firme, pesa 2000 gr y microscópicamente muestra cirrosis y los cambios de la E.V.O.H. en fase tardía.

7. H.S.V.P.

Niño de 2 años, quien ingresa con ascitis de 15 días de evolución, hepatomegalia, edema de miembros inferiores y prolapso rectal.

Muere sesenta y dos días más tarde por bronconeumonía. El diagnóstico de E.V.O.H. se hace post mortem.

Laboratorio: proteínas totales 5.1 gr %, albúmina dentro de los límites normales. Biopsia hepática subcapsular, no adecuada, compatible con cirrosis.

Autopsia 2.439: Meningo-encefalitis purulenta, bronconeumonía, colitis balantidiana y ascitis; el hígado semeja la congestión pasiva crónica, pesa 475 gr y tiene los cambios histopatológicos de la E.V.O.H.

8. H.C. 103392 H.S.J.D

Mujer de 39 años, con antecedentes de ingestión de "árnica", quien tres meses antes de su ingreso presentó dolor en hipocondrio derecho y distensión abdominal.

El examen físico comprobó escleras subictéricas y ascitis. La laparoscopia mostró hígado de superficie nodular. La paciente fue dada de alta por mejoría y se controló con diuréticos.

Laboratorio: proteínas totales 6.8 gr %, albúmina 3.3 gm %, globulina 3.5 gr% bilirrubina total 2 mgr %, bilirrubina conjugada 0.2 mg %, transaminasas G.O. 54 U.G.P. 18 U., protrombina 14" (62%) Biopsias hepáticas (laparoscopia, laparotomía): primera compatible con cirrosis. Segunda: E.V.O.H.

9. H.C. 45065. C.P.N.

Hombre de 33 años, con antecedentes de haber tomado infusión de "árnica" en los últimos dos meses, quien seis días antes de su ingreso presentó dolor abdominal y vómito.

Al examen físico se encuentra abdomen distendido, doloroso a la palpación. Se intervino quirúrgicamente, encontrándose el hígado finamente nodular y severa ascitis. El paciente murió cinco días más tarde en coma hepático.

Laboratorio: Proteínas totales 5.6 gr %, albúmina 2.04 mg%, globulina 2.56 gr %, bilirrubina total 0,6 mg % transaminasas G.O. 152 U. G. P 86 U. protrombina 26" (26%) Biopsia hepática E.V.O.H. Autopsia: E.V.O.H.

10. H.C. 615290. H.S.J.D.

Odontólogo de 42 años a quien por endoscopia se le diagnosticó gastritis, por lo cual decidió tomar gotas de "árnica" durante dos meses, cuando presentó dolor en hipocondrio derecho, sensación de "abombamiento abdominal", pérdida de peso (aproximadamente 10 kilos en los 2 últimos meses) y desde ocho días antes de su ingreso ictericia generalizada.

Al examen físico se encontró un paciente enflaquecido, con tinte icterico generalizado y ascitis. En el servicio recibió diuréticos y disminuyó la ascitis. La laparoscopia mostró hígado congestivo, con zonas de co-

lor pardo oscuro, hipervascularización del ligamento redondo y ascitis. En la gastroscopia se observaron pliegues engrosados, congestivos, con pequeñas ulceraciones superficiales. Continuó los diuréticos después del egreso y murió 8 meses más tarde en coma hepático.

Laboratorio: Hemoglobina 15.0 gr %, hematocrito 45%, leucocitos 8.800, proteínas totales 5.2 gr%, albúmina 3.1 gr %, globulina 2.1 gr %, bilirrubina total 2.8 mgr %, directa 2.2. mg%, transaminasa G.O. 52 U., G.P. 88 U., fosfatasa alcalina 45 U.K.A., protrombina 13", (77%). Biopsia de hígado compatible con E.V.O.H. Estómago: mucosa gástrica congestiva. No se practicó autopsia.

11. H.C. 626273 H.S.J.D.

Agricultor de 48 años con antecedentes de ingestión de infusiones de "llantén y árnica" quien tres meses antes de su ingreso presentó dolor en hipocondrio derecho y quince días más tarde ascitis y edema de miembros inferiores: recibió diuréticos con discreta mejoría.

Al examen físico se encontró un paciente enflaquecido, icterico, con ascitis y edema de miembros inferiores. La laparoscopia mostró hígado finamente granular con zonas de color pardo oscuro que alternan con zonas congestivas, ligamento redondo hipervascularizado y ascitis. El esofagograma demostró mucosa gástrica congestiva con pequeñas ulceraciones superficiales.

Dos días antes de morir en coma hepático el paciente presentó vómito abundante, deshidratación y estertores en ambos campos pulmonares.

Laboratorio: hemoglobina 17.2 gr%, hematocrito 50%, leucocitos 4.300, albúmina 3.9 gr%, bilirrubina total 2.2. mg%, directa 1.2 mg %, transaminasas G.O. 58 U., S.G.P. 60 U., fosfatasa alcalina 4. U.K.A., protrombina 17" (40%), biopsia hepática: congestión centrolobulillar.

Autopsia 143-72: Ascitis de 2.000 ml hígado que semeja nuez moscada, pesa 1.250 gr con cambios histopatológicos de E.V.O.H.

12. H.C. 464302 H.S.J.D.

Mujer de 32 años, quien dos meses antes de su ingreso presentó amenorrea, por lo cual ingirió infusiones de yerbas entre ellas "árnica" quince días después presentó dolor en hipocondrio derecho, adinamia y "abombamiento abdominal".

Al examen físico se encontró una paciente enflaquecida con ascitis. Se administraron diuréticos. La laparoscopia

mostró hígado congestivo, con zonas de color pardo oscuro, hipervascularización del ligamento redondo y ascitis.

La paciente salió voluntariamente y reingresó a los 14 días con cuadro de aborto incompleto y coma hepático. Se practicó raspado uterino y tratamiento para el coma; quince días más tarde murió en coma hepático.

Laboratorio: Hemoglobina 14 gr%, hematocrito 43%, leucocitos 8.200, proteínas 4.6 gr%, albúmina 3,6 gr%, globulina 1.0 gr%, bilirrubina total 0,80 mg%. Biopsia hepática: congestión lobulillar.

Autopsia 491-72: Ascitis de 4.000 ml. El hígado semeja la congestión pasiva crónica (Fig. 3), pesa 1000 gr y tiene los cambios histopatológicos de la E.V.O.H.

13. H.C. 691220. H.S.J.D.

Mujer de 32 años, quien ingirió infusión de "árnica" por recomendación de un farmacéutico (6 pocillos) un mes antes de su ingreso y veinte días más tarde sintió dolor en



Figura. 2. Mujer de 32 años (caso 13) con EVOH quien debido a la ascitis presenta gran distensión abdominal. Nótese también el estupor.

hipocondrio derecho y sensación de "abombamiento abdominal".

El examen físico reveló ictericia de escleras y ascitis. En el servicio presentó múltiples episodios de hematemesis y melenas tratados con sonda nasogástrica de Sengstaken-Blackemore y transfusiones.

Debido al gran volumen de ascitis (Fig. 2), a pesar del tratamiento diurético en ocasiones se le dificulta la respiración y fue necesario practicar paracentesis. El esofagograma reveló várices esofágicas confirmadas por la esofagoscopia. La laparoscopia mostró hígado con zonas de color pardo oscuro que alternan con otras de color rosado, ascitis y ligamento redondo hipervascularizado. Finalmente presentó hematemesis severa y murió en estado de shock.

Laboratorio: hemoglobina 11.9 gr%, hematocrito 38%, leucocitos 9.000, proteínas 4.7 gr%, albúmina 2.7 gr%, bilirrubina total 2.67 mgrs%, directa 1.75 mg%, transaminasas G.O. 52 U.G.P. 34 U., fosfatasa alcalina 27 U.K.A., protrombina 15" (45%) dos biopsias hepáticas fueron diagnósticas de E.V.O.H.

Autopsia 318-74: Várices esofágicas, ascitis de 8.000 ml. El hígado semeja la congestión pasiva crónica, pesa 1.630 gr y presenta los cambios histopatológicos de la E.V.O.H.

14. H.C. 705259 H.S.J.D.

Mujer de 30 años, dibujante, quien por amenorrea 18 meses antes de su ingreso ingirió durante 4 días un pocillo diario de infusión de "árnica" 12 meses antes durante 9 días un pocillo diario, lo cual repitió por la misma causa y en la misma cantidad 3 meses antes, cuando presentó dolor en hipocondrio derecho, enflaquecimiento, sensación de "abombamiento abdominal" y tinte icterico.

Dos meses antes de su ingreso, por maniobras abortivas se practicó raspado uterino extrayéndose restos ovulares y al puncionar el fondo de saco de Douglas se obtuvo líquido ascítico. El examen físico además de lo mencionado demostró edema de miembros inferiores.

La laparoscopia mostró hígado aumentado de tamaño, congestivo con zonas de color pardo oscuro, ligamento redondo hipervascularizado y ascitis. La esofagogastroduodenoscopia fue normal. Al salir del hospital la paciente tiene ascitis. Se recomienda continuar el tratamiento con diuréticos. Muere un año más tarde en coma hepático.

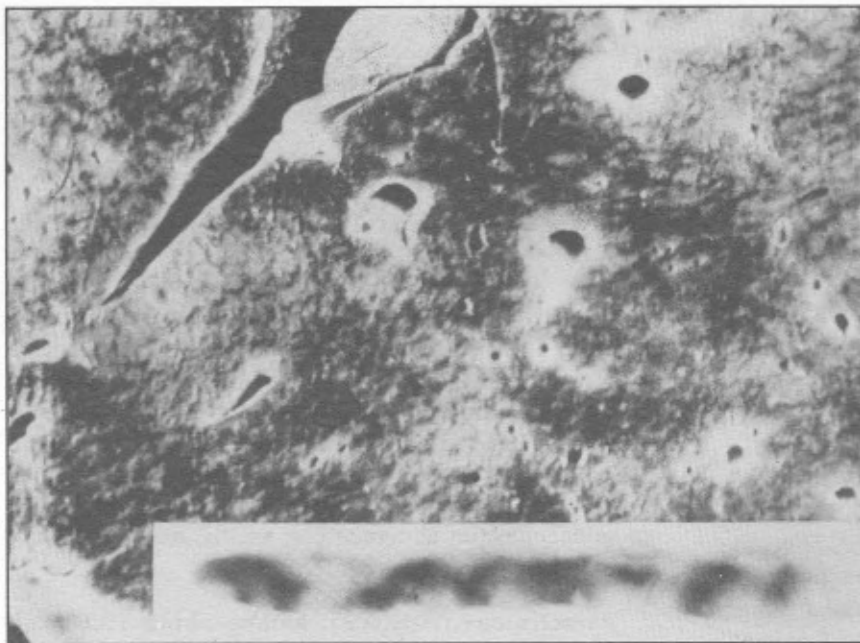


Figura 3. Hígado con enfermedad veno-oclusiva cuya superficie de corte se parece a la nuez moscada (Caso 12). El recuadro muestra idéntico aspecto en la biopsia hepática.

Laboratorio: Hemoglobina 15.8 gr%, hematocrito 50%, leucocitos 8.900, bilirrubina total 1.53 mgr%, directa 0,93 mg%, transaminasas G.O. 66 U, G.P. 50 U, fosfatasa alcalina 11 U.K.A, protrombina 12" (100%). Dos biopsias hepáticas: primera inadecuada; segunda compatible con E.V.O.H. No se practicó autopsia.

15. H.C. 708204 H.S.J.D.

Hombre de 52 años de edad, vendedor ambulante, con glaucoma para el cual tomó una copa diaria de infusión de "árnica", manzanilla, mejorana y yerbabuena durante 10 meses, presentando dolor en hipocondrio derecho y sensación de "abombamiento abdominal".

Al examen físico se aprecian escleras subictéricas, ascitis y edema maleolar. La laparoscopia reveló un hígado congestivo con zonas de color pardo oscuro que alternaban con otras rosadas y de superficie finamente granular; en la esofago-gastro-duodenoscopia hay várices esofágicas. La gamagrafía muestra disminución global de captación.

El paciente continuó siendo controlado con diuréticos, persistiendo discreto grado de ascitis hasta un año después de su ingreso.

Laboratorio: hemoglobina 17 gr%, hematocrito 50%, leucocitos 5.800, proteínas totales 6.8 gr%, albúmina 3.4

gr%, bilirrubina total 3.3 mgr%, directa 1.95 mg%, fosfatasa alcalina 19 U.K.A, protrombina 20" (30%) dos biopsias hepáticas fueron compatibles con E.V.O.H.

16. H.C. 525750. H.S.J.D.

Mujer de 54 años, quien por presentar várices en miembros inferiores tomó 3 pocillos diarios de infusión de "árnica" durante 15 días, después de lo cual presentó dolor en hipocondrio derecho, sensación de "abombamiento abdominal" y tinte icterico generalizado.

El examen físico, además de la ictericia, mostró ascitis. Por laparoscopia se observó hígado aumentado de tamaño, congestivo, de color pardo oscuro que alternaba con zonas de color rosado, ascitis y un quiste pediculado de ovario el cual posteriormente fue resecado sin complicación. La esofago-gastro-duodenoscopia mostró várices esofágicas y gastritis.

La paciente se encuentra asintomática 5 meses después de su egreso, controlada con diuréticos.

Laboratorio: hemoglobina 16 gr%, hematocrito 50%, leucocitos 6.000, bilirrubina total 4.64 mg%, conjugada 2.74 mg%, transaminasas G.O. 80 U., G.P. 70, fosfatasa alcalina 20.5 J.K.A. protrombina 13", (80%). Tres biopsias hepáticas; primera insuficiente; segunda compatible con E.V.O.H., tercera E.V.O.H

17. H.C. 992722 H.S.J.D.

Mujer de 23 años, con antecedentes de ingestión de árnic durante un mes para tratar un síndrome convulsivo, ingresa por dolor epigástrico, vómito, aumento del perímetro abdominal y un episodio de melena. Al examen físico se encontró ortostatismo, ascitis, hígado aumentado de tamaño y edema de miembros inferiores.

Paraclínicos: ecografía abdominal sugiere un síndrome de Budd Chiari, hemoglobina: 13.2 gr/dl, Hto. 42%, leucocitos 9000, proteínas totales 4.8 gr/dl, bilirrubina total 1,3 mg/dl, directa 0,43 gr/dl, fosfatasa alcalina 207 U/l, SGOT 125 u/l, SGPT 73 U/. TP 14.9" (11-13), TPT 49.1" (22-38). E.V.D.A, várices esofágicas GII, várices gástricas, gastropatía hipertensiva, várices duodenales. laparoscopia: hígado congestivo con linfangiectasias. Biopsia hepática (No.378/91), compatible con E.V.O.H.

Paracentesis: compatible con peritonitis. La paciente se somete a restricción hídrica y de sal y recibe espironolactona, colchicina, fenitoina y pefloxacina evolucionando satisfactoriamente hasta su recuperación completa.

18. H.C. 1023826 H.S.J.D.

Mujer de 40 años con antecedente de ingestión de infusión de árnica 3 veces al día durante los 2 meses anteriores al ingreso. Consultó por aumento del perímetro abdominal, edema de miembros inferiores y dolor en hipocondrio derecho de 10 días de evolución. Al examen físico se encuentra ascitis con circulación colateral y edema GIII de miembros inferiores. Paraclínicos: la ecografía abdominal muestra hepatomegalia, no se observan las venas suprahepáticas y hay signos de hipertensión portal (compatible con Budd Chiari). Hemoglobina 16.5 gr/dl, hematocrito 49%, leucocitos 9.200 VSG. 1mm, glicemia 65 mg/dl, proteínas totales 5.2 gr/dl, albúmina 2.6 gr/dl, SGOT 206 U/l, SGPT 150 U/l, bilirrubina total 1.6 mg/dl, directa 1.3 mg/dl. TP 15.8" (12) TPT 37 (32). E.V.D.A, várices esofágicas GI, esofagitis péptica GII, gastropatía hipertensiva, gastroduodenitis erosiva, úlcera duodenal activa. Laparoscopia: ascitis de 3000 cc. hígado congestivo y con adherencias. Biopsia hepática: (No. 1892/92): E.V.O.H. La paciente recibió tratamiento con espironolactona, colchicina, dieta hiposódica, misoprostol, lactulosa y plasma, mejora notablemente. En un control presentaba tinte subictérico y no tenía ascitis.

19. H.C. 962925 H.S.J.D.

Mujer de 49 años que ingirió infusión de árnica 1 vez al día durante un mes, siete meses antes de su ingreso. Consultó por cuadro de cinco meses de evolución consistente en aumento del perímetro abdominal, edema de miembros inferiores, dificultad para la marcha y disnea progresiva. Al examen físico se encuentra palidez conjuntival, ascitis con circulación colateral incipiente, edema de miembros inferiores GIII.

Paraclínicos: la ecografía abdominal muestra hígado pequeño (cirrosis?), hipertensión portal, colelitiasis y ascitis.

Hemoglobina 12 g/dl hematocrito 37%, leucocitos 7.400, glicemia 101 mg/dl, BUN 12 mg/dl, creatinina 0.61 mg/dl, bilirrubina total 0.81 mg/dl, directa 0.72 mg/dl, SGOT 39 U/l, SGPT 60 U/l, fosfatasa alcalina 271 U/l. PT 14" (11-13), PTT 31" (22-38). E.V.D.A.: várices esofágicas GI, gastritis crónica multifocal, úlcera duodenal. Laparoscopia en 1989: hígado micronodular disminuído de tamaño, de color oscuro y en 1993 cirrosis micronodular.

Biopsia hepática compatible con E.V.O.H. en fase inicial y cirrosis micronodular incipiente respectivamente. Recibió propranolol y se indica control de la hipertensión portal durante todo el seguimiento y restricción hídrica.

20. H.C. 843174.

Mujer de 47 años que ingirió 20 gotas de árnica cada 2 horas durante 1 año y llantén 3 pocillos al día durante 6 meses. Consultó porque hace tres años se le realizó una histerosalpingooforectomía (no se conoce la indicación) en otra institución, posterior a la cual presentaba eventración por la herida quirúrgica, con abundante salida de líquido amarillento. La herida cicatrizó y se realizó una eventrorrafia con posterior aumento del diámetro abdominal, edema de miembros inferiores y dificultad para la marcha; recibió espironolactona. Al examen físico se encontró un abdomen con ascitis, no depresible y edema GIII de miembros inferiores.

Paraclínicos (Nov./93). hemoglobina 10.6 g/dl, hematocrito 34%, leucocitos 5.600, glicemia 122 mg/dl, BUN 7 mg/dl, bilirrubina total 2.4 mg/dl, directa 1 gr/dl. No se realizó laparoscopia ni biopsia hepática. Fue tratada con dieta, furosemida, espironolactona, reingresa a este hospital en dos ocasiones con signos de encefalopatía hepática y tinte subictérico.

21. H.C. 787989.

Mujer de 38 años con antecedente de consumo de árnica, 3 tazas al día por un mes, que consulta por vómito, anorexia, aumento del diámetro abdominal, dolor lumbar, fue tratada en otro centro con analgesia y diurético, sin presentar mejoría por lo que se remite. Al examen físico presenta tinte subictérico en escleras, ascitis con circulación colateral y edema GII de miembros inferiores.

Paraclínicos: hemoglobina 12 gr/dl, hematocrito 37%, leucocitos 5.500 V.S.G: 62 mm/h, glicemia 70 mg/dl, BUN 14 mg/dl, creatinina 0.6 mg/dl, proteínas totales: 8.2 gr/dl, albúmina 3.45 gr/dl, bilirrubina total 9.4 mg/dl, directa 8.4 mg/dl, TP 16" (13), TPT 35" (30-45). E.V.D.A. várices esofágicas incipientes.

Biopsia hepática: se realizó en dos ocasiones (1361/80 y 1780/80) confirmando la E.V.O.H. La paciente se llevó a cirugía para realizar un Shunt peritoneo-venoso y evolucionó satisfactoriamente en año y medio de seguimiento.

Los casos restantes incluidos en la tabla 1 son aquellos de EVOH en los que pudimos conocer el antecedente de ingestión de árnica y demostrar convincentemente

Tabla 1. Información disponible en los casos

ENFERMEDAD VENOOCCLUSIVA HEPATICA*				
No.	SEXO	EDAD	Bh.	DIAG.
22	MUJER	48 AÑOS	424/79	EVOH
23	MUJER	37 AÑOS	194/90	EVOH
24	HOMBRE	64 AÑOS	3250/91	EVOH
25	MUJER	62 AÑOS	943/92	EVOH

* Todos hicieron hipertensión portal y sin excepción habían ingerido árnica y tuvieron laparoscopia positiva.

que hicieron EVOH pero que por problemas de archivo u otro imponderable no fue posible completar la documentación de la manera que la ilustramos en los primeros 21 pacientes.

En todos estos pacientes se descartaron hasta donde fue posible otras causas de venooclusión hepática como alcoholismo crónico, radioterapia, quimioterapia antineoplásica, trasplante de medula ósea entre otras y como puede verse en el resumen de estos casos los exámenes paraclínicos practicados con mayor frecuencia fueron pruebas para medir el funcionamiento hepático, laparoscopia y biopsia bajo control visual y esofagoscopia para evidenciar várices esofágicas.

El material histopatológico tanto de las 11 necropsias como de las 31 biopsias se coloreó con HE y tinciones especiales para fibras reticulínicas, fibras elásticas, tricromo de Masson y hematoxilina-ácido fosfotúngstico.

Con el microscopio de luz se analizaron las alteraciones en 11 necropsias y 31 biopsias y en 7 biopsias, procesadas según métodos ya clásicos se realizó estudio de ultraestructura.

b) La segunda parte de nuestro material, que en sentido estricto es la primera y sin duda nuestro punto de partida, se refiere a la planta *Senecio formosus* (Fig. 1). ingerida en infusiones por todos, excepto uno de nuestros pacientes. El vocablo árnica muy ampliamente utilizado para referirse a esta especie, deriva de la palabra griega anakis que significa forro de piel de cordero.

El *Senecio formosus* al lado de otras siete especies de este género está incluido en la antes citada obra del profesor **Hernando García Barriga** "Flora Medicinal de Colombia-Botánica médica" (4) y por supuesto ha sido objeto allí de una magistral descripción que empieza así:

"*Senecio formosus* HKB. Nov. gen. et Sp 4: 177, 1820.

Sinónimo: *Senecio tabacum* Turcz (1851).

N.V. "Arnica", "Arnica de Bogotá, (Cundinamarca y Boyacá), "Arnica de páramo (páramo de Choachí y de Guasca). Hermosa planta que habita en los páramos de Colombia y Venezuela, usada en medicina popular como sucedáneo de la Arnica montana, especie esta que vive en Europa y muy distinta por sus caracteres morfológicos al árnica de Bogotá".

Clasificación Botánica:

División: Embriofitas Sifonógamas

Clase: Dicotiledoneas

Orden: Campanulales

Familia: Compositae

Género: *Senecio*

Especie: *formosus*

La más detallada distribución en Colombia de *S. formosus* que encontramos es de **J. Piñeros Corpas, H. García Barriga y E. Montaña Barrera** en su libro *Estractos naturales de plantas medicinales* y por considerarla de gran ayuda nos permitimos transcribirla fielmente:

Boyacá: Tota, altura 3.200 m. *Silvio Yepes-Agredo* 3232.

Pauna: carretera a Muzo, las Curubitas, altura 2.850 m. *H. García-Barriga* 13228. Páramo de La Rusia, entre Duitama y Charalá, altura 3.650 m. *Jean H. Langenheim* 3478. Nevado del Cocuy, hacia la Cueva, en la Zanja, altura 3.700 m. *J. Cuatrecasas & H. García Barriga* 1629. Santa Rosa, al occidente de la ciudad en la subida al cerro de La Nariz, altura 3.500 m. *Lorenzo Uribe-Uribe* 5113.

Caldas: Cordillera Central, vertiente occidental, páramos del Nevado del Ruiz, altura 3.900-4.200 m. *J. Cuatrecasas* 9301.

Cordillera Central: Nevado del Ruiz, páramos entre termalés y Nevado y Líbano, altura 4.140 m. *Harriet G. Barclay & Pedro Juajibioy* 6374.

Cundinamarca: Cordillera Oriental, vertiente oriental (páramo) valle del río San Cristobal, alto de la Horqueta, altura 3.500-3575 m. *H. García-Barriga* 16164. Cordillera Oriental, páramo de Guasca, vertiente occidental, altura 2.800-3.300 m. *H. García-Barriga & R.E. Schultes* 13568. Páramo de Sumapaz, cerca al Alto de Caicedo, altura 3.700-3.800 m. *Lorenzo Uribe-Uribe* 4504. Macizo de Bogotá, páramo de Palacio, hacienda La Siberia, El Tablón, altura 3.350 m. *J. Cuatrecasas & al.* 25650. Macizo de Bogotá, páramo de Chisacá, altura 3.630 m. *J. Cuatrecasas & R. Jaramillo-M.*

25723. Fómeque, páramo de Chingaza, altura 3.000-3.300 m. Huertas & Camargo 5948. Municipio de Guasca, páramo de Guasca, altura 2.730 m. *H. García-Barriga* 6271.

Magdalena: Sierra de Perijá, oeste de Manaure, Sabana Rubia, páramo, altura 3.000-3.100 m. *J. Cuatrecasas & R. Romero-Castañeda* 25047. Sierra Nevada de Santa Marta, Valle del río Donachuí, camino Corisa-Naboba, altura 3.200-4.500 m. *Th. van der Hammen* 1185.

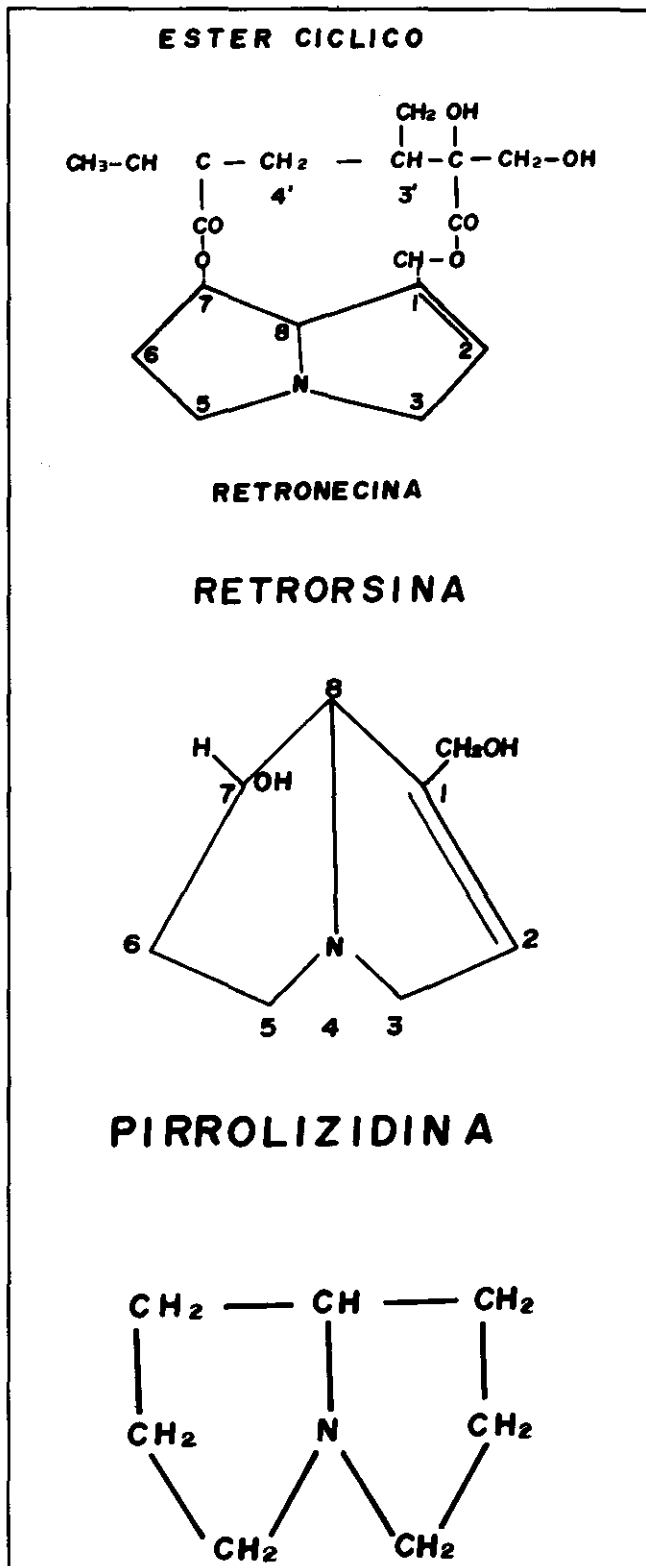
Nariño: Municipio de Túquerres, camino de herradura de Túquerres a volcán Azufral, altura 3.350-3.450 m. *L.E. Mora* 2203.

El material que nos permitió conocer la base química causante de la venooclusión hepática fue obtenido en el Páramo de Guasca a 3.000 metros sobre el nivel del mar y en el Páramo de Palacio con una altura de 3.200 metros entre septiembre y diciembre de 1973; su identificación tuvo la supervisión del profesor **H. García Barriga** y de su análisis fitoquímico (Tesis ya citada de **F.C. Muñoz**) se deduce que el mayor contenido de sustancias químicas está en las hojas pues se demuestran en bastante menor cantidad en raíz y tallo. La mayoría de los alcaloides del *Senecio* son esteres de aminoalcoholes con diferentes ácidos y sometidos a hidrólisis dan una alkanolamina (necina) y un ácido (nécico).

Las hojas secas de *Senecio formosus* contienen lo siguiente:

Alcaloides totales 0.52%, sustancias grasas 6.85%, además ácidos esteroides, taninos, principios amargos y aceite esencial y lo más interesante siete alcaloides, uno principal la Retrorsina y de los seis secundarios sobresale la Integerrimina como pudo comprobarse por cromatografía de capa delgada. Conviene anotar que desde 1931 **Manske** (15) comprobó que la Senecifolinina es idéntica a la Retronecina, que logró hidrolisando la Retrorsina del *S. retrorsus* Benth (gráfica 1) y se sabe ahora que la Retronecina es la Necina característica de los alcaloides en general del género *Senecio* y su fórmula es 1-hidroximetil 7-hidroxipirrolizidina. Es especialmente significativo que el descubrimiento del anillo pirrolizidínico ocurre cuando se verifica su presencia en los alcaloides del *Senecio*.

Nuestro grupo de trabajo para el informe que entregó en 1978 (6) aprovechó este conocimiento fitoquímico para adelantar un ensayo farmacológico que permitiera comparar las lesiones del hígado humano con el de ratones a cuya dieta a base de purina para roedores se agregaba por vía oral extracto acuoso del polvo de las hojas de *Senecio formosus* y el resultado lo consideramos demostrativo de



Gráfica 1.

una patología idéntica o por lo menos equivalente (Fig. 4,5,6 y 7, 8, 9,10, 11 y 12).

Resultados

Estos 25 casos de enfermedad venooclusiva hepática correspondían a 10 hombres y 15 mujeres. Exceptuando el caso 7 que era un niño de dos años, todos los demás son adultos cuyas edades fluctuaron entre 23 y 64 años. Todos menos el niño acusaron el antecedente de ingestión de árnica como se ve en la tabla 2. No fue posible determinar con precisión el tiempo durante el cual cada paciente ingirió infusiones de árnica pero sí pudo establecerse que fue en extremo variable, años meses o tan corto como 6, 12 y 15 días y tres pacientes expresaron estar habituados a las "aguas de yerbas" con preferencia por el árnica.

La ascitis fue un síntoma común a todos los pacientes que se referían a ella como sensación de "distensión o abombamiento abdominal" y casi sin excepción se presentó la queja de dolor en el hipocondrio derecho. Doce de los

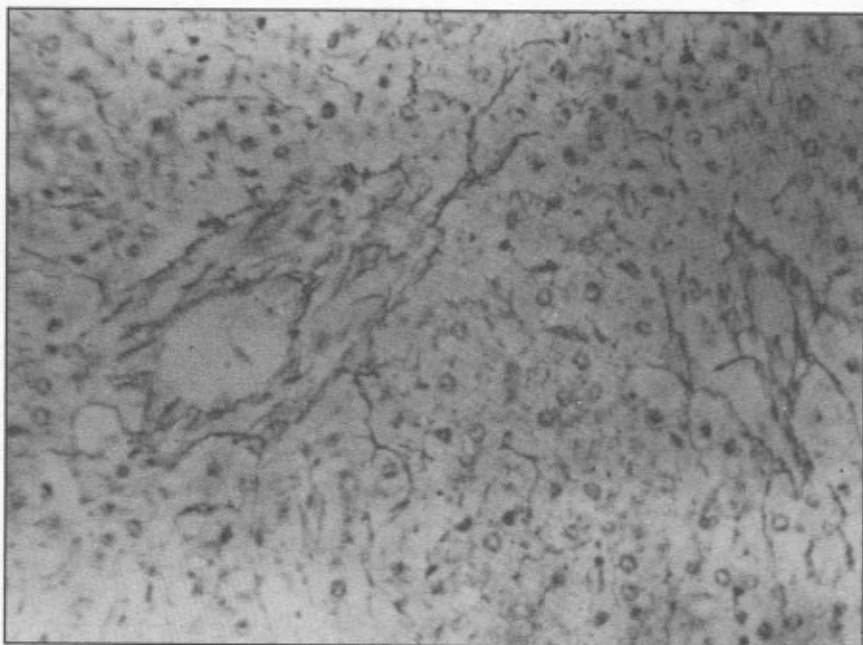


Figura 4. Marcado engrosamiento de la pared y disminución proporcional de la luz de una vena centrolobulillar en el hígado de un ratón que recibió el alcaloide por vía oral durante 30 días. Tinción para retículo, 250 X aprox.

veintiún casos con historia clínica completa tenían ictericia. De los trece fallecidos el coma hepático fue el evento

final en once y los otros dos murieron en insuficiencia cardíaca congestiva (caso 6) y meningoencefalitis purulenta (caso 7). Una hemorragia digestiva fue en tres de los casos (3o, 5o, y 13o) un factor que pudo acelerar la muerte. De los 12 pacientes que sobrevivieron la recuperación total fue la regla pero algunos requirieron además del control médico terapia diurética prolongada (hasta 12 meses). El seguimiento intentado en todos los casos se ha logrado en poco más del 50%.

El laboratorio demostró un patrón consistente en disminución moderada de las proteínas totales, elevación discreta de las transaminasas y elevación de la bilirrubina total pero sobre todo de su fracción conjugada. En 80% se notó elevada la fosfatasa alcalina.

La esofagoscopia fue, como es sabido, de gran valor para visualizar y valorar la severidad de las várices esofágicas y la laparoscopia practicada en 15 pacien-

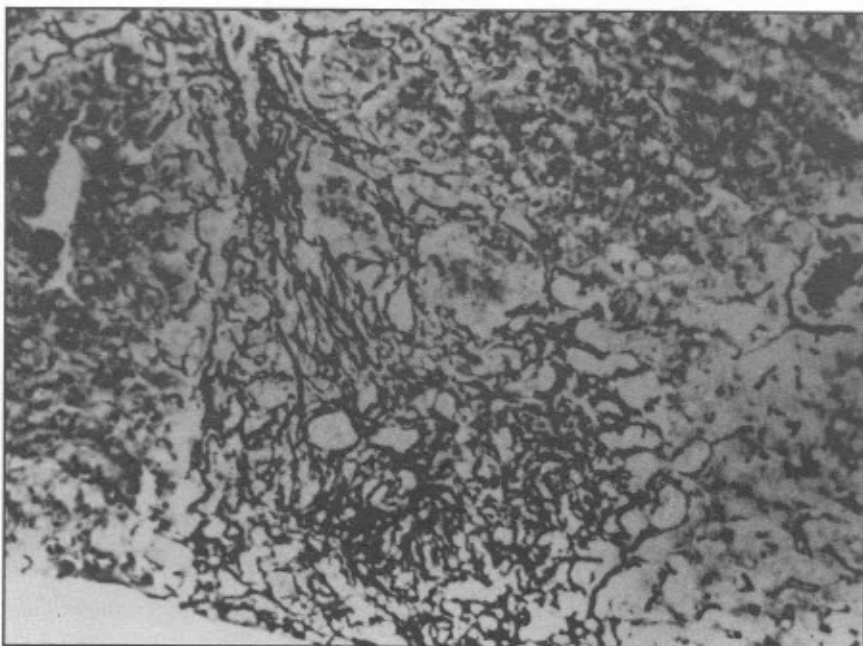


Figura 5. Trama muy densa de fibras de reticulina con eliminación casi total de la luz de la pequeña vena que aparece en el centro en el mismo animal de la figura 4. Tinción para retículo, 100 X aprox.

Tabla 2. Enfermedad veno-oclusiva del hígado. Estudio de 25 casos

No.	Sexo	Edad	T.ingestión Arnica	Iniciacion Sintomas	Evolución	Causa de muerte	Tiempo total enfermedad	
1	M	36	A	15 D.	52 D.	COMA HEPATICO	67 D.	
2	F	25	Hábito	20 D.	34 D.	COMA HEPATICO	54 D.	
3	M	58	M	22 D.	9 D.	COMA HEPATICO	31 D.	
4	M	57	Hábito		60 D.	COMA HEPATICO		
5	M	47	15 D	7 D.	7 D.	COMA HEPATICO	14 D.	
6	F	50	A		24 M.	I.C.C.		
7	M	2		15 D.	62 D.	M- ENCEFALITIS	77 D.	
8	F	39	5 A	3 M	MEJORIA			
9	M	33	2 M	6 D.	5 D.	COMA HEPATICO	11 D.	
10	M	42	2 M.	2 M.	8 M.	COMA HEPATICO	10 M	
11	M	48	Hábito	3 M.	40 D.	COMA HEPATICO	4 M	
12	F	32	- 1 M	45 D.	81 D.	COMA HEPATICO	4 M	
13	F	32	6 D.	10 D.	107 D.	COMA HEPATICO	4 M.	
14	F	30	12 D.	3 M.	12 M.	COMA HEPATICO	15 M.	
15	M	52	10 M	10 M	CONTROL 12 M			
16	F	54	15 D	15 D	CONTROL 5 M			
17	F	23	1 M				MEJORIA	
18	F	40	2 M	10 D			MEJORIA	
19	F	49	1 M	5 M			MEJORIA	
20	F	47	1 A				ENC.HEPATICA	
21	F	38	1 M				S HUNT.P VENOSO	
22	F	48	En estos 4 casos la información disponible incluye antecedente de ingestión de árnica, cuadro hipertensión portal laparoscopia positiva y biopsia de hígado .					
23	F	37						
24	M	64						
25	F	62						

A: Años ; M: Meses ; D: Días

tes dejó ver con mucha nitidez la hipervascularización del ligamento redondo, la ascitis y el aspecto congestivo del hígado. La gamagrafía realizada a tres pacientes, mostró zonas de captación subnormal.

De treinta y una biopsias hepáticas practicadas a veintinueve pacientes diez y seis fueron concluyentes de EVOH, catorce compatibles con este diagnóstico y una fue inadecuada para estudio. La biopsia laparoscópica fue de calidad muy superior a la obtenida con aguja.

El estudio de once necropsias nos permite concluir que en un cuidadoso estudio postmortem la EVOH puede ser diagnosticada en el 100%.

Los cambios que ilustra la figura 3 son el común denominador en cuanto a alteración macroscópica del hígado

do y un análisis detenido de las figuras 4 a 10 no sólo nos da la suma del daño microscópico sino también nos permite comparar y concluir que existe similitud muy estrecha entre la EVOH humana causada por *Senecio formosus* y la que los extractos de esta misma planta ocasionan al ratón.

De los hallazgos ultraestructurales sólo ilustramos en las figuras 11 y 12 el fenómeno trombótico y la alteración mitocondrial.

Discusión

Como tantas otras observaciones pioneras es de William Osler la primera mención en 1883 sobre un efecto tóxico de los Senecios (98) y el primer aislamiento de un

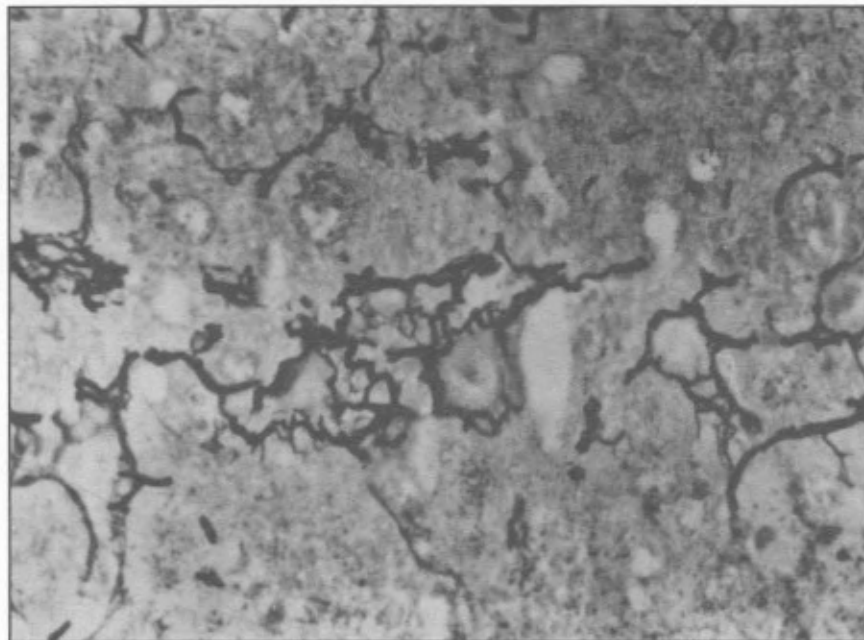


Figura 6. Notoria fragmentación, cambios en el diámetro y amontonamiento de las fibras de reticulina, no sólo en la contigüidad de las pequeñas venas que aparecen en el centro sino a distancia. Este ratón recibió el alcaloide por vía oral durante 30 días. Tinción para retículo, 250 X aprox.

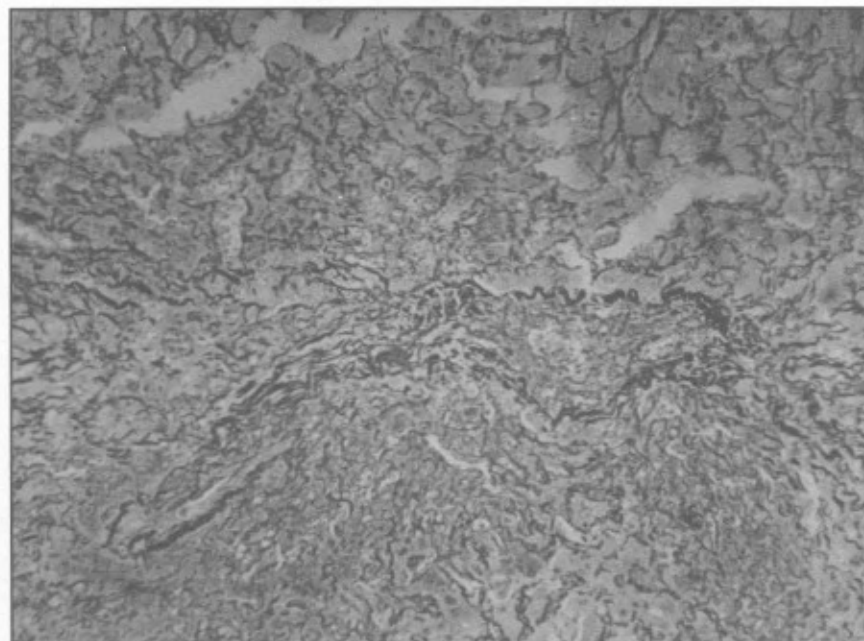


Figura 7. Oclusión prácticamente total de una vena centrolobulillar en el caso de un paciente con EVOH subaguda. Tinción para retículo, 250X aprox. Nótese la semejanza con figuras anteriores que muestran la lesión en el ratón.

alcaloide de un *Senecio*, la Senecionina y Senecina es un aporte de **Grandval** y **Lajoux** (20) hace ya cien años (1895). Dos años más tarde (1897) **Loefgren** (9) no sólo identifica numerosas sustancias químicas en multitud de especies de este género sino que busca acción farmacológica y efectos tóxicos en diversas especies animales. Las primeras investigaciones que aportan plena prueba de hepatotoxicidad de plantas de este género son las de **Watt** (10) y de **Cushny** (39) entre 1909 y 1911 cuando comprobaron que en Africa del Sur animales de pastoreo morían intoxicados con *S. latifolius*. Desde el envenenamiento con pan (Bread poisoning) descrito en 1918 por **Albertyn** se acepta que el hígado humano puede resultar lesionado por algunas especies de *Senecio* y de ello no quedó duda a partir de 1930 cuando **Steyn** demuestra que el contaminante del trigo es el *S. burchellii* y el *S. ilicifolius* (16).

En esta intensa búsqueda de aproximadamente una centuria la toxicidad y más selectivamente la hepatotoxicidad de los Senecios no sólo ha quedado aceptada para el hombre sino también para otros vertebrados que comprenden bovinos (100-112), equinos (113-115), caprinos (116,117), ovinos (118-121), roedores como rata (122-130), ratón (131,132), conejo (133,134), curí (135,136) y algunas aves (137,138).

A pesar de tan voluminoso universo investigativo en esta área el *S. formosus* no había sido objeto al mismo tiempo de un análisis fitoquímico, farmacológico experimental clínico y patológico y ello limita por supuesto muestra posibilidad de plantear comparaciones.

Identificada por **Manske** en 1931 la Retrorsina (15), F.C Muñoz demostró (1974) en material nuestro que este es el alcaloide principal del *S. formosus* y que el factor hepatotóxico químicamente es 1. Hidroximetil 1-2 dehidro 7 hidroxipirrolizidina (7). Como tantas veces ocurre en biología el daño causado por esta sustancia al hígado parece depender más de

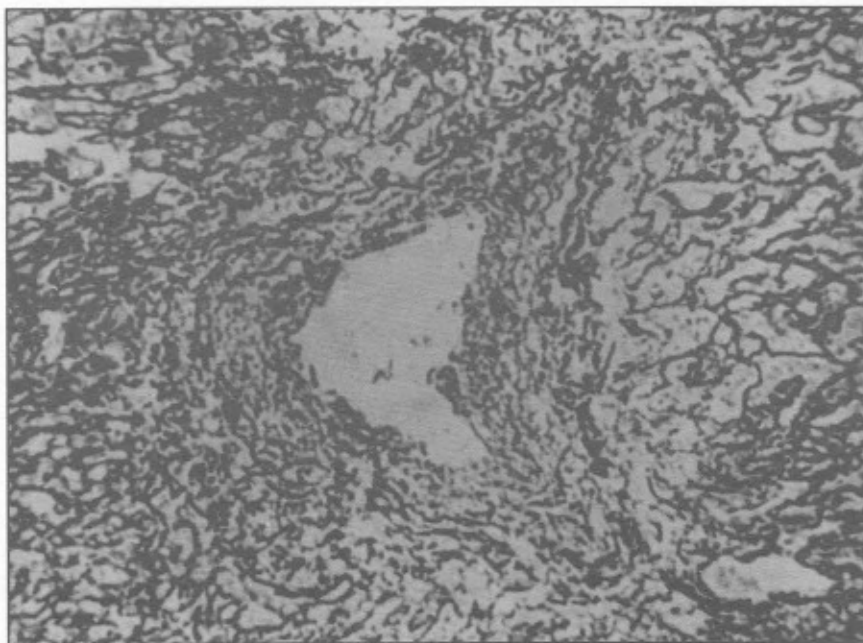


Figura 8. Vena centrolobulillar con abolición casi total de la luz por edema subintimal. Nótese la presencia de minúsculas fibras de reticulina también bajo la íntima. Tinción para retículo, 250 X aprox.

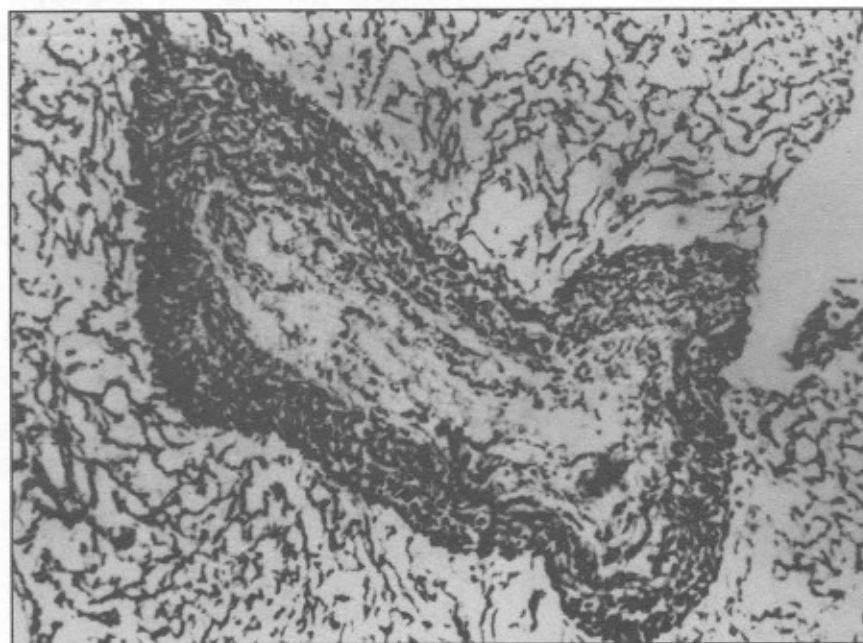


Figura 9. Vena centrolobulillar con abolición total de la luz. Se reconocen bien múltiples pequeñas y muy fragmentadas fibras de reticulina en el material subintimal. Tinción para retículo, 250 X aprox.

una factor personal individual que de la dosis ingerida y en nuestra casuística varios pacientes hicieron un cuadro grave tras muy breve lapso de ingestión de pequeñas dosis, pero también vimos lo contrario.

Como se nota de manera muy evidente en las figuras 4-10 la lesión hepática es muy semejante en el ratón y en el hombre y consiste de estenosis de las venas centrolobulillares y sublobulares con notable compromiso de las fibras de reticulina, consistente en cambios en el diámetro, fragmentación y aglutinación tanto a nivel de la pared venosa como en la trama general de soporte del parenquima pudiéndose hablar de colapso de la arquitectura lobulillar. El engrosamiento de los canaliculos biliares es de grado menor y no constante, el daño hepatocelular es mínimo. Lo anterior indica que la coloración más útil para valorar la biopsia hepática es la electiva para fibras de reticulina.

No vimos trombosis en la microscopía de luz pero en siete biopsias procesadas para ultraestructura sí se detectó este fenómeno y además se apreciaron cambios de organelos, primordialmente mitocondriales. Hallazgos hasta cierto punto comparables con los de **Putzke (139)**, **Brooks, Miller y McKenzic (140)**. La documentación que más allá de toda duda ha confirmado una patología causada por el *S.formosus* en el humano se refiere exclusivamente a la vía oral y circunstancialmente y de manera estricta esto coincide con las condiciones de nuestro experimento en ratones. **Piñeros** y colaboradores afirman que un estudio experimental demostró la ausencia de lesiones hepatotóxicas hasta 6 meses después de haber aplicado durante 30 días, en un área extensa de la piel del ratón el extracto de *S.formosus*.

Fieles a costumbres de hondo arraigo popular, al consejo de algunos textos de botánica y de la muy variada y voluminosa información naturista, la ingestión de los extractos de las hojas de árnica tenía como propósito provocar aborto, adel-



Figura 10. Vena sublobular con edema subintimal y oclusión de la luz. Tinción para retículo, 250 X aprox.

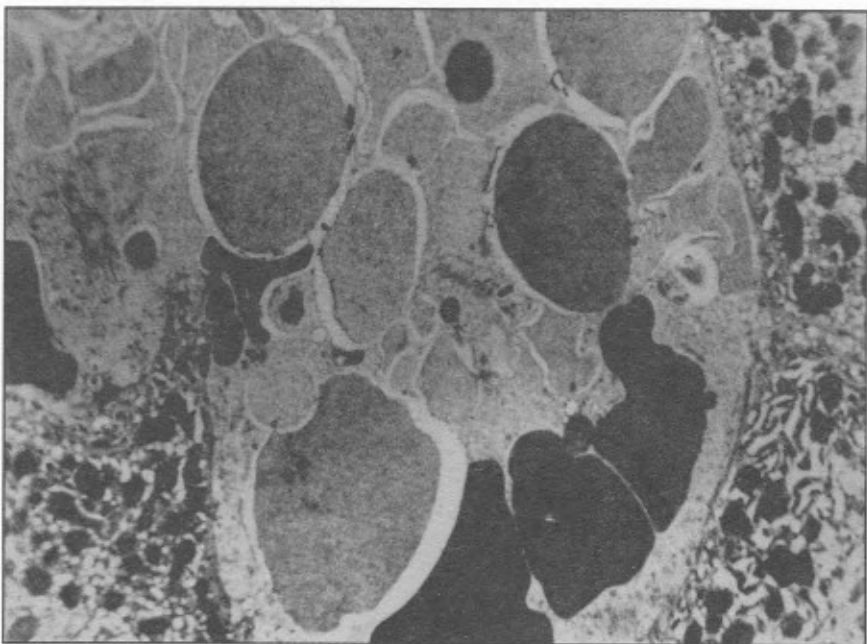


Figura 11. Trombosis de una pequeña vena, hay desaparición de los espacios de Dissé y aplanamiento de la superficie del hepatocito contiguo a este espacio. El retículo endoplásmico está dilatado. 3.200 X.

gazar, o curar gastritis, glaucoma y síndrome varicoso, uno de nuestros pacientes quería tratar su epilepsia.

El diagnóstico clínico de EVOH se apoya en el antecedente de ingestión de muy variadas especies de *Senecio*, en nuestro caso *S.formosus* (árnica), ascitis, dolor en hipocondrio derecho, frecuente edema de miembros inferiores y en pruebas de función hepática alteradas y en los cambios descritos antes en la biopsia hepática (141-154). La esofagoscopia para valorar las várices esofágicas y la laparoscopia para apreciar el aspecto de nuez moscada del hígado y para lograr una biopsia de máxima calidad son puntos de apoyo definitivos. Con un buen uso de toda esta información la EVOH humana puede ser diagnosticada oportunamente en un 100%; sin desconocer la semejanza que puede ofrecer con el Síndrome de Budd-chiari (155-156').

La gráfica 2 esquematiza la evolución clínica que observamos en la EVOH y el signo de interrogación que vemos en la forma subaguda y crónica de ningún modo pone en duda la existencia de estos perfiles clínicos y más bien quieren significar que a tales estados se llega teniendo siempre como punto de partida la etapa aguda y por lo menos desde una concepción histopatológica esto no tendría excepción. En nuestra casuística sólo 3 de 25 enfermos tuvieron un curso subagudo dos de los cuales pasaron a la etapa crónica y uno de ellos murió 40 días después de su ingreso. Clínicamente la forma crónica se comporta como una cirrosis. Entre nosotros la cirrosis hepática consecuente a EVOH resultó excepcional a diferencia de lo informado por **Bras, Jelliffe y Stuart** (154') y de una experiencia en Jamaica cuando **Bras, Brooks y Walter** comprobaron que entre 77 cirróticos 23 tenían como etiología EVOH (155'). Aunque no pocos autores consideran la EVOH como una entidad primordialmente infantil, 24 de nuestros 25 pacientes (96%) son adultos. En la mención que se hace a seis niños de una familia de Hato Viejo-Calamar-Bolí-

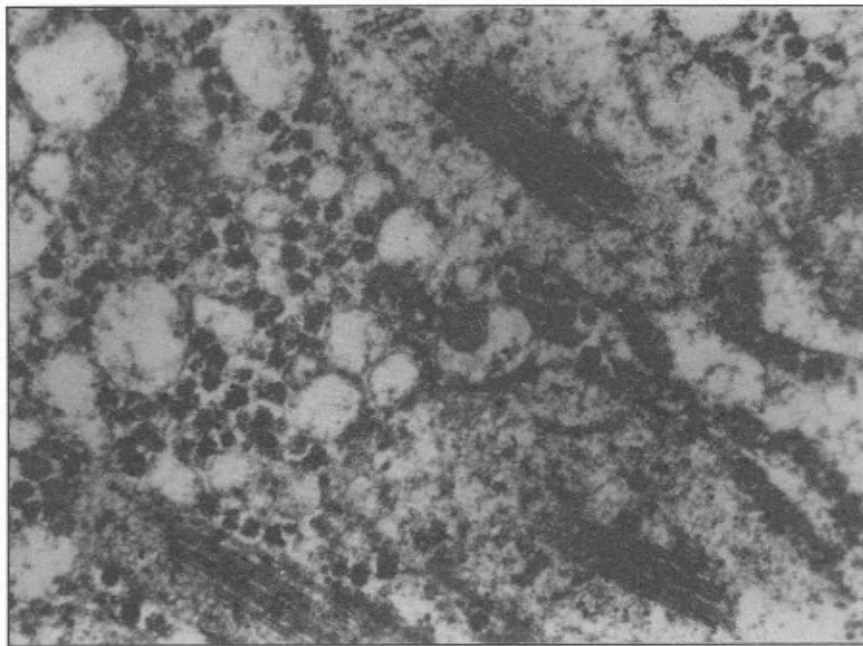


Figura 12. Se aprecian mitocondrias con figuras de tipo mielínico paralelas al eje mayor del organito, el cual muestra disminución de las crestas 33.000 X.

var que desarrollaron EVOH en 1994 (157) la causa no pudo establecerse pero sí se comprobó que nada tuvo que ver en ese accidente el *S. formosus*. También fue posible excluir en esta ocasión otras causas conocidas de enfermedad venooclusiva hepática

como son radioterapia (158), quimioterapia antineoplásica (159-160) y por supuesto la enfermedad hepática alcohólica (161, 162) lo cual indica que sin duda entre nosotros existen para la EVOH otras etiologías que aún nos falta descubrir.

La literatura consultada no se detiene en la determinación de anticuerpos antinucleares para la EVOH; sólo lo hicimos en dos biopsias hepáticas con resultado negativo.

Aunque desconocemos el mecanismo íntimo de la oclusión venosa sabemos que el material que reemplaza la luz de las venas es muy homogéneo y tiñe sólo débilmente con la coloración de HE por lo cual expresamos otra vez que la técnica que tiñe fibras de reticulina nunca puede omitirse cuando se sospecha EVOH. **Stirling, Bras y Urquhart** definen como fibrina el material subintimal.

En once necropsias no encontramos venooclusión en otros órganos y la buscamos con particular cuidado en pulmón teniendo en cuenta lo descrito por **Heath** en 1966 cuando se refiere a enfermedad venooclusiva pulmonar (164).

El tratamiento consiste en controlar la ascitis y en mantener el balance hidroelectrolítico; transfusiones cuando se presenta hemorragia digestiva y succión nasogástrica. El empleo esporádico de corticosteroides no nos dió resultado, el beneficio de una anastomosis porto-cava, pocas veces practicada, en EVOH (165, 166) es prometedor pero sin duda requiere mayor documentación.

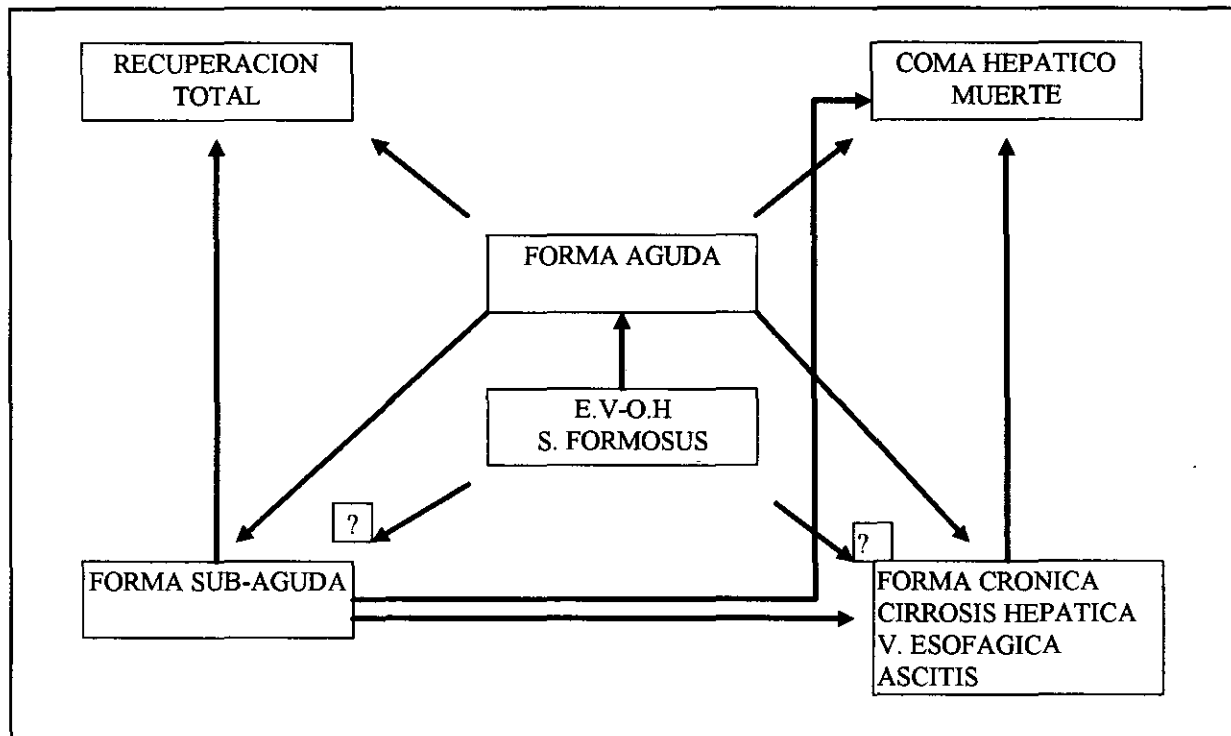
Para el coma hepático, complicación que presentaron 9 de 25 pacientes (36%) se administraron neomicina o sulfas no absorbibles, colchicina vía oral, enemas evacuadores, líquidos parenterales, laxantes y estricto control hidroelectrolítico, pese a todo ello los enfermos que llegaron a este estado murieron.

Entendemos lo limitado de los hallazgos de ultraestructura que ilustramos y somos conscientes de la necesidad de ampliar posteriormente la información a este respecto. Es igualmente escasa la información disponible sobre efectos mutagénicos y carcinogénicos de estos alcaloides (167-169). Las recientes descripciones de daño hepático causado por la planta *Larrea tridentata* ("Chaparral") la responsabilizan básicamente de una hepatitis tóxica (170,171).

Finalmente y apenas como orientación adicional recordamos que la literatura considera sinónimos de Enfermedad Venooclusiva Hepática los términos Seneciosis (172) y Hepatosis Serosa, éste último introducido por **Hill, Rhodes, Stafford** y **Abu** en 1953 (173). Estos términos no equivalen en modo alguno a variables de la EVOH y por el contrario es fácil verificar que las manifestaciones clínicas y el sustrato patológico son idénticos cuando analizamos las magistrales descripciones de **Bras, Hill y Stuart** en Jamaica (174-176), las de **Safouh** (177) y **Al-Hasany** (178) en pacientes egipcios e iraquíes respectivamente, el brote de Afganistán Occidental (179) o el ocurrido hace 20 años (1976) en India Central (180) y en esta experiencia original para el caso del *S. formosus*.

En síntesis este trabajo es la identificación, manejo y solución de un problema.

La enfermedad venooclusiva hepática la hemos identificado en nuestro medio en 1964 y la historia clínica y patología de los primeros nueve pacientes los hemos comunicado en 1968.



Gráfica 2.

La aparición de esta entidad nueva en nuestro registro nacional de enfermedades causó mucha inquietud cuando divulgamos su presencia ante la comunidad médica, ante los botánicos, los homeópatas y ante el público en general.

Esta evidencia genera dos hechos muy afortunados: 1). **Flor Cecilia Muñoz**, dedica su tesis para optar al título de Químico Farmacéutico en la Universidad Nacional en 1974 al estudio fitoquímico y farmacológico del *Senecio formosus*, planta cuyo extracto de las hojas había sido ingerido por los 9 pacientes referidos antes. Este estudio puntualiza que la hepatotoxicidad puede ser causada sólo por aquellos alcaloides ésteres de 1 Hidroximetil -1:2. Dehidro-7-Hidroxipirrolizidinas, condición comprobada en la Retrorsina, sustancia que constituye el 50% de los alcaloides de *Senecio formosus* y 2). En 1975 en Flora Medicinal de Colombia, **H. García Barriga** incluye efectos nocivos para la salud humana de esta planta, haciendo referencia a nuestros hallazgos iniciales.

La gente disminuye pero no logra en tan corto lapso abandonar una costumbre ancestral y por ello seguimos atentos y para 1976 cuando dimos cuenta de 16 casos, 13

de ellos fallecidos con un cuidadoso estudio postmortem en 11, incluimos un análisis comparativo de las lesiones vistas en biopsias y autopsias humanas y las provocadas en el hígado de ratones cuya comida (purina para roedores) habíamos mezclado previamente con extractos de hojas de *Senecio formosus*, lesiones que uno de nosotros (G.Toro) examinó y que como muy bien lo ilustran las figuras 4-10 tienen muy estrecha semejanza.

Seguimos informando en diversas instancias y pidiendo hasta vehementemente el abandono del hábito de tomar infusiones de plantas cuyos eventuales efectos adversos desconocemos y al mismo tiempo identificando y evolucionando los nuevos casos, por fortuna cada vez menos frecuentes, sólo nueve en el lapso 1976-1996 y el último es de 1993.

Habíamos decidido con **Milton Arguello** volver veinte años más tarde a visitar este tema y ante su prematura y muy sentida ausencia, esta nueva incursión en la EVOH que tiene algún perfil de inventario, que revive antecedentes y que completa el estudio de veinticinco pacientes víctimas de esta intoxicación, la hacemos como un homenaje a su memoria.

Agradecimientos

Al Académico don Santiago Díaz Piedrahíta por su generosa ayuda en la copilación de algunos hechos de la historia de los Senecios.

Bibliografía

1. **Pérez, E.** 1956. Plantas útiles de Colombia. Tercera redacción, Librería Colombiana, Camacho Roldán & Cía Ltda, Bogotá, 302.
2. **Cortés, S.** 1919. Flora de Colombia, Segunda Edición. Librería del Mensajero, Bogotá, 202.
3. **Arias, E.** 1966. Plantas Medicinales. Editorial Bedout, 5a. Ed. Medellín, Colombia. p. 88-89.
4. **García-Barriga, H.** 1975. Flora medicinal de Colombia-Botánica médica. Tomo III. Talleres Editoriales de la Imprenta Nacional-Bogotá, p. 398-409.
5. **Vélez, M., G. Toro, L. Amaya, M. Llorente, D. Cadena, & C. Restrepo,** 1968. Enfermedad Venó-Oclusiva del hígado. Estudio de 9 casos. Revisión del tema. Trib. Med. (Colombia) VII: 1-21.
6. **Arguello, M., G. Toro, J.E. Ospina, & F.C. Muñoz.** 1978. Efectos adversos de los extractos de la planta *Senecio formosus* (árnica) en el hígado humano y en el animal de experimentación. Acta Médica Colombiana. Vol 3 No. 3, 139-167.
7. **Muñoz, F.C.** 1974. Estudio fitoquímico y farmacológico del *Senecio formosus*. Facultad de Ciencias, Dpto. de farmacia Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, noviembre/74. (Tesis para optar al título de Químico Farmacéutico).
8. **Caminho, A.** 1971. Plantas tóxicas do Brasil (Tese de Concurso da Cadeira de Botânica Médica da Fac. Med. Rio de Janeiro).
9. **Loefgren, A.** 1897. Familia compositae de Flora Paulista, Boletín de Com. Geof. E Geolog. de Sao Paulo, No. 12.
10. **Watt, H.E.** 1909. Alkaloid of *Senecio latifolius*, J. Chem. Soc. 95: 466.
11. **Long, Harold, C.** 1924 Plants poisonous to live stock, Cambridge Agricultural Monographs, 2a. Ed. London.
12. **Dias Da Silva, R.A.** 1926. Farmacopeia dos Estados Unidos do Brasil. Sao Paulo, 884.
13. **Orekhov, A., R.A. Konovalova, & W. Tiedebel.** 1930 *Senecio* Alkaloids.: platyphylline, Ber., 63-B, 1886.
14. **Kelly, E.A., & E.V. Lynn,** 1931. Chemical study of *Senecio aureus*, J. Amer. Pharm. Assoc. 20: 755.
15. **Manske, R.H.F.** 1931. The alkaloids of *Senecio* species, Canadian. J. Research, 5: 651.
16. **Steyn, D.G.** 1934. The toxicology of plants in South Africa, Central News Agency, South Africa.
17. **Menschikov, G.P., & J. Zhdanovich.** 1936. Uber Die Alkaloide von *Heliotropium lasiocarpum*. V Mitteil: Uber Lasiocarpin, Ber., 69: 1110.
18. **Konovalova, R.A., & A. Orekhov,** 1937. Alkaloids of *Senecio* species; degradation of senecionine, Bull. Soc. Chem, 54: 1285.
19. **Floriani, L.** 1938. Análisis químico de los vegetales, Editorial Vázquez, Buenos Aires, p. 59.
20. **Grandval, A. & H. Lajoux,** 1939. Compte rendu, 120: 1120, 1895, in Henry, TA. "Plant alkaloids" 3rd ed. London p. 636.
21. **Hoehne, F.C.** 1939. "Plantas e substancias vegetais tóxicas e medicinais", Sao Paulo, págs, 38 e 316.
22. **Rocha e Silva,** 1940. O problema das plantas tóxicas no Estado de Sao Paulo, o Biológico, 6: 59 e 254.
23. **Morales Melo, E.M. & J. Sampaio Fernandes,** 1941. Contribução ao estudo das plantas tóxicas brasileiras Min. Agr. R. Jan.
24. **Rocha e Silva,** 1943. Ensaio com 27 plantas consihradas suspeitas. Arq. Do. Inst. Biol. 14:15.
25. **Noveli, A., J. Molfino, & M.H. Giunti,** 1944. *Senecio brasiliensis* (Possiva planta tóxica). Semana Médica, 2. 646, Buenos Aires, Stembro.
26. **Ochhioni, P.** 1944. Contribução para o conecimento das plantas tóxicas brasileiras, Bol. Min. Agr. Dezembro.
27. **Noveli, A., & A. de Varela,** 1945. Alcaloides de *Senecio* en Argentina; *Senecio brasiliensis*. Anales Asoc. Quim. Argentina, 33: 176.
28. **Almeida Costa, O.,** 1949. Plantas tóxicas para ganado. Rev. de Flora Medicinal, año XVI, No. 1 Janeiro.
29. **Moraes, E., De C.F.** 1951. Contribução ao Estudo Quimico-Toxicológico do *Senecio brasiliensis* Less., Tesis de Libre Docencia, Fac. de Farm. Odont. Univ. S. Paulo, 49.
30. **Bras, G., D.M. Berry, & P. Gyorgy,** 1957. Plants as aetiological factor in V.O.D. of the liver. The Lancet, 1: 960-962.
31. **González-Fragoso, DR., P.A. Lusier, & D.P. Fontquer,** 1960. Historia natural tomo III Botánica 5a. Ed. Instituto Gallach de Librería y ediciones Barcelona, 314, 390, 440.
32. **Wall, M.E.** 1954. J. Am. Pharm. Ass., 43: 1, según Calderón, E: Guía para el análisis de plantas y notas prácticas sobre fitoquímica. Conferencias Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, desde p 13 y 38, 1963.
33. **Aristeguieta, L.,** 1964. Compositae. Edicion especial del Instituto Botánico, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 10, parte segunda, 324.
34. **Motidonme, M., & P. Carvalho,** 1966. Alcaloides do *Senecio brasiliensis* Less, Fac. Farm. Bioquim. S. Paulo, 4: 13-44.
35. **Zhao, X.L., M.Y. Cham, & C.W. Ogle,** 1989. The identification of pirrolizidine alkaloid-containing plants. A study on 20 herbs of the compositae family. Am. J. Chin. Med. 17 (1-2): 71-78.
36. **Bah, M., R. Bye, & R., Pereda-Miranda,** 1994. Hepatotoxic pirrolizidine alkaloids in the Mexican medicinal plant *Packera candidissima* (Asteraceae; Senecioneae). J. Ethnopharmacol., 43 (1): 19-30.
37. **Ducker, S.R., M.W. Lame, & H.F. Segall,** 1995. Hydrolysis rates of pirrolizidine alkaloids derived from *Senecio jacobaea* Arch Toxicol., 69 (10) 725-728.
38. **Knox, E.B., & D.J. Palmer,** 1995. Chloroplast DNA variation and the recent radiation of the giant senecios (Asteraceae) on the tall mountains of eastern Africa. Proc. Natl. Acad. Sc. USA. OC 24; 92 (22): 10349-53.
39. **Cushny, A.R.** 1911. On the action of *Senecio* alkaloids and the causation of the hepatic cirrhosis of cattle, J. Pharm. 2:531.

40. **Barger, G., & JJ. Blackie**, 1937. Alkaloids of *Senecio*, J. Chem. Soc. 584.
41. **Blackie, JJ.** 1937. The alkaloids of the genus *Senecio*. Pharm. J. 138: 102.
42. **Adams, R. & EF. Rogers.** 1939. The Structure of monocrotaline, The Alkaloid in *Crotalaria spectabilis* and *Crotalaria retusa*, J Am Chem. Soc. 61: 2815.
43. **Manske, RHF.** 1939. The alkaloids of *Senecio* species, Canadian, J. Research, 17 B, 1.
44. **Chen, KK., PN. Harris, & GL. Rose,** 1940. The action and toxicity of platyphiline and Seneciphylline. J. Pahr. Exper. Therap. 68: 130.
45. **Chen, KK., PN. Harris, & HA. Schulze.** The toxicity of lasiocarpine, J. Pharm. Exper. Therap.
46. **Adams, R. & EF. Rogers,** 1941. Structure monocrotaline; the structure of retronecine, platynecine and retronecanol, J. Am. Chem. Soc. 63: 537.
47. **Adams, R. & KE. Hamlin,** 1941. Structure of monocrotaline; the proof of primary and secondary hydroxyl groups in retronecine, a derivative of 1-methyl-pyrrolizidine, J. Am. Chem. Soc. 53: 228.
48. **Adams, R., M. Carmack, & JH. Mahan,** 1942. Structure of monocrotaline; structure of retronecine and related bases. J. Am. Chem. Soc. 64: 2593.
49. **Adams, R., JE. Mahan,** 1942. Basicity studies of tertiary vinylamine. J. Am. Chem. Soc. 64: 2588.
50. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1942. The action of monocrotaline and retronecine; J. Pharm. Exper. Therap. 73:78.
51. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1942. The action of isatidine, pterophine and scleratine, J. Pharm. Exper. Therap. 75:83.
52. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1942. The action of senecionine integerrimine jacobine, longilobine and spartiodine. J. Pharm. Exper. Therap 75: 69.
53. **Adams, R., & JE. Mahan,** 1943. Estructure of monocrotaline; Proof of the Double Bond in retronecine, J. Am. Chem. Soc. 65: 2009.
54. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1943. The action of carthamoidine, J. Pharm. Exper. Therap. 79: 133.
55. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1943. The action of riddelline, J. Pharm. Exper. Therap 78: 3782.
56. **Adams, R., & NJ. Leonard,** 1944. Structure of monocrotaline, proof of the structure of retronecine, J. Am. Chem. Soc. 66: 257.
57. **Teixeira de Carvalho, GS. & GC. Mauge,** 1946. Acao Tóxica do *Senecio brasiliensis* Less. Fac. Med. Vet. Vol III, dez.
58. **Rosenfeld, I. & OA. Beath,** 1947. Pharmacological action of *Senecio riddellii*, J. Amer. Pharm. Assoc. 36: 331.
59. **Adams, R., FL. Warren, M. Kropman, TR. Govindashari, & J. Looker,** 1947. The identity of beta-longilobine with retrorsine, J Am Chem Soc., 71: 1953.
60. "*Senecio* and related alkaloids". Eli Lilly and Company research awards. vol. V, No. 3, Winter, 1949.
61. **Aschina, Y.** 1950. Arch. Pharm. 251: 355, 1903, según Manske y Holmes en "The Alkaloids", Vol I New York, p. 116.
62. **Manske, RH., & HL. Holmes,** 1950. The Alkaloids, Vol 1, p. 107, New York.
63. **Adams, R., & M. Gianturgo,** 1956. The Alkaloids of *Crotalaria juncea*, J. Am. Chem. Soc., 78: 1919.
64. **Rose, CL. PN. Harris, & col.** 1959. Some pharmacological actions of supinine and lasiocarpine. J. Pharm. 126: 179.
65. **Schoental, R., & AR. Mattocks,** 1960. Hepatotoxic activity of semisynthetic analogues of pyrrolizidine alkaloids, Nature, 185: 842.
66. **Lindo, V., & G. Bras,** 1967. Further investigations on the toxicity of *Crotalaria fulva* in Jamaica. West Indies Med. J. 15: 34-39.
67. **Sharma, RK., GS. Khajuria, y col.** 1965. Thin-layer chromatography of pyrrolizidine alkaloids, J. Chromatog, 19, 433.
68. **Chalmers, AH., JC. Culvenor, y col.** 1965. Characterization of pyrrolizidine alkaloids by gas chromatography, thin layer chromatography and paper chromatography, J. Chromatog. 20: 270.
69. **Jago, MV.** 1969. Development of the hepatic megalocytosis of chronic pyrrolizidine alkaloid poisoning, Amer. J. Farm. Path. 56, 405-21.
70. **Stahl, E.** 1969. Thin-layer chromatography. A laboratory hand book, 2nd. ed. Academic Press Publishers, New York, 435.
71. **Eastman, DF., & HJ. Segall,** 1980. The effect of pirrolizidine alcaloids (*Senecio vulgaris*) on the liver mixed-function oxidase system. Toxicol-Lett 5 (6): 369-74.
72. **Carballo, M., MD. Mudry, IB. Larripa, E., Villamil, & M. D'Aquino,** 1992. Genotoxic action of an aqueous extract of *Heliotropium curassavicum* var. *argentinun*. Mutat.-Res. 279 (4): 245-253.
73. **Chu, PS., MW. Lame, & HJ. Segall,** 1993. In vivo metabolism of retrorsine and - N- oxide. Arch. Toxicol, 67 (1): 39-43.
74. **Obermeyer, WR., SM. Musser, JM. Betz, RE. Casey, AE. Pehland, & SW. Page,** 1995. Chemical studies of phytoestrogens and related compounds in dietary supplements: Flax and Chaparral. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 208 (1): 6-12.
75. **Stashower, ME. & RZ. Torres,** 1995. Chaparral and liver toxicity. JAMA, 274 (11) 871-872.
76. **Gilruth, JA.** 1902. Chirrosis of the liver (Winton disease in horses), Veterinarian, 75: 436.
77. **Pethick, WH.** 1906. Special report o Pictou cattle disease, Dept. Agr. Canadá, 8.
78. **Willmot, FC., & GW. Robertson,** 1920. *Senecio* disease or cirrhosis of the liver caused by *Senecio* poisoning, Lancet, 2, 848.
79. **Van Es, L., Cantwell, LR., HM., Martin, & J. Kramer,** 1929. On the nature and cause of "The walking disease" of Northwestern Nebraska, Univ. Nebr. Res. Bull., 43.
80. **Mathews, FP.** 1933. Poisoning of cattle by species of groundsel, Tex. Agr. Exp. Stat. Bull. 481.
81. **Davidson, J.** 1935. The action of retrorsine on rat's liver, J. Path Bact. 40: 285-295.
82. **Rose, CL., RD. Fink, PN. Harris, & KK. Chen,** 1945. The effect of hepatoxic alkaloids on the Prothrombin time of rats. J Pharm Exper Therap. 83: 265.
83. **Harris, PN., RC. Anderson, & KK. Chen,** 1946. The action of alloxan, senecionine, sulfadiazine and thiouracil in the hamster, J. Pharm. Exper. Therap. 87: 382.

84. **Wakim, KG., P. Harris, & KK. Chen,** 1946. The effects of senecione on the monkey. *J. Pharm. Exper. Therap.* 87: 38.
85. **Selzer, G., RGF. Parker, & N. Sapeika,** 1951. An experimental study of *Senecio* poisoning in rats. *Brit. J. Exp. Path.* 32: 14-20.
86. **Bull, LB.** 1955. The histological evidence of liver damage from pyrrolizidine alkaloids: megalocytosis of the liver cells and inclusion globules, *Aust. Vet. J.* 31: 33-40.
87. **Schoental, R. & PN. Magee,** 1957. Chronic liver changes in rats after a single dose of lasiocarpine, a pyrrolizidine (*Senecio*) alkaloid. *J. Path. Bact.* 74: 305.
88. **Stoner, HB. & PN. Magee,** 1957. Experimental studies on toxic liver injury. *Brit. Med. Bull.* 13: 102-106.
89. **Bull, LB., Dick, AT. y col.** 1958. The acute toxic effects of heliotrine and lasiocarpine, and their N-oxides, on the rat. *J. Path. Bact.* 75: 17-25.
90. **Hill, KR., & CF. Stephenson,** 1958. Hepatic veno-occlusive disease produced experimentally in rats by the injection of monochromaline, *Lancet*, 1: 623.
91. **Bull, LB., & TA. Dick,** 1959. The chronic pathological effects on the liver of the rat of the pyrrolizidine alkaloids heliotrine, lasiocarpine and their N-oxides. *J. Path. Bact.* 78: 483-502.
92. **Schoental, R., & PN. Magee,** 1959. Further observation on the subacute and chronic liver changes in rats after a single dose of various pyrrolizidine (*Senecio*) alkaloids. *J. Path. Bact.* 78: 471-482.
93. **McLean, E., G. Bras & P. Gyorgy,** 1964. Veno-occlusive lesions in liver of rats fed *Crotalaria fulva*, *Brit. J. Exp. Path.* 40: 242.
94. **Peterson, JE.** 1965. Effects of the pyrrolizidine alkaloids, lasiocarpine N-oxide, on nuclear and cell division in the liver of rats. *J. Path. Bact.* 89: 153-171.
95. **Afzelius, BA., & R. Schoental,** 1967. The Ultrastructure of the enlarged Hepatocytes induced in Rats, with a single oral dose of Retrorsine, a Pyrrolizidine (*Senecio*) Alkaloid, *J. Ultrastruct. Res.* 20: 328-345.
96. **Allen, JR., LA. Carstens & BE. Olson,** 1967. Venoocclusive disease in *Macaca speciosa* Monkeys. *Am. J. Path.* 43: 653.
97. **Downing, DT., & JE. Peterson,** 1968. Quantitative Assessment of the persistent antimitotic effect of certain hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids on rat's liver, *Aust. J Exp Biol Med Soc.* 46: 493-502.
98. **Osler, WM.** 1883. Report on Pictou Disease Investigation. *Veterinarian*, 56: 478.
99. **Chase, WH.** 1904. The Molteno cattle disease, *Agr. J.* 25: 675.
100. **Walker, KH., & PD. Kirland,** 1981. *Senecio laetus* toxicity in Cattle. *Aust. Vet J.* 57: 1-7.
101. **Johnson, AE.** 1982. Failure of mineral vitamin supplements to prevent tansy ragwort (*Senecio Jacobaea*) toxicosis in cattle. *Am. J. Vet. Res.* 43: 718-723.
102. **Kirkland, PD., RE. Moore, KH. Walker, JT. Seaman, & SE. Dunn.** 1982. Deaths in cattle associated with *Senecio laetus* consumption. *Aust. Vet. J.*, 59: 64.
103. **Johnson, AE., & RJ. Molineux,** 1984. Toxicity of threadleaf groundsel (*Senecio douglasii* var *longilobus*) to cattle. *Am. J. Vet. Res.* 45: 26-31.
104. **Cheeke, PR., JA. Schmitz, ED. Lassen, & EG., Pearson,** 1985. Effects of dietary supplementation with ethoxyquin, magnesium oxide methionine hydroxy analog and B vitamin on tansy ragwort (*Senecio Jacobaea*) toxicosis in beef cattle. *Am. J. Vet. Res.* 46: 2179-83.
105. **Johnson, AE., RJ. Molineux, & LD. Stuart,** 1985. Toxicity of Riddells groundsel (*Senecio riddellii*) to cattle. *Am J Vet Res.* 46: 577-82.
106. **Molineux, RJ., AE. Johnson, & LD. Stuart,** 1988. Delayed manifestation of *Senecio* induced pyrrolizidine alkaloidosis in cattle case reports. *Vet. Hum. Toxicol.* 30: 201-205.
107. **Baker, DC., JA. Pfister, RJ. Molineux & P. Kechele,** 1991. Cynoglossum officinale toxicity in calves. *J Comp Pathol.* 104: 403-410.
108. **Lloyd, OL, MM. Lloyd, FL. Willams, A. Mckenzie, & A. Hay,** 1991. Toxicity from ragwort and fat cow syndrome or from industrial chemical: The value of epidemiological analysis for interpreting clinicopathological findings. *Sci Total Environ.* 106: 83-96.
109. **Molineux, RJ., AE. Johnson, JD. Olsen, & DC. Baker,** 1991. Toxicity of pyrrolizidine alkaloids from groundsel (*Senecio riddellii*) to cattle. *Am. J. Vet. Res.* 52: 146-151.
110. **Nobble, JW., J. Crossley, BD. Hill, et al.** 1994. Pyrrolizidine alkaloids of cattle associated with *Senecio laetus*. *Aust. Vet. J.* 71: 196-200.
111. **Odriozola, E., C. Campero, A. Casaro, et al.** 1994. Pyrrolizidine alkaloidosis in argentinian cattle caused by *Senecio selloi*. *Vet. Hum. Toxicol.* 36: 205-208.
112. **Smith, RA., & E. Panariti,** 1995. Intoxication of Albanian Cattle after ingestion of *Senecio subalpinus*. *Vet. Hum. Toxicol.* 37: 478-479.
113. **Gulick, BA., IK. Liu, CW Qualls, Jr. et al.** 1980. Effects of pyrrolizidine alkaloid induced hepatic disease on plasma amino acid patterns in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 41: 1894-8.
114. **Garrett, BJ., DW. Holtan, PR. Cheeke, et al.** 1984. Effects of dietary supplementation with butylated hydroxyanisole, cysteine and vitamins B on tansy ragwort (*Senecio Jacobaea*) toxicosis in ponies. *Am. J. Vet. Res.* 45: 459-464.
115. **Mendel, VE., MR. Witt, BS. Gitchell, et al.** 1988. Pyrrolizidine alkaloids induced liver disease in horses: an early diagnosis. *Am. J. Vet. Res.* 49: 572-578.
116. **Goeger, DE. PR. Cheeke, JA. Schmitz, & DR. Buhler,** 1982. Toxicity of tansy ragwort (*Senecio jacobaea*) to goats. *Am. J. Vet. Res.* 43: 252-254.
117. **White, RD., PH. Krumperman, PR. Cheeke, et al.** 1984. Mutagenic responses of tansy ragwort (*Senecio jacobaea*) plant pyrrolizidine alkaloids and metabolites in goat milk the *Salmonella* mammalian microsome mutagenicity test. *J. Anim. Sci.* 58: 1245-54.
118. **Swick, RA., PR. Cheeke, HS. Ramsdell, & DR. Buhler,** 1983. Effect to sheep rumen fermentation and methane inhibition on the toxicity of *Senecio jacobaea*. *J. Anim. Sci.* 56: 645-51.
119. **Swick, RA., CL. Miranda, PR. Cheeke, & DR. Buhler,** 1983. Effect of phenobarbital on toxicity of pyrrolizidine (*Senecio*) alkaloids in Sheep. *J. Anim. Sci.* 56: 887-894.

120. White, RD., RA. Swick, & PR. Cheeke, 1984. Effects of dietary copper and molybdenum on tansy ragwort (*Senecio jacobaea*) toxicity in sheep. Am. J. Vet. Res. 45: 159-161.
121. Wachenheim, DE., LL. Blythe, & AM. Craig, 1992. Effects of antibacterial agents on in vitro ovine ruminal biotransformation of the hepatotoxic pyrrolizidine alkaloid jacobine. Appl. Environ. Microbiol. 58: 2559-64.
122. White, IN. 1976. The role of liver glutathione in the acute toxicity of retrorsine to rats. Chem. Biol. Interact. 13: 333-342.
123. Miranda, CL., PR. Cheeke, JA. Schmitz, & DR. Buhler, 1980. Toxicity of *Senecio jacobaea* (tansy ragwort) in rats. Toxicol. Appl. Pharmacol. 56: 432-442.
124. Garrett, BJ., PR. Cheeke, CL. Miranda, et al. 1982. Consumption of poisonous plants *Senecio jacobaea*, *Symphytum officinale*, *Pteridium aquilinum*, *Hypericum perforatum* by rats chronic toxicity, mineral metabolism, and hepatic drug metabolizing enzymes. Toxicol Lett. 10: 183-188.
125. Miranda, Cl., MC. Henderson, RL. Redd, et al. 1982. Protective action of zinc against pyrrolizidine alkaloid induced hepatotoxicity in rats. J. Toxicol. Environ. Health. 9: 359-366.
126. Goeger, ED., PR. Cheeke, HS. Ramsdell, et al. 1983. Comparison of the toxicities of *Senecio jacobaea*, *Senecio vulgaris* and *Senecio glabellus* in rats. Toxicol. Lett. 15: 19-23.
127. White, RD., RA. Swick, & PR. Cheeke, 1983. Effects of microsomal enzyme induction on the toxicity of pyrrolizidine (*Senecio*) alkaloids. J. Toxicol. Environ. Health. 12: 633-640.
128. Petry, TW., GT. Bowden, RJ. Huxtable, & IG. Sipes, 1984. Characterization of hepatic DNA damage induced in rats by the pyrrolizidine alkaloids monocrotaline. Cancer, Res. 44: 1505-9.
129. Mattocks, AR., & E. Driver, 1987. Toxic actions of senaetnine, a new pyrrolizidine type alkaloid in rats. Toxicol. Lett. 38: 315-319.
130. Morris, P., D. O'Neill, & S. Tenner, 1994. Synergistic liver toxicity of copper and retrorsine in the rat. J. Hepatol. 21: 735-742.
131. Kim, HL., & LP. Jones, 1982. Protective effects of butylated hydroxyanisole ethoxyquin and disulfiram on acute pyrrolizidine alkaloids poisoning in mice. Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol. 36: 341-344.
132. Miranda, CL., MC. Henderson, DR. Buhler, & JA. Schmitz, 1982. Comparative effects of antioxidant on the toxicity of mixed pyrrolizidine alkaloids from *Senecio jacobaea* in mice. J. Toxicol. Environ. Health. 9: 933-939.
133. Pierson, ML., PR. Cheeke, & EO. Dickinson, 1977. Resistance of the rabbit to dietary pyrrolizidine (*Senecio*) alkaloid. Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol. 16: 561-564.
134. Leidinger, E., G. Loupal, R. Gutleb, et al. 1992. Toxic effects in rabbits after immunization against the pyrrolizidine alkaloid retrorsine DTW DTsch Tierarztl Wochens. 99: 332-335.
135. Swick, RA., PR. Cheeke, DE. Goeger, & DR. Buhler, 1982. Effect of dietary *Senecio jacobaea* and injected *Senecio* alkaloids and monocrotalina on guinea pigs. J. Anim. Sci. 55: 1411-1416.
136. Chung, WG., CL. Miranda, & DR. Buhler, 1995. Cytochrome P450 B form is the mayor bioactivation enzyme for the pyrrolizidine alkaloid senecionine in guinea pig. Xenobiotica. 25: 929-939.
137. Cheeke, PR., ML. Pierson, & DE. Goeger, 1983. Toxicity of *Senecio jacobaea* and pyrrolizidine alkaloids in various laboratory animals and avian species. Toxicol. Lett. 18: 343-349.
138. Huan, J., PR. Cheeke, RR. Lowry, et al. 1992. Dietary pyrrolizidine *Senecio* alkaloids and tissue distribution of copper and vitamin A in broiler chickens. Toxicol. Lett. 62: 139-153.
139. Putzke, HP., et al. 1972. Fine structure of the liver in experimental venoocclusive disease. Exp. Path. (Jena) 6: 325-332.
140. Brooks, SEH., CG. Miller, K. Mckenzie, JJ. Audretsch, & G. Ras, 1970. Acute Venoocclusive disease of the liver. Fine structure in Jamaican Children Arch. Path. 89: 507-520,
141. Parker, RGF. 1959. Occlusion of hepatic veins in man. Med. 38: 369.
142. Hill, KR., 1960. Discussion on seneciosis in man and animals. Proceedings of the Royal Society of Medicine. 53: 281.
143. Scott, R.B., JM. Budinger, RAM. Predergast & I. Nydick, 1962. Hepatic venoocclusive syndrome in an american adult. Gastroenterology, 42: 631-636.
144. Leger, L. 1970. Maladie Veino-occlusive du foie. La Presse Medicale. 29 Aout-5 Septembre, 78: 1559-1560.
145. Carter, RL. 1970. Some implications of hepatic venoocclusive disease. Path. Microbiol. (Basel) 35: 215-219.
146. Grases, PJ. & S. Beker, 1972. Venoocclusive disease of the liver. Amer. J. Med. 53: 511-516.
147. Kapoor, SK., M. Singh, & V. Kumar, 1972. Venoocclusive disease of liver. Indian Pediat. 9:225-228.
148. Toro, G. 1972. EVOH pags. 24 y 29, 30, 31. En Hipertensión Portal editado por Patiño JF. y Casas R. Ediciones Lerner-Bogotá.
149. Kuraskova, MV. 1972. Venoocclusive disease. Ter. Arkh, 44: 105-106.
150. Barge, J., CL. Carbon, & S. Lamotte-Barrillón, 1976. La maladie venoocclusive du foie: Situation nosologique et difficultes diagnostiques. Sem. Hop. Paris. (avril 23) 1.023-1025.
151. Toro, G., & M. Arguello, 1979. Enfermedad venoocclusiva del hígado (EVOH). Seneciosis. Medicina (Academia Nacional de Medicina de Colombia). 1 (2): 5-9.
152. Kumana, CR., NgM., H. Julin, W. Ko, et al., 1983. Hepatic venoocclusive disease due to toxic alkaloid in herbal tea. The Lancet. (dec 10) 1360-1361.
153. Ortiz-Cansado, A., E. Crespo-Valades, P. Morales-Blanco & J. Saénz de Santamaría, 1995. Veno-occlusive liver disease due to intake of *Senecio vulgaris* tea. Gastroenterol. Hepatol 18: 413-416.
154. Tomioka, M., F. Calvo, A. Siguas, et al., 1995. Hepatic venoocclusive disease associated with ingestion of *Senecio tephrosioides*. Rev. Gastroenterol.-Perú. 15: 299-302.
- 154'. Bras, G., DB. Jelliffe, & KL. Stuart, 1954. Venoocclusive disease of liver with nonportal type of cirrhosis, occurring in Jamaica. Arch. Path. 57: 285-300.
155. Selzer, G., RGF. Parker, 1951. *Senecio* poisoning exhibiting as Chari's Syndrome. Amer. J. Path. 27: 885-907.
- 155'. Bras, G., SEH. Brooks, & H. Walter, 1961. Cirrhosis of the liver in Jamaica. J Path Bact. 82: 503-512.

156. **Leger, L., et al.**, 1970. "Veno-occlusive disease of the liver and Budd-Chiari Syndrome". *Presse Med.* 78: 1561-1564.
- 156'. **Mc. Farlane, Al., & W.J. Brandy**, 1945. Hepatic enlargement with ascites in children. *Brit. J. Med.* 1: 838.
157. **Varona, M., O. Páez, J. Jara, F. Rivas, V. Cárdenas, A. Alarios, & B. Buitrago**, 1994. Brote intrafamiliar de enfermedad venooclusiva del hígado de etiología sin determinar en Hato Viejo-Calamar, Bolívar, (en proceso de publicación, 1996. Comunicación personal de Marcela Varona).
158. **Reed, JB. & A.J. Cox**, 1966. The human liver after radiation injury a form of venoocclusive disease. *Am. J. Pathol.* 48: 597-611.
159. **Pueblitz, S., A. Mohar-Betancourt, & M. del C. Askins**, 1984. Lesión veno-oclusiva y otros cambios histológicos hepáticos asociados a quimioterapia antineoplásica, *Patología (Mex)* 22: 357-365.
160. **Woods, WG., LP. Denher, ME. Nesbit, et al.**, 1980. Fatal veno-occlusive disease of the liver following high dose chemotherapy irradiation and bone marrow transplantation. *Am. J. Med.* 68: 285-290.
161. **Goodman, DZ., JK. Ishak**, 1981. Occlusive venous lesions in alcoholic disease. A study of 200 cases. *Gastroenterology* 83: 786-794.
162. **Mohar-Betancourt, A., & R. Pérez-Tamayo**, 1984. Lesiones venooclusivas en hepatopatías alcohólicas crónicas. *Patología (Méx)* 23: 111-122.
163. **Stirling, GA., G. Bras, & AE. Urguhart**, 1962. The early lesion in venoocclusive disease of the liver. *Arch. Dis. Child.* 37: 535-538.
164. **Heaht, D.**, 1966. Pulmonary veno-occlusive disease. *Circulation* 34: 242.
165. **Patiño, JF.**, 1968. Aspectos quirúrgicos de la hipertensión portal en niños. *Pediatrics in Latin América. Report of Macy Conferences.* Río de Janeiro, Brazil, March 17, 19, pp: 59-103.
166. **Lamouliatte, H., A. Quinton, D. Plane, et al.**, 1983. Maladie veno-occlusive du foie. Traitement par anastomose porto-cave. *Gastroenterol. Clin. Biol.* 7: 346-351.
167. **Rubiolo, P., L. Pieters, M. Colomme, et al.**, 1992. Mutagenicity of pyrrolizidine alkaloids in the *Salmonella typhimurium* mammalian microsome system. *Mutat Res.* 281: 143-147.
168. **Rao, MS. & JK. Reddy**, 1978. Malignant neoplasms in rats fed lasio-carpine. *Br. J. Cancer.* 37: 289-293.
169. **Habs, H., M. Habs, H. Marquardt, et al.**, 1982. Carcinogenic and mutagenic activity of an alkaloidal extract of *Senecio nemorensis* ssp *fuchsii*. *Arzneimittelforschung.* 32: 144-148.
170. **Alderman, S., S. Kailas, S. Goldbar, et al.**, 1994. Cholestatic hepatitis after ingestion of Chaparral leaf: Confirmation by endoscopic retrograde cholangiopancreatography and liver biopsy. *J. Clin. Gastroenterol.* 19: 242-247.
171. **Gordon, DW., G. Rosenthal, J. Hart, et al.**, 1995. Chaparral ingestion. The broadening spectrum of liver injury caused by herbal medications. *JAMA.* 273: 489-490.
172. **Hill, KR., LM. Markson, & R. Schoental**, 1960. Discussion on Seneciosis in Man and Animals. *Proc. Roy. Soc. Med.* 53: 281-288.
173. **Hill, KR., K. Rhodes, JL. Stafford, & R. Aub**, 1953. Serous hepatitis; A pathogenesis of hepatic fibrosis in Jamaican children. *Brit. Med. J., Jan.* 17: 117-122.
174. **Stuart, KL., & G. Bras**, 1955. Clinical observations on veno-occlusive disease of the liver in Jamaican adults. *Brit. J. Med.* 11: 348.
175. **Bras, G., & KR. Hill**, 1956. Veno-occlusive disease of the liver. *The Lancet*, July 28, p. 161-163.
176. **Stuart, KL., & G. Bras**, 1957. Veno-occlusive disease of the liver. *Quart. J. Med. New Series XXVI:* 291-315.
177. **Sofouth, M., A. Shehata, & A. Elwi**, 1965. Hepatic vein inclusion disease in Egyptian Children. *Arch. Path.* 300-306.
178. **Al-Hasany, M., & AS. Mohamed**, 1970. Veno-occlusive disease of the liver in Iraq. *Arch. Dis. Chil.* 45: 722-724.
179. **Mohabat, O., MS. Younos, AA. Merzad, RN. Srivastava, GG. Sedig, & GM. Aram**, 1976. An outbreak of hepatic Venooclusive disease in North Western Afghanistan. *Lancet* 2: 269-271.
180. **Tandon, BN., HD. Tandon, RK. Tandon, M. Narndranathan, & JK. Joshi**, 1976. An epidemie of venoocclusive disease of livers in Central India. *Lancet* 2: 271-272.

Otras lecturas recomendadas

- I. Humboldt A.v. & A. Bonpland. 1820. *Nova Genera et species plantarum* Tomo IV. N Maze, Paris.
- II. **Cabrera AL. & E. Zardini** *Senecio burchellii* (De Candolle), *S. incognitus*. (Cabrera) 1963. En *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. Vol VI p. 309 (Fig.97).
- III. **González-Patiño D. (FSC)** 1984. Utilización terapéutica de nuevas plantas medicinales.-Un resumen de materia médica. Publicaciones de la Universidad de La Salle 1a. Edición.
- IV. **Villar L, H. Palacios, & E. Montaña**, 1988. Extractos naturales de plantas medicinales -Concepto preparación, usos. Fondo Editorial Universitario. Escuela de Medicina Juan N. Corpas, 1a. Edición. p 121-126.
- V. **Piñeros, J., García, H., Iregui, A. et al.** Plantas medicinales. Compendio de farmacología vegetal, Fedicor, Fondo Editorial Universitario. Escuela de Medicina Juan M. Corpas. Bogotá-Colombia, 1991 p 122.
- VI. **Hernández, M.**, 1992. Plantas colombianas. Su aplicación medicinal. Biblioteca Banco Popular, Colección Textos Universitarios, p 41-43.
- VII. **Díaz Piedrahita, S.** Aventuras y desventuras de un miniaturista. *Boletín de Historia y Antigüedades* 1993, Vol 530 No. 783 p 1011-1040.

ANALISIS DE LA FRECUENCIA DE TERREMOTOS FUERTES EN LA REGION CENTRAL DE COLOMBIA MEDIANTE PARAMETROS DEL REGIMEN SISMICO

por

Elkin de Jesús Salcedo Hurtado^{1,2}, Clara Inés Rivera Pérez^{1,3}, Augusto Antonio Gómez Capera^{1,3}

Resumen

Salcedo, E., C.I. Rivera & A. Gómez: Análisis de la frecuencia de terremotos fuertes en la región central de Colombia mediante parámetros del régimen sísmico. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(79): 57-72, 1997. ISSN 0370-3908.

Se presenta para la región central del territorio colombiano, un análisis de los parámetros b y A_{10} que describen las características del régimen sísmico. Las variaciones de estos parámetros en el tiempo permitieron hacer un pronóstico sobre fuertes sismos ocurridos en el pasado en la región. Debido a la ventana espacial considerada, no ha sido fácil establecer una ley de tiempos premonitorios coherente con el tiempo de recurrencia de los sismos fuertes analizados. Esto demuestra que el análisis de las variaciones de los parámetros b y A_{10} , precursores de terremotos, debe realizarse para regiones que caractericen un solo tipo de zona sísmogénica.

Palabras claves: Actividad sísmica A_{10} , terremotos, parámetros b , precursor de terremoto, régimen sísmico, Colombia, tiempo premonitor.

Abstract

In this paper we carried out an analysis of b and A_{10} parameters for the central region of Colombia, which describe the characteristics of seismic regimen. The variations in the time of these parameters allow us to make a retrospective forecast of strong earthquakes that occurred in the region.

Due to the spacial window considered, it was not easy to establish an precursor time law coherent with the recurrence of the strong earthquakes that were analyzed. It shows that the analisis

¹ INGEOMINAS, Subdirección de Geofísica, A. A. 4865, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.

² Actualmente Departamento de Geografía, Universidad del Valle, Cali (Valle) - Colombia.

³ Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia.

of the variations of the b and A_{10} parameters, earthquake predictors, must be done for regions which characterize only one type of seismogenic zone.

Key words: Seismic activity A_{10} , frequency of occurrence of earthquakes, b -parameter, earthquake predictor, seismic regimen, Central Region of Colombia, strong earthquake, precursor time.

1. Introducción

En el estudio del proceso y el régimen sísmico uno de los principales lugares, lo ocupan tradicionalmente los interrogantes sobre la estimación de los parámetros de la frecuencia de ocurrencia de los terremotos, es decir, la función $N(M)$ con la fijación de intervalos $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$, Δh y Δt . La función $N(M)$ está representada generalmente por la bien conocida relación de Gutenberg y Richter ($\lg N = a - bM$).

Es claro, que esta ecuación representa la relación entre la frecuencia de ocurrencia de terremotos y la magnitud, y es un importante factor para el estudio de la sismicidad. Algunas diferencias en el valor del parámetro " b " han sido observadas entre diferentes regiones sísmicas, como también han sido muchas las discusiones del significado de estas diferencias. Así mismo, analizando la actividad sísmica en la misma región se pueden observar cambios en el tiempo, incluyendo la actividad sísmica ordinaria y la réplicas.

El trabajo de los sismólogos tiene por objeto, entre otros, lograr un mejor entendimiento de los procesos conducentes a la ocurrencia de terremotos. Con este objetivo los diferentes parámetros que se han podido observar sufren importantes variaciones que pueden ser consideradas como precursoras de terremotos (Rikitake, 1975). Dentro de los parámetros considerados por Rikitake para la predicción de terremotos puede apreciarse la importancia del parámetro b .

Generalmente, las metodologías seguidas para el cálculo de los parámetros del régimen sísmico se han basado en la aplicación de métodos estadísticos; son muchos los trabajos realizados en este sentido. Ogata & Katsura (1993) describen que Utsu en 1971 revisó más de 250 artículos que para ese tiempo incluían descripciones de los valores de b y relacionaba cantidades para terremotos ocurridos en algunas regiones del mundo. Utsu señaló que b comúnmente toma un valor cercano a la unidad y varía aproximadamente en un intervalo entre 0,3 y 2,0.

A pesar de que no existe acuerdo sobre si el parámetro b aumenta o disminuye antes de un terremoto fuerte, para muchos autores, a quienes les ha llamado la atención la

variación temporal del parámetro b , es claro que éste tiene comportamientos particulares para cada región y que actúa como un premonitor de terremotos (Smith, 1981; Suyehiro, 1966).

En el presente trabajo, usando el catálogo de terremotos de todo el territorio colombiano actualizado por la RSNC (Red Sismológica Nacional de Colombia) para CERESIS (Escallón, *et al.* 1993) y de los datos registrados por la RSNC a partir del año 1993 (INGEOMINAS, 1995), se hace un análisis no sólo de la variación temporal del parámetro b , sino también de la actividad sísmica, representada por el parámetro A_{10} , para tratar de pronosticar fuertes sismos ocurridos anteriormente en la región central del territorio colombiano.

2. Ubicación geográfica de la región de estudio

La región de estudio está limitada entre las coordenadas $2,5^\circ - 6,5^\circ$ de latitud Norte y $72,0^\circ - 76,0^\circ$ de longitud Oeste, encerrando los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas, Quindío, Risaralda y Meta; además cubre el sur de los Departamentos de Antioquia y Santander, la parte occidental del Casanare y el norte de Huila (figura 1). Esta región se escogió con el objeto de evaluar el ambiente sismotectónico de la parte central del territorio colombiano, y encontrar la relación entre la sismicidad y las principales estructuras tectónicas allí presentes. Todo el estudio realizado, del cual hace parte el presente análisis, fue enmarcado dentro del proyecto Sismotectónica del Territorio Colombiano, desarrollado en el INGEOMINAS (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química).

3. Características del régimen sísmico

La principal característica del régimen sísmico, en particular la frecuencia media de ocurrencia en un período largo, queda establecida por la ley y el gráfico que muestran la frecuencia con que se repiten los terremotos de determinada magnitud en una región dada. Generalmente, éstos están representados por una función estadística de distribución de frecuencia de ocurrencia de los terremotos, distribuidos bien sea por su clase energética

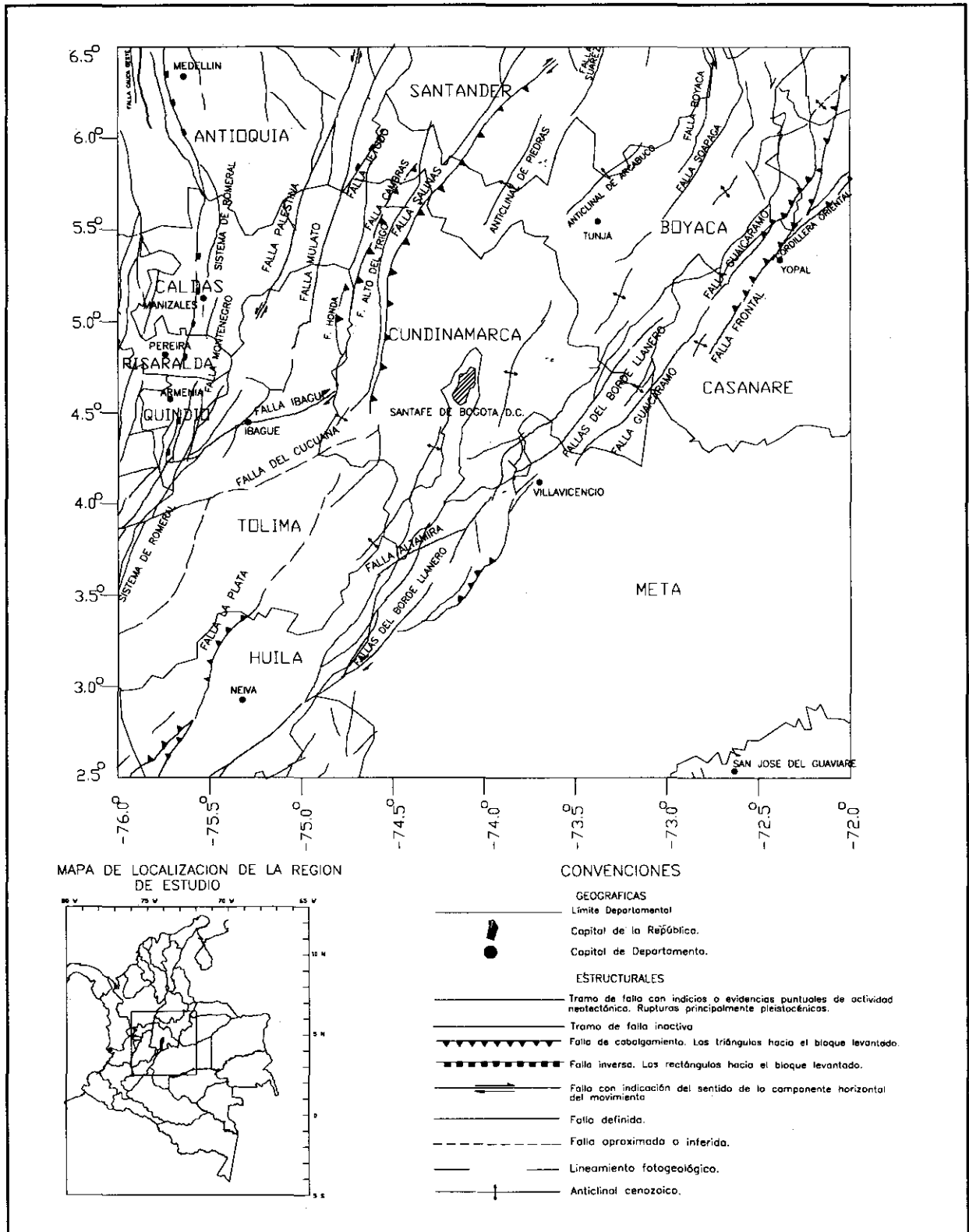


Figura 1. Localización de la región de estudio. Las fallas activas mostradas han sido tomadas de París y Romero (1994).

$K = \log E$ (E - energía sísmica en Julios) o por su magnitud M .

La experiencia muestra que el gráfico de esta función en el sistema de coordenadas K o M y $Ig N$ en primera aproximación, en sus principales límites, tiene un comportamiento lineal. Este se define por tres parámetros principales: 1) pendiente (parámetro b) del gráfico de frecuencia de ocurrencia de terremotos, el cual se define por la relación entre los terremotos pequeños y grandes; 2) actividad sísmica A - tomada como el inicio de la ordenada de este gráfico, dada mediante la definición de un valor fijo de la magnitud del terremoto $K = K_0$, y 3) magnitud del terremoto máximo posible K_{\max} (o M_{\max}), la cual se define en la intersección del gráfico de frecuencia de terremotos con el eje de las abscisas (bien sea K o M).

Debido a que la distribución de los focos sísmicos en el espacio físico x, y, z (en particular en el plano y en la profundidad H) se define por estas coordenadas, antes de analizar el comportamiento del régimen sísmico, describiremos las generalidades y particularidades de la sismicidad de la región.

3.1. Sismicidad. Generalidades

Para la descripción de las particularidades de la sismicidad de la región utilizamos los eventos sísmicos registrados en el intervalo comprendido entre 1900 y 1995 con magnitud $m_b \geq 2,0$. Estos eventos han sido extraídos del catálogo de terremotos de todo el territorio colombiano actualizado por la RSNC (Red Sismológica Nacional de Colombia) para CERESIS (Escallón, *et al.* 1993) y de los datos registrado por la RSNC a partir del año 1993 (INGEOMINAS, 1995).

La distribución espacial de los epicentros de terremotos con $m_b > 3,0$ (Figura 2) permite ver cierta heterogeneidad en la ocurrencia de los terremotos de la región, la que se aprecia por la presencia de "baches" o "gaps" de epicentros, es decir que los epicentros no se presentan de manera continua en todo el espacio. Como puede apreciarse, este hecho está relacionado con la estructura tectónica, ya que los sismos están asociados con las principales fallas geológicas que atraviesan la región.

Por el grado de concentración de los terremotos, en primera aproximación podemos definir algunas zonas de mayor actividad. Al occidente de la región, entre los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío, en una franja que va desde los $75,00^\circ W$ hasta $76,00^\circ W$, se observa una concentración de sismos fuertes, que por su extensión y características puede ser atribuida por una parte al Sistema de

Fallas de Romeral y por otro lado a la zona de Benioff. Los sismos de esta zona alcanzan profundidades intermedias, algunas veces sobrepasan los 150 kilómetros.

Otra franja de gran densidad de epicentros atraviesa toda la región en dirección suroccidente a nororiente, siguiendo el rumbo del Sistema de Fallas del Borde Llanero. A este sistema de fallas se atribuyen los fuertes sismos ocurridos en Tauramena el día 19 de enero de 1995; también es notoria una fuerte concentración de eventos de diversas magnitudes en la parte septentrional, donde se aprecia una serie de fallas como el sistema Romeral, Palestina, Mulato, Jetudo, Cambrás, Salinas, Suárez, Boyacá, y Soapaga; y anticlinales como los de Piedras y Arcabuco.

La zona central, en el Departamento de Cundinamarca y parte de los Departamentos del Tolima y Boyacá, es notoria por el hecho de que en ella pueden apreciarse algunos eventos, que si bien es cierto por su distribución no permiten deducir ninguna ley general de ocurrencia, debe ser materia de un estudio posterior que integre datos geológicos, geofísicos y sismológicos. Esto debido a que si tenemos en cuenta el marco tectónico, el régimen geodinámico de todo el territorio colombiano y la propiedad de migración de los terremotos esta zona, en el futuro, puede convertirse en un sector detonante de la amenaza sísmica del país.

La parte oriental y suoriental, donde no existe una alta frecuencia de ocurrencia de terremotos, corresponde con la región más antigua y estable, geológicamente hablando, del territorio colombiano.

En la figura 3 se muestra la distribución del número de eventos sísmicos ocurridos en la región, con el tiempo en intervalos de cada cinco años. Puede apreciarse que a partir de 1941 aparentemente la sismicidad aumenta, lo cual no es el caso; esto se debe a la instalación de la estación San Bartolomé por parte del Instituto Geofísico de los Andes - Universidad Javeriana. Más adelante, en el periodo 1956 - 1960 se nota un fuerte y repentino incremento de sismos, que está relacionado con la ampliación, en la década de los años cincuenta, de la red sismológica operante en el territorio colombiano que, al contar con seis estaciones sismológicas, en ese tiempo fue la más adecuada para la detección de eventos locales y regionales que no podían ser registrados por redes sismológicas internacionales.

Posteriormente, en 1966 - 1970 aparece un fuerte pico en el número de sismos ocurridos, que se debe a los cálculos sistemáticos de la magnitud por parte del ISC (Centro Sismológico Internacional), datos que son incluidos

indiscriminadamente en los catálogos sísmicos del país. El decrecimiento que se aprecia a partir de 1971 - 1975 y más acentuado desde 1981 hasta 1990 se atribuye a que para esta época la red del Instituto Geofísico de los Andes se vuelve un poco obsoleta y sus estaciones empiezan a sufrir desperfectos, hasta el punto que en la actualidad son muchas de éstas las que no funcionan totalmente. Pero ya por esta época se empieza a tener registros de sismos regionales, básicamente, de la zona del suroccidente colombiano, detectados por la red del OSSO (Observatorio Sismológico del Sur Occidente), que opera en esa región.

Sin duda alguna, el fuerte incremento marcado en el período de 1991 - 1995 se debe al funcionamiento de la nueva Red Sismológica Nacional de Colombia, la cual es de alta sensibilidad y, de acuerdo con las características y distribución de sus estaciones, al igual que por la forma en que son transmitidos sus datos (Escallón, 1995), pueden ser detectados y analizados sismos de magnitud muy pequeña.

A pesar de que la profundidad del foco es uno de los parámetros de mayor incertidumbre en la detección instrumental de sismos, y de la heterogeneidad de la instrumentación sismológica en el país, es evidente que en estudios de amenaza sísmica y de análisis de las características sismológicas de la región, es importante conocer la distribución de los sismos respecto a la profundidad focal. Para este caso, la figura 4 muestra un histograma que representa la distribución del número de eventos sísmicos con la profundidad. Vemos que los sismos de la región ocurren en la corteza terrestre, concentrándose principalmente en los primeros 40 kilómetros; esto significa que la mayoría de los sismos aquí ocurridos son producto de la actividad de las diferentes fallas geológicas que atraviesan la región. Esto se corrobora en la figura 2.

Se nota también un ligero incremento de la sismicidad a una profundidad entre 110 y 130 kilómetros.

Debemos recalcar que este parámetro está lleno de mucha incertidumbre y mucho más, sabiendo las caracte-

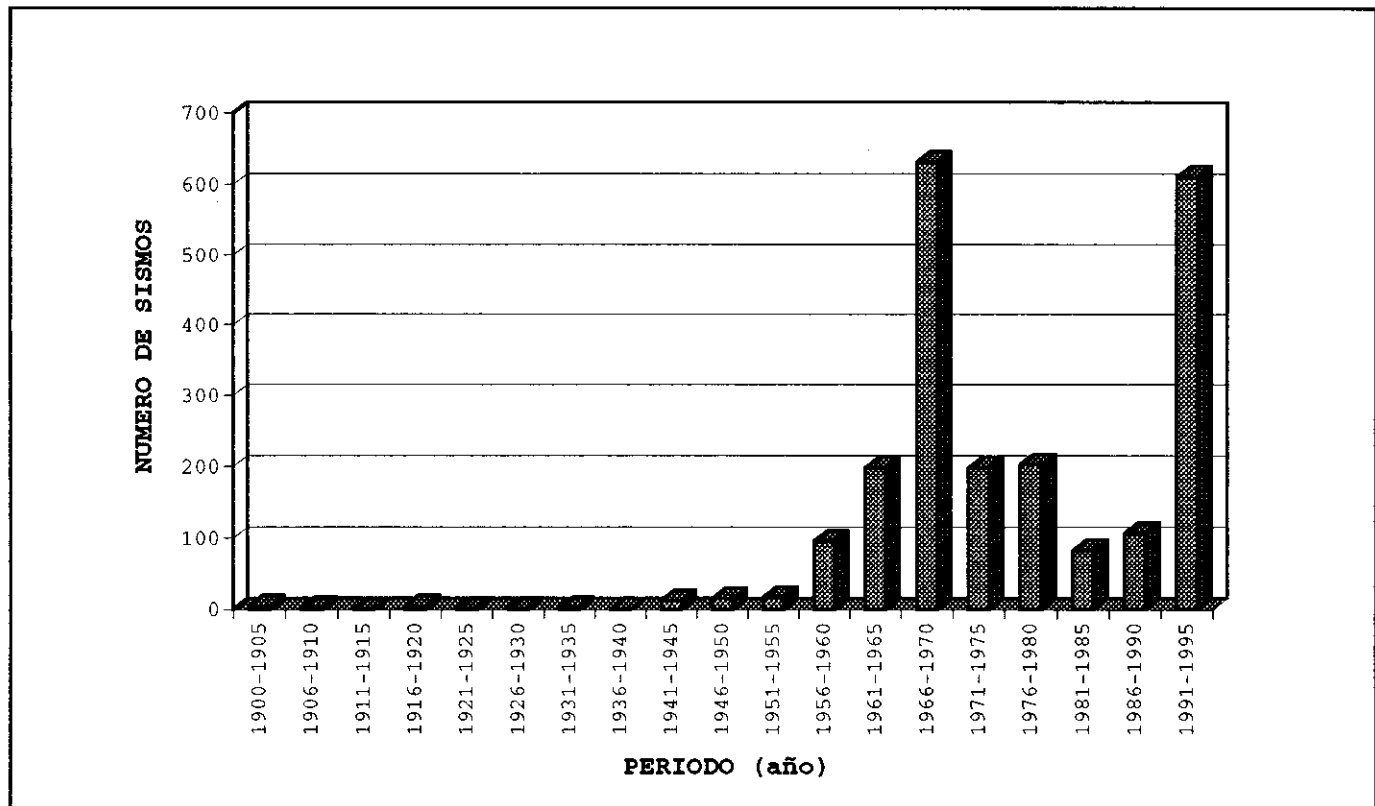


Figura 3. Distribución del número de sismos con el tiempo, para eventos con $m_b \geq 3,0$ ocurridos entre 1900 y 1995. Llama la atención la presencia de los picos en los períodos de 1966-1970 y 1991-1995.

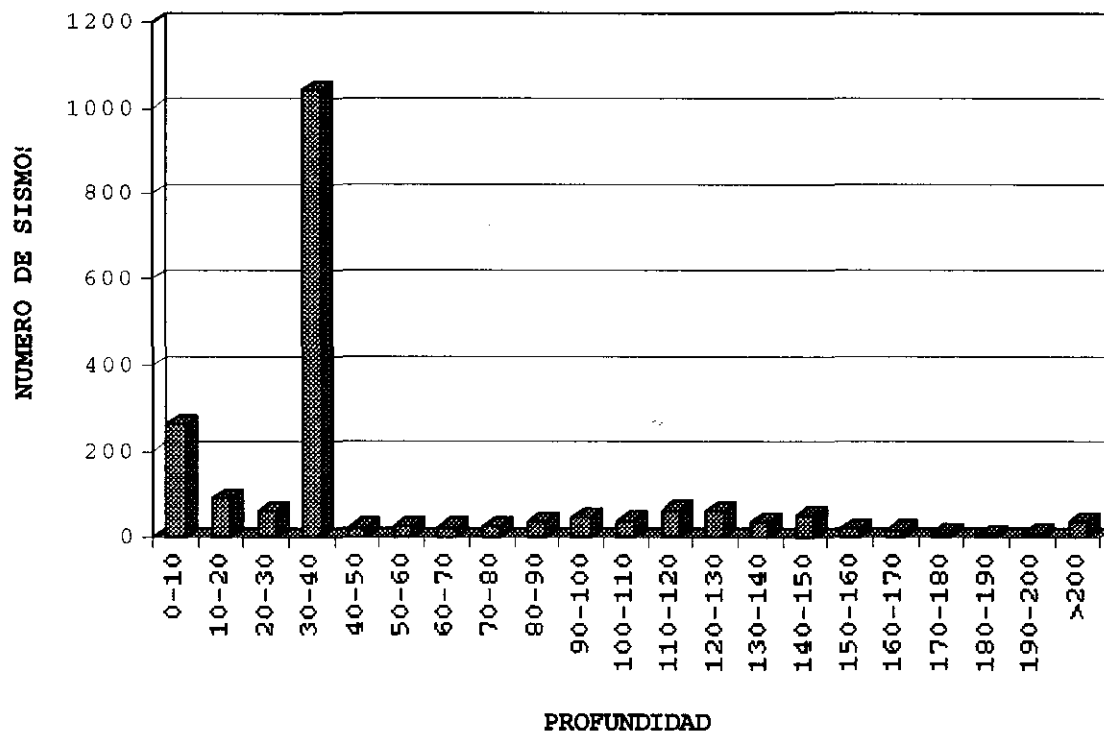


Figura 4. Distribución del número de sismos con la profundidad, para eventos con $m_b \geq 3,0$ ocurridos entre 1900 y 1995. Es notoria la gran sismicidad en el intervalo de 30-40 kilómetros.

rísticas de instrumentación y distribución de la red sísmológica local utilizada para la detección de muchos de estos eventos. Es posible que este pico no sea tan fuerte, si se tiene en cuenta que para el período en que la instrumentación no era de óptima calidad para la correcta interpretación de los registros, a la mayoría de los sismos ocurridos en el país se les asignaba, cuando no había mucha certeza de su identificación, una profundidad caracterizada como “normal”, igual a 33 kilómetros aproximadamente (ITEC - ISA, 1980; Ramírez 1975).

La figura 5, que muestra la distribución del número de sismos con la magnitud, nos indica que en la región ha predominado una sismicidad caracterizada por la ocurrencia de eventos con magnitudes pequeñas, que están en un rango entre 2,0 y 4,0. Como puede apreciarse, el número de eventos con magnitud m_b mayores o iguales que 5,5 en el período analizado es bastante bajo. De esta figura notamos algo muy importante, es el caso de la presencia de “baches” en ciertos valores de magnitud, que van desde las más pequeñas hasta las más grandes. La presencia de

estos baches o huecos podemos atribuirlos a las deficiencias que presentan los diferentes catálogos sísmicos elaborados para el territorio nacional, los que generalmente se originan por la calidad y cobertura de la instrumentación en la región.

Puesto que este es un factor de gran importancia en estudios de amenaza sísmica se hace necesario realizar trabajos de complementación de los catálogos, mediante métodos estadísticos, de tal manera que se subsanen los problemas de los “baches” en los diferentes grados de magnitud registrados, lo que nos servirá para tener una mayor certeza en la valoración de las magnitudes máximas y los períodos de recurrencia.

3.2. Consideraciones Teóricas y Datos

3.2.1. Frecuencia de Ocurrencia de Terremotos

En el presente trabajo el análisis se realiza partiendo del gráfico de ocurrencia de terremotos que puede expresarse, como se dijo anteriormente, por medio de la rela-

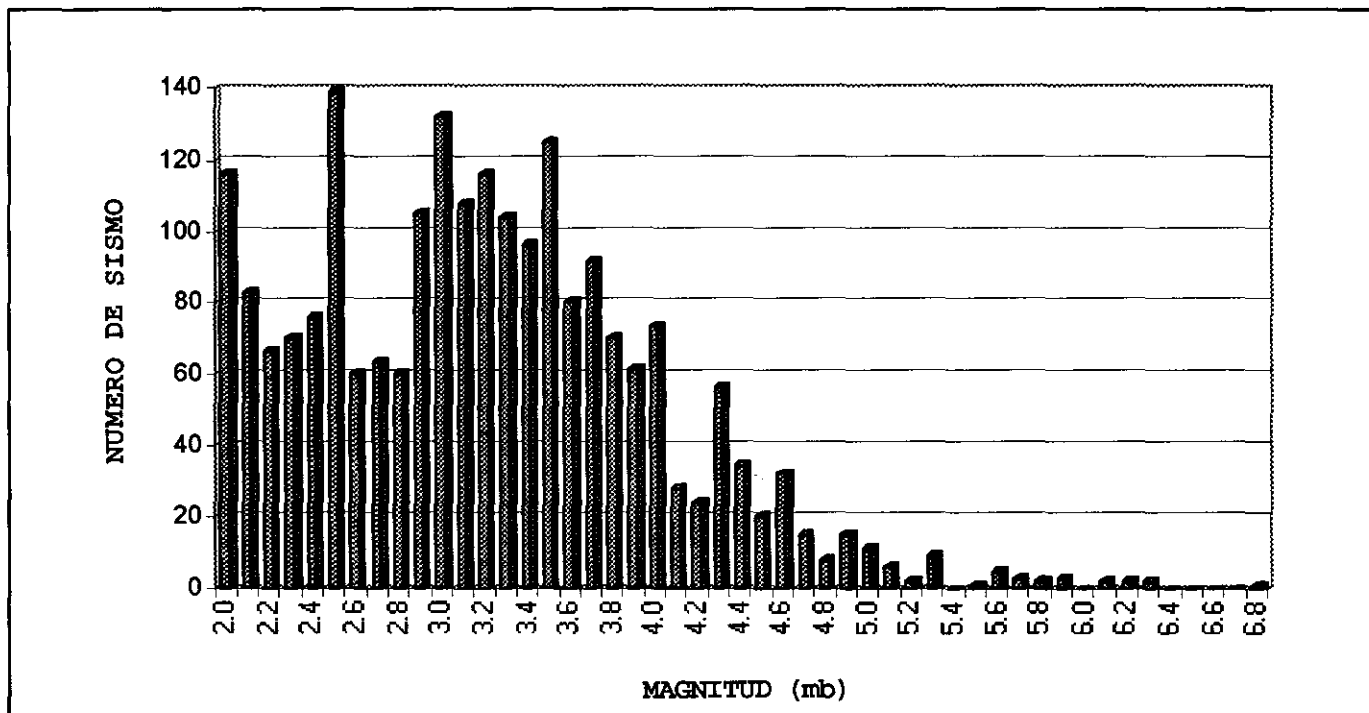


Figura 5. Distribución del número de sismos con la magnitud. Sismicidad entre 1900 y 1995.

ción de energía sísmica o de la magnitud, que enuncia la ley de frecuencia de ocurrencia de los terremotos. Mediante la energía sísmica, ésta se expresa por la fórmula

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

donde; A - actividad sísmica; γ - pendiente del gráfico de ocurrencia; K_0 - una magnitud fija para una clase de terremotos (generalmente se usa $K_0 = 10$, $K_0 = 13$, $K_0 = 15$; para las cuales se relaciona la actividad sísmica A correspondiente a A_{10} , A_{13} , A_{15}). La expresión con la magnitud para la ecuación del tipo (1) se representa con la ecuación de Gutenberg y Richter

$$\lg N = a - bM \quad (2)$$

De esta manera, la cantidad análoga a K_0 de la ecuación (1) resulta ser igual a cero. Para hacer la transformación de la magnitud (2) a la clase energética K en (1) o viceversa, se utiliza la fórmula siguiente (Rautian, 1960):

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

donde $K = \lg E$ con E - energía sísmica liberada. Entonces, para el paso de hacia γ , calculando la ecuación (3) a partir de (1) y (2) obtenemos

$$\gamma = b/1,8 \quad (4)$$

Así, se obtiene que la pendiente $b = \gamma_m$ del gráfico de ocurrencia de sismos respecto a la magnitud se relaciona con la pendiente $\gamma = \gamma_K$ del gráfico de ocurrencia respecto a la energía. La pendiente b o γ es un parámetro muy importante del régimen sísmico, el cual se define directamente de los gráficos de ocurrencia de terremotos. Como vemos, el parámetro b de la fórmula de Gutenberg y Richter (2) tiene igual sentido para el análisis del gráfico de ocurrencia de terremotos que el parámetro γ . Generalmente, la magnitud b está muy cerca del valor 1. El valor del parámetro b de una región determinada está relacionado con el campo de esfuerzos tectónicos. Varios autores afirman que su disminución con el tiempo, frecuentemente está relacionada con el aumento de esfuerzos y viceversa (Bune y Gorshkov, 1980; Risnichenko, 1985).

Entre los sismólogos de todo el mundo, se plantea frecuentemente la pregunta sobre la constante aproximación

o la variación γ de en el espacio y en el tiempo, en dependencia de las propiedades de las rocas en una u otra región sísmica y de las condiciones de deformación relacionadas con la tectónica y con los diferentes estados del proceso sísmico. Lo cierto es que esta dependencia ha sido bien demostrada en experiencias de laboratorio (Vinoogradov, 1964; Risnichenko, 1965). Para construir nuestro gráfico de frecuencia de ocurrencia de sismos elegimos el parámetro b .

La figura 6 muestra la relación entre $\log N$ y M , la que está construida con datos experimentales; ésta sigue una línea recta en un rango específico de magnitudes. El punto en el cual la recta decae en los eventos de magnitudes bajas, en este caso la clase de magnitud 3,2 representa el umbral mínimo de detección para las redes sismológicas en la región. El valor de esta clase de magnitud abarca las magnitudes incluidas en el rango de 3,0 a 3,4.

Si usamos este valor junto con el de las magnitudes superiores, y aplicamos el método de mínimos cuadrados, podemos ajustar los puntos de la gráfica a una línea recta. La relación obtenida es

$$\log N = 5,41 - 0,76 m_b; R^2 = 0,96 \quad (5)$$

De acuerdo con la ecuación (2), se tiene que $a = 5,41$ y $b = 0,76$. Según la relación (4), $\gamma = 0,42$, este es el valor promedio para este parámetro, muy similar al valor obtenido en diversas regiones de la antigua URSS (Bune y Gorshkov, 1980). Estos autores describen que el significado comparativo de γ en diferentes regiones, es tal que en aquellas zonas donde son conocidos epicentros de terremotos grandes en el pasado el valor de γ es notablemente menor que en los lugares donde han tenido lugar muchos terremotos pequeños sin que aún no haya ocurrido un sismo grande.

A partir de la relación (5), que expresa la ley de ocurrencia de terremotos en la región, podemos conocer el umbral máximo de magnitudes M_{\max} de los posibles terremotos que se presenten en ella. De acuerdo con esto, el valor M_{\max} posible en la región central de Colombia, como aquí la hemos demarcado, es de 7,1 en la escala m_b .

Este valor puede estar subestimado si tenemos en cuenta que en los diferentes grados de magnitud, en especial los más pequeños, se nota una muestra incompleta; por tanto, para mejorar el valor anterior necesitamos realizar un trabajo para completar el catálogo creando una base de datos artificial y así poder comparar los dos valores, el

obtenido arriba y el que se podría obtener con la base de datos completada estadísticamente.

Por tal razón, no entraremos a discutir la precisión del valor anterior de M_{\max} en concordancia con la sismicidad histórica y las actuales condiciones tectónicas de la región.

3.2.2. Actividad Sísmica (A)

Por actividad sísmica A en un punto dado, entendemos el valor promedio del número de focos de terremotos en un rango de magnitud energética definida, la cual ocurre alrededor de este punto en la unidad de espacio - volumen o área (si el rango de profundidad es condicional) - y en la unidad de tiempo.

La actividad sísmica (A) se relaciona con el número de terremotos mediante la siguiente relación (Risnichenko, 1985):

$$N_{\Sigma} = A \frac{10^{-b(M_{\min} - M_0)}}{1 - 10^{-b}} \quad (6)$$

donde: M_{\min} - magnitud mínima de los terremotos registrados (umbral mínimo de detección instrumental); M_0 - magnitud para la cual se calcula la actividad sísmica. Matemáticamente la actividad sísmica se calcula por el método de sumatoria, mediante la siguiente fórmula (Risnichenko, 1964; Zajarova, 1972):

$$A = \frac{1 - 10^{-\gamma}}{10^{-\gamma(K_{\min} - K_0)}} \left(\frac{S \cdot N_{\Sigma}}{\Delta S \cdot T} \right) \quad (7)$$

donde: N_{Σ} - número de terremotos que, comenzando de la clase K_{\min} y superior, caen en la ventana espacio-temporal dada; K_0 - clase de terremotos para la cual se define la actividad A ; S - unidad de área de normalización; para el caso particular de A_{10} se toma igual a 1000 kilómetros cuadrados (Risnichenko, 1985); ΔS - área de estudio, en kilómetros cuadrados, y T - ventana de tiempo en la cual realizamos el cálculo.

A pesar de que la actividad sísmica se ha normalizado respecto al área, lo que nos interesa no es su valor absoluto como esta se entiende, sino su variación en el tiempo como veremos más adelante.

Para el presente trabajo hemos calculado $A = A_{10}$, la cual define el número de terremotos de magnitud $K = 10 \pm 0,5$ ($M_0 = 3,3 \pm 0,3$). De acuerdo con la figura 6, tomamos a $M_0 = 3,5$. Este valor ha sido escogido, puesto que al se-

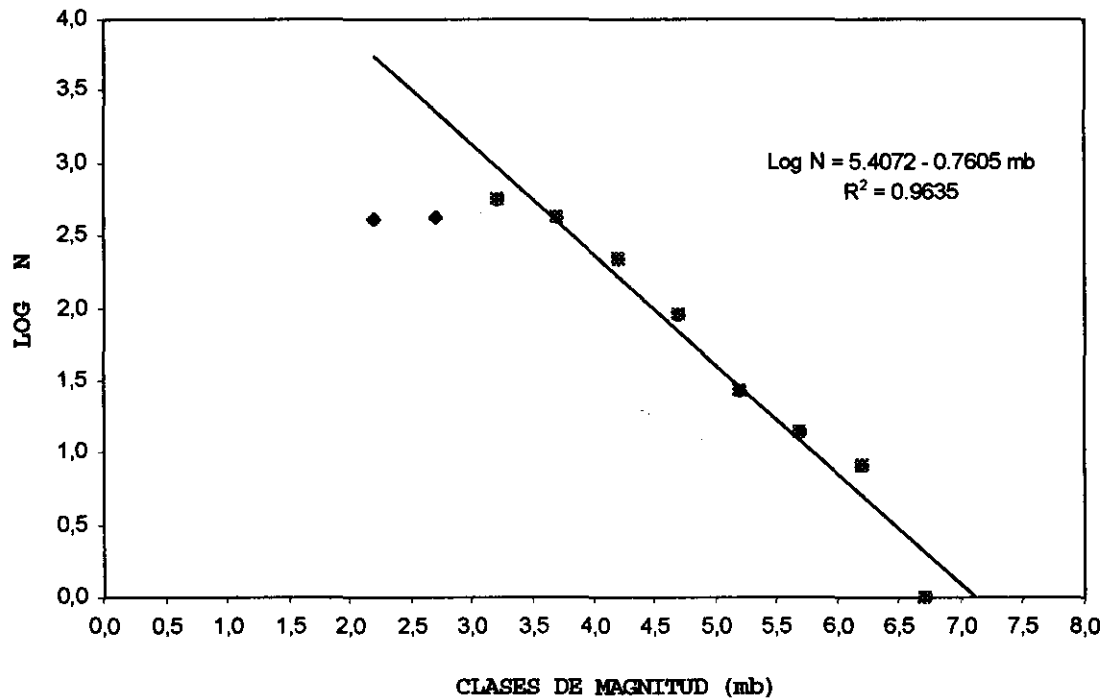


Figura 6. Frecuencia de ocurrencia de sismos. Sismicidad entre 1900 y 1995. La línea de regresión se obtuvo por el método de mínimos cuadrados.

leccionar las clases de magnitud para la elaboración del gráfico de frecuencia de ocurrencia de terremotos en la región, obtenemos un valor mínimo de clase de magnitud igual a 3,2, el cual abarca el rango de magnitudes entre 3,0 y 3,4. Pero, utilizando la fórmula (3) vemos que, para esta clase de magnitud, el intervalo de magnitudes escogido puede extenderse hasta el valor de 3,5. Al mismo tiempo, este valor corresponde al umbral mínimo de detección de terremotos encontrado para todo el territorio colombiano (Salcedo et al. 1994a, b).

4. Variación de los parámetros b y A_{10} como precursor de terremotos

La relación entre los parámetros del régimen sísmico y el proceso de ocurrencia de un terremoto fuerte ha sido destacada en muchos trabajos experimentales y teóricos. Entre los teóricos es importante destacar las investigaciones de Kuznetzova (1976, 1984), donde muestra el proceso de ocurrencia de un próximo terremoto y se examina la relación entre las diferentes etapas de este proce-

so y el carácter de variación en el tiempo de los índices del régimen sísmico (pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia de terremotos - parámetro b y actividad sísmica - A). Esta relación dada originalmente por Kormakov y Simonova (1990) se presenta en la tabla 1.

Es necesario anotar, que este esquema de ocurrencia de un terremoto fuerte no contradice los modelos que se tienen acerca del foco sísmico, tales como: por dilatación, basada en la saturación de agua en las grietas de las rocas; por movimientos de rocas inestables debido a la formación de rupturas, que terminan en una concentración de grietas en una zona estrecha y por grandes fallas activas y, también, por otros modelos muy cercanos a los dos primeros.

Partiendo de las consideraciones teóricas anotadas en la tabla anterior, hacemos el pronóstico retrospectivo en el tiempo de algunos fuertes terremotos ocurridos en la región central del territorio colombiano. En este sentido, se analiza la variación en el tiempo de los indicadores del régimen sísmico en la zona: pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia de terremotos (b) y la actividad

sísmica (A). Estos parámetros fueron calculados para el período entre 1900 y 1995. El crecimiento de la distribución magnitud - frecuencia de ocurrencia de los terremotos se obtuvo por la fórmula (2). Los datos utilizados se tomaron de los catálogos mencionados en las secciones anteriores.

Dentro de la ventana de tiempo utilizada se calcularon los respectivos parámetros estadísticos; entre ellos, parámetros de regresión, error cuadrático medio, coeficiente de correlación etc., lo cual nos aseguró un control estadístico de los valores. Se probaron varias ventanas de tiempo T , iguales a 0,2 años, 1 año y 10 años.

Finalmente, los cálculos se llevaron a cabo con la ventana de tiempo de 10 años y un paso de cada 2 años. Los intervalos no siempre fueron suficientes como para obtener una buena estadística de eventos; especialmente esta característica prima para los primeros 40 años del período observado. En las figuras 7a y 7b se muestran las curvas del comportamiento en el tiempo de los parámetros b y A_{10} respectivamente para la ventana de tiempo y paso indicados. Con estos tiempos se revelan fuertemente los

rasgos característicos del comportamiento de los gráficos. Las fechas mostradas en la figura 7b corresponden al año en que se presentó un fuerte terremoto en la región; al lado aparece el valor de su magnitud correspondiente.

Veamos cuales son las principales variaciones que se pueden apreciar en estos gráficos:

Podemos notar que después del año 1940, la pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia (parámetro b) tiene un rápido incremento, al mismo tiempo que aumenta un poco la actividad sísmica; estos incrementos alcanzan su máximo valor en el año 1943 y decrece hasta 1945, fecha a partir de la cual alcanza un valor casi promedio, hasta 1953, respecto al valor hasta ahora presentado. Dentro de este período de valor medio (1943 - 1953) se presentan en la zona algunos sismos moderados, entre los cuales podemos destacar dos con magnitud $M_s = 6,0$ ocurridos en 1950 (tabla 2).

En 1955 nuevamente se presenta un fuerte pico en el parámetro b , disminuyendo luego hasta 1957 para alcanzar un valor medio que permanece por casi 10 años, au-

Tabla 1. Relación entre el proceso de ocurrencia de terremotos fuertes y los índices del régimen sísmico (Kormakov y Simonova, 1990).

Etapas de ocurrencia del terremoto	Pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia (Parámetro b)	Actividad Sísmica (A)
Enjambre de terremotos débiles, la cantidad de estos aumenta; ocurre una acumulación de rupturas, pero estas se orientan sin ningún orden, entre ellas mismas impiden su propagación; surge una acumulación de energía.	Crece	Crece
El tamaño de las rupturas crece, el número de estas aumenta y su orientación se establece más ordenada; se origina una "avalancha" de surgimiento y unión de las pequeñas rupturas.	Cae	Continua Creciendo
Calma - Silencio. Se crea una situación que temporalmente dificulta la prolongación de la ruptura; el esfuerzo disminuye a causa de la lenta viscosidad de los desplazamientos en la ruptura (falla); separadamente pueden ocurrir algunos eventos sísmicos lo suficientemente fuertes; la viscosidad del medio aumenta.	Disminuye	Cae
Fuerte terremoto.	Retorna a su valor medio en un período largo	Fuertemente crece

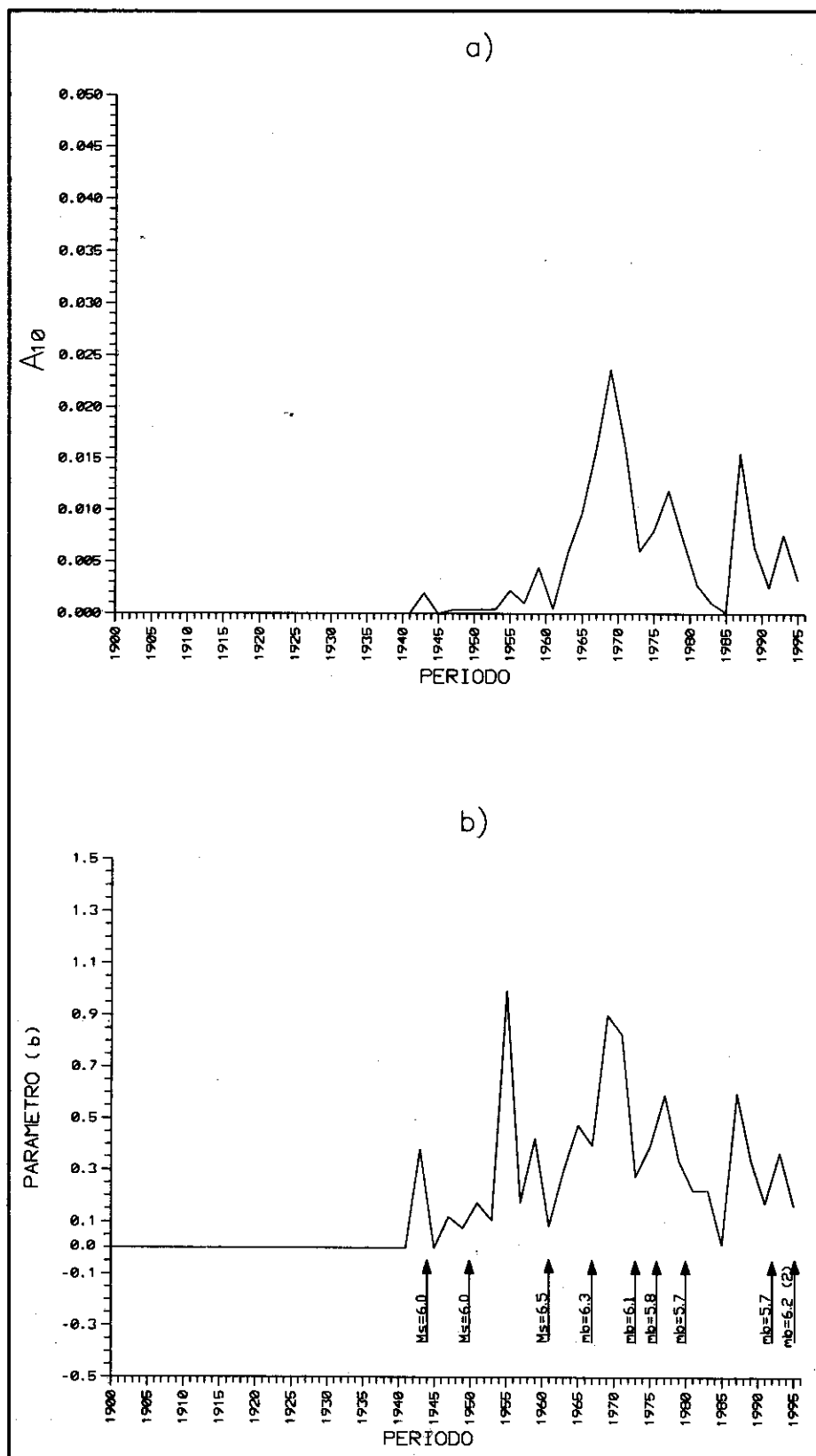


Figura 7. Variación temporal de los parámetros del régimen sísmico: a) actividad sísmica (A_{10}), calculada con ventana de tiempo de 10 años; b) pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia, parámetro b, calculado con $m_b = 3,5$ como magnitud mínima de detección. Las flechas muestran el año de ocurrencia de los sismos fuertes, indicándose la magnitud correspondiente.

Tabla 2. Terremotos fuertes ($M > 5.5$) ocurridos en la región Central del territorio colombiano en el periodo 1940 - 1990.

FECHA			TIEMPO DE OCURRENCIA	COORDENADAS DEL FOCO			MAGNITUD		
Año	mes	día		$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}W$	Profun. (Km)	m_b	M_s	M_L
1942	5	22	10:30:50.0	4.50	75.00	130	5.8*	5.8	-
1944	5	9	14:29:57.0	2.50	75.50	100	5.9*	6.0	-
1950	4	10	16:48:48.0	4.60	75.40	128	5.9*	6.0	-
1950	7	2	22:49:24.0	4.00	73.50	-	5.9*	6.0	-
1961	12	20	13:25:34.0	4.60	75.60	176	6.3*	6.5	-
1967	2	9	15:24:45.3	2.93	74.83	36	6.3	6.6*	-
1973	4	3	13:54:01.0	4.70	75.67	146	6.1	6.3*	-
1976	5	19	04:07:16.4	4.49	75.76	161	5.8	6.4	-
1980	6	25	12:04:57.1	4.50	75.73	160	5.7	6.0	-
1992	1	2	19:41:46.4	5.70	73.80	146	5.7	5.4	-
1995	1	19	00:05:05.0	5.01	72.96	25	6.2**	6.4**	6.6
1995	8	19	00:43:33.7	5.11	75.71	110	6.2**	6.4**	6.6

* Calculada mediante la fórmula $M_s = 1,51m_b - 2,96$ (ITEC - ISA, 1988).

** Calculada a partir de las fórmulas $m_b = M_L - 0,4$ ($M_L < 5,3$) y $m_b = 1,24 M_L - 2,0$ ($M_L > 5,3$) en sismos localizados por la RSNC (Ingeominas, 1995).

mentando nuevamente a partir de 1967; en este intervalo, donde b tiene un valor medio, se nota que el parámetro A_{10} ha crecido fuertemente hasta alcanzar el máximo valor en el año 1969. Este proceso explica una nueva acumulación de energía y esfuerzos tectónicos en la región, que se disipan con la ocurrencia de dos fuertes terremotos: uno en el año 1961 con magnitud $m_b = 6,3$; y otro en 1967 cuya magnitud es $m_b = 6,3$ (tabla 2).

En el año 1969 el parámetro b nuevamente alcanza un máximo, y a partir de aquí decae a un valor promedio en 1973; en este intervalo, la actividad sísmica también disminuye. Justamente en el año 1973 sucede un fuerte evento sísmico, el cual alcanza una magnitud $m_b = 6,1$. Podemos considerar al intervalo entre 1967 y 1969 como el tiempo precursor de este fuerte evento en la región estudiada.

A partir de 1977 el parámetro b , ha alcanzado un nuevo máximo; luego, este empieza a disminuir hasta 1979,

donde obtiene un valor medio que se prolonga hasta 1983. Aquí sigue disminuyendo para alcanzar un valor mínimo en el año 1985, donde de nuevo rápidamente se incrementa hasta 1987; al mismo tiempo, la actividad sísmica A_{10} cae fuertemente hasta 1985, donde otra vez aumenta hasta un máximo en el año 1987. Este fenómeno genera la ocurrencia de nuevos eventos sísmicos, destacándose entre ellos uno en 1980 de $m_b = 5,7$.

Desde 1987, ambos parámetros, b y A_{10} disminuyen fuertemente hasta 1990. A partir de aquí b crece hasta alcanzar un valor medio, mientras que A_{10} ha aumentado fuertemente en 1993. Después de esta marcada variación en ambos parámetros, ocurrió un terremoto en 1992 que alcanzó una magnitud de $m_b = 5,7$; luego, en 1995 tiene lugar la ocurrencia de otros dos eventos fuertes con magnitud de $m_b = 6,2$ cada uno, causando grandes efectos destructivos.

Entre 1990 y 1995, se detecta que el parámetro b alcanza un valor promedio respecto al comportamiento general de la curva y notamos al mismo tiempo un aumento de la actividad sísmica, obteniendo un máximo en 1993. Este hecho, de acuerdo con la tabla 1, podemos tomarlo como un indicio para haber predecido la ocurrencia del terremoto fuerte ocurrido el día 19 de enero de 1995, o la otra secuencia de sismos fuertes ocurrida durante el mismo año dentro de la región estudiada.

5. Relación tiempo precursor y magnitud

En la tabla 3, se muestra una dependencia de los tiempos precursores para cada uno de los eventos fuertes considerados, y en la figura 8 se da su dependencia con la magnitud de los terremotos asociados, usando el método de los mínimos cuadrados obtenemos la regresión lineal que se expresa como:

$$\log_{10} T = 0,48M - 0,70; R^2 = 0,53$$

la cual también es mostrada en la figura 8.

Es interesante notar que esta ecuación genera períodos de recurrencia relativamente cortos para magnitudes

mayores de 6.0; esto puede explicarse por el hecho de que para el estudio hemos tomado una ventana espacial demasiado grande, la cual encierra diversas fuentes y zonas sismogénicas, que dentro del contexto geodinámico regional pueden activarse en tiempos paralelos o muy cortos para generar terremotos fuertes. Como ejemplo de este hecho podemos mencionar los últimos dos sismos ocurridos en 1995 (tabla 2), los cuales con magnitud $m_b = 6,2$ tuvieron lugar en diferentes zonas sismogénicas, pero la diferencia en tiempo de ocurrencia fue tan solo de siete meses.

6. Discusión

Como lo muestra la tabla 1, la variación de los parámetros b y A_{10} del régimen sísmico en una región dada no debe observarse como una dispersión natural, sino como la relación premonitoria a la ocurrencia de fuertes terremotos.

De esta manera, vemos que el proceso de ocurrencia de un fuerte terremoto, está muy fuertemente ligado con el incremento de la pendiente del gráfico de frecuencia de ocurrencia de terremotos y que después de esto, este parámetro es lo suficientemente pequeño, mirada su variación en el tiempo; la actividad sísmica aumenta fuerte-

Tabla 3. Total de tiempos precursores, tomados a partir de las variaciones de los parámetros b y A_{10} que disparan la ocurrencia del terremoto.

FECHA			COORDENADAS DEL FOCO		MAGNITUD	TIEMPO PRECURSOR
Año	mes	día	$\varphi^\circ N$	$\lambda^\circ W$	m_b	Años
1950	4	10	4.60	75.40	5.9*	5,3
1950	7	2	4.00	73.50	5.9*	5,6
1961	12	20	4.60	75.60	6.3*	5
1967	2	9	2.93	74.83	6.3	10
1973	4	3	4.70	75.67	6.1	4,3
1976	5	19	4.49	75.76	5.8	7,4
1980	6	25	4.50	75.73	5.7	3,5
1992	1	2	5.70	73.80	5.7	2,7
1995	1	19	5.01	72.96	6.2**	5,1
1995	8	19	5.11	75.71	6.2**	5,7

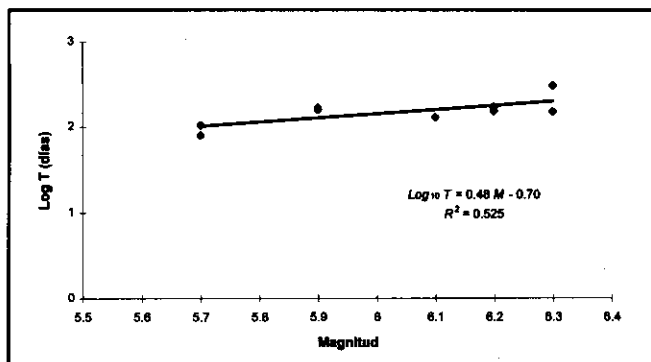


Figura 8. Logaritmo del tiempo precursor en días como una función de la magnitud, para los sismos de la tabla 3.

mente, hecho que está relacionado con la actividad producida por el gran número de réplicas generadas por un fuerte evento sísmico.

Cabe subrayar, que un buen control estadístico en el cálculo de estos parámetros permitiría realizar pronósticos de un fuerte terremoto, solo que debemos tener adicionalmente una gran cantidad de elementos necesarios para esta tarea, pues como hemos visto, hay una gran incertidumbre en el tiempo en que puede ocurrir el fuerte evento después que se cumplan las etapas de variaciones de los parámetros que indica la tabla 1.

Por otra parte, debemos anotar que la tabla 1 puede ser ampliada teniendo en cuenta otros parámetros sismológicos. Puede ser también observada, simultáneamente, la variación de la relación de las ondas sísmicas, parámetros de la deformación sismotectónica, características de las ondas sísmicas, etc.

Puede ocurrir que en ocasiones no sean tan claras las variaciones de los dos parámetros considerados, lo que puede tener explicación en la calidad de los datos analizados, es decir, que el catálogo de sismos utilizado para el análisis no sea completo y totalmente depurado. Esto implica realizar un estudio para completarlo por medio de relaciones estadísticas, que son los métodos más utilizados.

Queremos dejar en claro que, para el presente trabajo hemos realizado nuestro análisis con los datos originales tomados de los catálogos arriba mencionados, sin haber realizado previo estudio de complementación. Además de esto, es necesario realizar estudio sistemático para las réplicas que figuran en los catálogos; lo que tradicionalmente se ha hecho en Colombia al respecto es el reconocimiento por métodos elementales de ventanas de tiempo y espacio.

7. Conclusión

A pesar de que en nuestro análisis hemos utilizado los datos naturales del catálogo, sin realizar un previo estudio estadístico de complementación de la muestra, hemos mostrado que la variación de los parámetros b y A_{10} está relacionada con la ocurrencia de fuertes terremotos. Esta variación es en el sentido que lo muestra la tabla 1, en la cual se interpreta la ocurrencia de sismos fuertes como un proceso que tiene que ver con incrementos y decrementos periódicos de los dos parámetros, que si son bien analizados, se muestran como hechos premonitorios para el terremoto.

En este trabajo vemos que, generalmente antes del terremoto, el parámetro b al ir disminuyendo ha alcanzado un valor promedio; junto con esto, el parámetro A_{10} ha caído fuertemente. Estos niveles presentados muestran un período de calma, que generalmente, como se ha visto en muchas regiones del mundo, preceden la ocurrencia de un fuerte sismo.

Ha sido muy difícil aquí deducir una ley de tiempo precursor, acorde con las periodicidad de los sismos mostrados en las tablas: esto demuestra que este tipo de análisis debe realizarse en una región que no involucre zonas sismogénicas con características diferentes, puesto que tomadas en común pueden activarse en tiempos paralelos y en períodos de tiempos muy cortos.

También, estamos seguros de que se lograría una mayor exactitud y facilidad para deducir la ley de tiempo precursor teniendo un catálogo completo, el cual se puede obtener mediante la creación de una base de datos artificial usando métodos estadísticos.

Agradecimientos

Este trabajo se elaboró dentro del proyecto "Sismotectónica del Territorio Colombiano", identificado con el código P92F01, en el INGEOMINAS (Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química), a cuya directiva expresamos nuestro más sincero agradecimiento por el apoyo institucional que nos brindan al hacer posible este tipo de investigación. Expresamos también nuestro reconocimiento al personal técnico de la RSN, quien nos proporcionó parte de los datos utilizados.

Bibliografía

Bune V. I. & G. P. Gorshkov, (Editores), 1980. *Zonificación Sísmica del Territorio de la URSS*. Moscú. 307 p. (en Ruso).

- Escallón J., J. E. Pinzón & I. C. Gómez**, 1993. Proyecto Sismotectónica de Colombia. Actualización de la información sísmica de Colombia. *INGEOMINAS*, 93p.
- Escallón J.**, 1995. Propuesta para la instalación de una estación remota de la Red Sismológica Nacional y de 14 acelerógrafos digitales en la zona de influencia de los proyectos de Empresas Públicas de Medellín en el Departamento de Antioquia. *INGEOMINAS*.
- INGEOMINAS**, 1995. *Estudios Sismológicos, Subproyecto No. 5, Sismicidad Instrumental*. En: Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá. 41p. (inédito)
- IITEC Ltda., Ingenieros Consultores**, 1988. *Actualización de la información sísmica de Colombia*, Interconexión Eléctrica S.A. ISA.
- Kormakov N. P. & I. A. Simonova**, 1990. *Análisis de la ocurrencia del terremoto de agosto 31 de 1986 basado en datos de los parámetros del régimen sísmico*. En: El terremoto de los Cárpatos de 1986. Kishiniev, p. 15-17 (en Ruso).
- Kuznetzova K. I.**, 1976. *Esquema de distribución de rupturas en el medio heterogéneo y modelo estadístico del régimen sísmico*. En: Investigaciones de la física de los terremotos. Nauka, p. 114-126 (en Ruso).
- _____, 1984. *Solidez y flujo sísmico de la masa rocosa*. En: Métodos de valoración del peligro sísmico. Kishiniev, p. 80-87. (en Ruso).
- Ogata Y., & Katsura K.**, 1993. Analysis of temporal and spatial heterogeneity of magnitude-frequency distribution inferred from earthquakes catalogues, *Geophys. J. Int.*, **113**, 727-738.
- París G. & J. Romero**, Fallas activas en Colombia, *Boletín Geológico Ingeominas*, Vol. 34 (2-3), p.3-25.
- Ramírez J. E.**, 1975. *Historia de los Terremotos en Colombia*, Bogotá, 250p.
- Rautian T. G.**, 1960. Energía de los terremotos. En: *Método detallado de estudio de sismicidad*. Obras del Inst. de Física de la Tierra de la Academia de Ciencias de la URSS, No. 9, 176p. (en Ruso).
- Rikitake T.**, 1975. Earthquake precursors, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **65**, p. 1133-1162.
- Risnichenko Yu. V.**, 1964. Método sumatorio de terremotos para el estudio de la actividad sísmica. *Izvestia Acad. de Ciencias de la URSS. Serie Geofizika*, No. 7, p. 969-977. (en Ruso).
- _____, 1965. Acerca del proceso sísmico en la masa rocosa. En: *Dinámica de la corteza terrestre*. Moscú, Nauka. p. 56-63. (en Ruso).
- Risnichenko Yu. V.**, 1985. *Problemas de la Sismología*. Obras Escogidas. Nauka, 408p. (en Ruso).
- Salcedo E., G. París, A. Espinosa, J. Escallón, J. Romero, J. Pinzón, C. Rivera, A. Gómez & I. Gómez**, 1994a. "Sismotectónica del Territorio Colombiano". *Informe interno INGEOMINAS*, Bogotá. 48p.
- _____, 1994b. "Particularidades del Proceso Sísmico en el Territorio Colombiano". (Resumen). *XI Seminario Internacional sobre el Pronóstico de Terremotos. Septiembre 19 - 23, San José de Costa Rica*.
- Smith W. D.**, 1981. The *b*-value as an earthquake precursor, *Nature*, **29**, p. 136-139.
- Suyehiro S.**, 1966. Difference between aftershocks and foreshocks in the relationship of magnitude to frequency of occurrence for the great Chilean earthquake of 1960, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **56**, 185-200.
- Vinogradov S. D.**, 1964. Investigaciones acústicas de los procesos de ruptura de las rocas. Moscú, Nauca, 84p. (en Ruso).
- Zajarova A. Y.**, 1972. Cálculo de los parámetros del régimen sísmico en IBM. Tashkent. 143 p. (en Ruso).

CONTENIDOS DE CD, CU Y ZN EN *RHIZOPHORA MANGLE* Y *AVICENNIA GERMINANS* DE LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA Y BAHIA DE CHENGUE, COSTA CARIBE COLOMBIANA

por

Néstor Hernando Campos¹ y María Cristina Gallo²

Resumen

Campos, N. H. & M. C., Gallo: Contenidos de CD, CU y ZN en *Rhizophora Mangle* y *Avicennia germinans* de la Ciénaga Grande de Santa Marta y Bahía de Chengue, Costa Caribe Colombiana. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(79): 73-90, 1997. ISSN 0370-3908

Para medir las concentración de los metales Cd, Cu y Zn en hojas de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, se tomaron muestras entre marzo y diciembre de 1993, en dos áreas de la costa del Magdalena. En cada estación se tomaron además muestras de sedimento y agua superficial. En la primera se midió la concentración de los metales y el contenido de materia orgánica y en la segunda se determinaron las variables fisicoquímicas, salinidad, potencial redox y pH. Los metales se midieron mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama. En general, en las dos especies los metales variaron con la época de recolección y con el pH y la salinidad principalmente. Al comparar los contenidos de cada metal en hojas entre la CGSM y Chengue, no se observaron diferencias significativas. Las concentraciones en cada una de las especies muestran que *A. germinans* generalmente presenta mayor contenido de los tres metales que *R. mangle*. De igual forma se encontró mayor concentración en hojas jóvenes que en las viejas de las dos especies. Los contenidos en material vegetal como en de sedimentos se encontraron en la relación $Cd < Cu < Zn$.

Palabras claves: Cadmio, cobre, cinc, Manglar, *Rhizophora*, *Avicennia*, Mar Caribe, Colombia.

Abstract

In order to determine concentration levels of some heavy metals (Cd, Cu, Zn) in leaves of the mangrove species *Rhizophora mangle* and *Avicennia germinans*, four samplings were made

¹ Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, c/o INVEMAR, A. A. 1016, Santa Marta, Colombia, S. A.

² INVEMAR, A. A. 1016, Santa Marta, Colombia, S. A.

between March and December 1993, in two from the Magdalena coast. Leaf material, sediments, and surface water were taken. Metal concentrations and organic matter content were measured from the leaves and sediments. Salinity, Redox potential, and pH were determined from the water. The metal contents in the samples were measured by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry. The general behavior of three metals in the two species was greatly influenced by the season. The comparison between the total metal contents at the two stations showed no statistically significant differences. In the large majority of cases the concentrations of the three metals were larger in *A. germinans* than in *R. mangle*. Also, young leaves of both species had higher concentrations than old ones. The contents in the plant material and in the sediments showed the relation $Cd < Cu < Zn$ both.

Key words: Caribbean sea, Mangrove, Cadmium, Copper, Zinc, Colombia, *Rhizophora*, *Avicennia*.

Introducción

El equilibrio del ecosistema marino se ha visto alterado en las últimas décadas por un marcado aumento de contaminantes, entre los que se destacan principalmente los metales pesados. La creciente industrialización y demás actividades antropogénicas generan una gran cantidad de residuos que sin un tratamiento adecuado son vertidos a los ríos, que en últimas son las principales fuentes de transporte y descarga de estas sustancias hacia el medio marino (Gamboa & Bonilla, 1983). La importancia de realizar estudios sobre la toxicidad de los metales pesados en organismos acuáticos y su efecto potencial sobre especies en particular, incluido el hombre, deben ser llevados a cabo por varias razones. Una de ellas es la de generar información que pueda contribuir a predecir los efectos adversos sobre la biota de ecosistemas acuáticos (Chung, 1978; Allen *et al.*, 1989)

Los contaminantes que penetran al mar son muy diversos; sin embargo, teniendo en cuenta los efectos negativos que éstos producen no sólo en los niveles social y económico, se encuentra que los metales pesados, los productos químicos sintéticos, los hidrocarburos, los elementos radiactivos y los desperdicios sólidos son las formas más críticas de contaminación (Aquino, 1980). Entre los muchos contaminantes que penetran al medio ambiente marino, los metales pesados han recibido especial atención debido a sus efectos tóxicos duraderos (Lacerda *et al.*, 1988), ya que no son biodegradables (Aquino, 1980; Campos, 1990) y a la intensiva acumulación en zonas costeras y estuarinas en donde se desarrollan los manglares (Lacerda & Abrão, 1984). La mayoría de ellos son bioacumulados por los organismos marinos y en la medida en que ascienden en la cadena trófica se sucede el proceso de biomagnificación (Campos, 1987).

A lo largo de la costa del litoral del Caribe colombiano existen áreas densamente pobladas por manglares, asociados principalmente con los mayores ambientes estuarinos, como la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Su ubicación próxima a la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y la influencia directa del Río Magdalena a cuyo delta pertenece, la convierten en un vertedero permanente de residuos domésticos y químicos tóxicos que alteran ampliamente su equilibrio (Escobar, 1991). Los metales pesados tienen como principal fuente de entrada hacia la CGSM, el Río Magdalena y los ríos que provienen de la SNSM (Campos, 1990).

Los estudios sobre contaminación por metales pesados en la CGSM comenzaron en 1982 con el fin de describir su comportamiento en la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*, en la que Campos (1984) determinó altas concentraciones de cadmio, cobre y plomo. A partir de esta investigación se vienen realizando numerosos trabajos concernientes a la problemática de la contaminación, en donde los metales pesados han sido los más estudiados. Su monitoreo en la CGSM se ha realizado en agua, sedimento y biota; teniendo esta última la ventaja de mostrar resultados más confiables sobre la disponibilidad del metal en el medio (Campos, 1990).

Entre los problemas que afronta actualmente la CGSM se encuentran la muerte de los manglares en varios sectores, además de un deterioro general en la vegetación de la región. Esta mortalidad puede ser de carácter normal o masiva. En la primera el proceso ocurre independientemente de cambios drásticos en el medio; mientras que la mortalidad masiva involucra además de lo anterior, la mortalidad de un gran número de individuos sin importar su edad o tamaño y en un período de tiempo relativamente corto (Jiménez & Lugo, 1984). Estas alteraciones están ligadas

a la drástica variación en las condiciones hidráulicas en el delta exterior del Río Magdalena, provocadas por una reducción en el intercambio ciénaga-mar y del aporte de agua dulce al sistema, a una evapotranspiración alta, lo cual redundaba en una hipersalinización de lagunas y suelos en algunos sectores del delta y a un enriquecimiento progresivo de agroquímicos y metales pesados que llegan al sistema a través del Río Magdalena y las corrientes de la vertiente occidental de la SNSM (Pro-Ciénaga, 1994).

El objetivo principal del presente trabajo fue el de determinar las concentraciones de los elementos metálicos cadmio, cobre y cinc en hojas de dos especies de mangle, *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle* de la CGSM y de la Bahía de Chengue, esta última en el Parque Nacional Natural Tayrona.

Materiales y métodos

Con el fin de determinar el contenido de cadmio, cobre y zinc, en marzo, durante la temporada más seca del

año en la región, junio, durante el período menor de lluvias, septiembre, durante el período seco menor y en diciembre, al final de la época mayor de lluvias de 1993, se tomaron muestras de hojas de dos especies de mangle, *R. mangle* y *A. germinans* en cuatro estaciones establecidas en la CGSM (Fig. 1a). La primera en el Rincón del Jagüey (RJ), localizado en la franja norte, hacia la parte media de la Isla Salamanca; la segunda en la desembocadura del Canal del Clarín (CC), en el extremo nor-occidental de la Ciénaga; la tercera estación se localizó en el margen occidental, en la boca de Caño Grande (CG), las dos últimas estaciones reciben la influencia de las aguas del río Magdalena en época de creciente; en el margen oriental se estableció la cuarta estación, cerca a la desembocadura del Río Sevilla (RS) que fluye del pie de monte de la SNSM y una en la Bahía de Chengue (CH), al costado oriental de la laguna (Fig. 1b).

De cada especie se tomaron entre 15 y 20 hojas jóvenes y viejas, se guardaron en bolsas plásticas (polietileno de baja densidad) debidamente rotuladas y se colocaron en una ne-

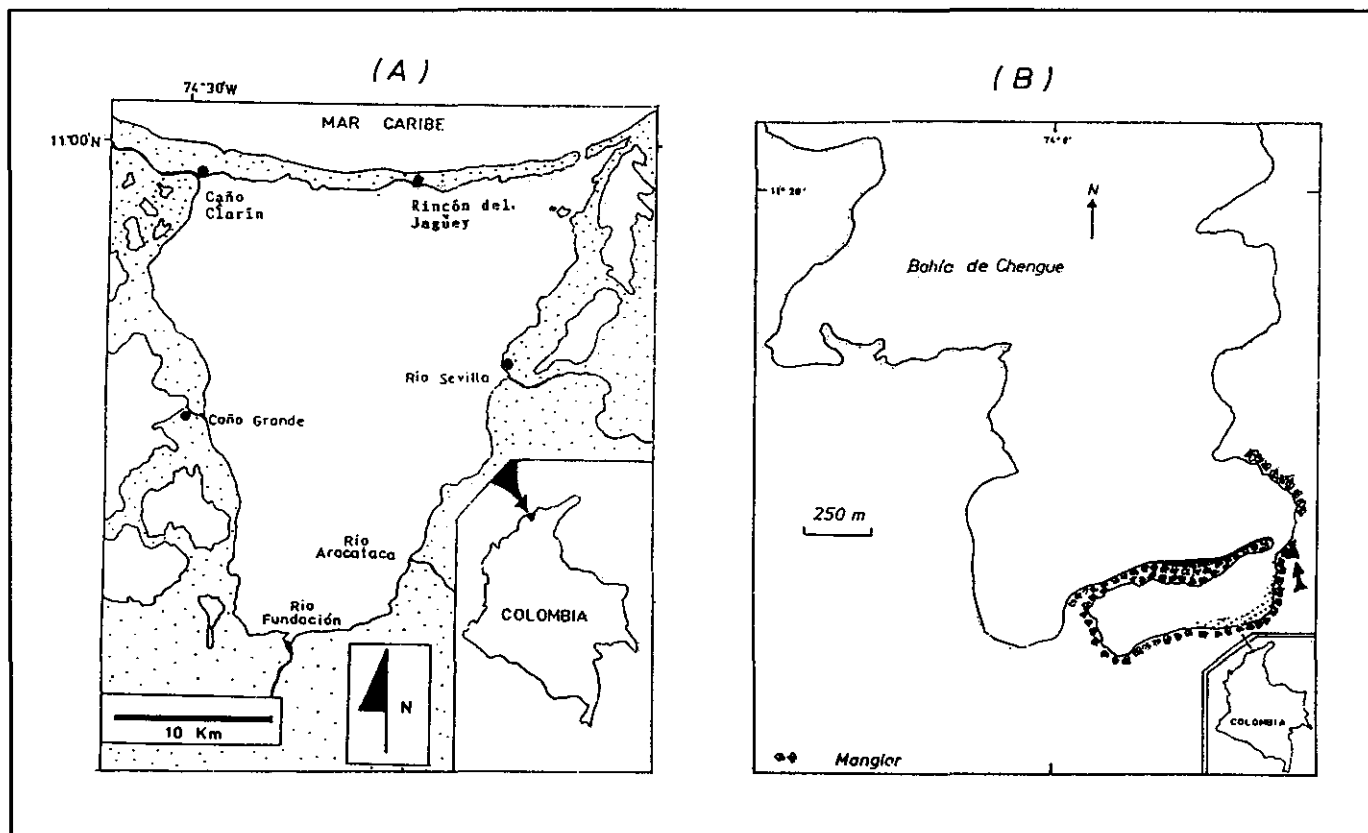


Figura 1. Localización de las áreas de registro de datos en la Ciénaga Grande de Santa Marta (A) y la Bahía de Chengue (B). RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

vera de estereopor mientras se trasladaban al Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín, INVEMAR, en donde se refrigeraron hasta su posterior análisis.

En cada estación se midió la temperatura *in situ* con un termómetro graduado a 50°C y se tomó una muestra de agua de la capa superficial, para medir en el laboratorio la salinidad, el pH y el potencial Redox .

Del material vegetal colectado en cada estación, se sacaron cinco submuestras por cada grupo de edad de las hojas. Luego de realizar las respectivas mediciones morfométricas, (longitud, ancho y peso), el material se secó en una estufa a 60°C hasta obtener peso constante. Después de macerar cada muestra en un mortero de porcelana, se tomaron alícuotas entre 0.3 y 0.5 g, se colocaron en tubos de ensayo previamente lavados con agua y jabón, en HCl 1N, en HNO₃ 2N y se enjuagaron con agua. Posteriormente a cada tubo se le adicionaron, aproximadamente 3 ml de una mezcla ácida HNO₃-HClO₄, 1:1, después de lo cual se colocaron en un baño de arena a temperaturas entre 150 y 170°C hasta su completa digestión y finalmente se diluyeron a 10 ml (Allen *et al.*, 1989).

La determinación del contenido de metales en las muestras se realizó utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica, (EAA), con llama en un equipo marca Varian, modelo AA 475. Actualmente es el método más utilizado y se realiza mediante la aspiración de la muestra diluida, previamente realizada su digestión. Este método está descrito en la guía recopilada por Dalziel & Baker (1983).

Se establecieron promedios de los contenidos de los metales (diez réplicas de hojas de mangle para las dos especies), en cada una de las cinco estaciones y se realizó un análisis de varianza en cuatro vías, con el fin de determinar si se presentan diferencias entre las concentraciones halladas durante los registros de los tres metales estudiados, las épocas en que se realizaron y las estaciones establecidas. Se realizaron correlaciones múltiples y simples entre los contenidos hallados en hojas jóvenes y viejas con los factores físico-químicos, salinidad, pH y Eh.

Resultados

La variación de los factores físico-químicos salinidad, pH y potencial rédox a través de las tomas de las muestras en las cinco estaciones se presentan en la Tabla 1.

Se observa que las salinidades más altas se presentaron durante la primera toma de muestras en todas las es-

taciones, mientras que las más bajas se registraron, para la mayoría de las estaciones en el último registro de muestras. Durante el tercer registro los valores fueron en todas las estaciones ligeramente mayores que los de diciembre. Los valores más bajos de todos los muestreos se lograron al final del período mayor de lluvias en las estaciones del sector nor-occidental (CC, CG y RJ). En la estación RS se presentaron para los cuatro registros las salinidades más bajas, midiéndose durante el segundo período, el menor valor. El promedio de salinidad hallado en la CGSM fue de 22.02 dentro del intervalo 3.23 y 32.03. El rango de fluctuación de la salinidad en la estación de Chengue estuvo entre 34.34 y 38.04 con un promedio de 36.55.

Los valores de pH en la CGSM no muestran una tendencia clara, encontrándose que durante el período lluvioso menor se midió en la estación RS el valor más alto (7.93), seguido por el hallado en el RJ durante el tercer período con 7.78. A estos valores le siguieron los encontrados en el CC (7.68) y CG (7.01) durante el cuarto y primer registros respectivamente. Los valores más bajos se midieron durante el primer registro en las cuatro estaciones de la CGSM siendo el más bajo el de la estación RS con 6.64. En la estación de CH, al igual que en la CGSM, se encontró el valor más alto durante el período lluvioso menor y el más bajo durante el seco menor. En la mayoría de estaciones, la tendencia del pH fue hacia la basicidad y el rango de valores encontrados en la CGSM osciló entre 6.64 y 7.93 mientras que en CH osciló entre 6.91 y 7.97.

Los potenciales rédox medidos en la CGSM fluctuaron entre 128 y 163 mV, en la estación CG durante el tercer y primer registros, respectivamente. Al valor más alto le siguieron los encontrados en la estación RS, 162 y 161 mV durante el tercero y primer registros respectivamente. Durante el primer período se hallaron valores iguales en las estaciones CC y RJ (130 mV) y durante el segundo período el mismo valor se determinó en las estaciones CC y CG (135 mV). Es de notar que los valores en la estación RS se encontraron dentro de los más altos. En la estación de CH los valores encontrados durante los dos últimos muestreos figuraron dentro de los más altos, mientras que durante el primero y segundo se encontraron entre los más bajos (130 y 109 mV) siendo el último el registro más bajo medido para este parámetro (Tabla 1).

Las figuras 2 a, b y c muestran los valores de las concentraciones de los metales Cd, Cu y Zn en µg/g ps medidos en muestras de hojas de mangle, independientemente del tipo de hojas, durante los cuatro registros en cada una de las estaciones establecidas.

Tabla 1. Valores de los factores fisicoquímicos, salinidad (S o/oo), pH y Potencial Redox (Eh) en mV, medidos en agua de cuatro estaciones en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RJ: Rincón del Jagüey y RS: Río Sevilla) y una en la Bahía de Chengue (CH), durante cuatro períodos de toma de muestras.

REGISTRO	ESTACION	S o/oo	pH	Eh
Seco Mayor	CC	31.25	6.66	+130
	CG	31.45	7.01	+128
	RJ	32.03	6.72	+130
	RS	27.80	6.64	+161
	CH	38.04	7.30	+130
Lluvioso Menor	CC	26.51	7.33	+135
	CG	26.61	7.16	+135
	RJ	22.49	7.48	+130
	RS	3.23	7.93	+131
	CH	34.34	7.97	+109
Seco Menor	CC	19.92	7.45	+150
	CG	25.38	7.65	+163
	RJ	23.32	7.78	+152
	RS	10.68	7.62	+162
	CH	37.01	6.91	+152
Lluvioso Mayor	CC	16.86	7.68	+132
	CG	24.66	7.42	+130
	RJ	19.81	7.31	+133
	RS	10.24	6.98	+140
	CH	36.81	7.39	+153

Los contenidos más altos de cadmio en *R. mangle* (mangle rojo) y *A. germinans* (mangle negro), se presentaron durante el primer registro en las cinco estaciones. Los valores máximos (8.63 $\mu\text{g/g ps}$ en mangle rojo y 9.88 $\mu\text{g/g ps}$ en mangle negro) fueron medidos en las estaciones RJ y RS respectivamente. A partir del segundo registro, después de una notoria disminución en los contenidos, éstos continuaron disminuyendo hasta encontrar, durante el mes de diciembre los valores más bajos (0.38 $\mu\text{g/g ps}$ para mangle rojo y 0.52 $\mu\text{g/g ps}$ en mangle negro, en CC y RJ respectivamente).

Aunque el comportamiento del Cd en la estación de CH fue similar al de las estaciones de la CGSM, los contenidos en las dos especies tuvieron un incremento notable en el tercer registro (Fig. 2 a), contrariamente a lo observado en las estaciones restantes en las cuales los contenidos continuaron bajando.

Las oscilaciones que presentaron las concentraciones de Cu en las dos especies a través de los registros fueron relativamente bajas; sólo durante el primero se presentó una concentración, casi 10 veces superior al menor contenido encontrado. El comportamiento general de este metal fue similar en las dos especies, los valores disminuyeron considerablemente a partir del segundo registro hasta alcanzar los más bajos durante el tercero y luego aumentar ligeramente. Los contenidos más altos se presentaron durante el primer registro alcanzando el mayor valor en CG para *A. germinans*. En mangle rojo el mayor valor (70.21 $\mu\text{g/g ps}$) fue encontrado en la estación RS y el menor (2.22 $\mu\text{g/g ps}$) en el CC, en mangle negro el mayor contenido (123.24 $\mu\text{g/g ps}$) así como el menor (2.5 $\mu\text{g/g ps}$) se presentaron en la estación CG (Fig. 2b).

Los contenidos de Zn en *A. germinans* duplicaron los de *R. mangle*, en la mayoría de las estaciones, pero el

comportamiento de este metal fue similar al del Cd en las dos especies; durante el primer registro se midieron las mayores concentraciones (90.21 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle rojo y 197.58 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle negro) en las estaciones CG y CH respectivamente. Los contenidos más bajos se midieron durante el último registro (5.27 $\mu\text{g/g}$ ps en mangle rojo y 8.16 $\mu\text{g/g}$ ps en mangle negro) en las estaciones RJ y CH respectivamente. Mientras que los contenidos en mangle negro disminuyeron a través de los registros, a excepción del tercero en la estación RJ, en donde hubo un incremento, los de mangle rojo no mostraron una tendencia clara (Fig. 2c).

Las figuras 3 a, b y c muestran las concentraciones de los tres metales en hojas jóvenes y viejas para cada especie en cada estación durante los cuatro registros. Para Cd el comportamiento encontrado por edad de las hojas no difiere mucho al encontrado por especie. Durante el primer registro se obtuvieron las máximas concentraciones que superan en la mayoría de las estaciones, cinco veces o más, a las mínimas en los restantes registros. Los contenidos máximos y mínimos en hojas jóvenes se midieron en el RJ y CC (7.90 y 0.38 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle rojo, Fig. 5 a y b) y en el RS (12.84 y 0.43 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle negro, Fig. 5 c y d). En hojas viejas se midieron en el CC (11.33 y 0.39 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle rojo 10.56 y 0.48 $\mu\text{g/g}$ ps para mangle negro).

En *R. mangle* las concentraciones más altas de Cd se encontraron en hojas viejas en la mayoría de las estaciones, mientras que en *A. germinans* se presentó en hojas jóvenes. Las concentraciones halladas en hojas jóvenes de *A. germinans* fueron mayores que las de *R. mangle*, en la mayoría de las estaciones, mientras que las halladas en hojas viejas para las dos especies fueron similares (Fig. 3a). En la estación de CH hubo un incremento en las concentraciones medidas en hojas viejas de las dos especies durante el mes de septiembre y como tendencia general se vio una disminución en los contenidos a través de los registros. El contenido de Cu en hojas jóvenes y viejas de las dos especies, fue siempre mayor durante el primer registro en las cinco estaciones. En las dos especies de mangle los valores más altos se midieron en hojas jóvenes de la estación CG, 88.64 $\mu\text{g/g}$ ps para *R. mangle* y 195.24 $\mu\text{g/g}$ ps para *A. germinans* y en hojas viejas en la estación RS (72.26 y 65.36 $\mu\text{g/g}$ ps, respectivamente). A partir del tercer registro los contenidos en *R. mangle* y *A. germinans* disminuyeron considerablemente, encontrándose valores mínimos para cada una de 2.07 y 2.27 $\mu\text{g/g}$ ps en hojas jóvenes y de 2.36 y 2.51 $\mu\text{g/g}$ ps en hojas viejas colectadas durante el mes de junio en las estaciones CC y RS respectivamente (Fig. 3b).

La relación que presentaron los metales Zn y Cd en las especies, se observa también para los dos tipos de hojas. Los contenidos más altos se presentaron durante el primer registro en las dos especies, siendo mayores en hojas jóvenes de *A. germinans* procedentes del RJ, con un máximo de 225.56 $\mu\text{g/g}$ ps. En los restantes registros éstos disminuyeron llegando, durante el cuarto a valores mínimos (3.69 y 6.10 $\mu\text{g/g}$ ps en hojas jóvenes en las estaciones CC y CG respectivamente y 2.65 y 6.32 $\mu\text{g/g}$ ps en hojas viejas de la estación de CH) para mangle rojo y negro respectivamente (Fig.3c).

Los análisis de correlación entre las concentraciones de Cd, Cu y Zn en hojas de manglar, y los parámetros físico-químicos fueron significativos para los tres metales a excepción de Cu en hojas jóvenes de *A. germinans* en donde $a > 0.10$ (Tabla 2).

En los análisis de correlación múltiple, la relación entre la concentración de Cd y los parámetros ambientales, salinidad, pH y Eh, fue mayor en hojas viejas, 0.78 para *R. mangle* y 0.75 para *A. germinans* con $a < 0.05$, en ambos casos. Igualmente para hojas jóvenes, los valores de r fueron 0.56 para *R. mangle* y 0.67 para *A. germinans* con $a < 0.10$ y $a < 0.05$ respectivamente. El factor de correlación más alto para las concentraciones de Cu se halló en hojas viejas de *A. germinans* con 0.71 y $a < 0.05$; los r en hojas jóvenes y viejas de *R. mangle* estuvieron muy cercanos, 0.62 y 0.63 respectivamente y $a < 0.05$ para los dos valores. Por último el análisis realizado para Zn, con los parámetros físico-químicos, mostró mayor relación con las concentraciones de este metal en hojas viejas de *R. mangle*, 0.74, seguida por 0.69, en hojas jóvenes de *A. germinans*. Tanto en hojas jóvenes de *R. mangle* como en hojas viejas de *A. germinans* el factor de correlación fue 0.64 y un nivel de significancia $a < 0.05$.

Los factores de correlación simple entre el pH y los contenidos en hojas jóvenes, mostraron en general una mayor relación con los contenidos de la especie *A. germinans*; no obstante estos valores no fueron mayores de 0.65. La correlación de este parámetro con las concentraciones halladas en hojas viejas fue mayor con la especie *R. mangle* en donde Cd alcanzó la mayor relación con 0.75. En cuanto a la salinidad, la influencia de esta variable sobre los contenidos de los metales fue menor; el factor de correlación más alto, hallado en hojas jóvenes, fue de 0.45 y aunque en hojas viejas r fue ligeramente mayor, no superó el 0.65. La determinación del potencial rédox es relevante como lo comprueban numerosos trabajos (De Laune, *et al.*, 1981; Boto & Wellington, 1984; Ovalle, *et al.*, 1990), sin embargo los análisis estadísticos realizados para determinar

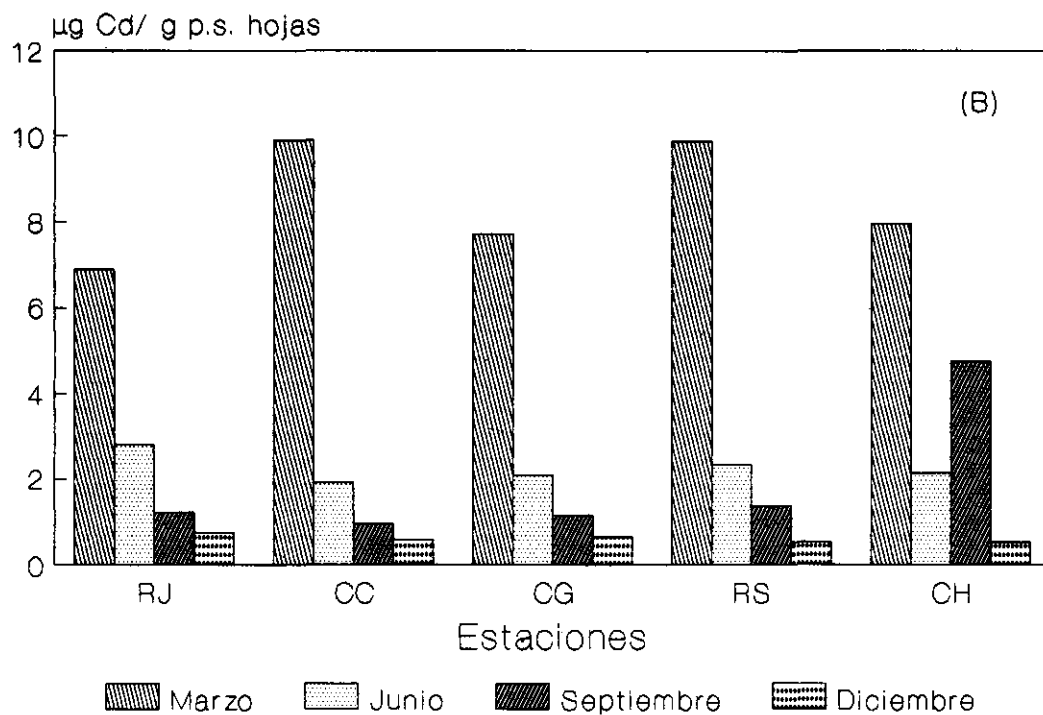
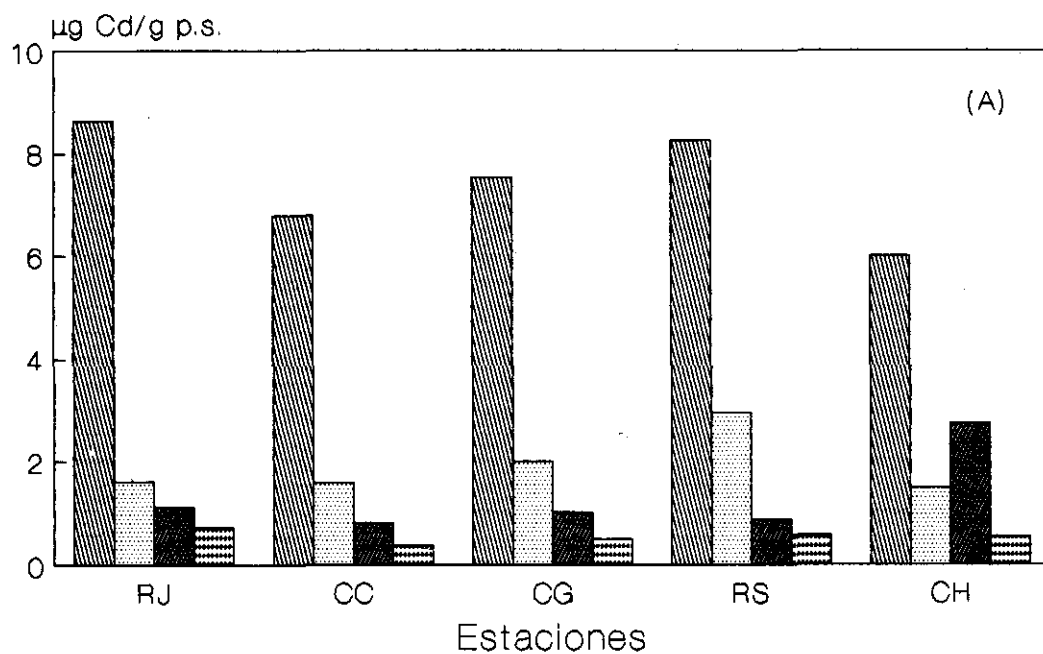


Figura 2. Contenidos de cadmio en $\mu\text{g Cd/ g p.}$ en hojas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A) y *Avicennia germinans* (B) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

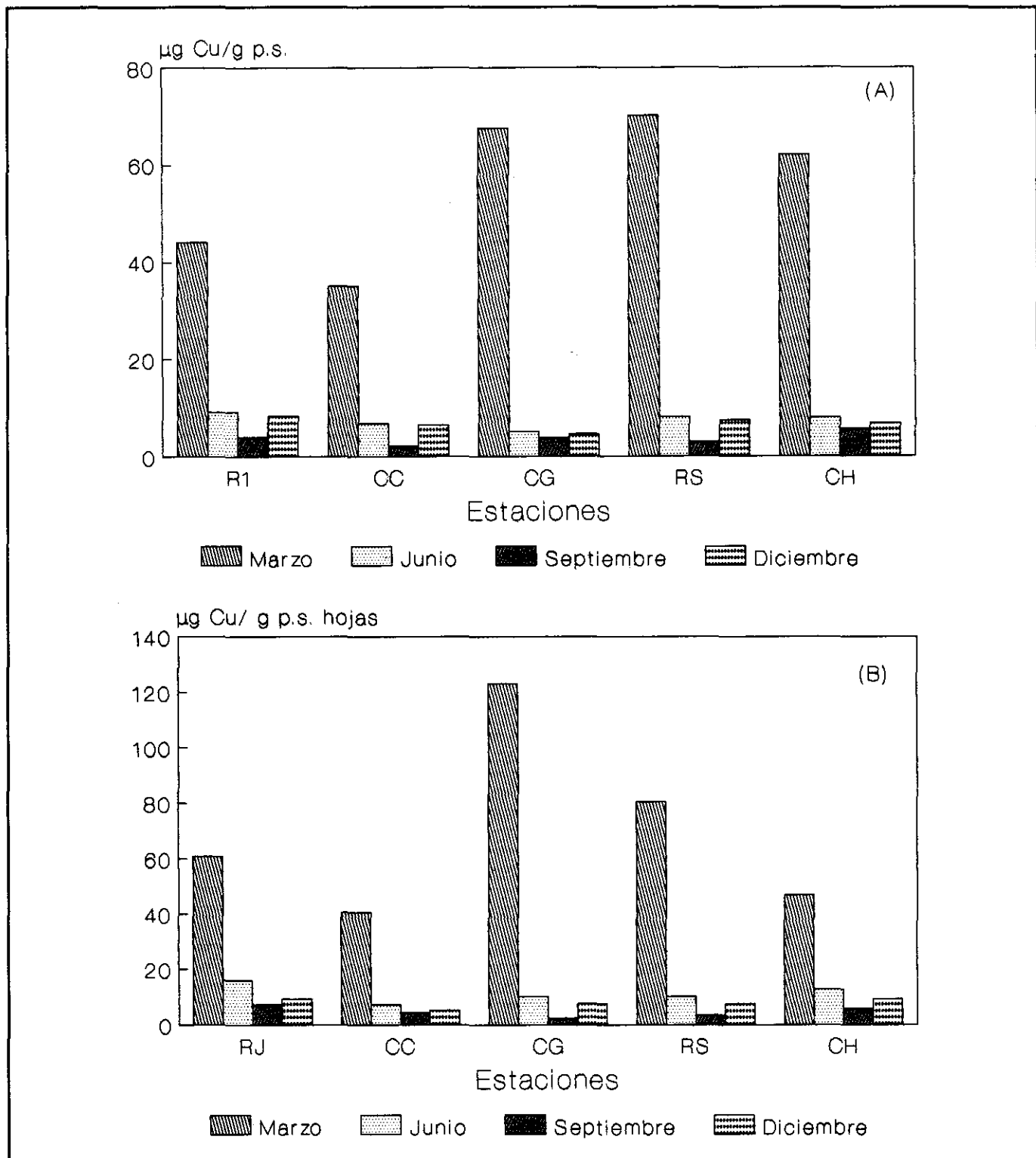


Figura 3. Contenidos de cobre en $\mu\text{g Cu/g p.s.}$ en hojas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A) y *Avicennia germinans* (B) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

Tabla 2. Correlación múltiple entre los contenidos de Cd, Cu y Zn en $\mu\text{g/g}_{\text{dw}}$ en hojas jóvenes (HJ) y hojas viejas (HV) de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* y los parámetros ambientales pH, salinidad y potencial Redox (Eh).

	<i>Rhizophora mangle</i>						<i>Avicennia germinans</i>					
	Cd		Cu		Zn		Cd		Cu		Zn	
	HJ	HV	HJ	HV	HJ	HV	HJ	HV	HJ	HV	HJ	HV
Corr. mul	0.56	0.78	0.62	0.63	0.64	0.74	0.67	0.75	0.55	0.71	0.70	0.64
F	2.46	8.17	3.28	3.43	3.77	6.42	4.25	6.78	2.33	5.37	4.93	3.70
Pr>F	.10	.002	.05	.04	.03	.005	.02	.004	.11	.009	.01	.034

la incidencia que pudiera tener este parámetro frente a la concentración de metales en hojas no fue significativa.

Discusión de los Resultados

Los manglares presentan características que les permite establecerse en lugares que pueden ser adversos para otras plantas. La mayoría de las especies de manglar pueden desarrollarse en hábitats con amplio rango de salinidad (Odum & Johannes, 1975), altas tasas de sedimentación (Manjarrés, 1991) y crecer sobre suelos deficientes en oxígeno, aunque esta tolerancia es limitada (Odum & Johannes, 1975).

Ellos pueden no sólo tolerar la presencia de contaminantes que llegan con las aguas negras de origen industrial y doméstico, sino que pueden, según afirman Clough *et al.*, (1983), disminuir, remover e inmovilizar nutrientes, metales pesados y otros constituyentes de estas aguas. Por tales razones estas especies podrían ser utilizadas como controladores de contaminantes (Silva *et al.*, 1990) y bioindicadores de los mismos (Lacerda *et al.*, 1985) en estas áreas. *A. germinans*, una de las especies representativas de la CGSM, aventaja a *R. mangle* por su gran tolerancia a mayores niveles de salinidad y amplio rango de temperaturas, soportando incluso heladas (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1983).

El intercambio de nutrientes entre sedimentos y el agua circundante de sistemas estuáricos y otros cuerpos de agua son una función de diferentes procesos físico-químicos y biológicos (De Laune, *et al.*, 1981); es así como la biodisponibilidad de metales en estuarios depende tanto de su comportamiento químico, como de las características químicas del agua tales como salinidad, pH, presencia de quelantes, estado redox, etc. (Head, 1976; Cross & Sunda, 1978; Davis, 1978).

El Cd es un elemento considerado no esencial (De la Lanza *et al.*, 1989), su presencia en las plantas puede deberse a que algunos elementos como éste, tienen un comportamiento similar a los esenciales, de manera que no es erróneo pensar que los mecanismos que llevan a la absorción de nutrientes sean los mismos y estén regulando igualmente la absorción de los no nutrientes (Cataldo *et al.*, 1987). Las similitudes existentes entre las propiedades químicas de un elemento específico y los análogos no nutrientes tales como Cd/Zn (Bryan, 1976; Cataldo *et al.*, 1987; De la Lanza *et al.*, 1989) probablemente sea la explicación para este fenómeno.

Para las dos especies, las diferencias en los contenido de Cd entre épocas y en la interacción estación-época, son significativas y muestran el comportamiento del metal en cada área (Fig. 2a). Las diferencias entre estaciones dependen de la época, haciéndose más evidente en la época seca mayor. En la época mayor de lluvias, cuando se presentaron las concentraciones más bajas, la variación entre las estaciones no presentó diferencias significativas. Durante estas épocas, seca mayor y lluviosa mayor, se presentan los valores de salinidades máximo y mínimo respectivamente. En un trabajo similar realizado sobre organismos de ambientes estuarinos en la CGSM, Campos (1991) encontró resultados similares. Esta relación puede deberse al efecto de dilución que provoca la entrada de agua dulce al estuario durante los meses de lluvias intensas, logrando que disminuya la disponibilidad de metales al formar complejos con el material suspendido, además de aumentar la dispersión de este último (Moore & Ramamoorthy, 1984; Salomons, *et al.*, 1988; Silva *et al.*, 1990). Además la salinidad, considerada por Campos (1990) como el factor ambiental que mayor incidencia tiene sobre las tasas de acumulación de metales pesados en organismos del sistema CGSM, influye ampliamente sobre la disponibilidad de los mismos

(Phillips, 1980; Moore y Ramamoorthy, 1984), la cual depende no sólo de la cantidad total del elemento en el medio sino principalmente de la concentración de iones libres (Anderson & Morel, 1978; Bruland, *et al.*, 1991), los cuales aumentan en relación directa hasta ciertos valores de salinidad (Campos, 1990).

Las concentraciones altas que se presentan en las estaciones CC y RS durante el período seco mayor, reflejan principalmente, el efecto del régimen fluvial del Río Magdalena en la estación CC, así como los aportes provenientes de la SNSM a través del Río Sevilla durante la época de lluvias precedentes. Durante la mezcla estuarina este metal puede precipitar con iones de fosfato o sulfitos o en ausencia de ellos puede estar disponible como Cd^{+2} y formar un complejo con material orgánico para poder ser transportado; no obstante en esta forma puede ser muy inestable (Moore y Ramamoorthy, 1984). Cuando se eleva la salinidad por la disminución de agua dulce en la CGSM, finales de diciembre (Campos, 1990), la forma bivalentes Cd^{+2} se hace presente (Moore y Ramamoorthy, 1984).

Los altos contenidos hallados en la estación RJ se podrían explicar por las corrientes marinas que penetran a la CGSM (comparar Campos, 1992) a través de la Boca de la Barra durante el período seco mayor e influyen directamente sobre el sector norte (Escobar, 1991; Campos, 1992), en donde se encuentra establecida esta estación, causando remoción parcial de metales pesados (Burton, 1976).

A los valores hallados durante el período seco mayor le siguen, con una marcada disminución, los contenidos de las épocas lluviosa menor y seca menor respectivamente. En la época lluviosa menor, la estación RS presentó la mayor concentración para *R. mangle*, mientras que en *A. germinans* se presentó en el RJ, aunque estas diferencias no son significativas con respecto a las otras estaciones. En la época seca menor, a excepción de la estación de CH, todas las demás presentaron contenidos significativamente iguales, lo cual puede ser consecuencia de salinidades relativamente bajas, además de un pH cercano al neutral, al cual el Cd, mediante un quelante orgánico o inorgánico, se precipita fácilmente (pH 7) (Duursma, 1976; Moore y Ramamoorthy, 1984). Este último factor influye ampliamente sobre la solubilización de ciertos metales traza; cambios de 0.3 unidades del pH pueden causar redistribución de este metal entre la fase particulada y la disuelta (Salomons, *et al.*, 1988). La tendencia a disminuir los contenidos, aún durante el último registro en las estaciones de la CGSM puede deberse no sólo a las menores salinidades, sino al incremento en el

pH, favoreciendo la adsorción de metales en los sedimentos como lo explican Moore y Ramamoorthy, (1984) para ecosistemas semejantes. Las razones anteriormente expuestas pueden explicar el comportamiento del metal en la estación de Chengue en donde se esperaban bajos valores para Cd (una menor descarga).

Existen para el Cu diferencias significativas entre épocas, especies y tipos de hojas. Durante el período seco mayor en la CGSM se encontraron mayores contenidos en las hojas de *A. germinans* que en las de *R. mangle* (Figs. 2b y 3b), este hecho respalda la mayor capacidad que tiene esta especie para oxidar el espacio circundante a sus raíces creando así un entorno menos reducido (Lacerda *et al.*, 1993). Estos autores encontraron igualmente mayor cantidad de metales pesados en *A. germinans* por lo cual sugieren que en la rizósfera de esta especie los elementos se encuentran más disponibles, pues al suplir oxígeno hacia las raíces se están removiendo también fitotoxinas como sulfitos, facilitando así la absorción de los metales hacia la planta, como también lo sostienen Boto & Wellington, (1984). En la Bahía de CH se presentó una situación contraria; además se puede ver que la concentración de Cu hallada en hojas de mangle rojo fue mayor en el área de Chengue que en la CGSM. La razón para este hecho no es clara, ya que allí no existe una fuente directa, como pueden serlo para la CGSM los ríos que allí llegan. Podría pensarse en una fuente de mineralización natural. Se ha podido establecer que la tasa de absorción de un metal varía con cambios en factores externos medioambientales, sean químicos o físicos, como ya se mencionó, o por cambios en las condiciones fisiológico (Bryan, 1976). De acuerdo con esto, la situación inicialmente planteada puede hallar explicación ya que las condiciones ambientales existentes en las dos áreas de estudio son diferentes. Los niveles de Cu durante los períodos de lluvias fueron significativamente iguales.

La presencia de los valores bajos de Cu durante el tercer registro, puede ser explicada particularmente para las estaciones CC, RJ y CG (Fig. 2b y 3b), teniendo en cuenta que este metal es de rápida absorción y también porque la concentración de iones libres varía inversamente con el pH (Moore y Ramamoorthy, 1984) y en estas estaciones el valor de pH se incrementó. Los contenidos de Cu en la estación RS fueron bajos, a pesar de la influencia directa de materia orgánica que baja de la SNSM como resultado de actividades agroindustriales y ganaderas (Pro-Ciénaga, 1994) y por lo tanto cargados de residuos de herbicidas y pesticidas que constituyen una fuente adicional de contaminación por Cu hacia el medioambiente (Arzul & Maguer, 1990). Este resultado posiblemente se

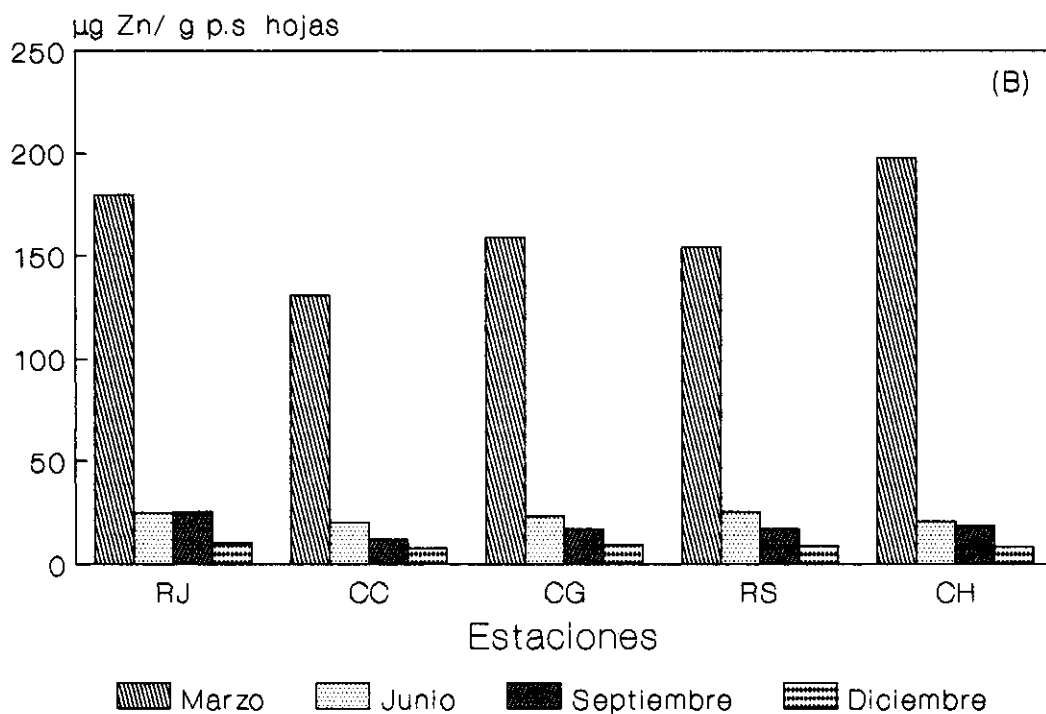
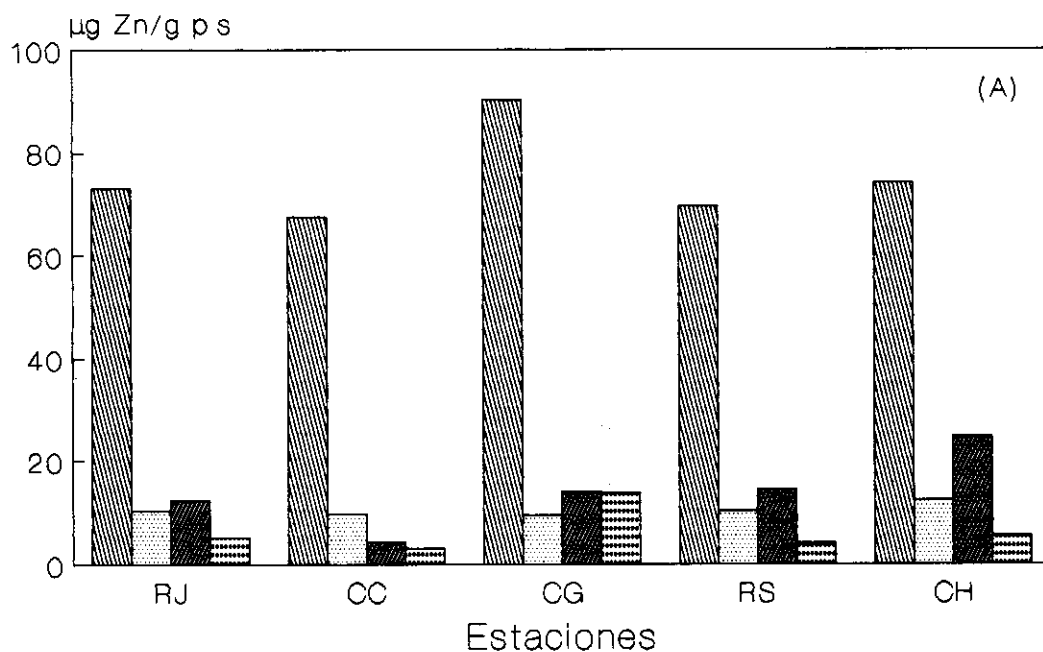


Figura 4. Contenidos de zinc en $\mu\text{g Zn/g p.}$ en hojas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A) y *Avicennia germinans* (B) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

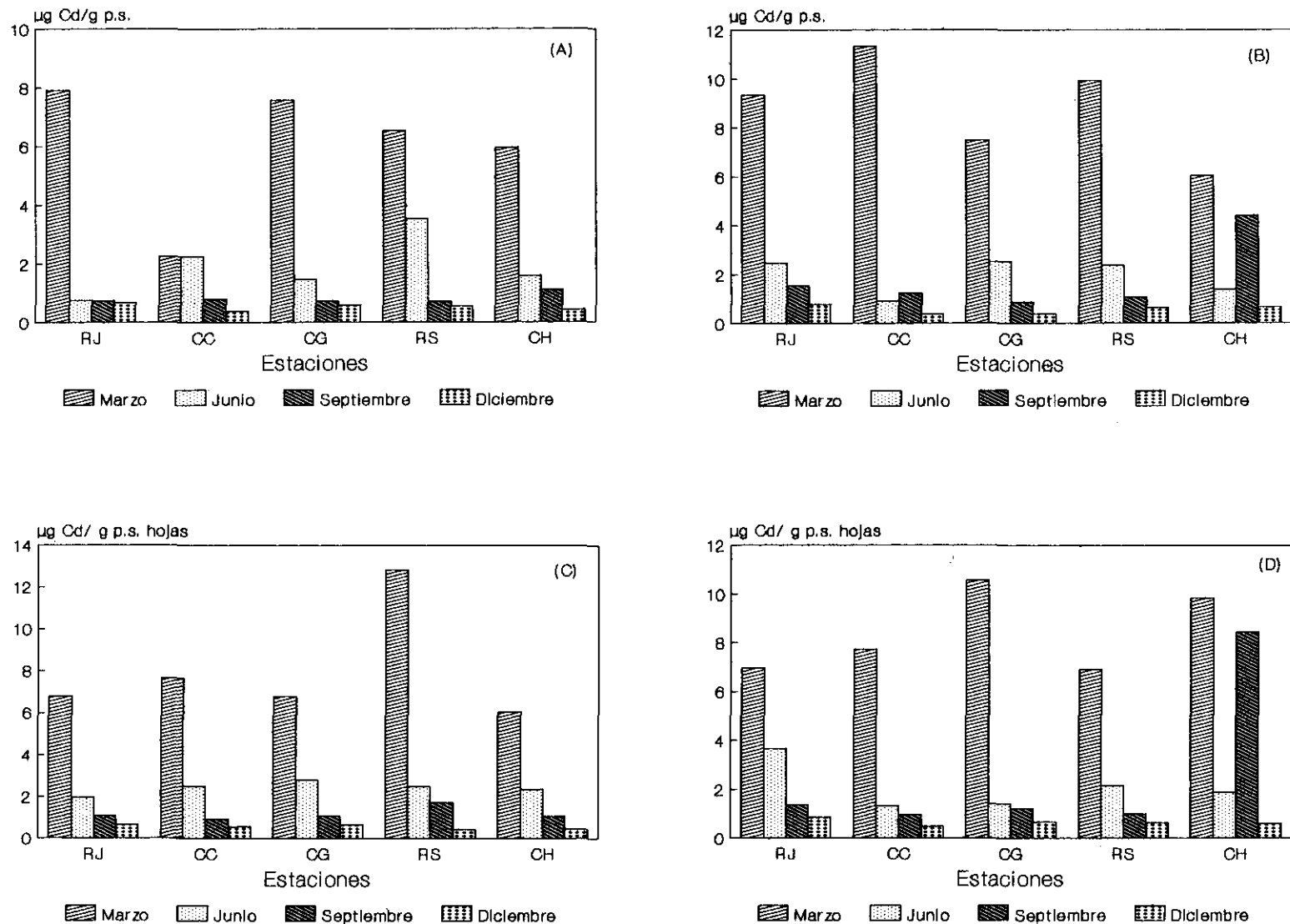


Figura 5. Contenidos de cadmio en $\mu\text{g Cd/g p.s.}$ en hojas jóvenes y viejas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A y B) y *Avicennia germinans* (C y D) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

debió a la descarga de sustancias húmicas de los ríos del piedemonte de la SNSM en el sector oriental (Campos, 1991), lo cual estaría disminuyendo la disponibilidad de Cu (Clough *et al.*, 1983) al ser estas sustancias excelentes quelantes de metales pesados (Groot *et al.*, 1976; McKnight *et al.*, 1988).

Las diferencias entre los contenidos de Cu para los tipos de hojas también fueron significativas, sin embargo, esto sólo tiene sentido interpretándolo para cada especie. Se observa que existe una mayor concentración del metal en hojas jóvenes que en viejas para las dos especies, tanto en el área de la CGSM como en la Bahía de Chengue (Fig. 2b y 3b). Aunque no existe un mecanismo conocido que explique claramente como se realiza la absorción de metales pesados por las plantas, Bryan (1976) sugiere que se trata de un proceso pasivo y Cataldo *et al.*, (1987) sostienen que estos elementos son tomados por la célula a través de un mecanismo de transporte activo de la membrana celular sobre el cual la planta tiene algún control. Petersen (Brown, 1988) trabajó con estaño en manglares y encontró resultados que le permiten suponer que se está llevando a cabo la acumulación del metal, ya que determinó una mayor concentración de estaño en hojas viejas; no sucedió así con los contenidos de Cu y otros metales medidos, los cuales se encontraron en mayor concentración en hojas jóvenes. Al respecto Phillips (1980) sostiene que cuando se considera la planta completa, las concentraciones de los metales encontrados dependen de la tasa de crecimiento junto con la dilución de los niveles pre-existentes del metal en la planta, lo cual sugiere que las partes viejas contienen mayor concentración de metales que las partes jóvenes aun en crecimiento y que los metales son retenidos una vez se unen a las plantas. Con lo anteriormente expuesto se podría deducir que las plantas de manglar están regulando este metal ya que los resultados muestran una mayor concentración de Cu en las hojas jóvenes de *R. mangle* y *A. germinans*.

El Zn presentó un comportamiento similar al Cd. Durante el período seco mayor se presentaron los contenidos más altos, los cuales fueron disminuyendo hasta presentar los más bajos durante el período mayor de lluvias (Fig. 2c). Ante este comportamiento cabe mencionar que Zn es muy afín al Cd, como sostienen De la Lanza *et al.*, (1989) presentando muchas veces efectos antagónicos (Karez, 1988).

La disponibilidad de Zn, así como la de Cd y Cu, depende de su especiación química y al igual que ellos, el Zn está presente en solución acuosa principalmente como Zn^{+2} y su toxicidad está dependiendo, en gran medida,

del pH del agua, el cual regula la concentración de estos iones en solución (Moore y Ramamoorthy, 1984). La presencia de Zn en las hojas de mangle de la estación de CH puede deberse a que residuos de metales pesados como éste convergen al mar utilizando diversas vías como el aire y los ríos (Phillips, 1980), y una vez en este medio se esparcen por influencia de las corrientes y oleaje (Salazar *et al.*, 1986). Este hecho es un fiel reflejo del extenso e intensivo uso de este metal en la industria (Karez, 1984; Sheehan, 1984; Moore y Ramamoorthy, 1988).

Durante las épocas lluviosa menor y seca menor, los valores disminuyeron y fueron significativamente iguales. En relación con este hecho Helman (Groot *et al.*, 1976) anota que el porcentaje de Zn transportado en forma sólida depende de las descargas de agua, en donde a mayor entrada, como en la época lluviosa mayor, disminuye la presencia de Zn en el material suspendido, comparado con el período de descargas menores. Las altas concentraciones encontradas en las estaciones de la CGSM (Fig. 2c y 3c), pueden estar reflejando la mayor influencia de los ríos del sector oriental de la SNSM, así como para el sector nor-occidental la del Río Magdalena, disminuida ampliamente en los últimos tiempos por el taponamiento de los caños por los cuales el río se comunicaba con la CGSM (Pro-Ciénaga, 1994), de tal manera que cuando el material suspendido en el agua de río se mezcla con el agua de mar, se puede presentar la liberación de Zn (Groot *et al.*, 1976). La biodisponibilidad del Zn entonces, estará dependiendo de su afinidad por sustancias orgánicas y coloidales (Moore y Ramamoorthy, 1984) que al hacer contacto con los sedimentos de los manglares, altamente reductores, rompen las uniones, facilitando la movilidad y aumentando la solubilidad del metal (Silva *et al.*, 1990). Por otro lado las fracciones aglutinantes orgánicas parecen dominar la especiación del metal en estado disuelto (Bruland *et al.*, 1991) por lo cual se podría pensar, que los contenidos de materia orgánica en sedimentos en el área de la CGSM (entre 2 y 23 % de su peso) son bajos para que se presente reabsorción de metales pesados antes liberados, como lo confirman Lacerda y Abrão (1984). La explicación de una mayor concentración del metal en *A. germinans* que en *R. mangle* podría ser la misma que la encontrada para Cd y Cu ya que en un entorno más oxidado se puede presentar mayor liberación de metales.

En general los tres metales, Cd, Cu y Zn, tuvieron mayores concentraciones durante la época seca y su comportamiento fue significativamente igual en el resto de ellas. Además los contenidos fueron mayores para la especie *A. germinans* que para *R. mangle* y este comporta-

miento es constante a través del tiempo (interacción especie-época no fue significativa) y a excepción del Zn, las diferencias entre estaciones no fueron significativas para los otros dos metales. Para las especies estudiadas no hubo diferencias significativas en los contenidos de ninguno de los metal entre las estaciones de la CGSM con la estación establecida en el PNNT, Bahía de Chengue (Figs. 2 y 3).

Los contenidos de cadmio, cobre y zinc halladas en *R. mangle* y *A. germinans*, se comparan en la tabla 3 con las señaladas en otros lugares para los mismos géneros *Rhizophora* y *Avicennia*. A pesar de que se han realizado numerosas investigaciones sobre concentraciones de metales pesados en algas marinas (Harrison & Morel, 1983; Murphy *et al.*, 1984), fitoplancton (Karez *et al.*, 1988;) la información publicada sobre concentraciones de metales pesados en especies halófilas como los manglares es muy limitada y solamente algunos autores como (Walsh *et al.*, 1979; Lacerda *et al.*, 1985; 1986; Silva *et al.*, 1990) han estudiado este aspecto.

Las concentraciones de Cd en *R. mangle* están en general por debajo de las señaladas por Walsh *et al.*, (1978) para plántulas en cultivo. Los registros de Carter (Walsh *et al.*, 1978) para Cd en plántulas cultivadas en iguales condiciones a las de Walsh *et al.*, (1978) no difieren mucho de los hallados para las dos áreas de estudio, en donde los valores mínimos estuvieron por debajo del rango de valores reportado por ellos. Sin embargo, en la CGSM el valor más alto lo sobrepasa ligeramente. La variabilidad en los contenidos de este metal están ocasionados principalmente por los altos valores registrados durante el primer registro, en contraste con los valores bajos hallados durante los restantes, de tal forma que se puede deducir que los ríos que llegan a la CGSM influyen sobre los contenidos y son las principales fuentes para este metal.

Las concentraciones de Cu halladas en las dos especies estudiadas fueron mayores que las encontradas por los autores citados. Se debe mencionar también que estos datos se encontraron en áreas consideradas altamente contaminadas, por lo tanto se puede afirmar que a la CGSM y

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de Cd, Cu y Zn ($\mu\text{g/g}$) en hojas de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* de cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y una en la Bahía de Chengue, con las señaladas para especies de los mismos géneros en diferentes lugares del mundo. (Se dan los valores promedios y entre paréntesis los rangos).

Género	Cd	Cu	Zn	Localidad	Referencia
<i>Rhizophora</i>	2.80 (0.38-8.63)	17.87 (3.19-70.2)	25.74 (3.19-90.21)	CGSM	Walsh <i>et al.</i> , 1978 Silva <i>et al.</i> , 1990 Brown, 1988 Lacerda <i>et al.</i> , 1986 Snedaker & Brown, 1981
	2.69 (0.54-6.00)	20.59 (5.59-62.0)	29.27 (5.54-74.01)	Bahía de Chengue	
	(0.80-6.00)	—	—	Florida (E.U.)	
	—	5.10	—	B. Sepetiba, Brasil	
	—	2.70	6.70	Penang, Malasia	
	—	9.00	19.00	Brasil	
	—	(3.0-34.0)	(10.0-34.0)	Florida (E. U.)	
<i>Avicennia</i>	3.17 (0.52-9.89)	24.76 (2.5-123.24)	51.55 (7.67-179.78)	CGSM	Lacerda <i>et al.</i> , 1986 Brown, 1988
	3.85 (0.52-7.95)	18.81 (5.85-47.01)	61.32 (8.15-197.58)	Bahía de Chengue	
	—	10.0	35.00	Brasil	
	—	(3.0-19.0)	(20.0-66.0)	Brasil	
	—	6.00	19.00	Penang, Malasia	

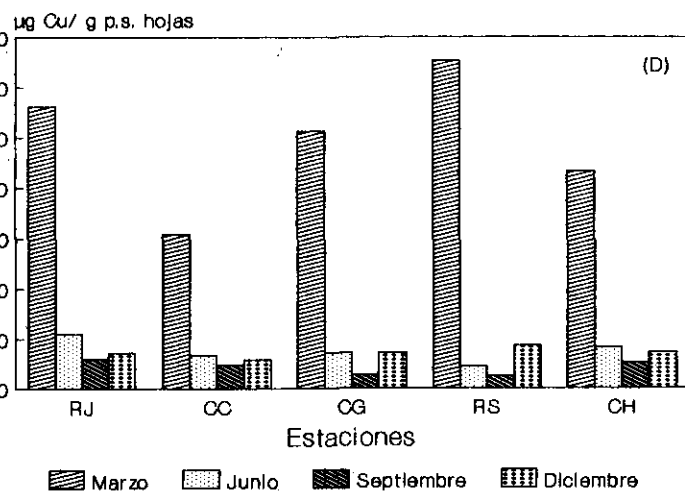
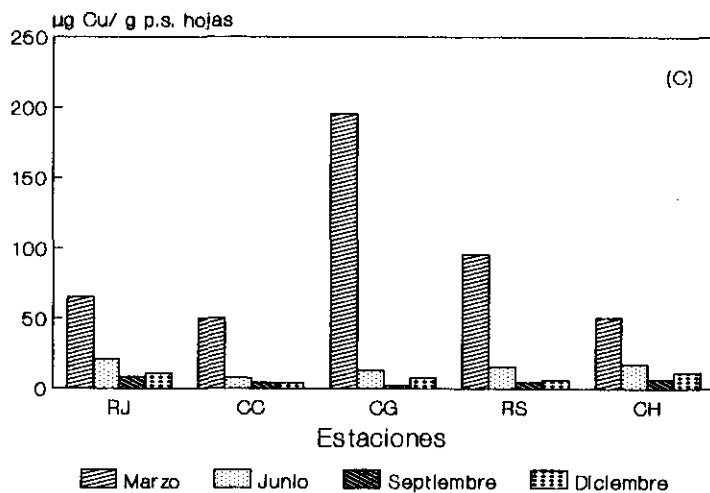
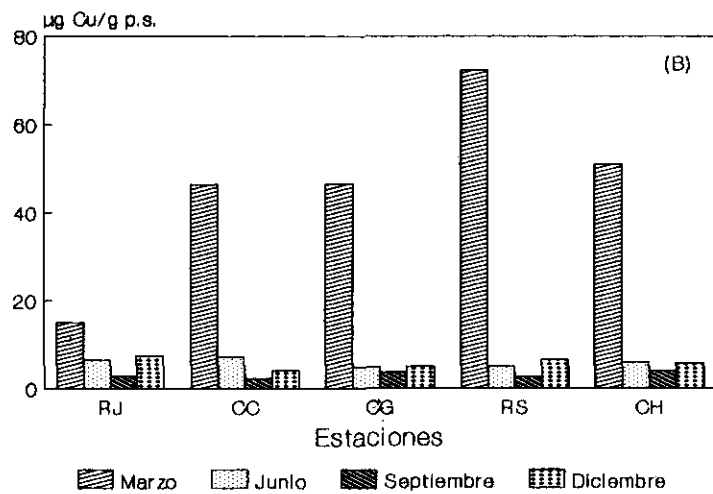
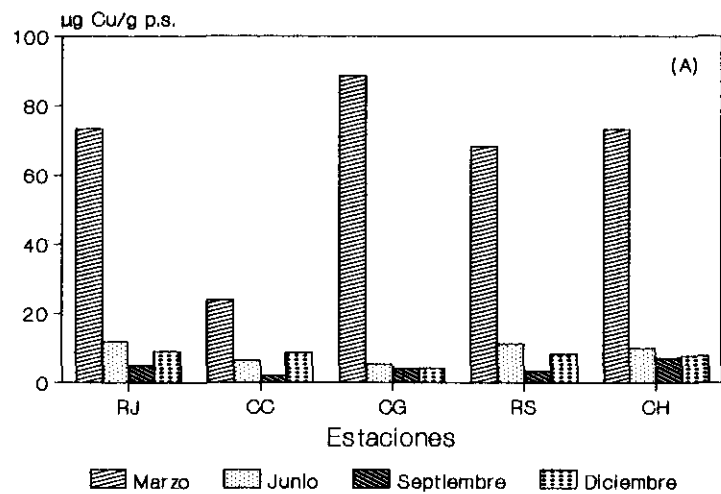


Figura 6. Contenidos de cobre en $\mu\text{g Cu/g p.s.}$ en hojas jóvenes y viejas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A y B) y *Avicennia germinans* (C y D) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

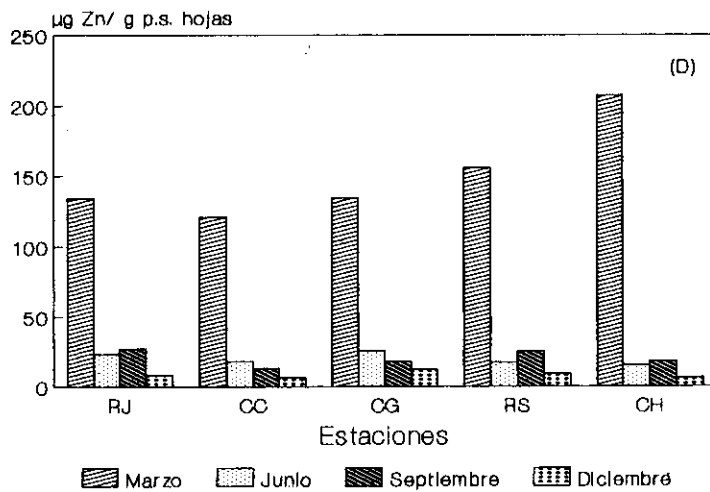
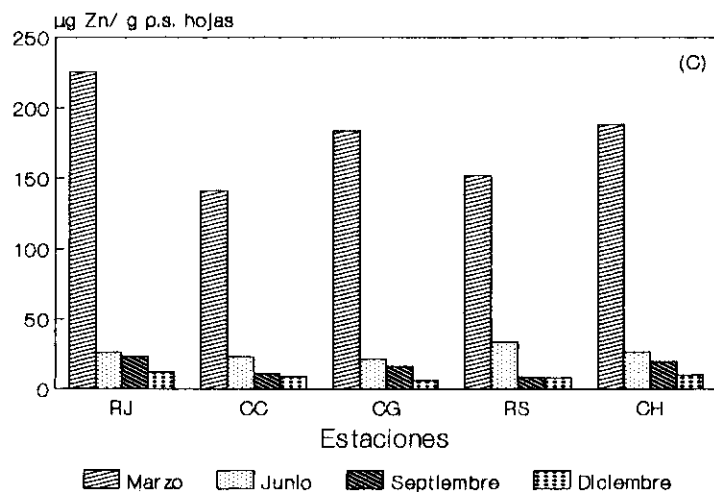
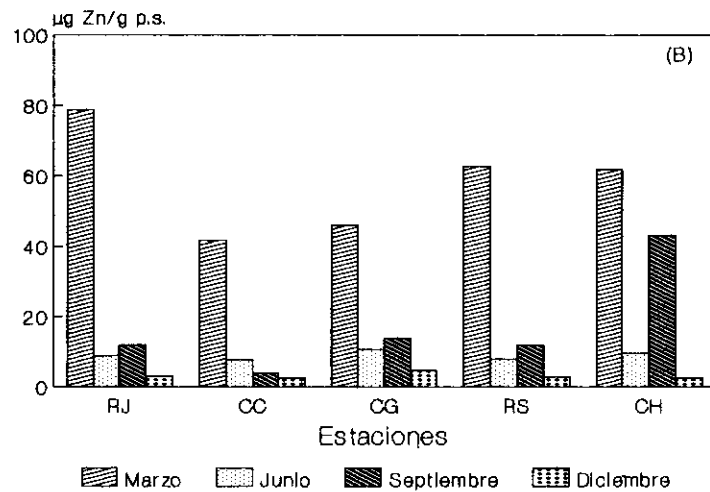
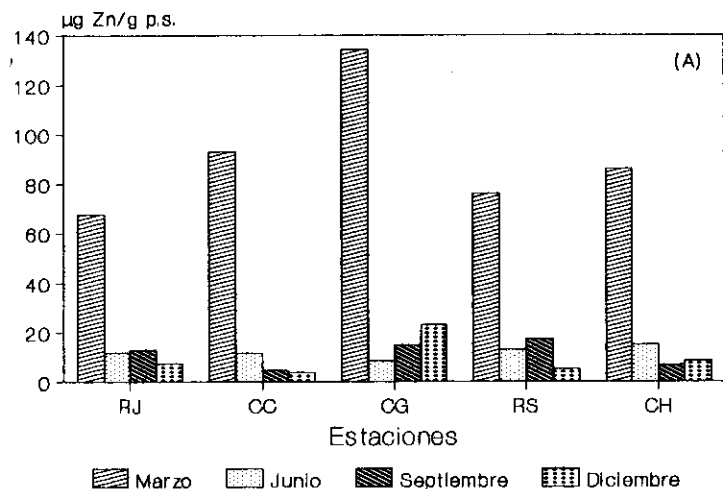


Figura 7. Contenidos de zinc en $\mu\text{g Zn/g p.s.}$ en hojas jóvenes y viejas de dos especies de mangle *Rhizophora mangle* (A y B) y *Avicennia germinans* (C y D) en cuatro estaciones de la Ciénaga Grande de Santa Marta y una en la Bahía de Chengue. RJ: Rincón del Jagüey, CC: Canal del Clarín, CG: Caño Grande, RS: Río Sevilla y CH: Bahía de Chengue.

B. de Chengue están llegando altos niveles de cobre. **Lacerda et al.**, (1986) señalan valores promedios de zinc en *R. mangle*, menores a los encontrados en las dos áreas de estudio. Los valores máximos hallados, tanto en el área de la CGSM como en la B. de Chengue, duplican el valor más alto indicado por estos autores. Las concentraciones de *A. germinans* fueron más altas en las dos áreas de estudio que las indicadas por **Lacerda et al.**, (1986), quienes encontraron valores máximos, que no superan el valor medio de los máximos hallados aquí. Desafortunadamente no se han establecido niveles de concentración que sirvan de referencia para determinar si estas concentraciones pueden ser deletéreas para las especies.

La baja correlación que se presentó entre los contenidos de metales en hojas y los señalados en sedimentos por **Gallo y Campos** (en prensa), de acuerdo con los resultados estadísticos, podría estar relacionada con los procesos geoquímicos involucrados en la inmovilización de estos contaminantes, principalmente en sedimentos de ecosistemas de manglares, los cuales disminuyen la disponibilidad hacia las plantas.

Por otra parte, sólo los contenidos de cobre en hojas viejas de *A. germinans* guardaron relación con los contenidos de cobre en sedimentos, probablemente por las características propias del espacio circundante a las raíces de esta especie en el que se presenta un medio menos reducido (**Lacerda et al.**, 1988) dando lugar a una mayor liberación de metales pesados (**Aston & Chester**, 1976).

De acuerdo con lo expuesto se puede concluir que el pH y la salinidad influyen sobre la acumulación de metales por los manglares, el pH inversamente mientras que la salinidad directamente. Las condiciones ambientales propias de cada época incidieron sobre la variación de los contenidos de Cd, Cu y Zn en hojas de *R. mangle* y *A. germinans*. Al comparar los contenidos de Cd, Cu y Zn en hojas jóvenes y viejas de *R. mangle* y *A. germinans* se observa en la mayoría de las estaciones, una mayor concentración en hojas jóvenes. Los contenidos de metales en hojas de *A. germinans* fueron siempre mayores a las encontradas en *R. mangle* debido a que estas dos especies presentan mecanismos diferentes que les permiten tomar y acumular metales pesados. Las concentraciones halladas en la Ciénaga Grande de Santa Marta, no fueron estadísticamente diferentes a las concentraciones halladas en el área de la B. de Chengue.

Bibliografía

Allen, S.E., J.A. Parkinson, & A.P. Rowland, 1989. Pollutants: 201-239. En: O. Mead (E), Chemical Analysis of Ecological materials. Blackwell Publications, Oxford, 368.

- Allen, S.E.**, 1989. Analysis of vegetation and other organic materials: 46-61. En: Osney Mead (E), Chemical Analysis of Ecological material. Blackwell Publications, Oxford, 368.
- Anderson, D.M., & F.M.M. Morel**, 1978. Copper sensitive of *Gonyaulax tamarensis*. Limnol. Oceanogr. 23(2): 283-295.
- Aquino de V.R.**, 1980. Contaminación marina por metales pesados y otros efluentes industriales y domésticos, 109-129. En: H. Pérez N. (E), Contaminación e impacto ambiental marino costero. Equinoccio Edit. Univ. Simón Bolívar, Caracas 233 p.
- Aston, S.R. & R. Chester**, 1976. Estuarine sedimentary processes: 37-52. En: J.D. Burton & P.S. Liss (Eds.), Estuarine chemistry. Academic Press, London, 229.
- Arzul G. & J.F. Maguer**, 1990. Influence of pig farming on the copper content of estuarine sediments in Brittany, France. Mar. Poll. Bull. 21(9): 431-434.
- Boto, K.G. & J.T. Wellington**, 1984. Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest. Estuaries, 7(1): 61-69.
- Brown, B. E.** 1988. Fate of metals in biota and biological interactions in the tropical coastal zone, 109-121. En: U. Seeliger L.D. de Lacerda & S.R. Patchineelam (Eds.), Metals in coastal environments of Latin America. Springer Verlag Berlin, 297.
- Bruland, K.W., J.R. Donat & D.A. Hutchins**, 1991. Interactive influences of bioactive trace metals on biological production in oceanic waters. Limnol. Oceanogr., 36(8): 1555-1577.
- Bryan, G.W.**, 1976. Some aspects of heavy metals tolerance in aquatic organisms: 7-34. En: A.P.M. Loock Wood (E.), Effects of pollutants on aquatic organisms. Cambridge University Press, Cambridge, 193.
- Burton, J.D.**, 1976. Basic properties and processes in estuarine chemistry: 131-157. En: Burton, J.D. & P.S. Liss (E.): Estuarine chemistry. Academic Press, London, 229.
- Campos, N.H.**, 1984. Zur Belastung einiger Muschelarten de karibischen Küste Kolumbiens mit Schwermetallen. 116 p. Diss. Christian-Albrechts-Univ. Kiel, Kiel (R.F.A.).
- , 1987. Los metales pesados, su contaminación y sus efectos tóxicos. Cont. amb., 9(17): 63-70.
- , 1990. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Caldasia 16(77): 231-244.
- , 1991. La ostra comercial de la Ciénaga Grande de Santa Marta *Crassostrea rhizophorae* y la problemática de la contaminación por metales. Trianea (Act. Cient. Tecn. INDERENA) 4, 623-631.
- , 1992. Descarga de metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano, con el material suspendido. Cont. amb., 23: 11-23.
- Cataldo, D.A., R.E. Wildong & T.R. Garland**, 1987. Speciation of trace inorganic contaminants in plants and bioavailability to animals: An overview. J. Environ. Qual., 16(4): 289-295.
- Cintron, G. & Schaeffer-Novelli**, 1983. Mangrove forest: Ecology and response to natural and man induce stressors, 87-109. En: Ogden, J.C. & E. H. Gladfelter (E). Coral reefs, seagrass beds and mangroves: their interaction in the coastal zones of the caribbean. UNESCO, 132.

- Clough B.F., K.G. Boto & P.M. Attiwill., 1983. Mangroves and sewage: a re-evaluation: 151-161. En: Teas H. J. (E), Dr. W. Junk Publishers, Lancaster. Biology and Ecology of Mangroves. Tasks for Vegetation Science Series. Vol. 8., 188.
- Cross, F.A. & G. Sunda, 1978. Relationship between bioavailability of trace metals and geochemical processes in estuaries 429-442. En: L. Wiley (E.). Estuarine interactions. Academic press, New York, 603.
- Chung, K.S., 1978. Cadmium tolerance of the white mullet *Mugil curema* and its use to predict survival, probability in polluted sea waters. Bol. Inst. Oceanogr. Oriente, 17(1 & 2): 105-107.
- Dalziel, J & C. Baker, 1983. Métodos analíticos para medir la presencia de metales mediante espectrofotometría de absorción atómica, 15-22. En: FAO/SIDA (E.), Manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático. Parte 9. Análisis de la presencia de metales y organoclorados en la pesca, 212.
- Davis, R.A. Jr., 1978. Principles of oceanography. R.A. Davis, Jr. (E.), Reading Addison-wesley Publishing Company, Massachusetts, 505.
- De la Lanza, G., M.M. Ortega, J.L. Laparra, R.M. Carrillo & J.L. Godínez, 1989. Análisis químico de metales pesados (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr) en algas marinas de baja California. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot., 59(1): 89-102.
- De Laune, R.D., C.N. Reddy & W. H. Patrick, Jr., 1981. Effect of an estuarine sediment. J. Environ. Qual., 10(3): 276-278.
- Duursma, E.K., 1976. Radioactive tracers in estuarine chemical studies, 159-184. En: Burton J.D. & P.S. Liss (E.): Estuarine chemistry. Academic press, London, 229.
- Escobar, A., 1991. Planos inundables del Caribe colombiano. En: CORPES (E), Perfil ambiental del caribe colombiano, 1(8):1-21.
- Gamboa, B.R. & R. Bonilla, 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en sedimentos superficiales de la cuenca Tuy-Cariaco. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente, 22 (1 y 2): 103-110.
- Groot de, A.J., W. Salomons & E. Allersma, 1976. Processes affecting heavy metals in estuarine sediments: 131-157. En: J.D. Burton (E.): Estuarine chemistry. Academic press, London, 229.
- Harrison, G. Y. & F.M.M. Morel. 1983. Antagonism between cadmium and iron in the marine diatom *Thalassiosira weissflogii*. J. Phycol., 19: 595 - 607.
- Head, P.C., 1976. Organic processes in estuaries: 54-91. En: J.D. Burton & P.S. Liss (E), Estuarine chemistry. Academic press, London, 229.
- Jiménez, J.A. & A.E. Lugo, 1984. Tree mortality in mangrove forest. Biotrópica 17(3): 177-185.
- Karez, C.S., M. Romeo & M. Gnassia-Barelli, 1988. Uptake of Zn and Cd by coastal phytoplankton species in culture, 130-139. En: U. Seeliger L.D. de Lacerda & S.R. Patchineelam (Eds.), Metals in Coastal environments of Latin America. Springer-Verlag, 297.
- Lacerda, L. D. de, & J. J. Abrão, 1984. Heavy metal accumulation by mangrove and saltmarsh intertidal sediments. Rev. Brasil, Bot. 7: 49-52.
- Lacerda, L. D. de, C.E. Resende, D.V. José, J.C. Wasserman & M.C. Francisco., 1985. Mineral concentration in leaves of mangrove trees. Biotrópica 17(3): 260-262.
- Lacerda, L. D. de, C.E. Resende, D.M. Villela & M.C. Fernández, 1986. Metallic composition of mangrove leaves from the southeastern Brazilian coast. Rev. Brasil. Biol., 46(2):395-399.
- Lacerda, L. D. de, L. A. Martinelli, C. E. Rezende, A., A. Mazeto, A. R. C. Ovale, R. L. Victoria, C. A. R. Silva, & A. B. Nogueira, 1988. The fate trace metals in suspended matter in a mangrove creek during a tidal cycle. Scien. Total Envir., 75: 169-180.
- Lacerda, L. D. de, C. E. V. Carvalho, K. F. Tanizaki, A. R. C. Ovale & E. Rezende., 1993. The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove Rhizospheres. Biotrópica 25 (3): 252-257.
- Manjarrés, G. 1991. Los manglares de la costa Caribe colombiana. En Corpes (E): Perfil ambiental del caribe colombiano, 1(7): 1-14.
- McKnight, D.M., K. A. Thorn & R. L. Wershaw. 1988. Rapid changers in dissolved humic substances in Spirit Lake and South Fork Castle Lake, Washington. Limn. Oceanogr., 33 (6): 1527-1541.
- Moore, J.W. & S. Ramamoorthy, 1984. Heavy metals in natural waters. Springer Verlag, Nueva York, 233 p.
- Murphy, L. S., R. R. L. Guillard & J. F. Brown. 1984. The effects of iron and manganese on copper sensitivity in diatoms: differences in the response of closely related neritic oceanic species. Biol. Oceanog., 3 : 187 - 201.
- Odum, W.E. & R.E. Johannes, 1975. The Response of mangroves to man-induced environmental stress, 52-62. En E.J. Wood & R.E. Johannes (E). Tropical marine pollution. Elsevier oceanography. 12: 178.
- Ovale, A.R.C., C. E. Rezende, L.D. Lacerda & C.A.R. Silva. 1990. Factors affecting the hydrochemistry of a mangrove tidal creek, Sepetiba bay, Brazil. Est., Coast. Shelf Sci., 31: 639 - 650.
- Phillips, D.J.H., 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Applied Science, Londodres, 488.
- Pro-Ciénaga, 1994. Estudio de impacto ambiental: Reapertura de Canales en el Delta Exterior Derecho del Río Magdalena: Informe Final, Pro-Ciénaga, 382.
- Salazar, J.C., J. Bonilla & B. Gamboa, 1986. Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos superficiales de la laguna Las Marites. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente, 25 (1 y 2): 137-154.
- Salomons, W., H. Kerdijk, H. Van Pagee, R. Klomp & A. Schreur, 1988. Behaviour and impact assessment of heavy metals in estuarine and coastal zones: 157-198. En: U. Seeliger L.D. de Lacerda & S.R. Patchineelam (E). Metal in coastal environments of Latin América, Springer- Verlag, Berlin, 297.
- Sheehan P.J., D.R. Miller, G.C. Butler & P. Bourdeau, 1984. Efectos of pollutants at the ecosystem level., Escape 22, (E), Chichester, 443.
- Silva C.A.R., L.D. Lacerda & C.E. Rezende., 1990. Metals reservoir in a red mangrove forest. Biotrópica 22 (4): 339-345.
- Walsh, G.E., K.A. Ainsworth & R. Rigby, 1979. Resistance of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) seedlings to lead, cadmium and mercury. Biotrópica 11(1): 22-27.

LAS CAVERNAS CLASIFICACION ECOLOGICA DE SUS OBSCUROS ECOSISTEMAS*

por

Manuel Del Llano**

Resumen

Del Llano, M.: Las Cavernas. Clasificación ecológica de sus oscuros ecosistemas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 91-95, 1997. ISSN 0370-3908.

Se nombran y ordenan por primera vez en una Clasificación general, los ecosistemas terrestres y acuáticos que comúnmente se encuentran en las Cavernas.

Palabras claves: Caverna, Ecosistema, Hábitat (Habitáculo), *Spelaeophytia* (Espeleofitia), Neotrópico.

Abstract

Land and aquatic ecosystems found in natural caves are named and classified.

Key words: Cave, Ecosystem, Environment, Habitat, Spelaeophytia, Neotropic.

Introducción

Atendiendo a la gran importancia que se le ha venido dando al estudio científico de las cavernas naturales de la Tierra, primero en Europa y después en América desde 1900, y teniendo en cuenta que no existe una ordenación

de los múltiples espacios y habitáculos o espacios que se presentan por doquier en estos “castillos”, en razón de su compleja infraestructura, que es lógica consecuencia de los pacientes y lentos procesos de meteorización química y física que han tenido lugar durante milenios, para dar origen en un ambiente desprovisto de luz a las más raras adaptaciones en los seres vivos -aves, reptiles, peces, insectos, arácnidos, plantas- como si todo esto hubiera sido llevado a cabo en la oscuridad de un aislado laboratorio espacial. Ante tal carencia del elemento metodológico se ha creído útil presentar la ordenación que lleva por título “Las Cavernas. Clasificación Ecológica de sus oscuros Ecosistemas”, que viene a ser una prolongación de la cla-

* A mis hijos en Etruria, Ana Catalina y a los Marqueses Ascanio y María Adelaida Afán de Rivera Costaguti.

** Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de la Sociedad de Antropología de Antioquia. Presidente Honorario y Fundador de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo y de la Sociedad Colombiana de Ecología.

sificación de los sistemas ecológicos terrestres para este mundo subterráneo carente de luz, que es la Caverna o *Spelaeophytia* cuyo nombre y términos relacionados se definirán más adelante con base en el criterio de Font Quer, (1953) y en nuestras propias palabras.

Se considera que las cavernas son en realidad unos laboratorios naturales sencillos debido a que su clima es estable y definible con facilidad, reconociéndose así mismo que las comunidades cavernarias son bien simples, si se piensa que esa simplicidad permite analizar estos ambientes de manera detallada, a diferencia de medios estacionales más complejos. De manera particular interesan las relaciones que existen entre la formación de cada caverna y el origen de sus animales y plantas. De otra parte, la hidrólisis kárstica estudia el movimiento de las aguas que discurren entre los complejos avenamientos, mientras que los biogeógrafos se ocupan mayormente en averiguar el origen de los organismos cavernícolas, su dispersión y distribución en los diversos hábitáculos subterráneos dentro del manto de descomposición y en los suelos que ocultan las cavernas en la pura superficie. Se insiste ahora en tratar en el tema de las cavernas como buenos laboratorios naturales que ofrecen ejemplos específicos en los que atañe a problemas relacionados con la ecología, la evolución de organismos y la geoquímica.

Definiciones relativas a los términos del cuadro sobre la Clasificación Ecológica de los Ecosistemas de las Cavernas

La *SPELAEOPHYTIA*. Un mundo diferente en ambientes subterráneos oscuros.

El tipo ecológico que hemos denominado *Spelaeophytia* (Del Llano, 1990) corresponde al ecosistema en que se encuentran la vegetación y algunos animales muy particulares asociados a esta que en las cavernas habitan en sus techos, paredes, grietas, en el suelo y en el agua que corre sobre materiales minerales u orgánicos; estos últimos en proceso de relativa descomposición. Y si es por desintegración biológica, dentro de las cavernas también cabría una subdivisión según fuesen secos, sumergidos o encharcados tales medios estacionales que en clasificación llevan un nombre específico. Nuestra idea de caracterizar el tipo ecológico denominado *Spelaeophytia*, castellanizada Espeleofitia, surgió del hecho que las cavernas poseen una atmósfera sin luz en su interior y un clima interno muy propio que se encuentra más o menos desvinculado del ambiente iluminado y variable de la superficie y atmósfera terrestre que abarca el manto y el suelo que las oculta. Por ejemplo, en el sur de Francia, uno puede darse cuenta del

ambiente sedante de estas amplísimas casa de socavón, en donde la temperatura es relativamente fresca en verano y cálida en invierno y donde el único ruido que se percibe bien adentro es el de las gotas de agua que por siglos vienen cayendo o deslizándose desde el cielo raso como si evitaran desteñir sus decorados techos.

En la presente ordenación de la *Spelaeophytia* se han omitido intencionalmente algunos ambientes que podrían llamarse menores, como son la Saprofitia acuática o emergida, y la Biofitia exterior a la actividad biológica; también aquella que afecta a esa misma actividad, para dar sencillez y comprensión a la clasificación que se propone con este escrito. Sin embargo, ilustramos sí con el ejemplo de los guanos cumulosos y fétidos de las deyecciones de aves y murciélagos de diferentes especies que ejemplarizan la *Pezosaphrophytia* del 'suelo' común de las cavernas que puede aparecer en parches.

En Colombia existen según Amado, (1988) unas trescientas cavernas de las cuales damos algunos nombres. En Antioquia: Cuevas del Nus. Boyacá: Cuevas del Compadre y Tocogua. Cundinamarca: Cuevas del Mohan y de Los Panches. Huila: Cuevas de Los Guácharos y del Indio. Norte de Santander: Cueva de La Piña. Tolima: Cuevas del Edén y del Tuluní. Santander: Hoyos del Aire y Colombia y Cueva La Antigua.

Del estudio geológico de La Sierra de Chiribiquete y áreas aledañas realizado por Galvis, (1994) se pueden esperar sorpresas respecto a nuevos hallazgos de cavernas antiguas, pues esta región se extiende entre los ríos Apaporis y Caquetá, amplio espacio que muestra geoformas de relieve muy contrastado que está adornado con pedestales, montes islas, arcos en roca dura y puentes asociados a cavernas poco profundas, todo lo cual delata un paisaje que, según su autor, debió ser esculpido en clima de desierto, el cual ha sido sustituido con el tiempo por el de la selva muy húmeda actual que no le dio su origen.

La *OECOPHYTIA* de caverna

Esta voz que proviene del griego para indicar morada, fue creada por Del Villar (1929) como término general ecológico de la vegetación que vive en un medio geográfico de tipo terrestre o acuático, pero no vivo, como lo puede ser el cuerpo de un animal o el tronco de un árbol. Ha sido ampliado por nosotros a categoría de ecosistema para designar la vegetación y su fauna acompañante. La *Oecophytia* se divide en *Hydrophytia* para el conjunto de los seres cuyo medio natural es el agua y *Pezophytia* que corresponde al medio estacional terrestre, quedando un

espacio comprendido entre los medios anteriores donde reina el nivel freático para el cual se propone la denominación de *Phreatophytia* que corresponde a ese espacio influido por las aguas freáticas en donde las plantas freáticas también prosperan y cuyos ejemplos más claros serían los bosques de galería que se encuentran en toda la tierra con suficiente temperatura y los oasis verdaderos que son exclusivos de los desiertos.

La *HYDROPHYTIA* de caverna

Esta expresión latina se aplica para designar el medio, la vegetación y la fauna propias de un medio acuático, en todo o en parte. Divídese por este concepto en *Holohydrophytia* para las comunidades cuyo medio es exclusivamente el agua o el suelo sumergido, no entrando en contacto con el aire, sino todo lo más en la superficie líquida; y *Helophytia* para la vegetación anfibia típica de lagos y pantanos y su fauna, habitada por plantas que arraigan en el fondo de sedimentos y detritus que atraviesan con su tallo el agua para mostrar a la atmósfera, sus hojas, flores y frutos como lo podemos ver en los humedales terrestres.

La *LIMNOPHYTIA* de caverna

Este tipo ecológico corresponde a un medio total o parcialmente acuático con armonía de factores y por esa circunstancia excluye la vegetación marina ya que en el agua del mar hay una elevada dosis de sales solubles incompatibles con esa armonía. En la *Lymnophytia* entra la más rica serie de biotipos en el plankton. A ese respecto se necesita poner atención de las cavernas que fueron inundadas en algún momento por el agua marina en el Mediterráneo cerca a Marsella.

La *HALOHYDROPHYTIA* de caverna

Encaja aquí la vegetación y la fauna de ambientes total o parcialmente acuáticos, salinos o salobres. Un ejemplo de este tipo quizá puede encontrarse por los lados de la cueva Coster recientemente descubierta en el Mediterráneo y actualmente anegada por el mar después de la última glaciación, en la cual aparece fauna de ese entonces.

La *OXIDROPHYTIA* de caverna

Tipo ecológico que corresponde a un medio total o parcialmente acuático con discrepancia en el factor químico por exceso de acidez que se debe investigar.

La *HYDROTHERMOPHYTIA* de caverna

Aquí se hace referencia a la vegetación y los organismos animales que medran en las aguas termales que son

comunes en las cavernas. Control ecológico discrepante del hábitat por razón de la alta temperatura del agua que corresponde a un medio total o parcialmente acuático con discrepancia del factor térmico por exceso. Prospera aquí la vegetación y los organismos asociados a las aguas termales y sólo en sus límites inferiores llega a contener fanerógamas. En el resto se compone exclusivamente de esquizofíceas, diatomeas, acaso algunas algas de otros grupos, sulfobacterias y ferrobacterias.

La *SAPROPHYTIA* de caverna

Huguet Del Villar (1929) da esta expresión latina que corresponde a la vegetación que crece sobre materiales en putrefacción como pueden ser ciertas gregies o cumulies de hongos, dividiéndola en *Pezosaprophytia* e *Hydrosaprophytia*, según que el medio se encuentre en seco, sumergido o encharcado.

La *PEZOPHYTIA* de caverna

Esta expresión latina comprende la *Oecophytia* de medio emergido, abarcando la *Petrophytia* y la *Edaphophytia* (el suelo) de **Huguet del Villar (1929)**.

La *PEZOSAPROPHYTIA* de caverna

Este tipo ecológico constituye una de las dos divisiones de la *Saprophytia*.

La *PARANTHROPOPHYTIA* de caverna

Vegetación y fauna propias de medios modificados por el hombre. Control ecológico discrepante del hábitat por razón de la intervención humana que en la mayoría de las veces es de carácter continuo. Este tipo se aplica a la vegetación propia de medios modificados por el hombre, por su habitación y sus construcciones, incluso dentro de las mismas cavernas.

El medio antropógena constituye el entorno que ha sido modificado por el hombre con sus actividades rurales, ruderales, viarias y arvenses en forma directa, o indirecta por presencia de animales domésticos. Ejemplo de ello son los sitios alterados que se asocian a las construcciones, con las escombreras alledañas; también, los desórdenes que se notan en la vegetación cuando se progresa a lo largo de las vías; las arvenses en cambio representan todos los cultivos agrícolas que hacen referencia a las comunidades y a la fauna que allí se asientan. Pero decimos *antropógena* y no antropógeno porque, por razones etimológicas, la primera voz tiene el sentido expresado justo, mientras que 'antropógeno' significaría "productor del hombre o de hombres" lo cual es carente de sentido.

Clasificación Ecológica de los Ecosistemas de las Cavernas (1)

(la SPELAEOPHYTIA*)

Por: Manuel Del Llano

Ecosistemas clásicos

Armonía de factores

Limnofitia de caverna

OECOPHYTIA
de Caverna
(La
Speleophytia)

Medio total o
parcialmente
acuático:
HIDROPHYTIA
de caverna
(Holohydrophytia
+ Helophytia)

Discrepancia
dominante de un
factor

Químico

{ Por basicidad
Por acidez

{ Halohydrofitia cavernosa
(en medio salado)
Oxhydrofitia cavernosa
(en medio muy ácido)

Térmico

{ Por exceso
Por defecto

{ Hydrotermofitia cavernosa
(en medio cálido)
Cryofitia cavernosa
(en medio muy frío)

Biótico

{ Por acumulaciones
mefiticas*

{ Hydrosaprofitia cavernosa

Substrato subrrigado:
PHREATOPHYTIA
de caverna
(Lithophytia
+ Chasmophytia
+ Edaphophytia)

Discrepancia
dominante de un
factor

Condición física
desfavorable

{ Substrato
excesivamente

{ Arcilloso
Arenoso
Pedregoso

{ Pelofitia freática cavernosa
(medio arcilloso)
Psammofitia freática cavernosa
(medio arenoso)
Psammofitia freática cavernosa
(medio pétreo)

Reacción (pH)
alejada del
punto neutro

{ Por basicidad
Por acidez

{ Halofitia freática cavernosa
(salada)
Calcifitia freática cavernosa
(medio calcáreo)
Oxifitia freática cavernosa
(medio muy ácido)

Luminosidad

{ Por exceso
Por defecto

{ Muy luminoso
Condición intermedia
Muy oscuro

Medio emergido:
PEZOPHYTIA
de caverna
(Lithophytia
+ Chasmophytia
+ Edaphophytia)

Discrepancia
dominante de un
factor

Condición física
desfavorable

{ Substrato
excesivamente

{ Arcilloso
Arenoso
Pedregoso

{ Pelofitia cavernosa
(en arcilla)
Psammofitia freática cavernosa
(en arena)
Psammofitia freática cavernosa
(en piedra)

Reacción (pH)
alejada del
punto neutro

{ Por basicidad
Por acidez

{ Halofitia cavernosa
(medio salado)
Calcifitia cavernosa
(medio calcico)
Oxifitia cavernosa
(medio muy ácido)

Factor biótico
perturbador

{ Por acumulaciones
putrescibles**
Por humanización ó
transformación
general del medio

{ Pezosaprofitia cavernosa
Biogenofitia cavernosa
Parantopofitia
cavernosa

* Del griego *spelioan* y del latin *speleum phytia*: su-
fijo que indica una adaptación fisiológica predominante
a la cual nos atemos aquí; en castellano: fitia.

SAPROPHYTIA

Acuática

*Hydrosaprophytia

Emergida

**Pezosaprophytia

BIOPHYTIA

Exterior a la actividad biológica

Ectobiophytia

Afectando a la actividad biológica

Endobiophytia

(1) Etimologías del griego: $\theta\alpha\omega$, $\alpha\tau\omicron\zeta$ = agua; $\mu\epsilon\sigma\omicron\zeta$ = mediano, intermedio; $\xi\eta\sigma\omicron\zeta$ = seco; $\pi\epsilon\zeta\omicron\zeta$ = terrestre (es decir, no sumergido); $\lambda\iota\mu\eta$ = pantano o laguna; $\theta\epsilon\omicron\upsilon\sigma\omicron\zeta$ = cálido; $\sigma\epsilon\upsilon\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = ácido; $\chi\omicron\nu\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = hielo; $\tau\rho\omicron\pi\eta$ = cambio; $\nu\pi\epsilon\rho$ = abertura, grieta; $\lambda\iota\theta\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = piedra; $\beta\iota\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = vida; $\pi\alpha\rho\alpha$ = junto a; $\alpha\upsilon\theta\rho\omicron\pi\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = hombre; $\sigma\upsilon\pi\rho\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = podrido; $\epsilon\chi\tau\omicron\lambda\acute{\omicron}\zeta$ = fuera; $\epsilon\upsilon\delta\omicron\nu$ = dentro; $\phi\upsilon\tau\omicron\nu$ = planta.

En efecto, cualquier paisaje natural, ya sea mayor o menor, puede ser alterado en su condición prístina por la mano del hombre para convertirse en otro de aspecto humanizado. Los efectos consecuentes que pueden llegar a ser de cualquier magnitud quedan bajo la denominación de la "acción antropógena". Pero, en lo que concierne a las cavernas que por lo regular son tenidas a priori como lugares de habitación o 'casas', el tipo de asentamiento puede considerarse de carácter primario o secundario según hayan sido habitados o no por humanos. Esta circunstancia debe haber dependido de las condiciones ecológicas de cada lugar. Y, de los más remoto que se recuerde, es el de una habitación cubierta de pieles las cuales para poder estirarlas permanentemente habían sido pisadas con piedras en el suelo de la gruta y hoy marcan el sitio original que se remonta al Acheulense descrito por **Jelinek** (1975) en Tierra Amata cerca a Niza, la cual sería supuestamente la tolda más antigua conocida que viene a ser del Paleolítico.

Consideración final

En lo que toca a la *Saprophytia* y a la *Biophytia*, nos parece que puede ser suficiente lo ya dicho en relación con la determinación de sus tipos, los cuales habíamos considerado menores. **Del Villar** (1929) dice al respecto:

"si los (tipos) de *Saprophytia* se consideran incorporados al paisaje vegetal en conjunto, la *Hydrosaprophytia* entraría por ende en el grupo general de la *Hydrophytia*, y dentro de él, en el subgrupo en que el factor dominante es el biótico, ocurriendo lo mismo con la *Pezosaprophytia* dentro de la *Pezophytia*. Así queda pues indicado en el cuadro sinóptico por los asteriscos respectivos".

Bibliografía

- Amado González, E. et all.** 1988. *Somes notes about Cueva del Indio*. Huila, Colombia. Cave Research Foundation. Annual Report. St. Louis, Mo.
- Del Llano, M.** 1990. *Los Páramos de Los Andes. Exploración Ecológica Integrada en la Alta montaña Ecuatorial*. Montoya y Araújo Ltda. Bogotá, Colombia.
- Font Quer, P.** 1953. *Diccionario de Botánica*. Editorial Labor S.A. Barcelona, España.
- Galvis Vergara, J.** 1994. *Estudio Geológico de la Sierra de Chiribiquete y Zonas Aledañas*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. XIX, No. 73. Bogotá, Colombia.
- Huguet Del Villar, E.** 1929. *Geobotánica*. Editorial Labor S.A. Barcelona, España. Buenos Aires, Argentina.
- Jelinek, J.** 1975. *Encyclopédie Illustrée de L'Homme Préhistorique*. Gründ. Paris, France.

DETERMINACION DE ALGUNAS FUNCIONES UTILES EN CALCULOS DE ESTRUCTURA ATOMICA

por

Diógenes Campos*

Resumen

Campos, D.: Determinación de algunas funciones útiles en cálculos de estructura atómica. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 97-105, 1997. ISSN 0370-3908.

Se deduce un conjunto de fórmulas analíticas y de relaciones de recurrencia para evaluar algunas integrales útiles en física atómica. Las integrales están relacionadas con la función gamma incompleta.

Palabras claves: Estructura atómica, átomos, valores esperados, función gamma.

Abstract

A set of analytic formulae and recurrence relations are derived to evaluate some integrals used in atomic physics. The integrals are related with the incomplete gamma function.

Key words: Atomic structure, atoms, expectation values, gamma function.

1. Introducción

Para estudiar la estructura atómica se utilizan de manera convencional la teoría de perturbaciones y el método variacional (Brandsden y Joachain 1983). En ausencia de campos externos, el hamiltoniano no relativista del átomo está conformado por la contribución debida a la energía cinética de las partículas y por la energía potencial originada en la interacción de Coulomb entre las partículas

las cargadas que conforman el átomo (protones y electrones).

Los átomos más sencillos son los hidrogenoides (un electrón) y los pertenecientes a la sucesión isoelectrónica del helio (dos electrones). En estos últimos interviene la repulsión interelectrónica, la cual se puede desarrollar en una serie que incluye contribuciones de la forma

$$\frac{1}{r_1} \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^\ell, \frac{1}{r_2} \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^\ell, \quad \ell = 0, 1, 2, \dots,$$

* Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. E-mail: dcamposr@ciencias.ciencias.unal.edu.co

donde ℓ designa el momentum angular orbital, y r_1 y r_2 son las distancias del electrón 1 y del electrón 2 al núcleo atómico, respectivamente.

Las funciones de onda que describen el estado mecánico cuántico de un átomo se construyen frecuentemente en términos de orbitales con una parte radial $r^k \exp(-ar)$, donde k es un número entero, a es un número real y r designa la distancia del electrón al núcleo atómico. Para determinar la estructura electrónica del átomo se necesitan evaluar elementos matriciales de operadores, por ejemplo, los asociados con las potencias (positivas y negativas) de la distancia electrón-núcleo, r^n , $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$.

El objeto de la presente contribución es deducir algunas relaciones útiles para la evaluación de elementos matriciales en problemas de estructura atómica. Se estudiarán las funciones $K_n(a, x)$ y $J_{r,n}(b, a, x)$ definidas por las siguientes igualdades

$$\int_{\zeta_a}^x u^n \exp(-au) du := -\exp(-ax) K_n(a, x), \quad (1)$$

$$\int_{\zeta_a}^x \exp(-bu) u^r K_n(a, u) du := -\exp(-bx) J_{r,n}(b, a, x), \quad (2)$$

$$a \neq 0, \quad \zeta_{b-a} = \zeta_b = \zeta_a,$$

$$n, r = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots,$$

donde a y b son parámetros reales, y el signo de un número real (digamos, a) se determina por la relación

$$\zeta_a := \begin{cases} +1 & \text{si } a > 0 \\ 0 & \text{si } a = 0 \\ -1 & \text{si } a < 0 \end{cases}. \quad (3)$$

El límite inferior en (1) y en (2) se ha especificado como ζ_a , de tal modo que las exponenciales $\exp(-au)$ y $\exp(-bu)$ en los integrandos garantizan la convergencia de las integrales. Con la elección de ζ_a como límite inferior se eliminan ambigüedades en la constante aditiva de integración, ya que se establece así, para valores negativos de n , la conexión entre $K_n(a, x)$ y la

función integral exponencial $Ei(-ax)$. En el caso de $a = 0$ interpretamos (1) y (2) como integrales indefinidas.

Frecuentemente, en problemas prácticos, es necesario calcular las integrales (1) y (2) con límites diferentes a los indicados en estas relaciones, para lo cual es suficiente aplicar la siguiente identidad a las funciones $K_n(a, x)$ y $J_{r,n}(b, a, x)$:

$$\int_{x_0}^{x_1} f(u) du = \int_{\zeta_a}^{x_1} f(u) du - \int_{\zeta_a}^{x_0} f(u) du. \quad (4)$$

Nótese que la integral (1) está conectada con la función gamma incompleta (ver apéndice A).

2. Forma explícita de las funciones $K_n(a, x)$, n entero

Para valores positivos de n la definición (1) y la fórmula 2.321.2 de (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 92) implican que $K_n(a, x)$ es un polinomio con las siguientes propiedades:

$$K_n(a, x) = \frac{n!}{a^{n+1}} \sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} (ax)^m, \quad n \geq 0, \quad a \neq 0, \quad (5a)$$

$$K_n(a, 0) = \frac{n!}{a^{n+1}}, \quad n \geq 0, \quad a \neq 0, \quad (5b)$$

$$K_n(0, x) = -\frac{1}{n+1} x^{n+1}, \quad n \geq 0, \quad a = 0. \quad (5c)$$

En el caso de valores negativos de n hacemos en (1) la sustitución $n \rightarrow -n$ y para $a \neq 0$ empleamos la fórmula 2.324.2 de (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 92). De esta manera obtenemos las siguientes relaciones:

$$K_{-n}(a, x) = \frac{(-a)^{n-1}}{(n-1)!} \left[\sum_{m=1}^{n-1} \frac{(n-1-m)!}{(-ax)^{n-m}} - \exp(ax) Ei(-ax) \right], \quad n \geq 1, \quad a \neq 0, \quad (6a)$$

$$K_{-1}(0, x) = -\ln x, \quad (6b)$$

$$K_{-n}(0, x) = \frac{1}{n-1} \frac{1}{x^{n-1}}, \quad n \geq 2, \quad (6c)$$

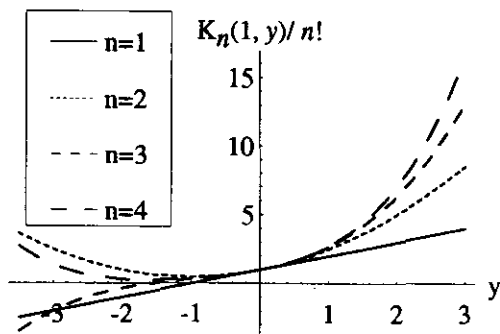


Figura 1. Comportamiento de las funciones $K_n(1, y)$ para algunos valores positivos de n . $K_0(1, y)$ es constante y no se incluye en la gráfica.

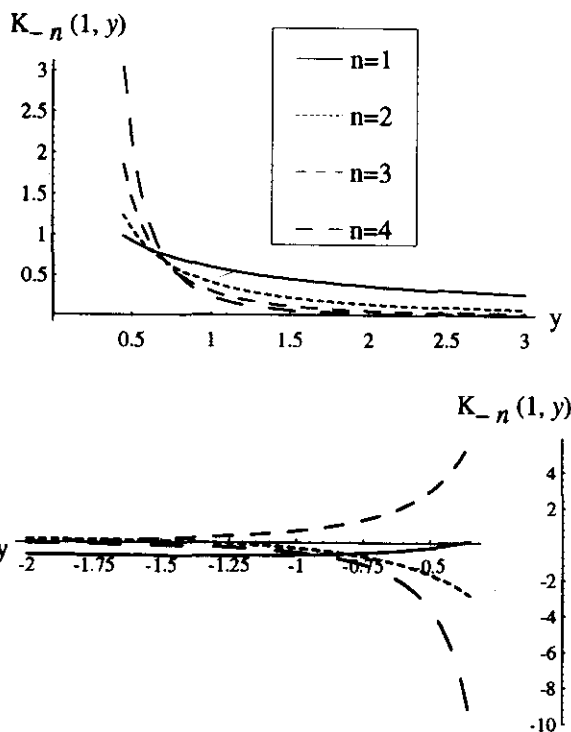


Figura 2. Funciones $K_n(1, y)$ para algunos valores negativos de n . Como las funciones son singulares en $y = 0$, la figura superior muestra el comportamiento para $y > 0$ y la inferior el de $y < 0$.

donde $Ei(-ax)$ es la función integral exponencial. En (6a) se sobreentiende que si el límite superior de la suma es menor que el límite inferior, entonces la suma es cero.

De las relaciones (5) y (6) se deducen las propiedades siguientes:

$$K_n(a, x) = \frac{1}{a^{n+1}} K_n(1, ax), \quad n \geq 0, \quad a \neq 0, \quad (7a)$$

$$K_{-n}(a, x) = a^{n-1} K_{-n}(1, ax), \quad n \geq 1, \quad a \neq 0. \quad (7b)$$

En el apéndice se indica la forma explícita de las funciones $K_n(1, y)$ para los primeros valores de n y en las figuras 1 y 2 se muestra su comportamiento. Se observa que para $n \leq 1$ las funciones $K_n(1, y)$ son singulares en el origen, $y = 0$.

3. Propiedades de la función $Ei(-ax)$

Para un número complejo z , la función integral exponencial $Ei(-ax)$ se define por la relación (Abramowitz y Stegun 1964; Lebedew 1973; Magnus y otros 1966)

$$Ei(-z) = -E_1(z) \quad (8a)$$

$$= - \int_z^\infty \frac{\exp(-t)}{t} dt, \quad |\text{Arg}(-z)| < \pi,$$

$$= \gamma + \ln z + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k k!} (-z)^k, \quad |\text{Arg}(-z)| < \pi, \quad (8b)$$

donde la trayectoria de integración en (8a) excluye el origen y no cruza el eje real negativo. El desarrollo (8b) es válido también en cada punto del eje real positivo, $z = x > 0$, esto es,

$$Ei(-x) = -E_1(x) \quad (9)$$

$$= \gamma + \ln x + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k k!} (-x)^k, \quad \text{si } x > 0$$

La función $Ei(-x)$ es univaluada en el plano complejo z con una rama a lo largo del eje real negativo. Continuación analítica conduce a la función

$$\text{Ei}(x) = E^*(x) \quad (10a)$$

$$:= - \int_{-x}^{\infty} \frac{\exp(-t)}{t} dt, \quad x > 0$$

$$= \gamma + \ln x + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k k!} x^k, \quad x > 0, \quad (10b)$$

donde el integrando en (10a) tiene una singularidad en $t = 0$ y la integral se interpreta como el valor principal de Cauchy (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 925; Magnus y otros 1966, pg. 342). En las expresiones anteriores, $\gamma = 0.5772156649015325\dots$ es la constante de Euler, $\text{Arg } z$ designa el argumento del número complejo z , y son válidas las siguientes relaciones:

$$z = |z| \exp(i \phi), \quad \phi = \text{Arg } z, \quad -\pi < \text{Arg } z \leq \pi,$$

$$\text{Arg } z^* = -\text{Arg } z, \quad \ln z := \ln |z| + i \text{Arg } z, \quad |\text{Arg } z| < \pi.$$

El asterisco en z^* significa complejo conjugado, pero en $E^*(x)$ es una notación que designa el valor principal de Cauchy.

Si elegimos $z = -x \pm i0$, $-z = x \mp i0$, la función $\text{Ei}(-z) = -E_1(z)$, toma por encima y por debajo del eje real los valores,

$$\text{Ei}(x \mp i0) = -E_1(-x \pm i0) \quad (11)$$

$$= \gamma + \ln(\zeta_x x) + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k k!} x^k + \begin{cases} \pm i\pi & \text{si } x > 0 \\ 0, & \text{si } x < 0. \end{cases}$$

Por lo tanto, la definición de $\text{Ei}(z)$ a lo largo del eje real positivo conduce a las relaciones (Abramowitz y Stegun 1964, 5.1.7, pg. 228; Magnus y otros 1966, pg. 343)

$$\begin{aligned} \text{Ei}(x \mp i0) &= -E_1(-x \pm i0) \\ &= E^*(x) \pm i\pi, \quad \text{si } x > 0, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Ei}(x) = E^*(x) &= -\frac{1}{2} \left[E_1(-x + i0) + E_1(-x - i0) \right] \\ &= \gamma + \ln x + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k k!} x^k, \quad x > 0. \end{aligned} \quad (13)$$

En este punto es relevante transcribir la fórmula 6.221 de (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 641):

$$\int_0^x \text{Ei}(\alpha t) dt = x \text{Ei}(\alpha x) + \frac{1 - \exp(\alpha x)}{\alpha}, \quad (14)$$

Por lo tanto, para cualquier real α , positivo o negativo, se cumplen las siguientes relaciones:

$$\frac{d\text{Ei}(\alpha x)}{dx} = \frac{1}{x} \exp(\alpha x), \quad \frac{d\text{Ei}(\alpha x)}{d\alpha} = \frac{1}{\alpha} \exp(\alpha x). \quad (15)$$

Para terminar esta sección es de anotar que, para valores reales del argumento de la función integral exponencial, las definiciones (8a) y (10a) se pueden agrupar de manera formal en una sola relación como sigue:

$$\text{Ei}(-(\pm y)) = - \int_{\pm y}^{\infty} \frac{\exp(-t)}{t} dt, \quad \text{si } y > 0. \quad (16)$$

Con base en esta expresión se determina la conexión que existe entre las funciones $\text{Ei}(-ax)$ y $K_{-1}(a, x)$. Para esto, en (1) hacemos $n = -1$, empleamos el cambio de variables $t = au = \zeta_a |a| u$ y escribimos x en la forma $x = \zeta_x |x|$, de tal manera que la expresión resultante se puede escribir como

$$\exp(-ax) K_{-1}(a, x) = \int_{\zeta_a \zeta_x |a| |x|}^{\infty} \frac{1}{t} \exp(-t) dt.$$

Como $\zeta_a \zeta_x = \pm 1$, la comparación de la expresión anterior con (16), conduce a la expresión

$$K_{-1}(a, x) = -\exp(ax) \text{Ei}(-ax), \quad (17a)$$

que concuerda con (6a) y que es válida para números reales arbitrarios a y x ($a \neq 0$, $x \neq 0$). Por otro lado, (17a) y (1) conllevan a la representación

$$\text{Ei}(-ax) = \int_{\zeta_a \infty}^x \frac{\exp(-au)}{u} du. \quad (17b)$$

Para finalizar esta sección se anota que, en aplicaciones a problemas de estructura atómica, tanto a como x son cantidades positivas: el parámetro a está asociado con el exponente que acompaña la exponencial en la función de onda, mientras que x es la coordenada radial.

4. Relaciones de recurrencia para $K_n(a, x)$

En diferentes circunstancias, en especial en cálculos numéricos, para determinar las funciones $K_n(a, x)$ es preferible utilizar relaciones de recurrencia, las cuales se obtienen integrando por partes la ecuación (1). Al tener en cuenta los límites de integración y con base en las expresiones (Bronstein y Semendajew 1972)

$$\int u^n \exp(-au) du = -\frac{1}{a} u^n \exp(-au) + \frac{n}{a} \int u^{n-1} \exp(-au) du, \quad n \geq 1,$$

$$\int u^{-n} \exp(-au) du = -\frac{1}{n-1} \left[u^{-(n-1)} \exp(-au) + a \int u^{-(n-1)} \exp(-au) du \right], \quad n \geq 2,$$

se obtiene para $a \neq 0$:

$$K_n(a, x) = \frac{1}{a} x^n + \frac{n}{a} K_{n-1}(a, x), \quad n \geq 1, \quad (18a)$$

$$K_0(a, x) = \frac{1}{a}, \quad (18b)$$

$$K_n(a, x) = -\frac{1}{n+1} \left[x^{n+1} - a K_{n+1}(a, x) \right], \quad n \leq -2, \quad (19a)$$

$$K_{-1}(a, x) = -\exp(ax) \operatorname{Ei}(-ax). \quad (19b)$$

Las ecuaciones (17a) y (18) conforman dos conjuntos disyuntos de relaciones de recurrencia. Las primeras son válidas para enteros positivos, incluyendo cero, mientras que las segundas se cumplen para enteros negativos.

5. Determinación de las funciones $J_{r,n}(b, a, x)$

Para números enteros r y n , positivos o negativos, y para parámetros reales a y b tales que $\zeta_{b-a} = \zeta_b = \zeta_a$, las funciones $J_{r,n}(b, a, x)$ se definen a través de la relación (2). El objetivo de esta sección es deducir propiedades de estas funciones

En primer lugar es de anotar la validez de la relación

$$J_{r,n}(b, a, x) + J_{n,r}(b, b-a, x) =$$

$$K_r(b-a, x) K_n(a, x). \quad (20)$$

Para demostrar esta identidad se sustituye (1) en (2), se define la función auxiliar

$$g(u, v) := \exp(-av) v^n \exp(-(b-a)u) u^r, \quad (21)$$

y se obtiene

$$\begin{aligned} \exp(-bx) J_{r,n}(b, a, x) &= \int_{\zeta_a}^x du \int_{\zeta_a}^u dv g(u, v) \\ &= \int_{\zeta_a}^x dv \int_v^x du g(u, v), \end{aligned} \quad (22)$$

donde la última igualdad surge de intercambiar el orden de integración. Para que la integración sobre u , al lado derecho de la primera igualdad (22), esté bien definida, es necesario exigir que los signos de los parámetros a y b sean tales que $\zeta_{b-a} = \zeta_a$. La integral sobre u , a la derecha de la última igualdad (22), se realiza de manera inmediata combinando (1) y (4), para originar la relación

$$\begin{aligned} &\int_v^x u^r \exp(-(b-a)u) du = \\ &-\exp(-(b-a)x) K_r(b-a, x) + \exp(-(b-a)v) K_r(b-a, v) \end{aligned}$$

La demostración de (20) termina utilizando la definición (2), aplicada ahora a la función $J_{n,r}(b, b-a, x)$.

Si $n \geq 0$, $K_n(a, x)$ es el polinomio (5a), y por lo tanto

$$J_{r,n}(b, a, x) = \quad (23)$$

$$\frac{n!}{a^{n+1}} \sum_{m=0}^n \frac{1}{m!} a^m K_{r+m}(b, x), \quad n \geq 0,$$

para cualquier entero r , positivo o negativo.

Si $n \leq -1$, hacemos en (2) el cambio $n \rightarrow -n$ y sustituimos (6a) en la expresión resultante, para obtener

$$J_{r,-n}(b, a, x) = \frac{(-a)^{n-1-r}}{(n-1)!} \times$$

$$\left[\sum_{m=1}^{n-1} \frac{(n-1-m)!}{(-a)^{n-m-r}} K_{-(n-m-r)}(b, x) \right. \quad (24)$$

$$\left. + (-a)^r \exp(bx) \operatorname{Fi}_r(b, a, x) \right], \quad n \geq 1$$

donde introdujimos la función auxiliar

$$\operatorname{Fi}_r(b, a, x) := \quad (25)$$

$$\int_{\zeta_{a-\infty}}^x du u^r \exp(-(b-a)u) \operatorname{Ei}(-au),$$

$$r \text{ entero, } \zeta_{b-a} = \zeta_b = \zeta_a.$$

Al sustituir al lado izquierdo de la ecuación (2) las relaciones de recurrencia (18) y (19) se obtienen fórmulas que relacionan diferentes funciones $J_{r,n}(b, a, x)$:

$$J_{r,n}(b, a, x) - \frac{n}{a} J_{r,n-1}(b, a, x) = \quad (26a)$$

$$\frac{1}{a} K_{r+n}(b, x), \quad n \geq 1,$$

$$J_{r,n}(b, a, x) - \frac{a}{n+1} J_{r,n+1}(b, a, x) = \quad (26b)$$

$$-\frac{1}{n+1} K_{r+n+1}(b, x), \quad n \leq -2.$$

6. Determinación de las funciones $\operatorname{Fi}_r(b, a, x)$

En el caso de $r = 0$, la definición (25) conduce al resultado

$$\operatorname{Fi}_0(b, a, x) = \quad (27)$$

$$\frac{1}{b-a} \left[\operatorname{Ei}(-bx) - \exp(-(b-a)x) \operatorname{Ei}(-ax) \right], \quad b \neq a$$

donde, para garantizar consistencia entre la definición (25) de la función $\operatorname{Fi}_r(b, a, x)$ y las relaciones de recurrencia que se deducen posteriormente, con relación al resultado que proporciona *Mathematica* y a la fórmula 5.231.2 de (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 632), hemos suprimido al lado derecho un sumando $-\ln(b/a) / (b-a)$. Ahora bien, si $b=a$, por aplicación de la regla de L'Hospital obtenemos

$$\operatorname{Fi}_0(a, a, x) = \int_{\zeta_{a-\infty}}^x dx \operatorname{Ei}(-ax) \quad (28)$$

$$= x \operatorname{Ei}(-ax) + \frac{1}{a} \exp(-ax),$$

resultado que coincide con la fórmula 6.221 de (Gradshteyn y Ryzhik 1965, pg. 640), excepto por la elección del límite inferior de integración.

En el caso de $r \geq 1$ hacemos directamente en (25) una integración por partes. Si $r \leq -1$, hacemos de manera provisional en (25) el cambio $r \rightarrow -r$, efectuamos una integración por partes y finalmente reconstruimos el r original mediante la sustitución $r \rightarrow -r$. De esta manera, para todo entero r , positivo o negativo, obtenemos

$$\operatorname{Fi}_r(b, a, x) = \operatorname{Gi}_r(b, a, x) \quad (29)$$

$$- \exp(-(b-a)x) K_r(b-a, x) \operatorname{Ei}(-ax),$$

donde definimos la cantidad auxiliar (r entero, positivo o negativo)

$$\operatorname{Gi}_r(b, a, x) := \int_{\zeta_{a-\infty}}^x \frac{1}{u} K_r(b-a, u) \exp(-bu) du. \quad (30)$$

En particular,

$$\begin{aligned} \operatorname{Gi}_0(b, a, x) &= -\frac{1}{b-a} \exp(-bx) K_{-1}(b, x) \\ &= \frac{1}{b-a} \operatorname{Ei}(-bx), \quad b \neq a. \end{aligned} \quad (31)$$

7. Evaluación de las funciones $\operatorname{Gi}_r(b, a, x)$

Si $r \geq 0$, entonces $K_r(b-a, x)$ es un polinomio que se deduce de (5a) por la sustitución $a \rightarrow b-a$. Al reemplazar $K_r(b-a, x)$ en (29) se consigue la expresión

$$\operatorname{Gi}_r(b, a, x) = -\exp(-bx) \frac{r!}{(b-a)^{r+1}} \times \quad (32)$$

$$\sum_{m=0}^r \frac{1}{m!} (b-a)^m K_{m-1}(b, x).$$

Por otro lado, si usamos (18) y la definición (30), deducimos la relación de recurrencia

$$Gi_r(b, a, x) = -\frac{1}{b-a} \exp(-bx) K_{r-1}(b, x) + \frac{r}{b-a} Gi_{r-1}(b, a, x), \quad r \geq 1, \quad (33)$$

que se inicia con

$$Gi_0(b, a, x) = \frac{1}{b-a} Ei(-bx). \quad (34)$$

En el caso de $r \leq -2$, sustituimos la relación (19a) en (30). De esta manera se obtiene la relación de recurrencia

$$Gi_r(b, a, x) = \frac{1}{r+1} \left[\exp(-bx) K_r(b, x) + (b-a) Gi_{r+1}(b, a, x) \right], \quad r \leq -2, \quad (35)$$

que se inicia evaluando la función

$$Gi_{-1}(b, a, x) := \int_{\zeta_a^\infty}^x \frac{1}{u} K_{-1}(b-a, u) \exp(-bu) du = - \int_{\zeta_a^\infty}^x \frac{1}{u} \exp(-au) Ei(-(b-a)u) du. \quad (36)$$

Esta integral se estudiará en mayor detalle en la sección 9.

8. Relación de recurrencia para $Fi_r(b, a, x)$

Se combinan (29), (18a) y (33), al igual que (29), (19a) y (35). Por lo tanto, para $r \geq 1$ se cumple

$$Fi_r(b, a, x) = -\frac{1}{b-a} \exp(-bx) \times \left[\exp(ax) x^r Ei(-ax) + K_{r-1}(b, x) \right] + \frac{r}{b-a} Fi_{r-1}(b, a, x), \quad r \geq 1, \quad (37)$$

la cual se inicia con $Fi_0(b, a, x)$, dada por (27). Para $r \leq -2$, se encuentra

$$Fi_r(b, a, x) = \exp(-bx) \frac{1}{r+1} \times \left[\exp(ax) x^{r+1} Ei(-ax) + K_r(b, x) \right] \quad (38)$$

$$+ \frac{b-a}{r+1} Fi_{r+1}(b, a, x), \quad r \leq -2,$$

la cual se inicia con (ver 25)

$$Fi_{-1}(b, a, x) = \int_{\zeta_a^\infty}^x \frac{1}{u} \exp(-(b-a)u) Ei(-au) du. \quad (39)$$

9. Otras relaciones útiles

De (17a) y (25), con $r = -1$ y $a \rightarrow b-a$, obtenemos

$$Fi_{-1}(b, b-a, x) = -Gi_{-1}(b, a, x). \quad (40)$$

Similarmente, con ayuda de la identidad que resulta de calcular la derivada con respecto a x del producto de las funciones $Ei(-(b-a)x) Ei(-ax)$, se encuentra la siguiente identidad útil para control numérico:

$$Fi_{-1}(b, a, x) + Fi_{-1}(b, b-a, x) = Ei(-(b-a)x) Ei(-ax). \quad (41)$$

En virtud de las relaciones (40) y (41) la cantidad fundamental que se debe determinar es la integral $Fi_{-1}(b, a, x)$, definida en (39), la cual se puede realizar numéricamente.

En este punto es de anotar la relación

$$Fi_{-1}(b, a, x) = Ei(-(b-a)x) Ei(-ax) + L(b, a, x), \quad (42)$$

donde definimos la función auxiliar

$$L(b, a, x) := \int_{b-a}^{\zeta_{b-a}^\infty} \frac{1}{u} Ei(-(u+a)x) du, \quad (43)$$

que requiere también evaluación numérica. Para demostrar (42) se parte de la ecuación (27) sustituyendo $Fi_0(b, a, x)$ por la integral (25), con $r = 0$. A lado y lado de la expresión resultante integramos con respecto a $\beta := b-a$ entre los límites inferior y superior β y ζ_β^∞ , respectivamente. Al tener en cuenta la representación de la función integral exponencial $Ei(-\beta x)$ (ver 16) se obtiene el resultado deseado, (42).

Por comparación de las ecuaciones (41) y (42), al emplear (40), se deduce la igualdad

$$L(b, a, x) = \text{Gi}_{-1}(b, a, x). \quad (44)$$

Por evaluación numérica de $\text{Fi}_{-1}(b, a, x)$, $\text{Gi}_{-1}(b, a, x)$ y de $L(b, a, x)$ se verificó la validez de las ecuaciones (42) y (44). La integración numérica se realizó empleando el programa *Mathematica* (Wolfram 1991).

Un desarrollo en series de la función $\text{Gi}_{-1}(b, a, x)$ se deduce combinando la definición (36) con la expresión

$$\begin{aligned} \text{Ei}(-(b-a)u) &= \gamma + \ln(\zeta_{b-a}(b-a)\zeta_u u) \\ &+ \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \frac{1}{k!} (-(b-a)u)^k, \end{aligned} \quad (45)$$

que se obtiene por combinación de las ecuaciones (9) y (13). Por lo tanto, al tener en cuenta (17b) y hacer un cambio de índice de suma, se puede escribir

$$\begin{aligned} \text{Gi}_{-1}(b, a, x) &= \\ &-\left(\gamma + \ln(\zeta_{b-a}(b-a))\right) \text{Ei}(-ax) + M(a, x) \\ &+ \exp(-ax) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-(b-a))^{n+1}}{(n+1)^2} \frac{1}{n!} K_n(a, x), \end{aligned} \quad (46)$$

donde definimos

$$M(a, x) := - \int_{\zeta_a}^x \frac{1}{u} \exp(-au) \ln(\zeta_u u) du. \quad (47)$$

Al emplear (5a) en (46) e intercambiar el orden de las sumas, empleando la identidad

$$\sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n A(n, m) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} A(n+m, m),$$

se puede reorganizar la expresión y obtener

$$\begin{aligned} \text{Gi}_{-1}(b, a, x) &= \\ &-\left(\gamma + \ln(\zeta_{b-a}(b-a))\right) \text{Ei}(-ax) + M(a, x) \\ &+ \exp(-ax) \sum_{m=0}^{\infty} A_m\left(\frac{b-a}{a}\right) (ax)^m, \end{aligned} \quad (48)$$

donde los coeficientes que intervienen en la última suma se definen por la expresión

$$A_m(\alpha) := \frac{1}{m!} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(n+m+1)^2} (-\alpha)^{n+m+1}. \quad (49)$$

La evaluación numérica directa de la función $\text{Gi}_{-1}(b, a, x)$ es más eficiente que el empleo de la relación (48).

10. Conclusión

Las integrales (1) y (2) intervienen en la evaluación de elementos matriciales en problemas de estructura atómica. Hemos deducido expresiones analíticas y de recurrencia que permiten determinar las funciones $K_n(a, x)$ y $J_{r,n}(b, a, x)$. La función $\text{Gi}_{-1}(b, a, x)$ admite el desarrollo en series de potencias dado por la ecuación (48), pero es preferible que se calcule numéricamente.

Apéndice A

La función gamma incompleta y su complemento

La función gamma incompleta $\Gamma(\alpha, x)$ y su complemento $\gamma(\alpha, x)$ se definen por las relaciones (Gradshteyn y Ryzhik 1965, fórmula 8.350, pg. 940; Lebedew 1973)

$$\Gamma(\alpha, x) := \int_x^{\infty} t^{\alpha-1} \exp(-t) dt, \quad \text{Re } \alpha > 0, \quad (A1)$$

$$\gamma(\alpha, x) := \int_0^x t^{\alpha-1} \exp(-t) dt, \quad \text{Re } \alpha > 0, \quad (A2)$$

las cuales están conectadas con la función gamma de Euler, $\Gamma(\alpha)$, como sigue:

$$\gamma(\alpha, x) + \Gamma(\alpha, x) = \Gamma(\alpha) \quad (A3)$$

$$:= \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \exp(-t) dt, \quad \text{Re } \alpha > 0,$$

$$\gamma(\alpha, \infty) = \Gamma(\alpha, 0) = \Gamma(\alpha). \quad (A4)$$

En particular, se cumple la relación

$$\Gamma(0, x) = -\text{Ei}(-x). \quad (A5)$$

Apéndice B**Algunas funciones $K_n(1, y)$**

$$K_0(1, y) = 1 ,$$

$$K_1(1, y) = 1 + y ,$$

$$K_2(1, y) = 2 + 2y + y^2 ,$$

$$K_3(1, y) = 6 + 6y + 3y^2 + y^3 ,$$

$$K_4(1, y) = 24 + 24y + 12y^2 + 4y^3 + y^4 ,$$

$$K_{-1}(1, y) = -\exp y \operatorname{Ei}(-y) ,$$

$$K_{-2}(1, y) = \frac{1}{y} + \exp y \operatorname{Ei}(-y) .$$

$$K_{-3}(1, y) = \frac{1}{2y^2} - \frac{1}{2y} - \frac{1}{2} \exp y \operatorname{Ei}(-y) ,$$

$$K_{-4}(1, y) = \frac{1}{3y^3} - \frac{1}{6y^2} + \frac{1}{6y} + \frac{1}{6} \exp y \operatorname{Ei}(-y) .$$

Bibliografía

Abramowitz, M. & I.A. Stegun. 1964. Handbook of Mathematical Functions. New York: Dover.

Brandsden, B.H. & C.J. Joachain. 1983. Physics of Atoms and Molecules. London: Longman.

Bronstein, I. & K. Semendajew. 1972. Taschenbuch der Mathematik. Frankfurt/Main: Verlag Harri Deutsch.

Gradshteyn, I.S. & I.M. Ryzhik. 1965. Table of Integrals, Series, and Products. New York: Academic Press.

Lebedew, N.N. 1973. Spezielle Funktionen und ihre Anwendung. Wien: Wissenschaftsverlag Bibliographisches Institut.

Magnus, W., F. Oberhettinger, & R.P. Soni. 1966. Formulas and Theorems for the Special Functions of Mathematical Physics. New York: Springer.

Wolfram, S. 1991. Mathematica: A System for Doing Mathematics by Computer. Redwood City: Addison-Wesley.

INVENTARIO PRELIMINAR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN COLOMBIA. FUENTES Y SUMIDEROS

por

Fabio González B.¹, Ismael Concha P.², Jorge I. Vallejo M.³,
Humberto Rodríguez M.⁴

Resumen

González, F., I. Concha, J. Vallejo & H. Rodríguez: Inventario preliminar de gases de efecto invernadero en Colombia, fuentes y sumideros. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(79): 107-117, 1997. ISSN 0370-3908

Se presenta un resumen de los resultados del proyecto Inventario Nacional de Emisiones de Gases que provocan Efecto de Invernadero, Fuentes y Sumideros, el cual ha sido desarrollado en el marco de los estudios nacionales de Cambio Global. El estudio lo inició un grupo de profesionales dentro de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en Julio de 1995, con el apoyo financiero de la organización de cooperación alemana GTZ y la asistencia técnica del grupo de trabajo que realizó el inventario en el caso Venezuela. El principal objetivo es realizar un inventario nacional de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros de todos los gases que provocan efecto de invernadero, de acuerdo con el convenio marco de las Naciones Unidas para el Cambio Global y la metodología IPCC/OECD para los inventarios nacionales.

Palabras claves: Gases, efecto, invernadero, inventario, Colombia.

Abstract

This document presents a summary of the results of the National Greenhouse Gas Emissions Inventory Sources Sinks and Reservoirs Project, which has been developed within the framework of the National Study to Address Climate Change. The study was initiated by a professionals group on behalf of the Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales in July

¹ Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., E.Mail: fgonzal@ciencias.ciencias.unal.edu.co

² Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Ministerio de Minas y Energía, Santafé de Bogotá, D.C.

³ Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Santafé de Bogotá, D.C.

⁴ Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., E.Mail: hrodrig@colciencias.colciencias.gov.co

1995, with the financial support of the German Organization of Cooperation GTZ and the technical assistance of the Venezuelan Country-Study Greenhouse Gas Inventory Team.

The objective of the project is to carry out a national inventory of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of all greenhouse gases, according to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the IPCC/OECD methodology for national inventories.

Key words: Greenhouse, gas emissions, gas inventory, Colombia.

Introducción

Se presenta en este artículo un resumen de los resultados del proyecto **Inventario Nacional de Emisiones de Gases que provocan Efecto de Invernadero**, el cual ha sido desarrollado en el marco de los estudios nacionales de Cambio Global. El estudio lo inició un grupo de profesionales dentro de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en julio de 1995, con el apoyo financiero de la organización de cooperación técnica alemana GTZ y la asesoría técnica del grupo de trabajo que realiza actualmente el estudio de país en el caso de Venezuela.

El objetivo del proyecto es efectuar un inventario nacional de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros de todos los gases que provocan efecto de invernadero, de acuerdo con el convenio marco de las Naciones Unidas para el Cambio Global y la metodología IPCC/OECD para los inventarios nacionales.

Los estándares internacionales propuestos para la realización de los inventarios nacionales están basados en una metodología común, que busca asegurar que todos los procedimientos y aproximaciones adoptados para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero sean consistentes y transparentes y sus resultados puedan ser comparados de una manera sistemática.

Los inventarios nacionales son una herramienta valiosa para predecir las emisiones de gases de efecto invernadero, bajo diferentes escenarios de desarrollo económico y para identificar las mejores estrategias de mitigación que el país puede llevar a cabo.

Métodos

Las estimaciones para todas las fuentes se realizaron con base en la metodología establecida por el IPCC para efectuar los inventarios nacionales de gases que provocan efecto invernadero (IPCC/OECD, 1995). En las cate-

gorías en donde se encontró información local se estimaron coeficientes de emisión mediante el uso de referencias bibliográficas, visitas técnicas y entrevistas con expertos. En el resto de los casos se tomaron los valores por defecto sugeridos por la metodología.

El informe final del estudio presenta los resultados del inventario nacional de gases que provocan efecto invernadero (INGEI), acompañados de los análisis y estimativos correspondientes, para las diferentes categorías de fuentes y sumideros. Tales resultados dan una visión global de las principales actividades antropogénicas responsables de las emisiones y, presentan una descripción de situaciones particulares que pueden introducir elementos adicionales en el proceso de inventario. También incluye discusiones específicas sobre metodología, datos y fuentes de información utilizados para la evaluación de cada categoría.

Resultados

Los gases incluidos en este inventario son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). La tabla 1 presenta un resumen de las emisiones de gases de efecto invernadero para las distintas categorías.

La fuente antropogénica que mas genera emisiones de CO_2 en el país es el cambio de uso de la tierra y la silvicultura, responsable del 70% del total. Las actividades dentro del sector energía emiten apenas el 28%.

La tabla 2 presenta el efecto climático acumulado de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Colombia para el año base del inventario: 1990. En esta se resumen las emisiones por fuente y gas en peso molecular completo y su contribución relativa al "calor atrapado"+, basado en el concepto de Potencial de Calentamiento Global (GWP)*. El dióxido de carbono es el gas más importante (78.1%). El metano contribuye con

Tabla 1. Resultados Preliminares del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para Colombia, 1990.

RESUMEN DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO					
(Gg.)					
Categorías de fuentes y sumideros de GEI	CO2(*)	CH4	N2O	NOx	CO
Emisiones Nacionales Totales (Netas)	186472	2000	10	435	8818
1 Toda la energía (Quema de comb + fugitivas)	52383	198.25	1.19	352.91	5548.36
A Quema de combustibles (**)	52200	27.46	1.19	352.91	5548.36
Energía e industrias de transformación	12655	0.38	0.06	61.00	5.03
Industria	14895	0.33	0.16	68.73	80.86
Transporte	18706	5.99	0.22	170.23	1056.55
Comercio/Institucional	854	0.01	0.15	0.73	0.18
Residencial	3107	19.57	0.35	49.59	4331.85
Agricultura/Silvicultura y Otras	1985	1.19	0.25	2.62	73.89
Biomasa quemada para obtener energía (*)	35460	17.19	0.33	49.96	4372.28
B Emisiones fugitivas	182	170.79			
Sistemas de petróleo y gas natural	182	65.81			
Minería del carbón	104.99				
2 Procesos Industriales	3388				
A Minerales No metálicos (Cemento)	3388				
3 Agricultura		1407.97	7.35	24.01	1220.38
A Fermentación entérica	1123.94				
B Derechos Animales	37.29				
C Cultivo de arroz	198.90				
D Quema de sabanas	41.08	0.51	18.22	1078.36	
E Quema de desperdicios agrícolas	6.76	0.16	5.79	142.02	
F Suelos agrícolas	6.68				
4 Cambio del uso de la tierra y silvicultura	130702	234.25	1.61	57.73	2049.68
A Tala y quema in situ de bosques	113329	234.25	1.61	57.73	2049.68
B Conversión de tierras de pastos (***)	0				
C Abandono de tierras cultivadas					
D Manejo de Bosques	(-17373)				
5 Desperdicios		159.77			
A Vertederos subterráneos		159.04			
B Aguas Residuales		0.72			
C Otros					

(*) Las emisiones de CO2 generadas por la biomasa no están incluidas en el total. Su valor está solo para fines informativos.

(**) Estimaciones realizadas con la metodología "Bottom-Up"

(***) No se en el inventario, solo se reporta con fines informativos.

NOTA: Las diferencias en las sumas se deben al redondeo

Tabla 2. Efecto climático acumulativo de las emisiones de gases de invernadero para Colombia, 1990.

GASES	EMISIONES (Gg) PESO MOLECULAR TOTAL	GWP(1) HORIZONTE 100 AÑOS	CONTRIBUCION RELATIVA (%)
DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)	186472	1	78.1
COMBUSTION	52200		21.9
FUGITIVAS	182		0.1
PROCESOS INDUSTRIALES	3388		1.4
CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	130702		54.8
METANO (CH₄)	2000	24.5	20.5
COMBUSTION	27		0.3
FUGITIVAS	171		1.8
AGRICULTURA	1408		14.5
CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	234		2.4
BASURAS	160		1.6
OXIDO NITROSO (N₂O)	10.15	320	1.4
COMBUSTION	1.19		0.2
AGRICULTURA	7.35		1.0

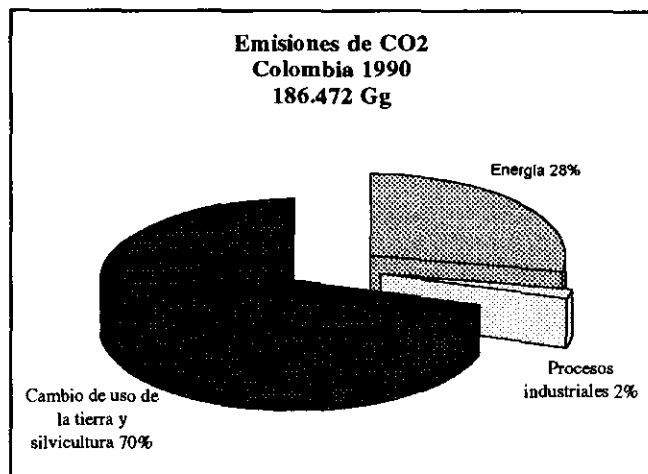
20.5% y sus emisiones son generadas principalmente por la fermentación entérica en el ganado vacuno y las actividades agrícolas.

Las secciones siguientes presentan el resumen de las emisiones estimadas para cada gas y un análisis sobre la importancia relativa de cada categoría.

Emisiones de Dióxido de Carbono

El dióxido de carbono es responsable de cerca de un tercio del efecto invernadero natural. A nivel global se ha observado que, desde comienzos de la era industrial, se viene presentando un continuo incremento de su concentración en la atmósfera debido a las actividades antropogénicas. La concentración de CO₂ en la atmósfera terrestre ha aumentado en más del 25%, debido principalmente al uso de combustibles fósiles.

El total de CO₂ emitido en Colombia en 1990 fue de 186.472 Gg, es decir una emisión nacional anual per capita de 5,8 ton/hab. Las principales fuentes fueron: Cambio de Uso de la Tierra, especialmente tala y quema del bosque, la silvicultura y el Sector Energía (quema de combustibles).



+ Radiative Forcing

* GWP, Global Warming Potencial

Sector Energía

Las emisiones en este sector ocurren durante el proceso de combustión, cuando el carbono contenido en el combustible se combina con el oxígeno. El contenido de carbono en los combustibles fósiles varía significativamente de uno a otro dependiendo del tipo de combustible. Así, el carbón contiene la mayor cantidad de carbono por unidad de energía mientras que el petróleo y el gas natural contienen el 25 y el 50% menos que el carbón, respectivamente.

En Colombia el sector energía emitió 52.383 Gg de CO₂, que representa el 28% de la emisión total nacional de este gas. La obtención de energía a partir de combustión generó 52.200 Gg y las emisiones fugitivas del petróleo y del gas 182 Gg que representan apenas el 0,35% de este sector.

El análisis realizado con base en la metodología Top-Down revela que la mayor cantidad de CO₂ es producida por la combustión del petróleo y sus derivados, contabilizando 30.507 Gg, seguida por el carbón con 13.470 Gg y el gas natural con 8.742 Gg.

Para las estimación de las emisiones en cada sector se siguió la metodología Bottom-Up. El sector transporte emitió el 36% del CO₂ generado por quema de combustibles, mientras el sector industrial el 29% y los centros de transformación de energía 25%. El sector residencial contribuye con el 6% únicamente, a pesar de consumir cerca de la tercera parte de la energía final en el país.

Las fuentes estacionarias emitieron 38.303 Gg de dióxido de carbono, debido principalmente a combustión de petróleo y carbón. La mayor contribución se debe al sector industrial con 14.895 Gg (39%) seguido por la generación termoeléctrica con 8.398 Gg (22%), la industria de transformación del gas y el petróleo con 4.257 Gg (11%) y el sector residencial con 3.107 Gg (8%). El resto es compartido por los sectores comercial, agrícola y de la construcción.

Las emisiones por tipo de combustible en el sector eléctrico son: gas natural 4.380 Gg, carbón 3.526 Gg, destilados del petróleo, gases industriales y petróleo crudo 492 Gg.

Las fuentes móviles emitieron 14.895 Gg, siendo la gasolina motor la mayor responsable de las emisiones con 12.162 Gg (81,7%) seguida por el diesel con 2.481 Gg (16,7%), el resto se distribuye entre el gas natural comprimido, el Fuel Oil y el carbón.

Industria del Cemento

Por concepto del proceso de calcinación del CaCO₃ durante la fabricación de cemento, se emitieron 3.388 Gg de CO₂ correspondiente al 1.8 % de las emisiones nacionales.

Cambio de uso de la tierra y manejo del bosque

Las actividades humanas que alteran la biosfera en el proceso de producción de comida, combustible y fibras han ido incrementando su contribución a la concentración de GEI en la atmósfera. El dióxido de carbono es considerado el gas más importante asociado con el cambio de uso de la tierra. Dos categorías son consideradas en el inventario nacional: Deforestación (tala y quema de bosques) y Manejo y Aprovechamiento Forestal (Bosques gestionados). La conversión de pastizales a tierra cultivada y el abandono de tierras manejadas no fueron consideradas como tercera y cuarta categorías, tal como sugiere la metodología, porque en Colombia estas son fuentes poco significativas y no existe suficiente información.

El cambio de uso de la tierra es el principal responsable de las emisiones de GEI en Colombia, 130.702 Gg, 70% del total nacional de emisiones de CO₂ en 1990. La principal fuente de estas emisiones es la deforestación y la quema in situ del bosque deforestado, práctica común de la expansión de la frontera agrícola en los últimos cuarenta años.

Deforestación

Las causas principales de la deforestación en Colombia son: colonización, desarrollo de la infraestructura, uso de energía, cultivos ilegales, quema y manejo no sostenible del bosque. Las cantidades exactas para cada uno de los factores citados son desconocidas debido a la falta de estudios y monitoreo forestal utilizando técnicas de sensores remotos. Existen diferentes estimativos para la tasa anual de deforestación en Colombia; sin embargo, la cifra oficial aceptada por el Ministerio del Medio Ambiente, para el período de 1980-1990, es la reportada por la FAO (1993) de 367.000 ha/año.

La cantidad emitida por deforestación se estimó en 113.329 Gg para el año base, que representa el 61% de las emisiones nacionales de CO₂.

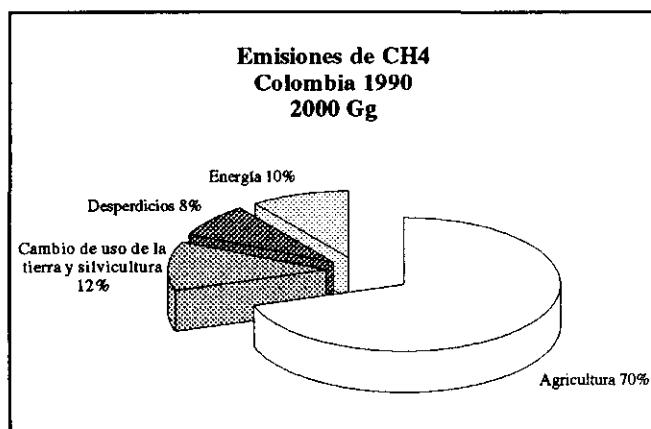
Manejo y Aprovechamiento Forestal

Este sector incluye el carbono secuestrado debido al crecimiento de los bosques plantados y a la regeneración

natural de los bosques naturales explotados. La suma total de CO₂ secuestrada por estas actividades en Colombia en el año de referencia fue de 7.744 Gg, los que equivalen al 4.2% de las emisiones totales por concepto de cambio de uso del suelo y silvicultura o al 6.8% de las emisiones debidas a deforestación. Aunque es importante como un sumidero de CO₂ puede no parecer relevante en el contexto de las emisiones de GEI en el país, pero su contribución potencial es muy grande. El área total de bosque natural manejado por las industrias de productos forestales durante el período 1970-90 fue de 310.000 ha. Por otra parte las plantaciones forestales han alcanzado, durante el mismo período, una cifra de 222.647 ha. El CO₂ liberado por este sector incluye los cambios debidos a la remoción de biomasa en cultivos comerciales y la quema tradicional de leña en el país. El total de emisiones anuales de CO₂ estimadas por este concepto fue 25.116 Gg. Restando de este valor el total anual de CO₂ removido de la atmósfera por las plantaciones, resulta un valor neto de CO₂ liberado de 17.373 Gg.

Emisiones de Metano

El metano es el segundo gas en importancia en cuanto se refiere al calentamiento global. Siendo responsable aproximadamente del 15% del "calor atrapado" en la atmósfera en la década de los 80 a nivel mundial. La concentración de metano está creciendo sustancialmente, se ha doblado en los últimos 300 años y continúa creciendo a un ritmo de cerca del 1% anual. Aunque las emisiones de CH₄ son significativamente menores que las del CO₂ estas contribuyen fuertemente al calentamiento global, puesto que considerando los efectos directos e indirectos su potencial de atrapar calor es 24,5 veces mayor que el del CO₂, sobre un horizonte de tiempo de 100 años.



Las emisiones de metano en Colombia fueron estimadas en 2.000 Gg para el año base. Las principales fuentes antropogénicas son las relacionadas con las actividades agrícolas, las cuales totalizan el 70%, seguidas por el sector energía con el 10% y el cambio de uso de la tierra con el 12%. Las emisiones de metano debidas al manejo de basuras apenas contabilizan el 8% del total nacional.

Sector Energía

Las emisiones de metano de este sector, fueron de 198 Gg. Las actividades de quema de combustibles contribuyeron con 27 Gg y las emisiones fugitivas de carbón, petróleo y manejo de gas produjeron el resto, 170,8. De este valor la minería de carbón produce 105 Gg, esto es el 60%, mientras que el petróleo y el gas industrial emiten 65,8 Gg, que representan el 40%.

Es importante anotar que el sector residencial emite 19,5 Gg (72% de la emisión debida a quema de combustibles) como consecuencia del uso de la leña.

Agricultura

Este sector se constituye en la fuente más importante de emisiones de metano, pues contribuye con el 70% del total nacional, 1.408 Gg. La ganadería es el factor más importante, puesto que contribuye con el 80% del CH₄ emitido en esta categoría. El cultivo del arroz y la quema de sabanas sólo representan el 14% y el 3%, respectivamente. La quema de residuos agrícolas en el campo es una fuente despreciable.

Fermentación Entérica

El total de emisiones fue estimado en 1.124 Gg, que representa el 56% del total nacional y aproximadamente el 80% de las emisiones debidas a las actividades agrícolas. El ganado lechero y de carne contribuye notablemente en este renglón, aproximadamente el 95,5% de las ocasionadas por fermentación entérica. El total de emisiones producidas por otros animales domésticos tales como ovejas, cerdos, caballos, mulas, asnos y cabras es únicamente el 4,5% del total. Para la realización de los cálculos correspondientes a fermentación entérica se utilizó el método simplificado conocido en la metodología IPCC como Tier 1.

Manejo de Estiércol

El manejo de estiércol no es una práctica corriente en el país, puesto que la mayor parte de la ganadería es ex-

tensiva. Casi todos los excrementos de animales domésticos se utilizan como abono sólido para los pastos o se dejan abandonados en el sitio. La cantidad total de CH_4 producida por estos excrementos se estima en 37,3 Gg, que representa el 1.9% de las emisiones nacionales y el 3,2% de las emisiones generadas por animales domésticos. Los emisores más importantes son: el ganado vacuno (58%), el ganado porcino (18,5%) y el sector avícola (11%).

Producción de Arroz

La cantidad emitida debido al cultivo del arroz fue estimada en 199 Gg, valor que representa aproximadamente el 10% de las emisiones nacionales y el 14% de las emisiones del sector agrícola. El cálculo fue realizado tomando en cuenta los datos reportados por el Censo Nacional Arrocerero realizado en 1990 y que arroja un porcentaje de 65% para los campos de arroz continuamente inundados y 35% para el régimen de secano (incluyendo el secano manual).

Quema de Sabanas

Tradicionalmente la sabana Colombiana de los Llanos Orientales se quema en dos épocas del año con el fin de eliminar malezas y plagas y también para renovar los pastos. Las tierras altas se queman al comienzo de las lluvias y las bajas, que están húmedas durante ésta estación, al comienzo de la estación seca.

Si bien en Colombia el área total de sabanas quemadas por año no es un dato bien conocido y presenta un alto grado de incertidumbre, debido a la carencia de estadísticas nacionales sobre la frecuencia y superficie de sabana quemada, como una primera aproximación, podemos considerar que el área total de sabanas es quemada completamente una vez cada tres años. Diferentes expertos colombianos han confirmado que la frecuencia de quema en el país está en la proporción citada y, en algunos casos, podría ser mayor.

El metano emitido por la quema de sabanas, se estimó en 41 Gg, el cual representa el 2% de las emisiones nacionales de este gas y el 3% de las producidas por el sector agrícola

Quema de Residuos Agrícolas

La quema de residuos agrícolas contribuye muy poco a las emisiones en Colombia, apenas 6.8 Gg. Los cultivos que se consideran para la realización de los cálculos son:

caña de azúcar, maíz, arroz, algodón y palma africana. Generalmente, los cultivos se queman por razones sanitarias.

Rellenos Sanitarios

Los rellenos sanitarios no configuran una fuente significativa de producción de metano en el país puesto que el 70% de los desperdicios sólidos se deposita a campo abierto. Los rellenos sanitarios generan 159 Gg, que son el 8% de las emisiones nacionales.

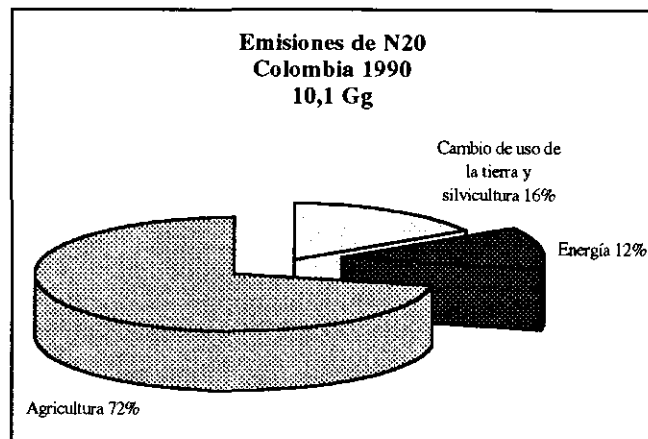
Otras Fuentes

Otras actividades generadoras de metano en el país son las relacionadas con el cambio de uso de la tierra y el manejo de aguas residuales. La quema de biomasa que se da en el proceso de deforestación ha sido incluida en el inventario nacional, y las emisiones provenientes de esta práctica fueron estimadas en 234 Gg 11.7% de las emisiones nacionales. Para efectos de la contabilidad de gases de invernadero el tratamiento de aguas residuales constituye una fuente despreciable 0,7 Gg.

Emisiones de Oxido Nitroso

El óxido nitroso es otro gas que contribuye a la absorción en infrarrojo y por tanto al efecto invernadero. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (WMO) la concentración atmosférica de N_2O es hoy un 8% mayor que la de la era pre-industrial. El óxido nitroso tiene una capacidad 320 veces superior que la del CO_2 para atrapar calor en la atmósfera en un horizonte de tiempo de 100 años y su tasa de acumulación atmosférica está entre 0,2 % y 0,3 % por año.

Estas emisiones fueron estimadas en 10 Gg para 1990. El sector agrícola aporta debido principalmente al uso de



fertilizantes en el manejo de suelos agrícolas, el mayor porcentaje 66%, seguido por el cambio de uso de la tierra 16% y el sector de la energía 12%. Además, se emite óxido nitroso debido al uso de la biomasa como combustible y a la quema de combustibles fósiles. Aunque los mecanismos que causan la formación de N_2O a partir de estas fuentes no son bien conocidos, su producción depende fuertemente de la temperatura.

Sector Energía

El sector energético colombiano emitió 1,19 Gg de N_2O . El sector residencial con 0,35 Gg (29% del total emitido por combustión) es el principal agente, debido al consumo de leña para cocción en el sector residencial. El sector transporte es responsable de 0,22 Gg (18%), el sector agrícola y otros 0,25 Gg (21%) y los sectores comercial/oficial e industrial emitieron cada uno 0,15 Gg (13%) y 0,16 Gg (14%) respectivamente. El sector de transformación energética contribuyó con un 5% del total.

Agricultura

El sector de la agricultura es la principal fuente de emisiones de óxido nitroso y aporta el 75% del total nacional. La contribución más importante proviene de los fertilizantes utilizados en el manejo de los suelos. Los fertilizantes químicos emiten 6,68 Gg, que representa el 91% del óxido nitroso producido por el sector agrícola. En las estimaciones realizadas no se han incluido los fertilizantes orgánicos puesto que no existe información certificada al respecto.

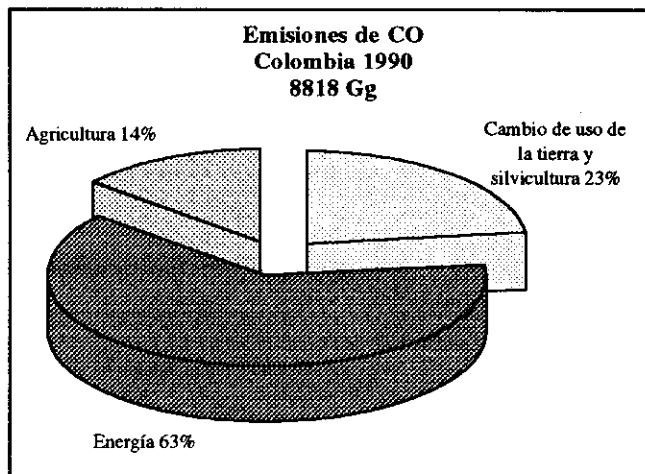
La quema de sabanas aporta 0,5 Gg, y la quema de residuos agrícolas en el campo produce 1.6% de las emisiones nacionales estimadas.

Otras Fuentes

La quema de biomasa es otra de las fuentes de óxido nitroso en el país, debido fundamentalmente a la quema del bosque in-situ producto de la deforestación. La cantidad total emitida por este concepto fue de 1,61Gg, que representa el 16% de las emisiones totales nacionales.

Emisiones de Monóxido de Carbono y COVDM

El monóxido de carbono y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) son compuestos gaseosos que son emitidos en pequeñas cantidades debido a la combustión incompleta. Su contribución a la formación del smog urbano ha sido objeto de políticas de



control de emisión en algunos países. El impacto de estos gases en el clima global es indirecto. Su papel como precursores del ozono troposférico es su efecto más importante. Así, ellos contribuyen a la formación de ozono y alteran los tiempos de vida media de otros gases de efecto invernadero.

Las emisiones de monóxido de carbono, fueron estimadas en 8.818 Gg. Las actividades agrícolas y el cambio de uso de la tierra contribuyen a este valor con el 37%, mientras que el sector energía es el responsable del 63% de las emisiones nacionales.

Sector Energía

La cantidad total emitida se estimó en 5.548 Gg, el consumo de leña en el sector residencial es responsable de 4332 Gg equivalente aproximadamente el 79% del total emitido por quema de combustibles o al 49% del total de CO emitido en el país.

Las emisiones nacionales totales de COVDM fueron de 135 Gg, y son producidas de manera exclusiva por el sector transporte.

Quema de Sabanas

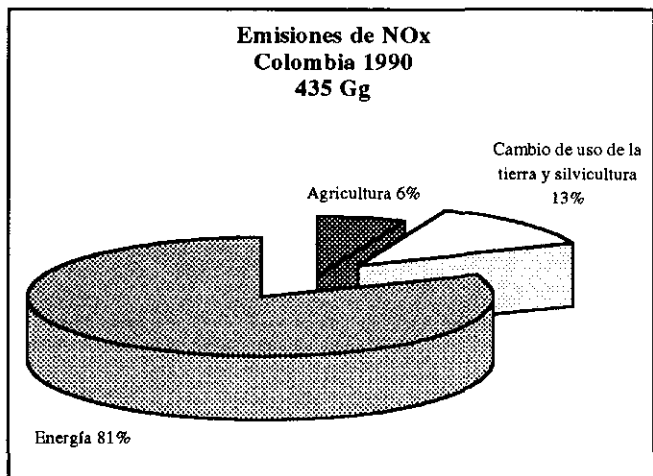
La quema de sabanas representa el 12% del total emitido a nivel nacional y suma 1.078 Gg.

Cambio de Uso de la Tierra

La quema de bosques, que acompaña el proceso de deforestación, es responsable del 23% del total de emisiones de CO, con aproximadamente 2.050 Gg.

Emisiones de Oxidos de Nitrógeno

Debido a los efectos directos de acidificación que producen en la atmósfera y al papel que desempeñan en la formación de ozono los óxidos de nitrógeno han sido de interés permanente en el diseño de políticas ambientales en la mayor parte de las naciones. Los NO_x, al igual que el monóxido de carbono se generan por combustión incompleta. Las emisiones fueron estimadas en el país para el año base en 435 Gg, originadas principalmente por quema de combustibles fósiles, los cuales representan 81% del total nacional. El restante 19% corresponde a la quema de biomasa en el sector no-energía.



Sector Energía

La fuente más importante es la quema de combustibles fósiles, con un total emitido de 353 Gg, 183 Gg aportados por fuentes estacionarias y 170 Gg por las móviles.

Otras fuentes

Como acontece con el óxido nítrico, la quema de biomasa asociada con el cambio de uso de la tierra y algunas prácticas agrícolas, constituye otra de las fuentes de óxidos de nitrógeno. La quema de bosques deforestados, de sabana y de residuos agrícolas en el campo contabiliza 82 Gg, es decir el 19% de las emisiones nacionales.

Incertidumbre

La incertidumbre es inevitable en cualquier estimación nacional de emisiones y remociones de gases atmosféricos.

Algunas causas importantes de la incertidumbre son:

1. Diferentes interpretaciones sobre las categorías en las fuentes y sumideros, en las definiciones y supuestos, en las unidades etc.
2. El uso de valores promediados, especialmente en los factores de emisión y supuestos sobre población.
3. Incertidumbre en los datos básicos de las actividades socioeconómicas relacionadas con los cálculos en cada categoría.
4. Incertidumbre en la comprensión científica de los procesos básicos conducentes a emisiones y remociones.

Con respecto a los numerales 2 y 3 hemos hecho el esfuerzo por conseguir rangos de incertidumbre en cada una de las categorías fuente, siguiendo la metodología IPCC que presenta los rangos de incertidumbre en forma separada tanto para los factores de emisión como para los datos en cada categoría. La tabla 3 relaciona estos porcentajes y el valor de la incertidumbre global.

En esta tabla en la columna correspondiente a los factores de emisión se evalúa la incertidumbre de la metodología y de los factores de emisión.

Como se puede observar, de las fuentes emisoras de CO₂ la categoría de Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura que es responsable del 70% de las emisiones totales de este gas en el país presenta una incertidumbre en los factores de emisión de 33% y en los datos tenidos en cuenta del 50% para una incertidumbre global del 60%. Esta categoría es la que merece mas atención en el futuro para reducir la incertidumbre del inventario colombiano.

A pesar de la debilidad y limitaciones que representa este amplio rango de incertidumbre, este inventario preliminar suministra un cuadro completo de las emisiones y remociones de los gases de efecto de invernadero en Colombia y constituye una herramienta poderosa para evaluar y planificar las estrategias de mitigación que el país debe emprender con el fin de reducir las emisiones de estos gases en el futuro.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a diversas instituciones colombianas como: Ministerio del Medio ambiente, Ministerio de Relaciones Internacionales, Ministerio de Minas y energía, Departamento Administrativo de Planeación Nacional, entre otras, por la información suministrada y sus valiosos comentarios. El apoyo del Grupo

Tabla 3. Incertidumbres debido a los factores de emisión y a los datos

Gas	Categoría Fuente	Factor de Emisión	Datos	Incertidumbre Global
CO ₂	Energía	7%	5%	9%
CO ₂	Cementos	5%	1%	5%
CO ₂	Cambio de Uso de la Tierra	33%	50%	60%
CH ₄	Quema de biomasa	50%	50%	70%
CH ₄	Petróleo y Gas Natural	55%	5%	55%
CH ₄	Minería del Carbón	55%	5%	55%
CH ₄	Cultivos de arroz	¾	10%	100%
CH ₄	Basuras	2/3	30%	80%
CH ₄	Animales	25%	10%	30%
N ₂ O	Quema de Biomasa	> 60%	50%	100%
N ₂ O	Suelos agrícolas	> 60%	10%	2 órdenes de magnitud

del Estudio de País de Venezuela, suministrado a través de la GTZ (German Technical Cooperation Agency), fue fundamental para la realización de este trabajo.

Referencias

ACOFOR. Bosques y Futuro, (trimestral), Santafé de Bogotá, D.C.

Banco de la República. Revista del Banco de la República (mensual), 1988-1992, Santafé de Bogotá, D.C.

Balcázar, A. 1992. "La ganadería bovina en Colombia, 1970-1991", Coyuntura Agropecuaria, Vol. 9, No. 2, p. 113-138.

Cárdenas, H., Devia, J.R. 1989. "Residuos Agrícolas", en Situación Energética de la Costa Atlántica, Tomo X, Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica -PESENCA-, Barranquilla.

CEGA-DNP. 1991, Misión de Estudios del Sector Agropecuario, "Caracterización y evaluación del sistema de producción bovina", Santafé de Bogotá.

CIAT. 1995. Tropical Lowlands Program, Annual Report, Working Document, No. 148, Cali.

COLCIENCIAS, DNP y otros. 1990. Perfil Ambiental de Colombia, 1989, Bogotá.

DANE. 1988-1992. Boletín de Estadística (mensual), Santafé de Bogotá, D.C.

DNP. 1990. Plan de Acción Forestal para Colombia en la Revolución Pacífica 1990-1994, Santafé de Bogotá, D.C.

ECOPETROL. 1990. Estadísticas de la Industria Petrolera.

FAO. 1994. Forest Resources Assessment 1990, No. 124, Global Synthesis.

_____. 1982. Los recursos forestales tropicales. Estudio FAO Montes No. 30. Roma. 113 p.

FEDEPALMA. 1994. "El cultivo de palma de aceite en Colombia y el mundo. Estadísticas 1989-1993". Santafé de Bogotá, D.C.

FEDEARROZ. 1993. "Arroz en Colombia, 1980-1993". Santafé de Bogotá, D.C., Fedearroz, 88 p.

FENAVI. 1995. Reseña Avícola 1993-Perspectivas 1994. Santafé de Bogotá, D.C.

IGAC. 1986. "Situación y análisis del proceso colonizador en Colombia". Análisis Geográficos No. 10 Bogotá.

_____. 1992. Atlas de Colombia, Bogotá.

INDERENA. 1994. Lineamientos y Estrategias de Política para el Desarrollo Forestal Sustentable. Santafé de Bogotá.

_____. 1991. Algunas cifras sobre la reforestación en Colombia. Subgerencia de Bosques, Aguas y Suelos. Santafé de Bogotá. 36p.101p.

_____, IGAC y CONIF. 1984. Mapa de bosques de Colombia. Memoria Explicativa. Bogotá.

INCORA. 1988. El proceso colonizador en Colombia. Ponencia presentada en el seminario taller sobre colonización. Paipa. 75 p.

IPCC. 1994. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 3 vols, Bracknell.

MME. 1994. Plan Energético Nacional. Unidad de Planeación Minero-Energética. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores. 338 p.

_____, SIE. 1990. Balance Energético consolidado.

_____, SIE, UIME. 1991. Encuesta Energética Industrial.

Ministerio del Medio Ambiente, OIMT. 1995. Cuarto Seminario Internacional de Formación en Estadística Tropical, Santafé de Bogotá, D.C.

Motta, M. T. 1992. Régimen de aprovechamiento del bosque natural y sistema de tasas forestales. Informe final. Contrato de consultoría PNUD-DNP. Departamento Nacional de Planeación. Santafé de Bogotá, D.C. 100 p.+ anexos. p. 6-7.

Otavo, E. 1994. Reservas Forestales creadas por la Ley 2a. de 1959. Documento de trabajo. INDERENA. División Administración Bosques. Santafé de Bogotá, D.C.

———. 1995. La deforestación en Colombia. Causas y consecuencias. Documento Preliminar. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Forestal y de Vida Silvestre. Santafé de Bogotá, D.C.

Preliminary National Greenhouse Gas Inventory: Venezuela. 1995. Caracas.

Rodríguez, J.L. 1987. Cuantificación de la biomasa (fitomasa) e inventario de bioelementos del bosque pluvial (bp-T) de colinas bajas en su estado climático, Bajo Calima, Buenaventura, Costa Pacífica, Colombia. Tesis de Grado. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué. 229p + anexos.

SAC. 1988-1995. Revista Nacional de Agricultura (trimestral), Bogotá.

Torres, J.E., Vallejo D. 1988. Dendroenergía. Plan de Acción Forestal para Colombia. PAFC. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá. 283 p.

SOME MISTAKEN ARGUMENTS AGAINST OBJECTIVITY AND TRUTH IN SCIENCE

Por

Eduardo Alberto Castro*

Resumen

Castro, E.A. : Some mistaken arguments against objectivity and truth in science. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 119-123, 1997. ISSN. 0370-3908.

Se presentan y analizan varios puntos de vista en relación con la verdad y la objetividad en la ciencia, objetadas recientemente por algunos historiadores y sociólogos de la ciencia.

Palabras claves: Objetividad en ciencia, sociología de la ciencia.

Abstract

Some harmful viewpoints about objectivity and truth in science are presented and they are analysed on the basis of currently accepted concepts in normal scientific research and technological applications. The social and professional duties of scientists in these regards are pointed out and some possible answers against the anti-science movements are given.

Key words: Objectivity in Science, Sociology of Science.

Introduction

Bondi describe able and good scientists as "... (those) respected by the scientific community. This means in effect that they must have carried out some outstanding research, for there is no other way to recognition as a scientist. To do good research it is essential first of all for a

scientist to look at a good problem, that is to say a problem that is not only interesting but one that yields to a lot of hard work performed with skill, imagination and experience. One does not become a great scientist by tackling insoluble problems. Next, research is considered successful and conveys fame on its authors only if it influences other, if it leads to further work. It is not important for the standing of the scientist that this further work should necessarily confirm all that has been said in the original paper. As long as it is stimulating, as long as a result of the going forward and backward the amount of knowledge and understanding increases and has been stimulated by the first work, then this deservedly has a

* CEQUINOR, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata, Calle 115 y 47, C.C. 962, La Plata 1900, Argentina.

E-Mail: Castro@nahuel.biol.unlp.edu.ar. Fax: 54-21-259485

high reputation. One tries many different approaches before the problem shows the slightest signs of yielding, and very often the problem on which one actually makes one's contribution is somewhat different from the one on which one started".(1)

Perhaps this quotation should seem rather naive and elementary, but those people involved in research know quite well it is suitable and correct. The purpose of this introduction is to help us to stand up for my main point: some sort of anti-science fashion has been growing up under many different perspectives and sometimes appealing arguments. This sort of "sleep of reason" has been presented to try to establish solid "raisons d'être" in favor of this standpoint. Labels such as post-modernism, anti-rationalism, sociological relativism, deconstructivism, alternative sciences, academic left, sociology of scientific knowledge, etc. portray a wide set of pseudo-scientific doctrines which entail very serious dangers for our whole society.

At the same time, we are enjoying in our daily life of the evident and material benefits of huge amounts of technological developments derived from the basic research in every area of science. Day after day we all hear about the continuous expansions of knowledge frontiers and fruitful applications that follow such extensions.

When one analyses comparatively those anti-scientific doctrines and the traditional and successful theses of natural philosophy which is the foundation of current research and development, there appear gross contradictions. This issue is not new and it has deserved the attention and study of many people. The aim of this article is to discuss why so opposite viewpoints survive and which are the basis of these two quite different theories, with a permanent reference to the usual scientific and technological results in order to set up the final conclusions.

The eventual value of this analysis lies on the very fact that this opposition permeates underlying principles of our way of life, about which it is no at all underserving to think about from time to time. My greatest hope is to stimulate awareness and debate about some mistaken arguments against objectivity and truth in science and also to point out in a so clear way as possible that what is threatened is the capability of our contemporary culture to interact fruitfully with the sciences, to draw insight from scientific advances, and to evaluate science intelligently.

Traditional science versus post-modernist theories

The way usual practitioners of current science understand their metier is closely attached to the concepts of

objectivity, truth, rationality, and the scientific method. Although it cannot be assumed that every scientist would be able to give precise definitions about such fundamental general notions, the work they do, the way of thinking and the manner of behaving in scientific affairs is based upon them in an implicit or explicit way. Since the scientific practice is a human affair, it is well known the existence of many sort of deviations (2-4). However, they do not invalidate the standard research tasks although some people have resorted to such failures to try to demonstrate the weakness of the complete scientific enterprise. We cannot condemn the whole human race due to the regrettable existence of some murderers.

On the other hand, the doctrines of social constructivism take scientific theories to reflect the social environment where they come out and, rather than being founded on objectivity, logic, and evidence, beliefs are taken to be causal effects of the prevalent social context (5-7). When this sort of doctrines are developed at length one is led to whichever kind of vagaries. Perhaps the extreme one is due Feyerabend (8): any proposition is scientific since there is only one principle that can be defended under all circumstances and in all stages of human development. It is the principle: Anything goes !! A brief description of the main advocates of the doctrines of social constructivism can be found in refs. 9 and 10.

But, if as it seems to be so evident, these doctrines are entirely absurd and nonsensical, why they have reached a wide acceptance in some so-called intellectual people? And why articles and programmes attacking the scientific theses and championing the antitheses are published and scattered almost everywhere? Most probably there are a host of reasons and ways to understand this state of affairs.

Bunge (9) proposed a sociological explanation on the basis of a revolt against the establishment and the European rigid university hierarchy on the sixties. The consequent adhesion of antiscientific doctrines took away many young people from studying sciences and favoured the non-scientific approach to the sociological, historical, and philosophic study of science and technology.

I deem that the blend of sociology, science, culture, and politics sounds attractive and promising the development of very new disclosures about the scientific field. It is true that scientists work within an specific social environment, influenced by a given political context and partly determined by the prevailing culture associated to that social environment. However, when one relativizes or even denies the actual existence of an objective reality

and the material regularities in our actual world, then revolting consequences arise at once: failed or dubious scientific claims should weigh as heavily in our view of science as successful, well established ones; social factors are guiding the production of scientific knowledge; scientific agreement is connected to views of how things really are; Nature is excluded as a determining factor in scientific research and development in favor of culture; a proposition is scientific if is sanctioned by the scientific establishment; etc.

But then, which is the exact relationship between science and culture? This subject is quite to develop here even a modest discussion and besides it has deserved the attention of several researchers which analysed the theme in depth (11-18). Notwithstanding these references, I consider a relevant side of this issue to be pointed out here: what is subjected to mutation and permanent influences of social, economical, political, historic and cultural factors is not the well founded status of science, but rather the dynamical and changing research mechanisms.

Another reason to support these iconoclastic views on science appears to be a well defined (although not properly understood) political goal: a wish to "democratize" science by exposing it as nothing but negotiation and inviting the lay person to be constantly skeptical of scientific experts. I think the proper way to put science at hand of people and share its benefits is offering possibilities and facilities to everyone to learn the basic principles and to make suitable experiments in the manner, for example, the Science-By-Mail program does (19-20), but not via a contestable attitude. The public cultivation of the systematic distrust of science can only lead to negative results for all the people. Unfortunately, this is happening nowadays (21).

The growth of academic anti-science post-modernist critiques has aroused also with the implicit compliance of scientists themselves (22). In fact, hardly any scientists have attempted an answer, but they should. There can be little argument over the fact that scientists are doing not much efforts to educate their fellow citizens about matters such as global threats that have arisen partly from the hands of the scientific and technological community, global warning, new significant discoveries, development and applications of new materials, recent advances in medicine, etc.

We can also trace the growing importance of postmodern and multicultural efforts to "demistify" natural sciences on several examples of forgery, fakery, and plagiarism that have happened along these last years (4).

Nuclear fussion phenomenon, Benveniste's affair, and Imanishi-Kari case are three well-known outrageous incidents that influenced the diminishing of the trust that society places in science, challenging every positive image of science that society holds. However, fads and fallacies in the name of science are not new (23) and there has been a extremely long list of pseudo-scientists and strange, amusing, and alarming cults that surrounded them. Systematized vagaries such as naturopathy, iridiagnosis, orgone sex theory, dianetics, the theory of multiple moons, flat earth, cellular cosmogony, Fortean doctrine, flying saucers, antirelativism theories, perpetual motion machines, dowsing rod, doodle bugs, bion particles, Lysenkoism, physcultopathy, Perkinism, Drown radio therapy, etc. are very old indeed, and each of them at their time found a host of followers, adepts, and practitioners. But, in spite of them, normal science continued its development and today we are receiving the beneficial consequences of research and development.

Since not very long ago we are being nearly overcrushed by the so-called "information flood", where many interesting and curious side-effects are being produced (24-26). One of these undesirable consequences is the weakening of the human critical power capabilities in favor of an anomic attitude regarding every day news and happenings. This is so because of the continuous flowing of information overload does not allow one to have time enough to reflect and analyse the specific contents of the news. Furthermore, the owners of the information centers are more interested to sell at once their goods than to communicate the news in a clear, veritable, and useful way in order to promote the critical thinking. Under such conditions, it is quite understandable that these "grotesque cartoons of scientific research" (27) attached to the doctrines of social constructivism can find their own way in printing. After all, mass popularity and prevailing fashion are more satisfied when someone says that "normal science is a fairy tale" and that "equal time should be given to competing avenues of knowledge such as astrology, acupuncture, and witchcraft" (28).

The fallacies of these deviant irrationalism doctrines have been clearly exposed by several academic philosophers (29) so that it does not deserve here further comments at all. On the other hand, the study and practice of sound science teach us some important concepts that should be part of the knowledge of every citizen: events in the natural world occur throughs the working out of universal laws of nature and many aspects of them are accesible to human intelligence through theories, models, mathematical equations, general principles, etc. But,

at the same time, there are other unifying principles we do not know up to day and researchers work hard to apprehend them. Thus, we can see that the development of the universe, or the Earth, or a society, or a piece of any material is the result of some sort of law. As a consequence, one begins to understand that humans are also part of the natural world and subject to Nature's laws. The existence and widespread of laws is the main lesson.

¿Is there a real problem associated to the anti-science movements?

Certainly, the anti-science movements represent a very serious problem and they demand a solution (30). Although it may be true that at a given moment "anything goes", in the long run one thing securely goes: objective truth. But, what about the period of time starting at a given moment and the ending of the long run?. The answer is the task that scientists are obliged to undertake themselves. This task comprises several steps, among which I deem the most important ones are:

- The normal making of science according to the standard rules.
- To know about existing deviant science and scientists.
- To engage themselves to educate laymen in every possible way, mainly children.
- To publish general articles about new advances in science and technology.
- To attach their makings to fundamental concepts as objectivity, truth, rationality, and the scientific method.
- To give relevance to formal science education at schools and universities, instead of being totally devoted to fill the pages of the most reknown journals with learned articles on frontier themes.

It is true that these items are by far more easily written than made and there is a social objective reality around us posing strong limitations to undertake some possible remedial actions. Admittedly, we are known (or remain anonymous) in science by whatever papers and books we publish. And to be known means to get funds, to have people working in our laboratory, to be invited to important scientific meetings and so on and so forth. However, the current predicament of science in some political networks is rather low and some nasty drawbacks have arisen (31) showing us that an acute problem exists and

most probably nobody can help science better than scientists themselves.

It is interesting to note the close resemblance existing between quantum mechanics and science with respect to the current status and normal practice on one side, and the interpretation and value assesment on the other one.

Quantum mechanics is today a well established theoretical frame to explain, understand, correlate, and predict facts un Physics and closely related sciences (Chemistry, Biochemistry, Pharmacy, etc). Nevertheless, when one enters into the interpretation realm there appears a host of possibilities an the so called quantum paradoxes arise. Up to day, it has not been possible to find an universally accepted interpretation of quantum mechanics free of paradoxes, although the different proposals declare to be valid on their own way (32-46). This leads us to a disturbing question: do these paradoxes and quite different interpretarions really make up a flaw in our understanding of quantum theory or do they have no sound scientific significance at all? Notwithstanding, these uncertainties and perplexities do not seem to have kept back successful application of quantum theory to the study and development of Physics.

Science relies on exact measurements of regularities in the real (material) world and scientists come to agreement on the basis of facts and experimental results which actually guide the production of scientific knowledge. In this sense, we can see there is an objective reality corresponding to each particular material fact and concomitantly there exists a real truth. The denial of truth and reality in science reduces it to a pointless game, a meaningless exercise, and a destinationless journey. From the philosophical standpoint we can agree that truth and reality are basic concepts which are amenable of further discussion and categorization, but the usual scientific enterprise is based on the objectivity of theory-free and context-transcendent observation. After all, the boiling point of water has been exactly specified, albeit the existence of an eistemological relativism, which, for example, tries to replace truth and objectivity by so odd concepts such as mass popularity, prevailing fashion, scientific establishment decrees, transient vogues, current ideology, and the like.

Conclusion

The aim of this article is merely to show that something is happening with respect to normal and current scientific practice and consideration, and to indicate broadly

some ways to solve it. Now it remains to be seen up to what point we are capable to give a suitable and sensible answer to this state of affairs.

References

1. **Bondi, H.** 1990. *Interdisc*, Science Rev. 15: 310.
2. **Broad, W.J. & N. Wade.** 1982. *Betrayers of the Truth: Fraud and Deceit in the Halls of Science*, Simon and Schuster, New York.
3. **Kohn, A.** 1986. *False Prophets: Fraud and Error in Science and Medicine*, Basil Blackwell, New York.
4. **LaFollete, M.C.** 1992. *Stealing into Print*, University of California Press, Berkeley.
5. **Slezak, P.** 1994. *Science Educat.* 3: 69.
6. _____, *Science Educat.* 3: 265.
7. _____, *Science Educat.* 3: 329.
8. **Feyerabend, P.** 1975. *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*, New Left Books, London.
9. **Bunge, M.** 1991. *Interciencia* 16: 69.
10. **Theocharis, T. & M. Psimopoulos.** 1987. *Nature* 329(6140): 595.
11. **Agassi, J.** 1981. *Science and Society*, Reidel, Dordrecht.
12. **Bernal, J.D.** 1939. *The Social Function of Science*, MacMillan, New York.
13. **Bunge, M.** 1985. *Philosophy of Science and Technology*, Parts I and II, Reidel, Dordrecht.
14. **Merton, R.K.** 1957. *Social Theory and Social Structure*, ed. rev., Free Press, New York.
15. **Rose, H. & S. Rose.** 1969. *Science and Society*, Penguin Press, London.
16. **Bronowski, J.** 1965. *Science and Human Values*, Harper and Row, New York.
17. **Pickering, A.** 1984. Ed., *Science as Practice and Culture*, The University of Chicago Press, Chicago.
18. **Snow, C.P.** 1969. *Two Cultures and a Second Look*, Cambridge University Press, Cambridge.
19. **Castro, E.A.** 1995. *Anal. Soc. Cient. Arg.* 225: 81.
20. _____, 1995a. *Panamer. Newslett.* 7(2): 6.
21. **Gross, P.R.** 1995. *APS News*, February: 8.
22. **Hobson, A.** 1994. *APS News*, December: 5.
23. **Gardner, M.** 1994. *Fads and Fallacies*, Dover, New York.
24. **Castro, E.A.** 1990. *Anal. Soc. Cient. Arg.* 220: 19.
25. _____, 1990. *Rev. Colomb. Cienc.* 17: 805.
26. _____, 1989. *Anal. Soc. Cient. Arg.* 219: 1.
27. **Bunge, M.** 1991. *Phil. Soc. Scienc.* 21: 524.
28. **Broad, W.J.** 1979. *Science* 206: 534.
29. **Stove, D.C.** 1982. *Popper and After: Four Modern Irrationalists*, Pergamon Press, Oxford.
30. **Kantrowitz, A.R.** 1995. *Phys. Today*, January: 55.
31. **Gowing, I.** 1995. *Phys. Today*, April: 65.
32. **Schrodinger, E.** 1935. *Naturwiss.* 23: 823, 844.
33. **Einstein, A.** in **Albert Einstein: Philosopher - Scientist.** 1970. *The Library of Living Philosopher*, edited by P.A. Schilpp, Open Court, La Salle, Illinois.
34. **Bell, J.S.** 1987. *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge.
35. **Bell, J.** 1990. *Phys. World* 3: 33.
36. _____, 1992. *Physikal. Blatter* 48: 267.
37. **Heisenberg, W.** 1927. *Zeitschr. Phys.* 43: 172.
38. _____, 1930. *The Physical Principles of Quantum Theory*, University of Chicago Press, Chicago.
39. **Bohr, N.** 1928. *Nature* 121: 580.
40. **Dirac, P.A.M.** 1958. *The Principles of Quantum Mechanics*, Oxford University Press, London.
41. **Dewitt, B.S. & N. Graham.** 1971. *Am. J. Phys.* 39: 724.
42. **Gribbin, J.** 1984. *In Search of Schrodinger's Cat. Quantum Physics and Reality*, Wildwood House, London.
43. **Herbert, N.** 1985. *Quantum Reality. Beyond the New Physics*, Anchor Books, Doubleday, New York.
44. **Polkinghorne, J.C.** 1984. *The Quantum World*, Longman, London.
45. **Rae, A.I.M.** 1986. *Quantum Physics: Illusion or Reality?* Cambridge University Press, Cambridge.
46. **Wimmel, H.** 1994. *Nuovo Cim.* 109B: 1065.

LA REVISTA *ELECTRONIC JOURNAL OF DIFFERENTIAL EQUATIONS*

por

Alfonso Castro*

Resumen

Castro, A.: La Revista *Electronic Journal of Differential Equations*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21** (79): 125-129, 1997. ISSN 0370-3908

Se presentan las circunstancias que llevaron a la creación de la revista *Electronic Journal of Differential Equations*, EJDE. Se narra el papel de la red Internet, el compilador TeX y otros en la formulación de la EJDE. Se hacen comparaciones entre EJDE y las revistas impresas.

Palabras claves : Revistas científicas electrónicas - Internet - TeX.

Abstract

Here I describe the forces that led to the creation of the EJDE, how it functions, and how it compares to print journals. The role of the Internet, TeX and other developments is discussed.

Key words : Electronic scientific journals - Internet - TeX.

Inicios

La revista *Electronic Journal of Differential Equations* (EJDE) fue creada el 19 de noviembre de 1992. Ese día me reuní con los profesores Julio Guacaneme Dix, Gregory Passty y Ricardo Torrejón con motivo de la festividad conocida como Acción de Gracias en Estados Unidos. Tras ingerir copiosas cantidades de pavo iniciamos una vigorosa discusión acerca de las difíciles circunstancias de las bibliotecas de las Universidades del Estado de Texas debido a los recortes presupuestales y al creciente costo de las revistas científicas. Sin ser ninguno expertos en temas de comunicación o computadores nos propusimos crear una

revista electrónica, aprovechando que casi todas las universidades tenían ya acceso a la red *Internet* y la popularidad del lenguaje TeX en la comunidad matemática. El exceso de comida y bebida debió ciertamente contribuir a tan ambiciosa, y quizás quijotesca, decisión que celebramos con un trago más de aguardiente.

Sabíamos de la existencia de tres servicios electrónicos de comunicación para matemáticos: el *Ulam Journal of Mathematics*, una colección de artículos en el Laboratorio de Los Alamos y otro en la Universidad de Texas, en Austin. Los dos últimos no estaban sujetos al proceso de revisión científica y, en consecuencia, no caben dentro de lo que podríamos llamar revistas científicas. El *Ulam Journal of Mathematics*, generado en universidades del estado de la Florida, es en mi opinión *la primera revista electrónica de*

* Department of Mathematics. University of North Texas. Denton, Texas 76203-5116. e-mail: acastro@unt.edu

matemáticas. En el momento de embarcarnos en la empresa de crear la EJDE no habíamos consultado ninguno de estos tres servicios. Mientras llevábamos a culminación nuestro proyecto nos enteramos de que en la Universidad Kent State (Ohio) se estaba formalizando la creación de las *Electronic Transactions on Numerical Analysis*.

Aunque las dificultades financieras no eran sólo de los matemáticos, la siguiente pregunta se presenta por sí sola: ¿Por qué fueron ellos los primeros en interesarse colectivamente en el desarrollo de las revistas electrónicas? Creo, como veremos en la historia de la EJDE, que la existencia previa del compilador TEX fue un catalizador fundamental.

TEX es un programa desarrollado por el matemático Donald Knuth (de la Universidad de Stanford) que permite producir letras griegas, fórmulas, centrar ecuaciones, dibujar gráficas, etc., usando los caracteres de la máquina de escribir tradicional (caracteres ASCII). En general, TEX permite producir todo lo que haría un linotipista levantando un texto impreso de matemáticas, y mucho más. Sugiero consultar [1] para una primera incursión en el TEX.

Knuth elaboró el TEX pensando en tener un procesador de palabras adecuado para los artículos matemáticos; dudo que hubiera pensado que su trabajo, en pocos años, sería piedra angular del desarrollo de las revistas electrónicas. Debemos anotar que Knuth puso a disposición de todos el TEX gratuitamente desde su introducción. Esto ha facilitado de gran manera que el número de sus usuarios sea muy grande en la comunidad matemática y el que ya haya calado su uso en otras comunidades científicas, es un aspecto fundamental. Hay que mantener presente que los programas de computación son lenguajes, son maneras de comunicación, son idiomas. De hecho, los idiomas que son fáciles de aprender y, especialmente si son gratuitos, son más fuertes y tienen mayores posibilidades de supervivencia.

Para levantar un escrito en TEX se procede de la siguiente manera. Primero se compone, con un procesador de palabras común y corriente, un archivo en el que, por ejemplo, si queremos que aparezca la letra griega Σ escribimos la expresión `\$ \Sigma \$`. Si en vez de poner un signo `$` ponemos dos, al principio y al final de esta expresión, TEX escribe la letra

$$\Sigma$$

desplegada y centrada. Una frase precedida de la instrucción `\ centerline`, obviamente, aparece escrita en el centro del renglón correspondiente. A este archivo se le da la extensión `tex` (por ejemplo, `ensayo.tex`). Luego al pasar el archivo `.tex` por el compilador TEX, éste produce

un archivo de extensión `dvi` y con el mismo nombre que el archivo `.tex`. (por ejemplo, `ensayo.dvi`). El archivo `.dvi` se puede ver en la pantalla o imprimir, si se tienen las fuentes requeridas por el archivo `.dvi`. Si, por ejemplo, queremos que una letra de una fuente aparezca en el archivo `.dvi` sólo tenemos que incluir esta última en el archivo `.tex`. A primera vista, TEX parece rudimentario y complejo. Sin embargo, su utilidad proviene de que sólo depende de caracteres ASCII. Y resulta que desde el punto de vista de transmisión de información estos fueron los primeros que se pudieron llevar de un computador a otro; quizá un rezago del teletipo que había prestado un utilísimo servicio durante muchas décadas.

La red de *Internet* aparece cuando el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, buscando eficiencia en la comunicación entre sus investigadores, crea programas que permiten intercambiar información fácilmente entre computadores personales localizados en lugares distantes. En Internet es posible operar desde un computador (*cliente*) los archivos de otro computador (*servidor*). El cliente y el servidor no tienen que estar conectados de una manera particular, ellos pueden estar comunicándose a través de una serie de "postes telegráficos" electrónicos (*enrutadores*). A través del comando `telnet`, el cliente puede leer, escribir o ejecutar programas contenidos en el servidor, según se los permita éste. El comando `ftp` permite saber qué programas hay en el servidor y copiar programas de un computador a otro. Fue la presencia de estos dos comandos lo que nos entusiasmó a iniciar la EJDE. Un primer vistazo a lo que es la Internet se puede encontrar en [2].

Nuestra idea de cómo hacer la EJDE era muy sencilla: los autores nos enviarían los archivos `.tex` por correo electrónico; los editores solicitaríamos opiniones a evaluadores insistiendo en estándares idénticos al de las mejores revistas impresas; y entonces se pondrían los archivos `.tex` de los artículos aceptados en un servidor. Los usuarios podrían así leer y copiar el archivo `.tex` en sus respectivos computadores para producir su propio archivo `.dvi`, el cual podrían ver e imprimir. Con algunas mejoras, este esquema resultó exitoso y es el que se usa tanto en la EJDE como en las demás revistas electrónicas de matemáticas que han surgido desde 1993.

Elaboramos luego una lista de matemáticos bien reconocidos a quienes les pediríamos formar parte del comité editorial. Ya que Guacaneme Dix, Passty y Torrejón son profesores de Southwest Texas State University (SWT), decidimos hablar con las directivas de esa universidad para obtener el respaldo económico que pudiera dar inicio a la revista. Mis colegas se dirigieron al Presidente (Rector)

de SWT. Éste encontró la idea interesante y ofreció veinte mil dólares para el proyecto. Esto permitió la compra de una computadora IBM-6000, que en su momento presentaba tecnología de punta para un *servidor* pequeño. Llama la atención que un funcionario, probablemente desligado de toda actividad investigativa, recibiera con entusiasmo una idea básicamente sin precedente.

En enero de 1993 presentamos la idea de la EJDE a la *American Mathematical Society* (AMS). La idea tuvo buena acogida; sin embargo, un ejecutivo de la AMS me dijo confidencialmente que una idea similar a la de la EJDE ya se había discutido en la AMS pero que no había recibido suficiente respaldo. Pareciera que organizaciones de vieja data tuviesen dificultades para romper moldes tradicionales. En todo caso, Sam Rankin, subdirector de la AMS, ofreció anunciar la aparición de la EJDE en los *Notices de la AMS* si podíamos conformar un comité editorial de especialistas de primera línea.

La reunión anual de la AMS en San Antonio, Texas (enero de 1993,) fue de vital importancia para la creación de la EJDE. En primer lugar, por el respaldo moral dado por la AMS, incluyendo la promesa de poner una copia de la EJDE en el computador conocido como *e-math*, medio principal de comunicación de la AMS con la comunidad. En segundo lugar, porque David Rodgers, especialista de la AMS en temas de comunicación electrónica, nos brindó amplio respaldo técnico. David nos enteró de dos paquetes que comenzaban a circular y que parecían muy promisorios: *gopher* y *wais*. Además, en la discusión sobre las revistas científicas, el vicepresidente de Springer-Verlag, quizá la mayor editora de libros y revistas matemáticas, expresó que las revistas electrónicas eran mucho más costosas que las revistas impresas. Esta aseveración trajo a los progenitores de la EJDE una reacción de temor al principio y a la postre de desafío. Después entenderíamos por qué esta aseveración, aunque incorrecta en nuestro caso, es válida desde el punto de vista de instituciones con ánimo de lucro.

Yo me encargué de contactar a la mayoría de los posibles miembros del comité editorial. Pensé que era necesario presentarles la idea personalmente o, por lo menos, por teléfono. Sentí que cartas o mensajes electrónicos no me daban la posibilidad de responder con seguridad a las objeciones que aparecerían. Debo decir que encontré excelente respaldo en todas las personas consultadas. Algunas incluso me hicieron caer en cuenta de algunas ventajas de la revista electrónica que no habíamos notado inicialmente sus creadores, a quienes sólo nos motivaba el interés de producir una revista de primera calidad, sin costo alguno para el usuario y de amplísima cobertura.

En febrero de 1993 el Director del Departamento de Matemáticas de la University of North Texas, Dr. John E. Allen, al enterarse del proyecto, me sugirió que habláramos con el vice-decano de ciencias para involucrar a esta Universidad. El vice-decano respaldó la idea y en pocos días teníamos suficientes recursos para tener una estación repetidora de la EJDE en dicha universidad.

La AMS anunció la iniciación de la EJDE en las *Notices* de julio/agosto de 1993. El primer artículo "Lie generators for semigroups of transformations on a Polish space", por J.R. Dorroh y J. W Neuberger, fue presentado a la EJDE 8 de mayo de 1993 y publicado el 27 de agosto de 1993. Este primer artículo fue reseñado en *Mathematical Reviews* (94h, No.47076) por el profesor Jerry Goldstein. En su crítica dice: "Aside from its substantial intrinsic interest, this paper is the very first published in the new Electronic Journal of Differential Equations. The appearance of this journal is an exciting experiment; the mathematical community will eagerly watch its development and the revolution that mathematical research publishing is now undergoing".

Gopher, WWW, Mosaic y Netscape

Las sugerencias de David Rodgers nos llevaron a implementar desde el inicio no sólo *telnet* y *ftp* sino también *gopher*. *Gopher*, una mezcla de *telnet* y *ftp*, nos permitió no sólo que nuestros usuarios miraran el archivo .tex sino que también lo copiaran a través del correo electrónico. Hay que recalcar que al hacer la transmisión por el correo electrónico es necesario que el archivo .tex esté en formato ASCII. Pronto nos dimos cuenta de que la tecnología *Postscript* nos podría ser de mucha utilidad. Este programa permite convertir en un archivo ASCII la gráfica del archivo .dvi producido con la fuente del servidor. Aunque voluminoso, tiene una ventaja de ofrecer a nuestros clientes en una plataforma común bien establecida las gráficas de nuestros artículos. Poco después se popularizaba el *World Wide Webb* (WWW = telaraña mundial), protocolo desarrollado por el Centro de Energía Atómica de las Naciones Unidas (CERN) en Suiza. Este protocolo permite al cliente mirar los archivos gráficos residentes en el servidor si ambos tienen un *visualizador*. Desafortunadamente hasta antes de 1995 prácticamente el único visualizador era *Mosaic*. *Mosaic* fue creado en el Centro de Supercomputación de la Universidad de Illinois. En principio requería que el cliente tuviera un terminal de tipo X (*x-term*), cosa que no era muy popular. Afortunadamente algunos de los científicos del Centro de Supercomputación de la Universidad de Illinois pronto crearían una empresa aparte (*Netscape*) con el propósito de mejorar *Mosaic*

y poner este visualizador a disposición prácticamente en cualquier computador. Su empresa les sería jugosamente remunerada convitiéndolos en acaudalados ejecutivos.

El funcionamiento de la EJDE

Actualmente, en su cuarto año de funcionamiento, la EJDE funciona como nos lo propusimos desde un principio: los autores nos envían el archivo .tex de sus artículos, nosotros los sometemos a proceso de evaluación insistiendo en que la calidad de estos no puede ser inferior a la de las revistas impresas, y luego los artículos aceptados son colocados en nuestros servidores *gopher*, *ftp* y *WWW* en SWT y UNT. Por ejemplo, estando en una cuenta con acceso a Internet basta escribir "gopher ejde.math.unt.edu" (o reemplazar unt por swt) o, si se está en *Mosaic*, basta dar la dirección "http://ejde.math.swt.edu" para entrar al servidor WWW que tenemos en SWT. Además, al final de cada año hacemos tres copias impresas de la EJDE que son indizadas y catalogadas en la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos de Washington, en la Biblioteca de SWT y en la Biblioteca de UNT. Otras bibliotecas como la Biblioteca Especializada de Matemáticas, Física y Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de Santafé de Bogotá, y la del Instituto Courant también mantienen copias impresas de la EJDE.

Las *Electronic Monographs in Differential Equations* (EMDE)

Brevemente quiero mencionar cómo al lado de la EJDE aparecieron las EMDE. De nuevo comienzo por describir el marco económico que acicateó este desarrollo. Sucede que la producción de libros especializados, en particular, libros sobre investigación matemática, tiene un mercado muy reducido; generalmente las bibliotecas de universidades con amplios recursos financieros. En matemáticas se estima que si pueden vender mil quinientos libros la edición es viable. Ya que un alto porcentaje corresponde a bibliotecas y muchas editoriales no están dispuestas a realizar una segunda edición, mucho menos una reimpresión, rara vez se logra hacer una de éstas.

Mi amigo Ralph Showalter, de la Universidad de Texas en Austin, se encontraba en la situación siguiente: la demanda de muchas personas interesadas en copias de su libro *Hilbert Space Methods in Differential Equations* y la negativa de la compañía editorial propietaria de los correspondientes derechos a hacer una segunda impresión. Finalmente ésta decidió devolver sus derechos a Ralph. Él, miembro del comité editorial de la EJDE, quiso saber si la EJDE estaba interesada en hacer algo que volviese

nuevamente accesible su libro a la comunidad. Llegamos a la conclusión de que se necesitaba un sitio en donde colocar documentos apetecidos y apreciados por la comunidad, pero cuya publicación como libro impreso es poco viable por razones de tipo económico, principalmente. Fue así como paralelamente a la EJDE creamos las EMDE. Allí está en primer lugar de aparición el libro de Ralph, obsequio suyo a aquél interesado en tener gratuitamente una copia de un libro de reconocida calidad. Esperamos publicar otras monografías o libros que de otra forma serían inaccesibles o nunca se darían a luz.

Revistas electrónicas vs. revistas impresas

Veamos algunas de las ventajas de la EJDE, y de cualquier revista electrónica con el mismo formato, sobre las revistas impresas.

1. Tiempo de Publicación : Ya que cada artículo se publica casi tan pronto como se acepta, recortamos en un promedio de dos años el tiempo que transcurre entre la presentación de un artículo a una revista y su eventual publicación (el famoso *backlog*).

2. Diseminación : Ya que el acceso a la EJDE es gratuito y el Internet llega prácticamente a todo el mundo, la información tiene un cubrimiento virtualmente universal. Después de todo, lo que los productores de teoremas queremos es que alguien lea nuestros trabajos.

3. Dinamismo del archivo: Una vez publicado un artículo no permitimos cambios. Sin embargo, estamos dispuestos a adicionar comentarios pertinentes en archivos que van en el mismo volumen. Esto permite, por ejemplo, hacer notar desarrollos posteriores en los que el trabajo es relevante (otros resultados, software, etc.).

4. Hipertexto: Referencias bibliográficas que se encuentren archivadas electrónicamente pueden ser anotadas con las correspondientes instrucciones para ser llamadas automáticamente. Es decir, que al consultar electrónicamente un artículo podemos ver todos los artículos que estén citados en el primero y que se encuentren también en la Internet.

5. Publicación de programas computacionales: La implementación de algo para su uso en el computador requiere muchas veces de largos programas (en Fortran, Pascal, etc.), muchas veces del orden de cientos de líneas. No es práctico publicar dichos programas en revistas impresas, pues verificar su validez requiere volver a copiar a mano el programa antes de hacerlo correr en un computador. Sin embargo, con el uso de cortar y pegar en los editores de texto, cada usuario puede copiar y verificar

independientemente en su computador la calidad del programa publicado.

6. Gráficas y Extensión de la narrativa: Por razones de costos, las revistas impresas han desestimado la publicación de gráficas como también de explicaciones que no puedan parecer estrictamente esenciales. Afortunadamente el costo de memoria del computador es suficientemente bajo para permitirnos, por el contrario, estimular explicaciones a través de gráficas y un estilo menos severo y conciso.

7. Espacio físico: Con la multiplicación del conocimiento y, por ende, de las revistas impresas, se ha llegado a una situación de crisis en cuanto a los espacios físicos suficientes para albergar el correspondiente material. Afortunadamente la revista electrónica ocupa un espacio físico muy pequeño. Por ejemplo, en un disco compacto caben del orden de treinta mil páginas de matemáticas en TEX. Además con la popularización del disco compacto óptico esta capacidad podrá multiplicarse por diez.

De hecho, son muchas otras las posibilidades adicionales que podríamos implementar y que harían ver aún más grande la diferencia entre las revistas electrónicas y las impresas.

Afortunadamente en los últimos años importantes desarrollos tecnológicos nos han permitido mejorar nuestro cubrimiento. Quiero enfatizar el uso de *espejos* (mirrors). Los espejos, como su nombre lo indica, son copias de los archivos de un servidor en otro. Aunque antes de que activamente buscáramos que otras instituciones crearan espejos de la EJDE en sus servidores, ya IBM y la Universidad de Wisconsin nos habían pedido permiso para hacer espejos de la EJDE. Fue a partir de junio de 1994 que buscamos activamente el desarrollo de tales espejos. Llegamos a la conclusión de que tales espejos eran necesarios cuando, en visitas a Kuwait y Escocia, pude darme cuenta de que el tráfico en la Internet ya hacía casi imposible llevar el archivo *postscript* de los artículos en la EJDE de Texas a Europa o Asia. Estuvimos de acuerdo con los colegas de la Universidad Herriot-Watt de poner un espejo en dicha universidad. Posteriormente también pusimos sendos espejos en la República Checa, la Unión Matemática Europea y Portugal. Estamos en proceso de poner espejos en la Universidad de Campinas (Brasil) y en la Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín.

Los espejos definitivamente han cumplido su cometido. Sin embargo, hemos perdido control sobre quiénes son nuestros usuarios. Cuando no teníamos espejos bastaba con mirar los registros de usuarios en los servidores de Southwest Texas State University y de University of

North Texas. Para tener una idea del número de usuarios, basta anotar que del 2 al 30 de abril de 1995 hubo más de tres mil quinientas conexiones al servidor de la EJDE en UNT, incluyendo usuarios de prácticamente todos los países europeos, Estados Unidos, y China. Estos números son muy significativos si se tiene en cuenta que en un mes con dos servidores se registraban al rededor de siete mil entradas. Estimo que cada artículo publicado en la EJDE es consultado por más de cinco mil usuarios durante el mes siguiente a su publicación. Es decir, dentro de unos seis meses de haber sido presentado para publicación. Creo que esta prontitud y este volumen de lectores es imposible de alcanzar en las revistas impresas.

El sólo hecho que la EJDE siga funcionando es motivo de gran satisfacción para sus creadores. También me llena de orgullo que otros hayan decidido iniciar revistas electrónicas esencialmente basadas en el modelo de la EJDE. En particular, me agrada ver que la *Revista Colombiana de Matemáticas* haya decidido poner sus archivos en un servidor que hoy la hace accesible desde prácticamente cualquier parte del mundo en un formato muy similar a la EJDE. Felicito a las directivas de la *Revista Colombiana de Matemáticas* por su visión futurista. Espero que pronto otras comunidades sigan este ejemplo.

Además mensajes como "En mi opinión esto (la EJDE) es lo mejor que he encontrado en la Internet. Como matemático que vive en un lugar apartado esto (la EJDE) es lo mejor que he encontrado. Mantengan ese maravilloso trabajo" (el original dice: "As far as I'm concerned this is the best thing that I have found on the Internet. As a mathematician in the middle of nowhere I find this the greatest! Keep up the wonderful work".) me convencen aún más de que la EJDE ha llegado para quedarse.

Reconocimiento

Quiero expresar mi gratitud al profesor Rodrigo de Castro del Departamento de Matemáticas y Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Santafé de Bogotá, por su cuidadosa lectura del primer borrador de este artículo como también por sus valiosas sugerencias.

Bibliografía

1. Castro, R. de, 1993. "Introducción al TEX", Santafé de Bogotá : Universidad Nacional de Colombia.
2. Kroll, E. 1995. "Conéctate al mundo de INTERNET", O'Reilly and Associates, Inc.
3. *Notices of the American Mathematical Society*, Volumen 40, July/August 1993, págs. 646 - 647.

THREE NEW FROGS (*ELEUTHERODACTYLUS*: LEPTODACTYLIDAE) FROM CLOUD FORESTS IN EASTERN DEPARTAMENTO CALDAS, COLOMBIA

por

John D. Lynch* & José Vicente Rueda-Almonacid**

Resumen

Lynch, J. D. & J. V. Rueda-A.: Three new frogs (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from cloud forests in eastern Departamento Caldas, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **21**(79): 131-142, 1997. ISSN 0370-3908

Se nombran tres especies nuevas del género *Eleutherodactylus* de la ceja andina de la vertiente oriental de la cordillera Central en el Departamento de Caldas. Estas especies son un parte de una fauna grande de aquellos bosques. De un transecto entre 600 y 2600 m.s.n.m., se encuentran 32 especies de *Eleutherodactylus*, la mayoría de la cual se encuentran en bosques entre 1700 y 2250 m.s.n.m.

Palabras claves: Amphibia, biodiversidad, bosques nublados, Colombia, *Eleutherodactylus*, especies nuevas.

Abstract

Three new species of the genus *Eleutherodactylus* are named from cloud forests on the eastern slopes of the Cordillera Central in Departamento Caldas, Colombia. These three species are a part of a large fauna of frogs from those forests. In a transect between 600 and 2600 m, 32 species of *Eleutherodactylus* were found, the majority of which were found in forests between 1700 and 2250 m.

Key words: Amphibia, Biodiversity, Cloud forests, Colombia, *Eleutherodactylus*, New species.

* School of Biological Sciences, the University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68588 USA

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

Introduction

In July 1992, JVR made initial collections in what would come to be known in the herpetological community as the bosques andinos de Florencia (Caldas). He revisited the region four more times (1992—1994), collecting primarily at higher elevations (1500—2650 m). Collecting at about 1750—1950 m at a site known as El Estadero, Rueda obtained eight species of *Eleutherodactylus* for which names are available [*E. babax* Lynch, *E. cabrerai* Cochran & Goin, *E. dorsopictus* Rivero & Serna, *E. erythropleura* (Boulenger), *E. mantipus* (Boulenger), *E. ruizi* Lynch, *E. thectopternus* Lynch, and *E. w-nigrum* (Boettger)] and many more species that lack names. During the same period, other biologists from the Instituto de Ciencias Naturales (Olga Castaño, Mariela Osorno, Pedro Ruíz, and Claudia Vélez) made collections at lower elevations in the watershed of the río La Miel (ca 600—1500 m).

Our initial study of the material reveals that 32 species of *Eleutherodactylus* were collected along the transect from Norcasia (ca 600 m) to ridges between Arboleda and Pensilvania (2450 m). Only four species of *Eleutherodactylus* were found at the lowland sites [*E. gaigei* (Dunn), *E. raniformis* (Boulenger), a species of the *diasstema* group, and a species of the *E. taeniatus* complex]. The remaining 28 species are primarily from the very mesic forested ridges (1750—2450 m) in the triangle formed by Arboleda, Florencia, and Pensilvania (Fig. 1). Such diversity at high altitudes is without parallel and substantially exceeds that reported by Lynch (1996a) and Ruíz et al. (1996) for sites on the Cordillera Occidental. This level of diversity also exceeds the richest lowland sites known in Amazonia (Lynch, 1980a) and in the chocoan lowlands (Lynch, 1979, 1980b). In addition to the ten named species mentioned above, *E. maculosus* Lynch, *E. permixtus* Lynch, Ruíz & Ardila, and *E.*

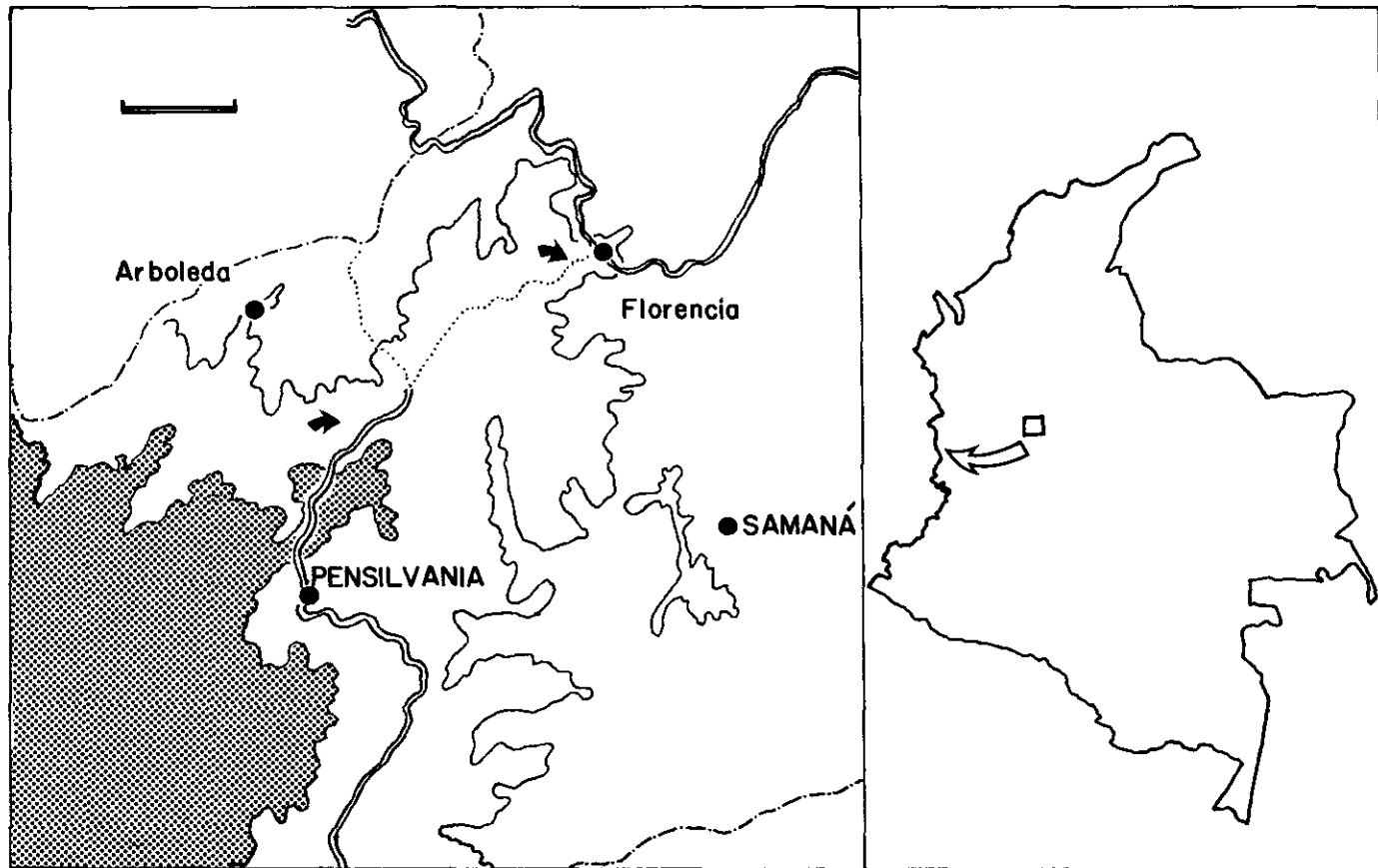


Figure 1. Map of eastern Departamento Caldas showing approximate locations of collection sites (solid arrows). Stippled area is above 2500 m. The other contour line is at 1500 m. Roads are double lines, trails are dashed.

uranobates Lynch were found at sites between 2000 and 2650 m. The remaining 19 species appear to be undescribed.

Materials and Methods

Specimens were measured to the nearest 0.1 mm using dial calipers under magnification. In the following accounts, the following abbreviations are used: ICNMHN (amphibian collection, Instituto de Ciencias, Museo de Historia Natural), E-N (eye to nostril distance), HW (head width), and IOD (interorbital distance). Means are reported as + one standard error of the mean.

Eleutherodactylus lichenoides sp. nov. Fig. 2

Holotipo. ICNMHN 37205, one of a series collected 3 November 1994 by César Barbosa and J. Vicente Rueda (original field number VR 4833).

Type-locality. COLOMBIA, Departamento de Caldas, Municipio de Pensilvania, Km 24 de la via Pensilvania - Arboleda, sitio «Puerto Suarez», por la trocha que con-

duce a Florencia, Caldas, 2150 m.s.n.m. Approximately 5 25' N, 75 10' W.

Paratypes. ICNMHN 37171-85, topotypes taken with holotype; ICNMHN 37186-87, collected from type-locality 6 Nov., 1994, between 2000 and 2150 m; ICNMHN 37189-99, collected from a stream below the finca of señor Segundo Zuluaga, near type-locality, 8 Nov., 1994; ICNMHN 37200-04, collected along a transect of three streams in vicinity of type-locality, 2450-2600 m.s.n.m., 9 Nov. 1994; ICNMHN 36546-47, collected along trail beginning at Km 18 (Pensilvania-Arboleda road) toward Arboleda, ca 2000-2450 m.s.n.m., Nov. 1994.

Etymology. Greek (*leichen* + *oides*) meaning resembling lichens. The name is used in two meanings. Firstly, the dorsal coloration reminds us of some muted lichens we have seen on rocks and/or tree trunks, and, secondly, these frogs are usually found plastered to rock surfaces and appear to be lichens growing upon the rock faces.

Diagnosis. (1) skin of dorsum bearing low granules, no dorsolateral folds, that of venter coarsely areolate; (2)

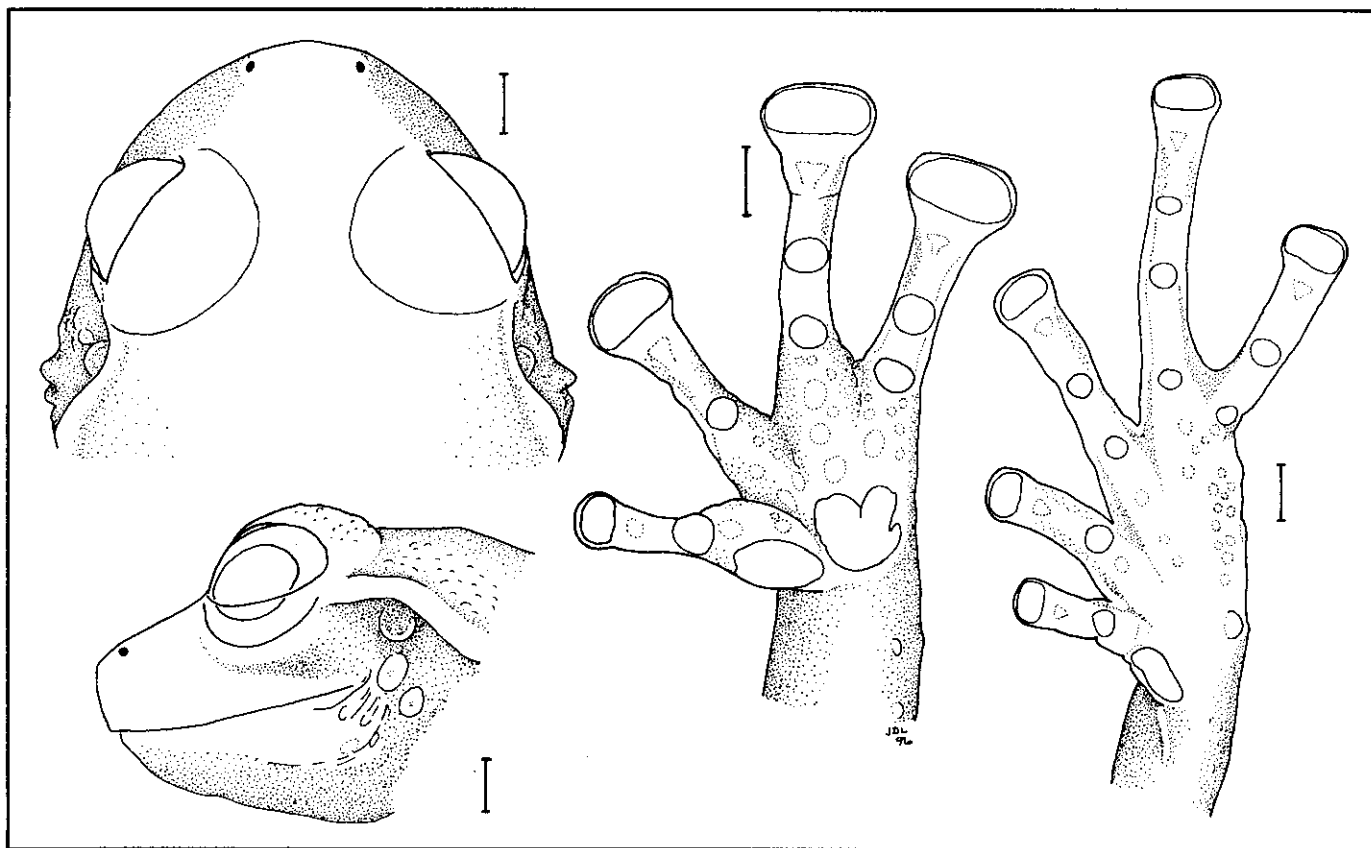


Figure 2. *Eleutherodactylus lichenoides* sp. nov. Head and hand (ICNMHN 37201); foot (ICNMHN 37202). Scales equal 2 mm.

tympa-num small, 1/5 to 1/4 length of eye, partially concealed; (3) snout short, round in dorsal view, subtruncate in lateral profile; canthus rostralis rounded; (4) upper eyelid width greater than IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores oval in outline; (6) males lacking nuptial pads and vocal slits; (7) first finger shorter than second, large round discs on outer fingers; (8) fingers bearing fleshy lateral fringes; (9) series of small ulnar tubercles; (10) small tubercles on heel and outer edge of tarsus; short inner tarsal fold present; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, about 5 X size of outer; numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes bearing fleshy lateral fringes, basal webbing; fifth toe much longer than third; (13) dorsum brown with darker mottling (little indication of pattern), venter cream with brown mottling/reticulation; posterior surfaces of thighs brown with occasional cream flecks; (14) adults moderate-sized, males 26.0-31.6 (\bar{x} = 29.7 + 0.3) mm SVL, females 33.5-41.8 (\bar{x} = 39.3 + 0.5) mm SVL.

Eleutherodactylus lichenoides is a species of the *diaphonus* group (Lynch and Ruiz, 1996) most similar to *E. albericoi* but differing in being much larger, having more widely separated vomerine odontophores (not juxtaposed), and having small outer tarsal tubercles, and in lacking tubercles on the upper eyelids and nuptial pads and vocal slits in males.

Description. Head as wide as body, wider than long; HW 38.8-41.8 (\bar{x} = 40.2 + 0.2)% SVL in males, 38.0-41.4 (\bar{x} = 40.0 + 0.3)% in females; snout round in dorsal view, subtruncate in lateral profile (Fig. 2); E-N 74.3-87.5 (\bar{x} = 80.2 + 1.0)% eye length in males, 88.0-97.7 (\bar{x} = 91.7 + 0.8)% in females; nostrils protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis rounded; loreal region concave, sloping gradually to swollen upper lips; upper eyelid bearing minute tubercles; no cranial crests; upper eyelid width 100.0-145.4 (\bar{x} = 117.4 + 3.3)% IOD in males, 92.5-140.6 (\bar{x} = 107.8 + 3.6)% in females; supratympanic fold thick, ending above insertion of arm; tympa-num round, upper edge hidden by supratympanic fold, separated from eye by distance ca 1.5 times tympa-num diameter, in a depression on side of head (not superficial); tympa-num 18.2-22.7 (\bar{x} = 20.3 + 0.4)% eye length in males, 19.2-26.7 (\bar{x} = 23.1 + 0.8)% in females; two large subconical postrictal tubercles; choanae round, not concealed by palatal shelf of maxillary arch when roof of mouth is viewed from directly above; vomerine odontophores median and posterior to choanae, oval, separated medially by nearly width of an odontophore, bearing transverse rows of 4-5 teeth in males, 4-7 teeth in females; tongue oval in outline, longer than wide, poste-

rior border notched, posterior 1/4 not adherent to floor of mouth; no vocal slits in adult males.

Skin of dorsum bearing low granules, especially evident on lower back and flanks (skin of head nearly smooth); flanks and ventral surfaces bearing coarse granules; discoidal folds prominent, well anterior to groin; anal opening just below top level of thighs; series of low ulnar warts along outer edge of forearm; palmar tubercle bifid, ca twice size of oval thenar tubercle; numerous supernumerary palmar tubercles, largest at bases of fingers; subarticular tubercles broader than long (distal tubercle of Finger IV almost bifid); thick lateral keels on fingers; discs round, about twice width of digit below disc on outer fingers; disc of thumb only slightly expanded; first finger shorter than second; base of thumb swollen in males, no nuptial pad.

Nonconical tubercle on heel and minute outer tarsal tubercles; thickened fold on inner edge of tarsus just proximal to and touching inner metatarsal tubercle; inner metatarsal tubercle about 2.5 times as long as wide, about five times size of low outer metatarsal tubercle; numerous low supernumerary plantar tubercles, including more prominent ones at bases of toes; fleshy lateral fringes on toes, coalescing as basal webbing (Fig. 2); toe discs round, slightly smaller than discs of outer fingers; third toe reaches 2/5 - 1/2 way between penultimate and distal subarticular tubercles of toe IV; toe V reaches to distal border of distal subarticular tubercle of toe IV; heels touching when flexed hindlimbs are held perpendicular to sagittal plane; shank 48.7-55.8 (\bar{x} = 52.2 + 0.4)% SVL in males, 49.6-55.7 (\bar{x} = 52.1 + 0.6)% in females.

Dorsum brown with darker mottling; ochre blotch on midline above arms (occasionally, another ochre blotch is above the vertebrae, appearing as a loose stripe); area in front of the place where an interorbital bar is expected is paler than rest of dorsum but same color; prominent dark brown canthal-supratympanic stripe and labial bars; limb bars diffuse, generally narrower than interspaces; venter dirty cream with brown mottling or reticulum; concealed surfaces of limbs and groin gray-brown with occasional cream flecks.

In life, *E. lichenoides* is dark green to pale olive above with even darker (dark green to almost black) mottling with rust or beige scapular (and vertebral) blotches; markings on the side of the head are black; lips are burnt yellow with black labial bars; flanks are creamy-yellow with sepia reticulation; groin and concealed surfaces of the limbs are brown; throat is yellowish and the abdomen is pale yellow to pale brown with sepia to gray reticulation;

the iris is dark coppery brown; digital disks are whitish. [Color notes from field notes of Jose V. Rueda, 3-8 November 1994].

Measurements of holotype in millimeters. SVL 40.4, tibia 20.2, HW 15.6, head length 12.9, chord of head length 14.5, upper eyelid width 4.0, IOD 3.5, tympanum length 1.1, eye length 5.1, E-N 4.7.

Natural history. Most of the specimens, and all of the adults, were found on wet slate and other rocks along well-shaded streams. Smaller individuals were found on vegetation along the side of the streams. The field notes report that the frogs occupy the same microhabitat as *Centrolene geckoideum*. The largest juvenile female (ICNMHN VR5005) is 34.3 mm SVL and the only young female (ICNMHN VR4837) is 37.6 mm SVL. One male (ICNMHN VR4921) might be immature (27.5 mm SVL) because his testes are small and not swollen.

Remarks. The discovery of *E. lichenoides* on the eastern slopes of the Cordillera Central is surprising because the other three species are known only from the western flanks of the Cordillera Occidental (Choco - Cauca) (Fig. 3). Lynch and Ruiz-C (1996) suspected that

the distribution of those species reflected a microhabitat association rather than simply altitude and the discovery of *E. lichenoides* appears to corroborate that view. All four species are frogs found on wet rock faces in well-forested regions. *Eleutherodactylus lichenoides* occurs at higher elevations than do the other three species (980 - 1560 m).

Eleutherodactylus tribulosus sp. nov. Figs. 4-6

Holotype. ICNMHN 37169, an adult female collected 6 November 1993 by J. Vicente Rueda (original field number VR 4083).

Type-locality. COLOMBIA, Municipio Samana, corregimiento de Florencia, sitio «El Estadero», ca 6 km SW Florencia, 1950 m.s.n.m. Approximately 5 31' N, 75 04' W.

Paratype. ICNMHN 36559, an adult female collected along a trail beginning at Km 18 (carr. Pensilvania - Arboleda) and moving toward Arboleda, 2000 - 2450 m.s.n.m.

Referred specimen. ICNMHN 37170, Municipio Pensilvania, Km. 24 via Pensilvania a Arboleda, 2000 - 2150 m.s.n.m.

Etymology. Latin, meaning thorny, in reference to the abundance of tubercles covering the upper surfaces of the frog.

Diagnosis. (1) skin of dorsum finely shagreen with heavy paravertebral folds and numerous conical tubercles, that of venter areolate; (2) tympanum 2/5-1/2 eye length; (3) snout long, acuminate in dorsal view, protruding in lateral profile; canthus rostralis sharp; (4) upper eyelid about as wide as IOD, bearing one large and several small conical tubercles; low cranial crests present, ending in bony knobs; (5) vomerine odontophores oval, not greatly elevated; (7) first finger shorter than second, bearing relatively narrow round discs; (8) fingers bearing narrow lateral keels; (9) row of large ulnar tubercles, including one on elbow; (10) heel bearing large calcar; conical tubercles on underside of tarsus; tubercles along inner and outer margins of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, 4X size of outer; numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes long, lacking lateral keels and webbing; fifth toe longer than third but not reaching distal subarticular tubercle of Toe IV; (13) dorsum cream, reticulated with gray, bearing black flecks outlining dorsal markings, venter cream with faint brown reticulum; pigmentless areas in groin and on concealed surfaces of limbs; (14) two adult females 26.5 mm SVL.

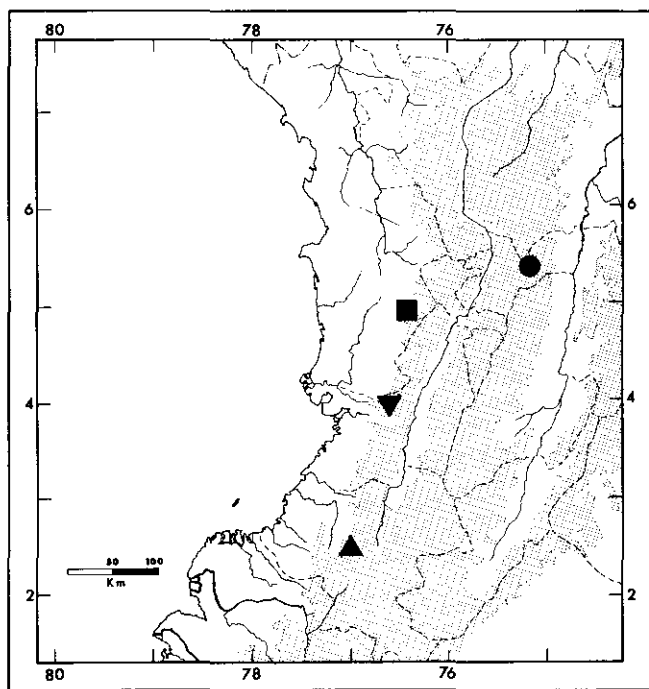


Figure 3. Map of western Colombia (stippled areas above 1000 m) showing distributions of *Eleutherodactylus albericoi* (square), *E. diaphonus* (inverted triangle), *E. diogenes* (triangle), and *E. lichenoides* sp. nov. (circle).

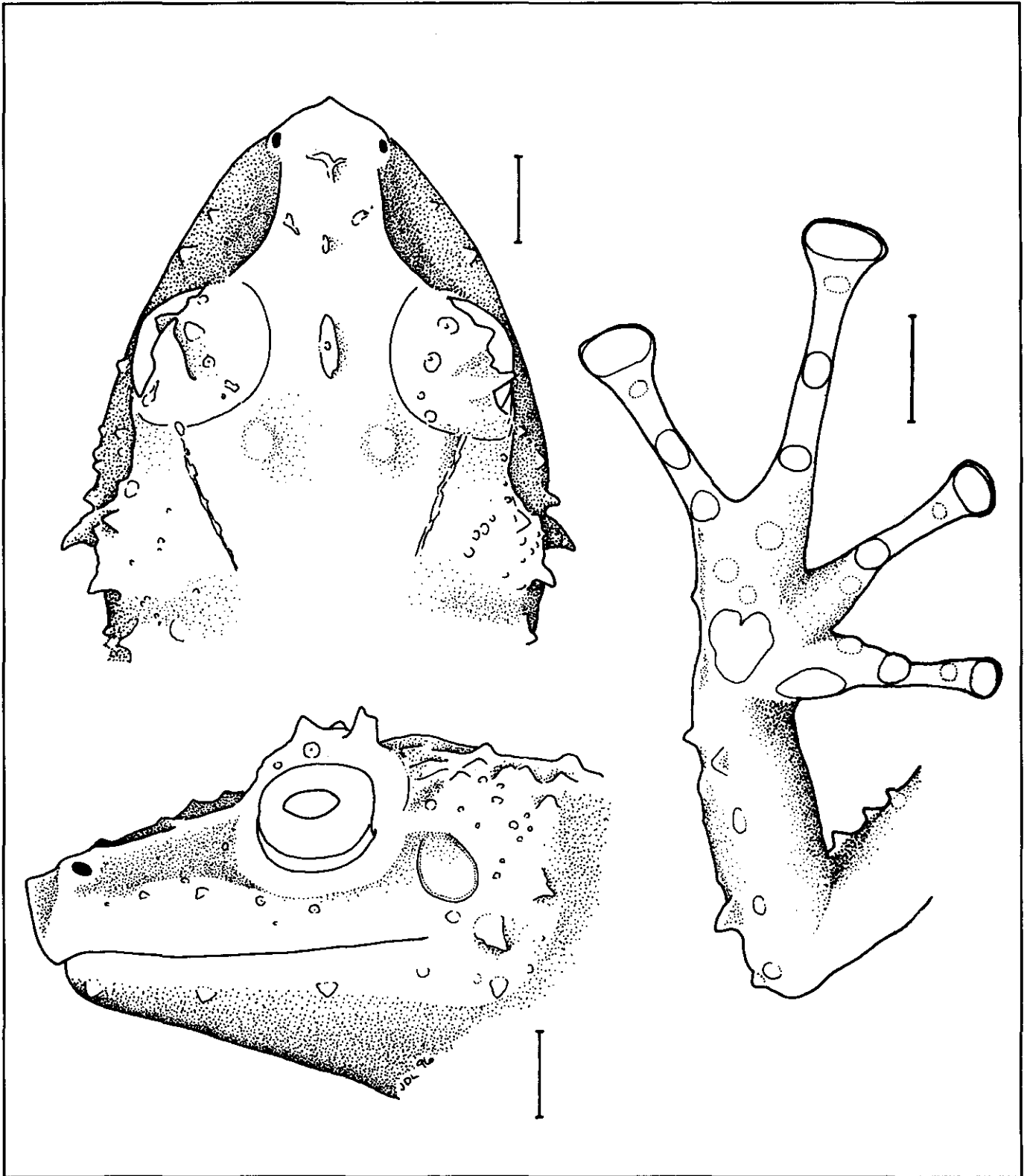


Figure 4. *Eleutherodactylus tribulosus* sp. nov. (ICNMHN 37169). Scales equal 2 mm.

Eleutherodactylus tribulosus is most similar to its sister-species, *E. galdi*, but differs in being smaller, having bony projections on the top of the skull not incorporated into the cranial crests, having cranial crests that project laterally (rather than dorsally), and in lacking scattered large tubercles on the venter.

Description. Head slightly narrower than body, longer than wide; HW 38.1-41.1% SVL; snout acuminate in dorsal view with papilla at tip, protruding in lateral profile; snout long, E-N 119.4-129.0% eye length; nostrils protuberant, directed laterally; canthus rostralis sharp, straight anteriorly, concave posteriorly; loreal region strongly concave with abrupt slope near canthus rostralis; lips flared; upper eyelid bearing large conical tubercle on posterior third (Fig. 4) and 3-4 smaller conical tubercles over rest of surface; upper eyelid width 80.0-108.3% IOD; low cranial crests present, directed dorsolaterally over fat deposits medial to eyeballs, ending in pair of bony tubercles; supratympanic fold obsolete; tympanum higher than long, its length 38.7-48.4% eye length, separated from eye by distance equal its own length; temporal region swollen; postrectal tubercles conical, more posterior one elongate; choanae oval, longer than wide, not concealed by palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores just posterior to posterior edges of choanae, oval in outline, about half the size of a choana, separated medially by distance equal 1/2 width of an odontophore, bearing 3-4 teeth in slightly arched row; tongue slightly longer than wide, posterior edge not adherent to floor of mouth, not notched.

Dorsum finely shagreen with prominent scapular folds [$><$]; chevron-shaped sacral ridges present; conical tubercles along areas above ilia and onto flanks; flanks covered with many nonconical and conical warts; subconical tubercles on side of head, top of snout (including a large one between eyes), over temporal region, and along ventrolateral margin of mandibles; upper surfaces of limbs with mixture of conical and subconical tubercles; no anal sheath; throat and venter coarsely areolate; discoidal folds faint, well anterior to groin; blade-like conical ulnar tubercles including smaller tubercle on elbow (Fig. 4); palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; numerous supernumerary palmar tubercles; subarticular tubercles round, nonconical; thin lateral keels on long slender fingers; fingers bearing round discs, smallest on thumb; first finger shorter than second.

One or two conical tubercles on knee; heel bearing long calcar; 2-3 nearly so large tubercles on underside of

tarsus (Fig. 5); 1-2 nonconical tubercles along inner edge of tarsus; small, subconical tubercles along outer edge of tarsus and onto postaxial surface of foot; inner metatarsal tubercle 2 1/2 times as long as wide; outer metatarsal tubercle subconical, 1/4 size of inner; numerous supernumerary plantar tubercles, largest at bases of toes; subarticular tubercles round to longer than wide, nonconical; toes lack lateral keels; toes long and slender with round discs (smaller than those of outer fingers); tip of toe III reaches to middle of penultimate subarticular tubercle of toe IV, tip of toe V reaches about 2/3 of the way between penultimate and distal subarticular tubercles of toe IV; heels overlapping when flexed hindlegs held perpendicular to sagittal plane; shank 57.0-60.8% SVL.

Dorsum cream reticulated with gray; scapular folds cream; dorsal markings indicated by black flecks (sacral chevron, scapular reverse parentheses, interorbital bar, inguinal spots); limb bars oblique on shank, narrower than interspaces; canthal-supratympanic stripe and two subocular bars brown with black flecks; vague blotches on upper flanks; cream raphe on throat, brown blotches along margins of lower jaw; venter faintly reticulated with brown; pigmentless area in groin and anterior surfaces of thighs, on posterior surfaces of thighs, and on underside of shank (latter bearing some brown reticulation).

In life, *E. tribulosus* is moss green above with a diffuse brown pattern; limbs banded reddish-brown; labial bars diffuse brown; flanks uniform green; groin and anterior surfaces of thighs yellowish-green; throat, breast, and anterior venter pale gray with fine cream flecks; posterior abdomen and undersides of limbs very pale yellow; upper half of iris pale green, lower half golden-yellow with black lines (J. Vicente Rueda field notes, 11 Nov., 1993).

Measurements of holotype in millimeters. SVL 26.5, tibia 15.1, HW 10.1, head length 10.8, chord of head length 11.9, upper eyelid width 2.4, IOD 3.0, tympanum length 1.5, eye length 3.1, E-N 4.0.

Natural history. Only three specimens of this striking species have been found. Two are adult females and the third is a juvenile male, 11.6 mm SVL. The holotype was found sitting on a leaf about 50 cm above the ground in secondary forest.

Remarks. *Eleutherodactylus tribulosus* is of interest in part because it is such a striking frog (green, bearing many conical tubercles) but primarily because it appears to be the sister species of *E. galdi* (Jimenez de la Espada) known from the Amazonian slopes of the Andes in Ecu-

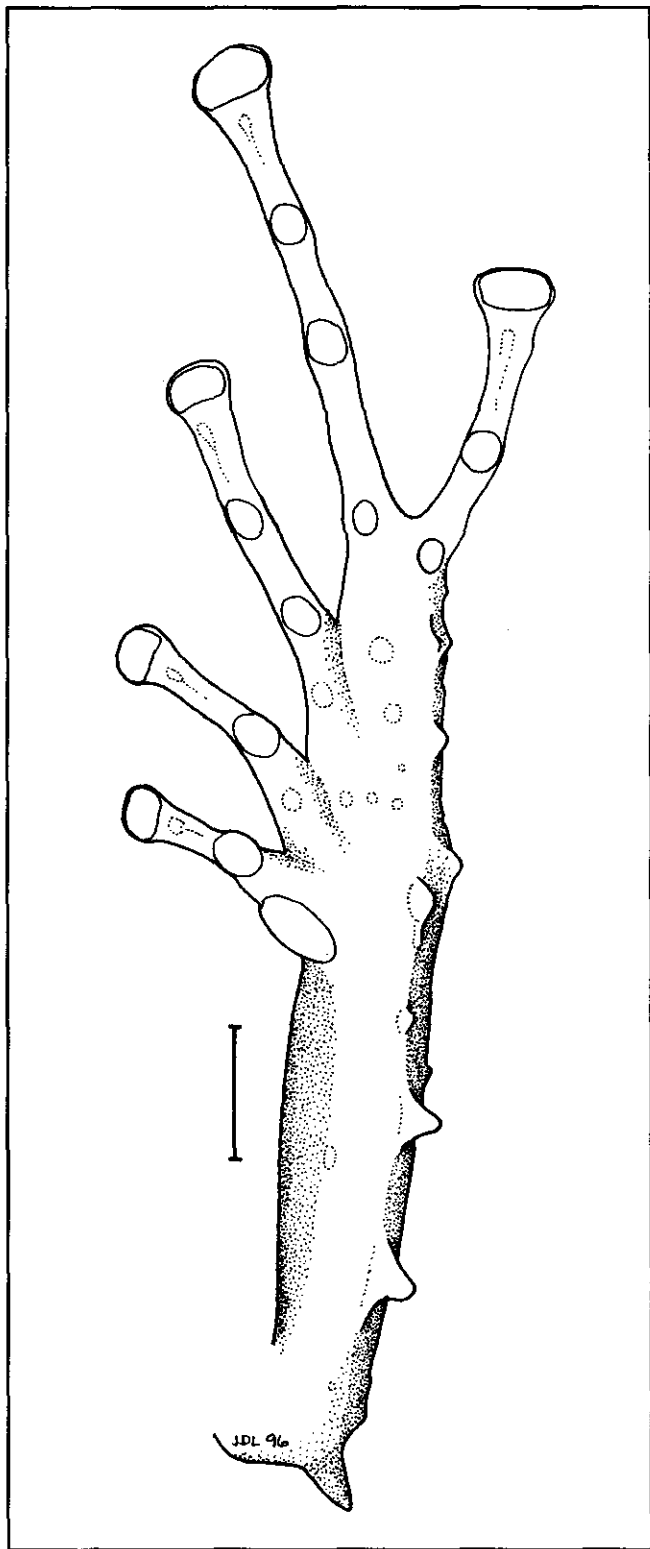


Figure 5. Foot of *Eleutherodactylus tribulosus* sp. nov. (ICNMHN 37169). Scale equals 2 mm.

dor (Lynch, 1996b). The crania are readily separated because the bony tubercle posteromedial to the eye in *E. tribulosus* (Fig. 6) is not incorporated into a cranial crest as it is in *E. galdi* (Lynch, 1971:147). The free-standing bony tubercle of *E. tribulosus* appears to be the homologue of the posterior end of the cranial crest in *E. galdi*. In *E. tribulosus* the cranial crests are otherwise difficult to detect externally (in contrast to *E. galdi*) and are oriented dorsolaterally rather than vertically. Additionally, in *E. tribulosus* the tubercles on the squamosal are very low (unlike in other species of the *galdi* group) and the zygomatic ramus is markedly deeper than in the other three species (Fig. 6). *Eleutherodactylus tribulosus* has the

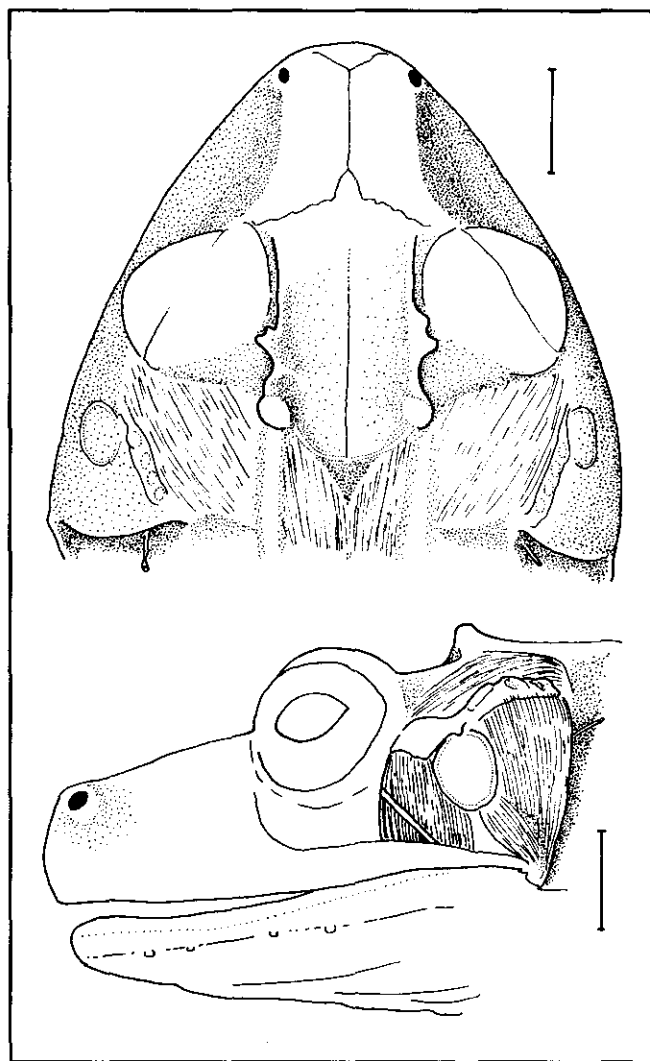


Figure 6. Skinned head of *Eleutherodactylus tribulosus* sp. nov. (ICNMHN 36559) showing arrangements of skull bones and jaw musculature. Scales equal 2 mm.

plesiomorphic condition of the sacrum (articulating with the next anterior vertebra). The relationships of the four species of the *E. galdi* group, as presently understood, are [(*galdi tribulosus*)(*delicatus douglasi*)]. The impressive geographic disjunctions noted by Lynch (1996b) remain impressive but one might expect to find either *E. galdi* and/or *E. tribulosus* distributed along the eastern flanks of the Cordillera Central in departamentos Huila and Tolima if forest remnants persist in those areas. With the discovery of *E. tribulosus* on the Cordillera Central, there appears to be little likelihood that *E. galdi* will be found along the Cordillera Oriental. We have recently verified the presence of *E. douglasi* on the Serrania de los Motilones (municipio La Jagua de Ibirico, Departamento de César), narrowing the distributional gap between that species and *E. delicatus*.

Eleutherodactylus veletis sp. nov. Fig. 7

Holotype. ICNMHN 37206, an adult female, one of a series collected 6 November 1994 by Humberto Piñeros, Fabio Quevedo, and J. Vicente Rueda.

Type-locality. COLOMBIA, Departamento de Caldas, Municipio de Pensilvania, Km 24 carretera Pensilvania a Arboleda, por una troche que conduce a Florencia, Caldas, sitio «Puerto Suarez», 2000-2150 m.s.n.m.

Paratypes. ICNMHN 37212-18, topotypes taken with holotype; ICNMHN 36538-40, Municipio de Pensilvania, Km 18 (carr. Pensilvania a Arboleda) hacia la Arboleda, 2000-2450 m.s.n.m.; ICNMHN 37207-08, Municipio de Samana, corregimiento de Florencia, ca 6-10 km SW Florencia, ICNMHN 37209, sitio El Estadero, 1850 m.s.n.m., ICNMHN 37210-11, sitio El Estadero, 1950 m.s.n.m.

Referred specimens. ICNMHN 37220 (taken with holotype); ICNMHN 37219, 37221 (Caldas, Samana, correg. Florencia, zona del Rancho Quemado y El Estadero).

Etymology. Latin, a skirmisher; the name is used in allusion to the color pattern which reminded the collectors of the camouflage clothing preferred by the guerillas who are also endemic to these forested regions. Furthermore, the chin pattern (Fig. 7) resembles loosely the chevrons seen on the sleeves of some military persons.

Diagnosis. (1) skin of dorsum smooth, lacking dorsolateral folds, that of venter areolate; (2) tympanum round, 1/3 to 2/5 eye length; (3) snout long, subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; canthus rostralis prominent; (4) upper eyelid relatively narrow, bearing conical tubercle; no cranial crests; (5) vomerine odonto-

phores prominent, oval to subtriangular in outline; (6) males with nuptial pads, lacking vocal slits; (7) first finger shorter than second, outer fingers bearing round discs; (7) fingers long, slender, bearing narrow lateral keels; (9) no ulnar tubercles except antebrachial; (10) minute tubercles on heel, outer edge of tarsus and inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, 6-8 X size of outer; (12) toes long and slender, bearing lateral keels but no webbing; fifth toe longer than third but not reaching distal subarticular tubercle of Toe IV; (13) Dorsum gray with dark brown markings edged with cream; venter cream with brown reticulum; throat bears brown chevrons outlined in white; posterior surfaces of thighs brown with cream spots; (14) adults moderate-sized, males 25.9-27.8 (\bar{x} = 26.8 + 0.3) mm SVL, females 31.5-36.6 (\bar{x} = 33.4 + 0.5) mm SVL.

Eleutherodactylus veletis is most similar to *E. cabrerai*, with which it was confused in the field. However, the dorsum of *E. cabrerai* is warty (not smooth), *E. cabrerai* has a deep snout when viewed laterally (shallow in *E. veletis*), and the tympanic annulus is concealed beneath the skin of the side of the head (tympanum present in *E. veletis*). In spite of their superficial similarity, we do not think *E. cabrerai* closely related to *E. veletis*.

Description. Head as wide as body, longer than wide; HW 37.1-40.0 (\bar{x} = 38.6 + 0.4)%SVL in males, 36.9-40.3 (\bar{x} = 38.3 + 0.4)% in females; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; snout long, E-N 84.6-105.7 (\bar{x} = 94.3 + 2.8)% eye length in males, 95.8-107.3 (\bar{x} = 104.4 + 1.0)% in females; nostrils protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis straight to weakly concave; loreal region weakly concave, sloping abruptly to lips; upper eyelid bearing small conical tubercle (Fig. 7), relatively narrow, eyelid width 93.1-119.2 (\bar{x} = 105.0 + 4.1)% IOD in males, 71.0-100.0 (\bar{x} = 87.0 + 3.1)% in females; no cranial crests; supratympanic fold indistinct except behind tympanum (evident as keel), ending well above insertion of arm; tympanum prominent, round, its length 33.3-40.0 (\bar{x} = 35.1 + 1.0)% eye length in males, 32.5-42.9 (\bar{x} = 36.1 + 1.2)% in females, separated from eye by distance equal tympanum diameter; 1-2 conical postrictal tubercles; choanae round to subtriangular in outline, not concealed by maxillary shelf when roof of mouth is viewed from directly above; vomerine odontophores median and posterior to choanae, each almost size of a choana in females (smaller than in males), separated by distance equal 1/2 dontophore width, each bearing 2-3 teeth in males, 3-4 teeth in females, in a slanted row; tongue longer than wide, posterior edge notched, posterior 1/4 not adherent to floor of mouth; males lack vocal slits.

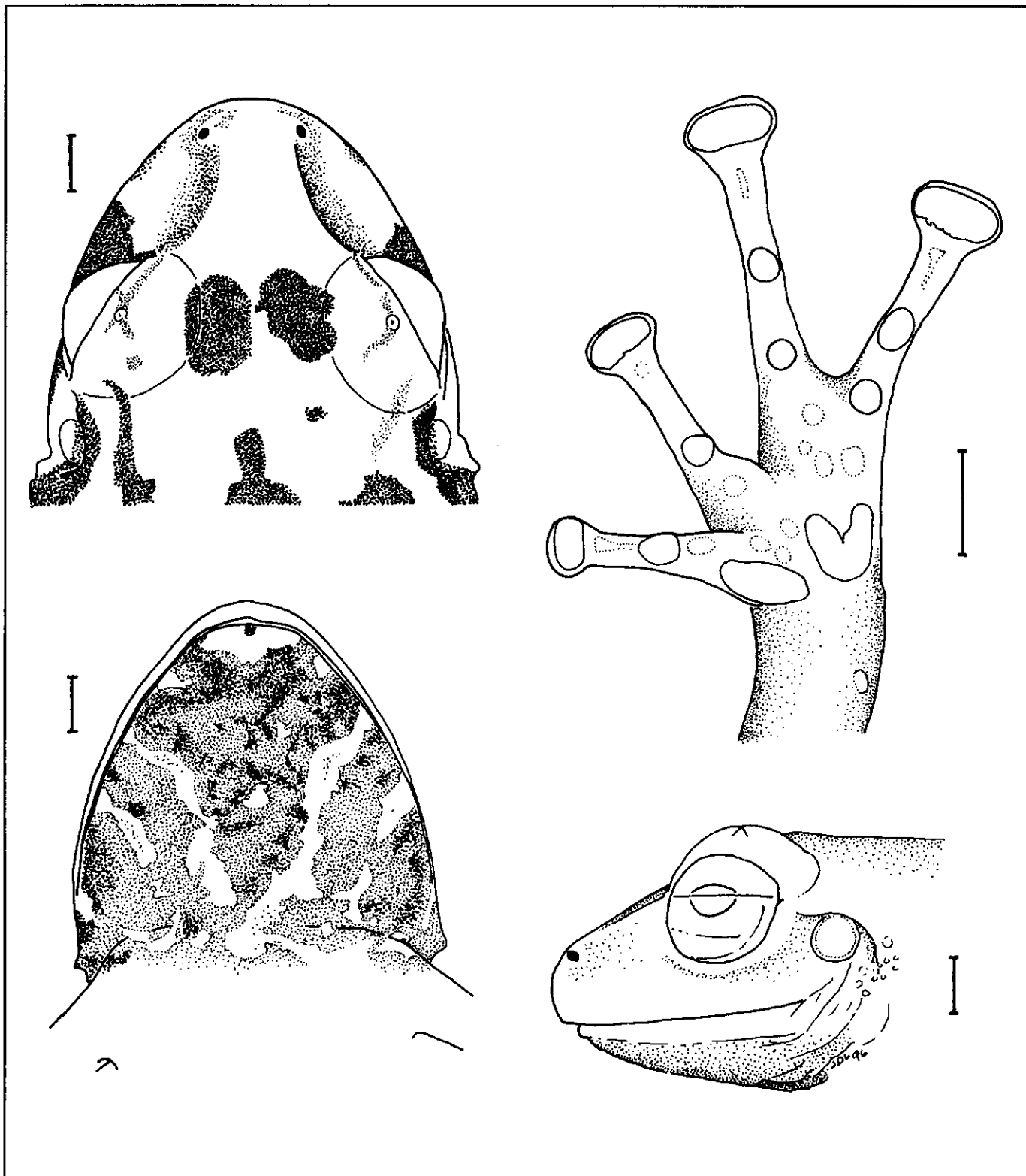


Figure 7. *Eleutherodactylus veletis* sp. nov. Top of head (ICNMHN 37206) and throat (ICNMHN 37208) showing color patterns, hand (ICNMHN 37208) and side of head (ICNMHN 37210). Scales equal 2 mm.

Skin of head smooth; that of body smooth except for scattered subconical tubercles; skin of venter coarsely areolate; discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath or perianal tubercles; skin of limbs smooth; area behind tympanum and on lower flanks coarsely areolate; small antibrachial tubercle; palmar tubercle bifid, twice size of oval thenar tubercle; numerous supernumerary palmar tubercles; subarticular tubercles more elevated, nonconical, round to slightly longer than wide; lateral keels on long slender digits; digital pads round; first finger shorter than second; nuptial pad on top of thumb of males.

Minute conical tubercle on heel; two small tubercles along outer edge of tarsus; small tubercle just proximal to inner metatarsal tubercle; inner metatarsal tubercle 2 1/2 times as long as wide, outer low, 1/6 - 1/8 size of inner; supernumerary plantar tubercles at bases of toes except below IV-V, in row of up to three tubercles; lateral keels on toes but no webbing; toe III reaches to middle of penultimate subarticular tubercle of toe IV, tip of toe V reaches about 1/2 way between penultimate and distal subarticular tubercles of toe IV; toe discs expanded, smaller than those of outer fingers; heels overlapping slightly to substantially when flexed hindlegs held perpendicular to sagittal plane; shank 52.2-59.1 (\bar{x} = 55.6 + 1.0)% SVL in males, 50.5-57.3 (\bar{x} = 54.3 + 0.9)% in females.

Dorsum gray with bold dark brown markings edged with cream; interspaces gray with brown to black flecking; limbs boldly barred; bars as wide as interspaces, more or less transverse on shank; posterior surfaces of thighs brown with continuation of pale interspaces as series of cream flecks; flanks and anterior surfaces of thighs brown, groin same but bearing many small cream spots; underside of shank brown with cream bars; venter heavily reticulated with brown over cream; throat brown with darker figures outlined with white (Fig. 7).

In life, pale brown above with dark brown markings; venter brown with fine cream mottling; gular markings dark brown (Pedro M. Ruíz field notes of specimens transported live to Bogota). Other individuals were described as having olive-brown to reddish-gold irises; dorsum pale brown to yellowish ochre with nearly black markings; venters pale gray or black with sepia or black reticula (J. Vicente Rueda field notes, 8-12 Nov. 1993).

Measurements of holotype in millimeters. SVL 36.6, tibia 18.5, HW 13.5, head length 14.5, chord of head length 15.4, upper eyelid width 3.4, IOD 3.4, tympanum length 1.6, eye length 4.5, E-N 4.8.

Natural history. *Eleutherodactylus veletis* was confused in the field with *E. cabrerai* because their dorsal patterns closely resemble one another and because each was temporarily identified in the field by a field name, «camuflado», reflecting that color pattern. Subsequent sorting of specimens and notes suggests that *E. veletis* is a species found on vegetation and branches up to 1.5 meters above the forest floor, especially along streams.

Discussion

These three species are merely the first of the new species to be described from this fauna and two of them (*E. lichenoides* and *E. tribulosus*) add to the emerging biogeographic patterns among the frogs of the genus *Eleutherodactylus* found in cloud forests. The discovery of *E. lichenoides* in eastern Caldas adds to the known biogeographic connection between the two western cordilleras of Colombia, albeit in this case with different species on the two cordilleras (in contrast to the distributions of such species as *E. babax*, *E. erythropleura*, *E. mantipus*, and *E. thectopternus* where the distributions are disjunct upon the two cordilleras, separated by inhospitable environments of the valley of the río Cauca). *Eleutherodactylus tribulosus* belongs to a distinct pattern of distribution, linking the northern Cordillera Central with the eastern flanks of the Ecuadorian Andes.

This diverse fauna extends the rich eleutherodactyline fauna cited by Ruíz-C. *et al.* (1996) for the northern Cordillera Occidental into at least part of the Cordillera Central although the fauna of Florencia, Caldas, appears to be even larger than those cited by Ruíz-C. *et al.* (1996). Some of the species found in the Florencia, Caldas, fauna were known previously only from highland areas north of Medellín and near Sonsón. Those areas have not been as extensively sampled as has the Florencia, Caldas, region and one must anticipate that this diverse fauna will prove to be characteristic of the remaining fragments of cloud forests of the northern Cordillera Central.

Acknowledgments

Rueda was assisted in the field by César Barbosa, Alirio Fajardo, Humberto Piñeros, Fabio Quevedo, Juan Renjifo, and Nicolas Rueda. The courtesies of Dr. Jorge Hernández and Sr. Segundo Zuluaga greatly aided fieldwork. Laboratory space and loan of specimens were provided by Pedro M. Ruíz. We thank Olga Castaño, Mariela Osorno, Pedro Ruíz, and Claudia Vélez for making their collections from this region available for our study.

Literature cited

- Lynch, J. D. 1971. Evolutionary relationships, osteology, and zoogeography of leptodactyloid frogs. *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (53):1-238.
- _____. 1979. The amphibians of the lowland tropical forests, pp. 189- 215. In, *W. E. Duellman* (ed.), *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution, and Dispersal*. Univ. Kansas Mus. Nat. Hist. Monogr. 7:1-485.
- _____. 1980a. A taxonomic and distributional synopsis of the Amazonian frogs of the genus *Eleutherodactylus*. *Amer. Mus. Novitates* (2696):1-24.
- _____. 1980b. Systematic status and distribution of some poorly known frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Chocoan lowlands of South America. *Herpetologica* 36:175-189.
- _____. 1996a. New frogs of the genus *Eleutherodactylus* (family Leptodactylidae) from the San Antonio Region of the Cordillera Occidental. *Rev. Acad. Colombiana Cienc. Ex. Fis. Nat.* 20(77):331-345.
- _____. 1996b. New frog (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from the Andes of eastern Colombia, part of a remarkable pattern of distribution. *Copeia* 1996:103-108.
- _____ and P. M. Ruiz-C. 1996. New sister-species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of southwestern Colombia (Amphibia: Salientia: Leptodactylidae). *Rev. Acad. Colombiana Cienc. Ex. Fis. Nat.* 20(77):347-363.
- Ruiz-C, P. M., J. D. Lynch, & M. C. Ardila-R. 1997. Seis nuevas especies del genero *Eleutherodactylus* Dumeril & Bibron, 1841 (Amphibia: Leptodactylidae) del noroeste de los Andes colombianos. *Rev. Acad. Colombiana Cienc. Ex. Fis. Nat.* 21(79):

LAS ESPECIES COLOMBIANAS DEL GENERO *CREAGRUTUS* (PISCES, CHARACIDAE)

por

César Román-Valencia *
Plutarco Cala **

Resumen

Román-Valencia, C. & P., Cala: Las especies colombianas del género *creagrutus* (pisces, characidae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21 (79): 143-153, 1997. ISSN 0370-3908

Se presenta una clave y se plantean las dificultades taxonómicas para las 12 especies de *Creagrutus* registradas en Colombia, con base en material disponible en colecciones de entidades Colombianas (ICN-MHN, Instituto "Von Humboldt" y UNIVALLE) y en muestras colectadas por los autores, todo ello sustentado en una exhaustiva revisión bibliográfica.

Palabras claves: *Creagrutus*, Pisces, Colombia.

Abstract

This work reviews the species of the genus *Creagrutus* using material from Colombian collections (ICN-MHN, Institute " Von Humboldt" and UNIVALLE). A key is provided.

Key words: *Creagrutus*, Pisces, Colombia.

Introducción

El género *Creagrutus* está distribuido en el noroccidente de Suramérica, desde Panamá hasta la cuenca del río de la Plata en Paraguay (Vari et al. 1993; Harold & Vari 1994); para Colombia se registran 12 especies dis-

tribuidas en la mayoría de las cuencas hidrográficas. El grupo alcanza su máxima diversidad específica en Perú, Ecuador y Colombia (Eigenmann 1927; Ortega & Vari 1986; Barriga 1991). Fue descrito por Gunther en 1864, se caracteriza por presentar tres filas de dientes en el premaxilar, un maxilar corto y angular, una corta aleta anal y una mandíbula inferior incluida lateralmente (Bohlke & Saul 1975). Es dentro de los carácidos neotropicales, el género de mayor diversidad (Vari et al. 1991), muy poco conocido y estudiado, con problemas taxonómicos y sistemáticos que plantean la necesidad de su revisión (Géry 1977; Harold & Vari 1994).

* Universidad del Quindío. Programa de Biología. A.A. 460. Armenia, Colombia. Dirección actual. Apartado aéreo 33022, Cali.

** Universidad Nacional de Colombia. Depto. de Biología. A.A. 23227. Santa Fe de Bogotá, D.C.

El propósito de este trabajo fue el de hacer un diagnóstico de las dificultades taxonómicas que presenta el género *Creagrutus* y diseñar de una clave para especies con base en una exhaustiva consulta de literatura, análisis de muestras colectadas por los autores y material depositado en el Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (ICN-MHN), en el Depto. de Biología de la Universidad del Valle-Cauca (UNIVALLE) depositados previamente en el Instituto Valle Caucaño de Investigaciones Científicas (Inciva) y en el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt" anteriormente al cuidado del INDERENA.

Materiales y métodos

Se realizaron colecciones en el caño Pechilín, Vertiente Caribe-Guajira; en la cuenca de los ríos Baudó y Condoto, vertiente del Pacífico; en el sistema del río Atrato; en el alto río Cauca, sistema del río Magdalena y en el sistema del río Orinoco.

Las medidas de los ejemplares se tomaron con un calibrador, hasta décimas de mm, los recuentos de radios, escamas y dientes empleando estereoscopio, aguja de disección y coloreando en algunos casos con azul de metileno. Medidas y recuentos (figura 1) se realizaron sobre el lado izquierdo de los especímenes, excepto cuando éstos estaban deteriorados en tal lado. Además a cada ejemplar se le colocó una etiqueta con un número para diferenciarlo. Recuentos y medidas siguen en general a **Bohlke y Saul** (1975) y el método de **Hubbs y Lagler** (1958). Para la determinación taxonómica de las muestras examinadas se utilizareon las descripciones de las especies y claves de **Eigenmann** (1913; 1922; 1927) y **Géry** (1972; 1977). Además se confrontaron con material depositado en el ICN-MHN, Instituto "Von Humboldt" y UNIVALLE. La construcción de la clave se basó en el análisis comparativo y observación de algunos caracteres en **Eigenmann** (1927) y en **Géry** (1977). Se solicitaron en préstamo, los holotipos de las especies de *Creagrutus* registradas para Colombia. Estos especímenes reposan en museos norteamericanos y europeos. Sin embargo, estas instituciones no prestan material tipo. La única posibilidad es viajar a estos sitios (William L. Fink, University of Michigan, carta personal del 20 de noviembre de 1985).

Resultados y discusión

Género: *Creagrutus* Gunther, 1864

Creagrutus Gunther, 1864, 5: 339-340

Tipo: *Creagrutus mulleri* Gunther, 1859

Sinonimias:

Leporinus mulleri Gunther, 1859, p. 92 (Los Andes al occidente del Ecuador).

Creagrudite maxillaris Myers, 1927, p. 118 (Cuenca del río Negro y Cassiquiare).

Referencias de las especies Colombianas de *Creagrutus*

Creagrutus caucanus Eigenmann, 1913

Creagrutus caucanus Eigenmann, 1913, part II (131):9 (descripción, localidad típica: río La Paila, Valle); Eigenmann, 1922, 9(1): 145 y 147 (referencia); Eigenmann, 1927, XLIII (4): 428 (descripción); Fowler, 1942, 5 (17): 134 (río Cauca); Géry, 1964, 13(4) (referencia); Géry, 1977, p. 110 (alto Cauca, referencia); Dahl, 1971, p. 136, 138 (referencia); Miles, 1973, II (5): 50 (referencia), Román-Valencia, 1988, 17 (64): 110 (distribución regional); Harold y Vari, 1994, (551: 5-7 (descripción, simpátrica con *C. brevipinnis*); Román-valencia, 1995, (9): 13 (referencia).

Comentarios. Según **Miles** (1947) *C. brevipinnis* es la hembra y *C. caucanus* es el macho de la misma especie. Sin embargo, **Dahl** (1971) discute la veracidad de esta afirmación, por que **Miles** (1947) no lo comprueba y además plantea algunos ejemplos que según **Dahl** (1971) son ideas absurdas, hecho que se comprobó al examinar material topotípico de *C. caucanus* y de *C. brevipinnis*. Además, se han observado hembras y machos en *C. brevipinnis* (**Román-Valencia** 1993) y en *C. caucanus*, aunque este taxón es poco abundante en la región del alto Cauca. Lo cual refleja la condición de especie relictual. *C. brevipinnis* es uno de los grupos que registran mayor abundancia en la zona (**Román-Valencia** 1993; **Géry** (1964; 1977) al incluirlas no plantea sinonimia alguna, y mas bien las ubica como formas distintas separándolas por la forma de los poros posteriores de la línea lateral y el número de radios anales ramificados. En las muestras examinadas, provenientes de la cuenca del alto Cauca, se observa que *C. caucanus* se diferencia de *C. brevipinnis* por el número de escamas en la línea lateral y por el número de radios anales (tabla 2), además por la forma de los poros posteriores de la línea lateral. Sin embargo, la morfometría es muy similar para ambas especies. Resultados equivalentes señalan **Harold & Vari** (1994).

C. caucanus del río la Vieja se colectó en la parte central de un charco de 4 m de profundidad, con sustrato conformado por arena y grandes rocas. *C. brevipinnis* habita en las orillas de profundidad máxima 2 m y fondo estruc-

turado por piedra, arena y material orgánico en descomposición. Por lo cual, la simpatria de ambas especies (Harold & Vari 1994) carece de validez.

Color en vivo. Area dorsal verde-oscuro. Area lateral blanco plateado, mas pronunciado en la parte ventral con tonalidades verde amarillenta. Aletas pectorales, ventrales, dorsal, anal y adiposa cafe-amarillenta; base de la aleta caudal gris oscuro, rosada en su extremo. Una mancha humeral oscura redondeada. No presenta mancha peduncular. Una mancha roja en el extremo dorsal del área orbital del ojo. Harold & Vari (1994) describen solamente el color en alcohol, ignorando sus características cromáticas en vivo.

Distribución geográfica. Cuenca alta del río Cauca

Creagrutus nigrostigmatus Dahl, 1960

Creagrutus nigrostigmatus Dahl, 1960, 8(38): 353-358 (descripción, localidad típica arroyo Pechilín, vertiente Caribe-Guajira, Sucre, Colombia); Dahl, 1971, p. 136 (referencia).

Comentarios. Fue infructuosa la búsqueda de los especímenes utilizados por Dahl (1960) para describir a *C. nigrostigmatus*; algunas de las colecciones de Dahl (1960), actualmente reposan en el Laboratorio de Biología, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. En el Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional, Bogotá (ICN-MHN) no se encuentra el material tipo *C. nigrostigmatus* (Cala 1981).

Dahl (1960; 1971) afirma que es una especie endémica de los caños Pechilín y Zaragocilla.

El primer autor realizó colecciones de material topotípico, que coinciden relativamente bien con la descripción. Sin embargo, se observaron diferencias: la profundidad del cuerpo, el número de radios pectorales y dorsales anotados por Dahl (1960) es menor que los registrados en la muestra examinada. A su vez el diámetro del ojo plateado por Dahl (1960) es mayor que el observado en este trabajo (tablas 1 y 2). Estos ejemplares fueron utilizados por Harold & Vari (1994) para designar el neotipo de la especie.

Distribución geográfica. Caños Pechilín y Zaragocilla, vertiente Caribe-Guajiro.

Creagrutus maracaiboensis (Schultz 1944)

Creagrutops maracaiboensis Schultz, 1944: 327 (Descripción, localidad típica cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela).

Creagrutus maracaiboensis Harold y Vari, 1994 (5): 11-13 (Descripción, nueva combinación).

Comentarios. Géry (1972) señala la aparente similitud morfométrica y merística de las especies de *Creagrutus* más evolucionadas con *Creagrutops maracaiboensis*, un pequeño *Creagrutus* (de 22 mm de longitud estándar). De tal manera, siete especímenes de la laguna el Garrapatero, cuenca del río Ranchería, Guajira (ICN-MHN 1022) son muy semejantes en la morfometría, en la merística y en la coloración con *Creagrutus nigrostigmatus* de los caños Pechilín y Colosó. Por lo tanto, aquí se considera a *Creagrutops* como un sinónimo de *Creagrutus*. Lo anterior coincide con lo anotado por Harold & Vari (1994).

Distribución geográfica. Cuenca del río Ranchería, vertiente Caribe-Guajira.

Creagrutus leuciscus Regan, 1913

Creagrutus leuciscus Regan, 1913, 8 (12):463 (descripción, localidad típica: ríos Lisa y Condoto); Eigenmann, 1922, 9(1):146 (referencia, sinónimo de *C. affinis*); 1947, p. 1958 (referencia, sinónimo de *C. affinis*).

Comentarios. No se encontraron méritos para seguir planteando la sinonimia de *C. leuciscus* con *C. affinis*. Como se podrá comprobar al confrontar los datos morfométricos obtenidos para ambas especies (tabla 1), en la cual se nota una evidente separación. Sin embargo, los recuentos de radios y escamas son muy semejantes (tabla 2). Harold & Vari (1994) al revisar los lectotipos de *C. affinis* y de *C. leuciscus* no hallaron méritos para su separación. Regan (1914) al discutir la sinonimia de *C. leuciscus* con *C. affinis* y con *C. notropoides* plantea que en *C. leuciscus* la profundidad del cuerpo es 3 1/2 en la longitud. En su descripción original aparece un rango que oscila entre 3 y 3 1/2, mientras que en *C. notropoides* es de 4; el ancho interorbital es de 1/3 o más en la cabeza pero en *C. affinis* es menor de 2 (Regan, 1913).

Distribución geográfica. Río Condoto, cuenca del río San Juan.

Creagrutus amoenus Fowler, 1943

Creagrutus amoenus Fowler, 1943, XCV:339 - 240 (localidad típica: río Ortegua, cuenca río Amazonas, Caquetá); Géry, 1964, 13 (4):60 (referencia); Géry, 1977, p. 407 (referencia); Vari et al., 1995, 6: 289 - 296 (referencia, similitud con *C. kunkurus*).

Tabla 1. Comparación de algunos caracteres en especies colombianas de creagrutus de acuerdo al presente trabajo:

*FOWLER, 1943: **SCHULTZ, 1944 Y ARBOLEDA & CASTRO, 1982:

Caracteres	<i>C.caucanus</i> n=42	<i>C.nigrostigmatus</i> n=50	<i>C.maracaboensis</i> n=7	<i>C.leuciscus</i> n=7	<i>C.camcenus</i> n=5	<i>C.hildebrandi</i> n=3	<i>C.brevipinnis</i> n=74	<i>C.magdalenae</i> n=56	<i>C.cochui</i> n=6	<i>C.phasma</i> n=73	<i>C.beni</i> n=269	<i>C.affinis</i> n=391
longitud estándar/ profundidad del cuerpo	3.2-4.1	3.0-3.9	3.3-3.6	2.2-2.6	2.8-3.0*	3.3-3.6**	3.2-4.2	3.1-4.0	3.6-3.8	4.6-5.9	3.0-4.9	2.9-4.2
longitud estándar/ longitud cabeza	4.0-4.5	3.3-4.2	3.3-4.0	2.2-2.7	3.1-3.2*	3.3-3.5**	4.0-4.6	3.8-4.5	4.4-4.9	3.8-4.7	3.5-5.0	3.4-4.6
longitud estándar/ profundidad pedúnculo caudal	8.2-10.0	7.6-9.1	7.5-8.6	2.8-4.3		3.6-3.9**	8.1-10.0	7.6-9.0	8.2-8.8	9.6-12.2	7.5-12.1	7.2-11.4
longitud estándar/ longitud pedúnculo caudal	4.6-6.5	6.1-8.0	7.0-8.4	2.7-4.5			4.9-6.3	4.9-6.7	5.3-6.4	5.7-7.2	4.1-7.0	4.2-7.6
longitud estándar/ distancia predorsal	1.9-2.3	1.7-2.0	1.8-1.9	1.6-1.9			2.0-2.3	1.9-2.2	2.2-2.4	2.0-2.4	1.9-2.4	1.9-2.3
longitud estándar/ distancia preventral	2.0-2.4	1.9-2.4	—	1.6-1.8			1.8-2.3	2.0-2.2	2.1-2.3	2.0-2.4	1.6-2.6	1.8-2.4
longitud estándar/ distancia preanal	1.5-1.8	1.4-2.0	1.5-1.6	1.2-1.4			1.5-1.7	1.5-1.6	1.6-1.7	1.5-1.7	1.4-2.2	1.3-2.0
longitud estándar/ distancia preadiposa	1.2-1.3	1.0-1.3	1.2	1.2			1.3-1.4	1.2-1.3	1.3	1.3	1.1-1.7	1.1-1.4
longitud estándar/ altura aleta dorsal	4.0-4.8	3.4-4.0	3.6-3.9	2.9-3.9			4.0-4.4	3.5-4.5	3.9-4.3	4.2-5.5	3.2-5.3	3.5-8.0
longitud estándar/ altura aleta anal	4.9-6.0	4.1-5.5	—	2.4-3.6			4.6-5.9	4.4-5.3	5.4-5.9	5.3-6.9	4.2-6.0	4.3-5.8
longitud estándar/ longitud base aleta anal	5.4-6.8	4.8-6.3	4.3-5.9	2.4-3.3		2.0-2.4**	5.7-7.2	5.2-6.9	5.4-5.6	5.6-6.7	5.2-8.4	4.5-6.8
longitud cabeza/ longitud hocico	3.1-4.3	3.5-4.6	3.8-5.0	1.3-1.8	4.0-4.3*	3.4-3.5**	3.4-4.1	2.9-4.2	3.2-3.7	2.8-4.1	2.4-4.2	2.6-4.6
longitud cabeza/ ancho interorbital	2.4-3.4	2.5-3.2	2.6-3.2	1.4-1.7		3.0-3.7**	2.6-3.3	2.4-3.2	2.7-3.2	3.0-3.9	2.2-3.6	2.4-3.6
longitud cabeza/ longitud aleta pectoral	1.0-1.4	1.1-1.7	1.0-1.4	1.0-1.2			1.1-1.4	1.1-1.4	1.0-1.3	1.2-1.8	0.9-2.1	1.0-1.7
longitud cabeza/ longitud aleta ventral	1.2-1.8	1.4-2.0	—	1.1-1.3			1.4-1.7	1.3-1.7	1.2-1.4	1.5-2.2	1.0-2.0	1.2-2.0
longitud cabeza/ diámetro ojo	2.2-3.0	2.5-3.2	2.3-3.2	1.3-1.8	3.1-3.4*	2.6-3.0**	2.2-3.0	2.4-3.2	2.3-2.4	3.0-3.9	2.0-3.8	1.9-3.2
ancho interorbital/ diámetro ojo	0.7-1.1	0.7-1.1	0.8-1.1	0.9-1.1		0.7**	0.7-1.2	0.7-1.1	0.7-0.9	0.6-0.8	1.2-2.2	0.5-1.4
longitud pedúnculo caudal/profundidad pedúnculo	1.3-2.0	0.9-1.4	1.0-1.3	1.0-1.6			1.5-2.0	1.2-1.7	1.2-1.6	1.5-2.0	0.6-1.4	0.9-1.9

Tabla 2. Conteos merísticos en especies colombianas del género *creagrutus*. (sin asterisco de acuerdo al presente trabajo: *Fowler.1943; ** Arboleda & Castro. 1982. A: Aleta dorsal; B. Aleta anal; C. Aletas pectorales; D. Aletas ventrales, E. En línea lateral; F. Entre línea lateral y aleta dorsal; G. Entre línea lateral y aletas ventrales; H. Entre línea lateral y la aleta anal; I. Escamas predorsales, J. Escamas alrededor del occipital; K. Dientes en el maxilar, L. Dientes en el dentario).

Especies	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>C.caucanus</i>	10	13-15	12-14	8	39-42	4 1/2	3.0-4.0	4	9.0-11.0	1 1/2	2.0-3.0	3.0-4.0
<i>C.nigrostigmatus</i>	9-10	13-15	12-13	8	31	4 1/2	4 1/2	4 1/2	12	—	2.0-4.0	3.0
<i>C.maracaiboensis</i>	9-10	15	12-13	8	12-13	—	4.0	4.0	10-11	—	4.0	4
<i>C.leuciscus</i>	9-10	13-14	13	8	34-36	5	3.0-4.0	4	8.0-11.0	1 1/2	2.0-3.0	3.0
<i>C.amoenus</i>	11*	14-15*	14*	8	32-33*	5.0-6.0*	3.0*	3.0-4.0*	10.0-11.0*	—	—	—
<i>C.hildebrandi</i>	10**	14**	13**	9	33**	—	—	—	—	—	—	—
<i>C.brevipinnis</i>	10	10-12	11-14	8	35-38	4.0-5.0	3.0-4.0	3.0-3 1/2	8.0-11.0	1 1/2	2.0-4.0	3.0
<i>C.magdalenae</i>	10-11	11-14	12-14	8	33-36	4.0-5.0	3.0-3 1/2	3.0-3 1/2	9.0-11.0	1 1/2	2.0-3.0	3.0
<i>C.cochui</i>	10	14-15	13-14	8	38-42	4.0-5.0	3 1/2	3.0-4.0	9.0-10.0	1 1/2	2.0-3.0	3.0
<i>C.phasma</i>	10	10-13	12-14	8	38-41	4.0-4 1/2	3.0-3 1/2	3.0-3 1/2	8.0-11.0	1 1/2-2.0	4.0-7.0	3.0
<i>C.beni</i>	10-11	11-15	11-15	8	36-40	4.0-5.0	3.0-4.0	3.0-4.0	8.0-12.0	1 1/2-2.0	2.0-4.0	3.0
<i>C.affinis</i>	9-10	11-16	11-13	8	36-39	3.0-5.0	3.0-4.0	3.0-4.0	8.0-11.0	1 1/2-2.0	2.0-4.0	3.0

Comentarios. Fowler (1943) diferencia a esta especie de las conocidas de *Creagrutus* por la presencia de una mancha gris - oscura en la aleta dorsal, parches oscuros a lo largo de la banda lateral visibles al menos en especímenes preservados; por el hocico más sobresaliente y por tener más o menos ampliadas las escamas basales, diagnosis de poca validez ya que los caracteres usados son de poco valor para separar especies. Géry (1972) anota que *C. amoenus* es muy parecida a *C. boehlkei* en lo que respecta al aspecto general principalmente a la región cefálica anterior. Sin embargo, este autor plantea que *C. amoenus* presenta 34 o 35 escamas en la línea lateral, carácter que la separa de *C. boehlkei*. En su descripción original, se registran 32 - 33 escamas en la línea lateral. Vari et al. (1995) plantean que *C. kunturus* comparte caracteres con *C. amoenus* en lo relativo a la coloración, profundidad y aspecto general del cuerpo y ausencia de espinas anales en los machos de ambas especies, lo cual sugiere una posible relación filogenética de ambos taxones. La especie se conoce tan sólo por los ejemplares que sirvieron de base para su descripción. Desafortunadamente no se logró obtener material topotípico.

Distribución geográfica. Río Orteguzza, cuenca del río Amazonas.

Creagrutus hildebrandi Schultz, 1944

Creagrutus hildebrandi Schultz, 1944, 95 (3118):330-334 (descripción, localidad típica: río Táchira, cuenca río Catatumbo, Venezuela); Géry, 1964, 13(4):62 (referencia); Géry, 1977, p.407 (referencia); Arboleda y Castro, 1982 (para Puerto Carreño, Orinoquía Colombiana).

Comentarios. Schultz (1944) diferencia a esta especie de las demás conocidas de *Creagrutus* por presentar una mancha oscura sobre la mitad de la base de la aleta caudal, por poseer la aleta dorsal encima o un poco al frente de una vertical trazada a través del origen de las ventrales y por los lóbulos caudales amarillos en vez de rojos como en *C. beni* de la cuenca de Maracaibo. Estos caracteres son de poco valor para diagnosis específicas; además, Géry (1977) plantea su probable sinonimia con *C. anary* en lo que se relaciona con la cabeza, profundidad del cuerpo y en la mancha caudal y humeral. Harold & Vari (1994) anotan que las dos formas difieren en el aspecto general de la cabeza y del cuerpo. Arboleda & Castro (1982) no indican el lugar donde se depositó el material examinado. Infortunadamente no se logró examinar este espécimen ni material complementario para estudio adicional.

Distribución geográfica. Cuenca de los ríos Orinoco y Catatumbo.

***Creagrutus brevipinnis* Eigenmann, 1913**

Creagrutus brevipinnis Eigenmann, 1913, part II (131): 110 (descripción, localidad típica: río La Vieja en Piedra Moler, Valle); Cardona y Jimenez, 1996, (Distribución altitudinal, abundancia relativa y características de su hábitat); Eigenmann, 1927, XLIII (4): 418 y 423 (descripción, referencia); Fowler, 1942,5(17):134 (alto Cauca); Géry, 1964,13(4):60 (referencia);Géry, 1977,p.410 (alto Cauca); Miles, 1947,p.158 (sinónimo de *C. caucanus*); Dahl, 1971,p.136 (referencia); Román - Valencia, 1988, 17(64):110 (distribución regional); Roman - Valencia, 1993,(5): 8-19 (abundancia relativa, notas sobre su biología); Román-Valencia, 1995 (9):13,15 (referencia, aspectos biológicos); Román-Valencia, en preparación, (alimentación y relaciones tróficas); Harold y Vari, 1994, (551): 18-20 (descripción, referencia).

Comentarios. Schultz (1944) comenta su similitud con *C. bolivari* en relación al número de radios anales. Sin embargo, se diferencia de *C. bolivari* por tener la mancha humeral elongada y menos profunda. Fowler (1913 afirma que *C. brevipinnis* se relaciona con *C. anary*. Sin embargo, se separan por que *C. brevipinnis* no presenta mancha caudal oscura.

Coloración en vivo. Observada en ejemplares colectados en la quebrada el Macho, sistema del río Barragán, Quindío. Dorso verde - amarillento; una banda lateral ligeramente oscura; vientre blanco - plateado; mancha humeral oscura; una banda oscura sobre los radios medios. Todas las aletas hialinas. No se observó mancha caudal. Eigenmann (1913) al describir esta especie anota simplemente con una mancha humeral oscura. Harold & Vary (1994) describen la coloración en alcohol, ignorando el color en vivo.

Distribución geográfica. Cuenca alta del río Cauca.

***Creagrutus magdalenae* Eigenmann, 1913**

Creagrutus magdalenae Eigenmann, 1913, part II(131): 8 (descripción, localidad típica: río Magdalena en Girardot); Eigenmann, 1922, 9(1):146 (referencia); Fowler, 1942, 5(17):134 (alto Magdalena); Fowler, 1945(158):3 (referencia); Eigenmann, 1927,XLIII(4):418 a 422 (referencia, descripción); Géry, 1977, p.410 (referencia); Dahl, 1971, p.136 (referencia); Dahl et al., 1965, p.48 (río San Jorge); Miles, 1947,p.158 (referencia), Harold y Vari, 1994, (55):16 - 18(descripción, distribución).

Comentarios. Se observa sobreposición en los caracteres diagnósticos: número de radios anales, escamas en la línea lateral y proporciones de la cabeza anotados por Eigenmann (1913; 1922; 1927). Por otra parte, Géry (1977) diferencia a *C. magdalenae* de *C. brevipinnis* por el número de radios anales 10 - 11 y 9 - 10 respectivamente; emplea otros caracteres para *C. magdalenae* como son profundidad del cuerpo y número de escamas en la línea lateral. Sin embargo, no aporta igual información para *C. brevipinnis*.

Géry (1964) plantea que *C. brevipinnis* se diferencia de *C. magdalenae* por el número de escamas en la línea lateral, proporciones de la profundidad del cuerpo y en el número de radios anales. Sin embargo, no se observaron diferencias ni en la merística ni en la morfometría en el material examinado (tablas 1 y 2). Fowler (1913) comenta la aparente relación de *C. magdalenae* con *C. anary*. Tales especies se diferencian por que *C. magdalenae* no presenta mancha caudal oscura. Harold & Vari (1994) plantean que la combinación inmodificable de las escamas de la línea lateral, el sistema de poros latero sensoriales sobre el cuerpo, un tercer infraorbital relativamente ancho, un perfil predorsal convexo y la ausencia de pigmentación sobre los radios caudales distinguen a *C. magdalenae* del resto de sus congeneres trans-andinos. En el presente trabajo se examinó material proveniente del río Ranchería, con lo cual se amplía el área de distribución del grupo.

Distribución geográfica. Cuenca del río Magdalena y río Ranchería.

***Creagrutus cochui* Géry, 1964**

Creagrutus cochui Géry, 1964,13(4):56-59 (descripción, localidad típica: alta Amazonía, alrededores de Iquitos, Perú); Géry, 1977. p.417 (referencia).

Comentarios. Los caracteres dados en la clave y en la descripción de la especie (Géry, 1964) coinciden relativamente bien con el material examinado de la Amazonía Colombiana (tablas 1 y 2). Sin embargo, se observaron diferencias: la cabeza es más pequeña, la distancia hocico - aleta dorsal no es igual a la distancia aleta dorsal - aleta adiposa, la profundidad del pedúnculo caudal es mayor de dos y el diámetro del ojo es menor (tabla 1). Los dos especímenes que utilizó Géry (1964) para describir a *C. cochui* proceden de la alta Amazonía, Perú. Es muy probable que las discrepancias se justifiquen por el escaso número de individuos utilizados para su descripción y por la variación poblacional geográfica o de localidad. La especie debe ser redefinida con el examen de mayor cantidad de ejemplares.

Distribución geográfica. Río Loreto-Yacú, sistema río Amazonas.

***Creagrutus phasma* Myers, 1927**

Creagrutus phasma Myers, 1927 LXIII (3):117 (descripción, localidad típica : río Cassiquiare, Venezuela); Schultz, 1944,95(3118):330 (referencia); Géry, 1964,13(4):60 (referencia); Géry, 1977,p.406 (referencia).

Comentarios. Según Myers (1927) esta especie es muy parecida a *c. peruanus* en lo relativo a la dentición del premaxilar.

En el material examinado se observaron diferencias con su descripción. La cabeza no es igual a la profundidad del cuerpo y el diámetro del ojo es mayor que el ancho interorbital. La especie debe ser redefinida con base en un número mayor de ejemplares.

Distribución geográfica. Cuenca del río Vichada, Orinoquia Colombiana.

***Creagrutus beni* Eigenmann, 1911**

Creagrutus beni Eigenmann, 1911 8(3):172 (descripción, localidad típica; Villa Bella sobre el río Beni, Bolivia); Eigenmann, 1913,part II (131):6 (referencia); Eigenmann,1927,XLIII(4):421-423 (descripción, referencia); Fowler,1942,5(17):134 (referencia); Fowler, 1943, XCV:238-239 (referencia); Fowler, 1945, XCVIII:102 (diagnósis, cuenca del río Caquetá; Géry, 1964, 13(4):60 (referencia); Géry, 1977, p.407 (referencia); Cala, 1977, (24):7 (río Metica); Dahl, 1971,p.136 (referencia); Miles, 1947,p.157 (referencia); Sterba, 1966,p.150 (referencia).

Comentarios. Es la especie de más amplia distribución. Géry (1977) la considera una posible forma politípica del río Beni en Bolivia, río Meta en Colombia y en el Ecuador. Géry (1964) diferencia a *C. beni* de *C. affinis*, entre otros caracteres, comparando el diámetro del ojo con el ancho interorbital, de tal manera que en *C. beni* el ojo es igual al interorbital. En las muestras examinadas y determinadas como *C. beni* colectadas en el río Sinú se observó en general que el diámetro del ojo es menor que el interorbital. Sin embargo, dos especímenes del río Sumapaz registraron el diámetro del ojo igual al interorbital. En las muestras de la Orinoquia, se observó lo contrario, es decir que el diámetro del ojo es mayor que el interorbital, a excepción de los peces colectados en la quebrada Costa Grande, Casanare, que presentan el

ojo igual al interorbital. Lo anterior demuestra que el caracter citado por Géry (1964) no es confiable para separar a *C. beni* de *C. affinis*. Fowler (1943; 1945b) anota que *C. beni* presenta una mancha caudal oscura que se refleja sobre los radios medios caudales, condición no mostrada en figura alguna; además, todos los especímenes examinados por él registran líneas oscuras en los bordes de las escamas posteriores del cuerpo. Eigenmann (1920) plantea que en especímenes pequeños se presenta una mancha humeral y caudal. La coloración observada en vivo en los peces del caño La Tascosa, cuenca del río Metica, fué dorso gris - claro; una banda plateada que recorre el cuerpo desde el borde posterior del opérculo hasta la base de la caudal; área ventral y lateral del cuerpo azul - plateada; aletas dorsal, pectorales, ventrales y adiposa hialinas, el cuarto radio anal amarillo - claro, el resto hialino; radios caudales externos rosados, los radios medios oscuros en su base y en los extremos distales; mancha humeral oscura más o menos redondeada. No se observó mancha caudal.

En los caracteres citados por Eigenmann (1927) se vió que el referente al número de radios anales se sobrepone entre *C. beni*, *C. brevipinnis* y *C. magdalenae* registrando 11 - 13, 10-11 y 11 - 13 muy raramente 10 - 11 respectivamente. En Eigenmann (1922) se observa sobreposición en el número de radios anales entre *C. beni*, *C. magdalenae*: 13 y 12 o 13 (raramente 14) respectivamente. De igual manera en Dahl (1971) y Miles (1947). Casos similares a los de las especies mencionadas se observaron en el material examinado para el presente trabajo (tabla 2). Lo anterior dificulta aún más la correcta determinación de las especies mencionadas. Sin embargo, Eigenmann (1922) diferencia a *C. beni* por el tamaño relativo del segundo hueso suborbital. Harold & Vari (1994) plantean que muestras de *Creagrutus* provenientes de distintas regiones de Suramérica en ambos lados de los Andes han sido identificadas como *C. beni*; estas identificaciones fueron hechas sin una discusión crítica; por lo tanto, definen la forma del río Magdalena(con base en dos ejemplares) como distinta de *C. paralacus* (= *C. beni*) aunque podría estar estrechamente relacionada con esta especie por coincidir en las aletas cortas, el alto número de escamas predorsales y en la pigmentación de la mejilla. La descripción de la especie está basada en un espécimen pobremente conservado, lo que genera dificultades en la determinación de las características de *C. beni* sin disponer de material fresco y topotípico. La especie debe ser redescrita.

Distribución geográfica. Sistema de los ríos Orinoco, Magdalena, Caquetá y Sinú.

Creagrutus affinis Steindachner, 1880

Creagrutus notropoides Meek y Hildebrand, 1912: 68 (Localidad típica: Panamá, río Indio , cuenca superior del Chagres)

Creagrutus simus, Meek y Hildebrand, 1913: 85 (localidad típica: Panamá, cuenca del Tuyra)

Creagrutus magdalenae var?. Eigenmann, 1913: 8 (Colombia, quebrada Bernal cerca a Honda)

Creagrutus londonoi, 1945a:3 (localidad típica: Colombia: Honda cuenca del río Magdalena); Géry, 1964, 13(4):62 (referencia)

Creagrutus londoni (sic) Géry, 1977: 403, 406 (referencia).

Creagrutus affinis Steindachner, 1880,42:27 (descripción, localidad típica: río Cauca, cerca a Cáceres, Antioquia); Eigenmann, 1913, part II(131): 6 - 8 (descripción, cuenca ríos Atrato y San Juan); Eigenmann, 1927,XLII(4):418,425 (descripción, cuenca de los ríos Atrato y San Juan); Fowler, 1942,5(17):134 (ríos San Juan, Condoto, Lisa); Fowler, 1944,XLVI:227 - 228 (río Jurubidá, Nuquí, Chocó); Steindachner, 1880,42:27 (río Cauca); Géry, 1964,23(4):60 (referencia); Dahl et al.,1965: 48 (río San Jorge); Dahl y Medem, 1964, p.60 (referencia); Dahl,1971, p.136 (referencia); Miles, 1947, p.15 (referencia); Román - Valencia, 1990, 16(77):204 (cuenca media río Atrato); Román - Valencia y Acero, 1992,21:117 - 122, (cuenca media del río León y Sucio: abundancia relativa y datos físicos de su habitat).

Comentarios. Eigenmann (1927) anota algunos aspectos que lo conducen a realizar la determinación de *C. affinis* de muestras provenientes de los ríos Atrato y San Juan. Comparando el número de radios anales, número de escamas en la línea lateral y diámetro del ojo con *C. brevipinnis*. Sin incluir en su estudio material topotípico; además de lo anterior, señala la estrecha similitud de los especímenes examinados con *C. notropoides*, que se

aproxima a la condición de *C. caucanus* en lo que respecta a la posición mediana anterior del primer diente del premaxilar; sin embargo, afirma que posteriormente Meek y Hildebrand (sin fecha) reexaminaron su material y consideraron a *C. notropoides* diferente, por lo que en Eigenmann (1927) se señala a *C. notropoides* y a *C. affinis* como dos formas distintas. Géry (1964) en su discusión sobre los problemas de *Creagrutus* plantea que *C. simus* fue sinonimizado con *C. affinis* y *C. notropoides* fue hallado diferente de *C. affinis*. Meek e Hildebrand (1916) al describir a *C. notropoides* lo separan de *C. magdalenae* por poseer dos hileras más de escamas entre la base de la aleta dorsal y la base de la aleta anal, por ser más delgada y por presentar la mandíbula superior más corta; además compararon sus especímenes con *C. affinis* de Colombia y Ecuador, los cuales fueron determinados por Eigenmann. Sin embargo, no presenta datos comparativos. Géry (1977) y Miles (1947) consideran a *C. notropoides* y a *C. simus* como sinónimos de *C. affinis*; además Géry (1977) considera a *C. affinis*; como una posible especie politípica. Aquí se consideran *C. notropoides*, *C. simus*, *C. magdalenae* var?, *C. londonoi* y *C. londoni* sinónimos de *C. affinis*. A una conclusión similar llegaron Harold y Vari (1994).

La especie se describió insatisfactoriamente con base en cuatro ejemplares de 4.5 cm Steindachner, (1880); según su autor *C. affinis* está muy relacionado y posiblemente idéntico a *C. mulleri* en lo relativo a la longitud de la cabeza, huesos circunorbitales, longitud de las aletas pectorales, posición de la aleta dorsal, número de radios anales y número de filas de escamas por encima y por debajo de la línea lateral. *C. affinis* se distingue por el diámetro mayor de los ojos, hocico más corto, la mayor amplitud de la frente y en el menor número de escamas en la línea lateral. Fowler (1913) comenta sobre la aparente relación de *C. affinis* con *C. anary* . Sin embargo, se diferencian porque el primero no presenta mancha caudal.

Distribución geográfica. Cuenca del bajo Cauca, cuenca de los ríos Atrato, San Juan, Jurubidá, Baudó, Sinú, León y Magdalena.

CLAVE TAXONOMICA PARA LAS ESPECIES COLOMBIANAS DEL GÉNERO CREAGRUTUS.

1. Los poros de la parte posterior de la línea lateral anchos con aspecto de ranura, cubiertos con una tapa cutánea en forma de campana..... *C. caucanus*
1. Los poros de la parte posterior de la línea lateral iguales entre sí, no cubiertos con una base cutánea en forma de campana 2

2. Cuerpo relativamente pequeño, longitud estándar 30 mm o menos; línea lateral con 32 escamas o menos 3
- 2'. Cuerpo relativamente grande, longitud estándar mayor de 30 mm; línea lateral con más de 32 escamas 4
3. Escamas predorsales 12; tres dientes en el dentario; línea lateral completa *C. nigrostigmatus*
- 3' Escamas predorsales 10 a 11; cuatro dientes en el dentario; línea lateral incompleta *C. maracaiboensis*
4. La profundidad del cuerpo cabe 2.6 o menos en la longitud estándar. *C. leuciscus*
- 4'. La profundidad del cuerpo cabe más de 2.6 en la longitud estándar 5
5. La longitud de la cabeza cabe 3.1 - 3.2 en la longitud estándar *C. amoenus*
- 5'. La longitud de la cabeza cabe más de 3.2 en la longitud estándar 6
6. Profundidad del pedúnculo caudal en la longitud estándar 3 a 3.9; aletas ventrales con nueve radios *C. hildebrandi*
- 6'. Profundidad del pedúnculo caudal mayor de 3.9; aletas ventrales con ocho radios 7
7. Aleta anal con dos radios no divididos *C. brevipinnis*
7. Aleta anal con tres radios no divididos 8
8. Número de escamas en la línea lateral 36 o menos. *C. magdalenae*
8. Número de escamas en la línea lateral mayor de 36 9
9. Distancia preadiposa en la longitud estándar 1.3 10
- 9'. Distancia preadiposa en la longitud estándar 1.1 - 1.7 11
10. Diámetro de ojo en la longitud cabeza 2.3 - 2.4 *C. cochui*
- 10'. Diámetro del ojo en la longitud cabeza 3.0 - 3.9 *C. phasma*
11. Segundo hueso suborbital menos ancho que el diámetro del ojo; mancha humeral oscura redondeada *C. beni*
- 11' Segundo hueso suborbital igual de ancho que el diámetro del ojo; mancha humeral oscura verticalmente elongada *C. affinis*

Conclusiones

Se observó al realizar la revisión bibliográfica de *Creagrutus* un desacuerdo en el número de especies nominales. Esto explica en parte su estado taxonómico actual.

Las especies de *Creagrutus* citadas están pobremente definidas, sus descripciones se basaron en uno o dos ejemplares tal es el caso de *C. beni* y *C. cochui* o encierran dudas y vacíos, como en *C. affinis* y en *C. phasma*.

Los valores anotados en los caracteres frecuentemente utilizados para separar especies de *Creagrutus*, como son: número de radios anales, número de escamas en la línea lateral, relaciones de la cabeza y profundidad del cuerpo, en muchos casos se sobreponen, lo que conduce a diagnosticar

sinonimias no bien sustentadas y determinaciones erróneas y confusas. Por lo anterior, las claves (Eigenmann, 1913; 1922; Miles, 1947; Dahl, 1972; Géry, 1977) son de poca utilidad para la determinación específica de *Creagrutus*.

Es confuso el "status" taxonómico de *Creagrutus affinis* y de *Creagrutus beni*. Estas especies deben ser redescritas con base en material fresco, siendo imprescindible su comparación con los ejemplares típicos.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en la Unidad de Ictiología, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Gloria Arratia (University of Kansas) leyó un primer manuscrito y planteó valiosas sugerencias.

A Stanley H. Weitzman (Museo Nacional de Historia Natural, Washington) por el oportuno envío de literatura. El señor Fernando Eraso P. (Estación de Biología Trópic "Roberto Franco", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Villavicencio, Meta) realizó la figura anexa. A todas aquellas personas que en una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

Bibliografía

- Arboleda, O.A. & D.M. Castro.** 1982. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de los llanos orientales (Orinoquia). Trabajo de grado, Univ. "Jorge Tadeo Lozano", Bogotá, p.84
- Barriga, R.** 1991. Lista de vertebrados del Ecuador: peces de agua dulce. Politecnica: Revista Información Técnico-científica, 16: 7-88.
- Bohlke, R.J. & W.G. Saul.** 1975. The characid fish new genus *Creagrudite* Myers a sinonimic of *Creagrutus* Gunther, with the description of a new species from Amazonia Ecuador. Proc. Phil. Acad. Sci. 127 (3): 25-28
- Cala, P.** 1977. Los peces de la Orinoquia Colombiana. Lista preliminar anotada. Lozania (Acta Zool. Colomb.) (24): 1-21.
- _____. 1981. Catálogo de los ejemplares tipo en la colección de peces del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de Colombia. Lozania (Acta Zool. Colomb.) (34): 1-5
- Cardona, M. & J.L. Jimenez** 1996. Composición y estructura de las comunidades de peces de la quebrada San Pablo, cuenca del río La Paila, Alto Cauca, Colombia. Trabajo de grado, Programa de Biología, Universidad del Quindío, 70 pp.
- Dahl, G.** 1960. Una nueva especie del género *Creagrutus* Gunther del norte de Colombia. Caldasia VIII (38):353-358
- _____. Los peces del norte de Colombia. Inderena, Bogotá, 391 pp.
- Dahl, G., F. Medem & A. Ramos.** 1965. El bocachico, contribución al estudio de su biología y ambiente C.V.M. 144 pp.
- Eigenmann, C.H.** 1911. New characins in the collection of the Carnegie Museum. Ann. Carn. Mus. 8 (3): 64-181
- _____. 1913. Some results from an Ichthyological reconnaissance of Colombia. Indiana University Studies, 10(8): 1-27
- _____. 1920. The fishes of the rivers draining the western slope of the cordillera Occidental, rios Atrato, san Juan, Dagua and Patia. Indiana University Studies, 7(46):1-20
- _____. 1920. The fishes of the lake Valencia, Caracas and the río Tuy at el Concejo, Venezuela. Indiana Univ. Studies, 7(44):12
- _____. 1922. The fishes of the north western South America including Colombia, Panama and Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the río Meta in Colombia. Mem. Carn. Mus. 9 (1): 1-348
- _____. 1927. The American Characidae. Mem. Mus. Comp. Zool. XLIII (4): 417-428
- Fowler, W.H.** 1913. Fishes from the Madeira river, Brazil. Proc. Acad. Sci. Phil., 65: 517-579
- _____. 1942. Lista de peces de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. y Nat. 5 (17): 128-138
- _____. 1943. A collection of freshwater fishes from Colombia obtained chiefly by Brother Niceforo Maria. Proc. Sci. Phil. XCV: 223-266
- _____. 1944. Freshwater fishes from north western Colombia. Proc. Phil. Acad. Sci. XLVI: 227-248
- _____. 1945a. Descriptions of a new freshwater from Colombia. Notulae Naturae (158): 1-11.
- _____. 1945b. Colombian Zoological survey part I. The freshwater fishes obtained in 1945. Proc. Acad. Sci. Phil. XCIII 93-135
- Géry, J.** 1964. Upper amazonian characid fishes collected by Mr. Jack Roberts Trop. Fish. Hobby 13 (4):21-67
- _____. 1972. Contribution a l'étude poissons characoids del Equator avec une revision du genre endemique du rio Cauca in Colombia. Acta Humboldtiana ser. Geologica, Paleontologica et Biologica (2): 63-68
- _____. 1977. Characoids of the world. TF.H. Publ. Neptune City 672 pp.
- Gunther, G.** 1864. Catalogue of the physostomy containing the families Siluridae, Characinae, etc, in the collection of the British Museum London, vol. V 455 pp.
- Harold, A.S. R.P. Vari, A. Machado-Allison & F. Provenzano.** 1994. *Creagrutus hyginus* (Teleostei: Characiformes) a new species of characid from north eastern Venezuela, Sucre state Copeia, 1994(4): 975-979.
- _____. y R.P. Vari. 1994. Systematics of the trans Andean species of *Creagrutus* (Ostariophysi, Characiformes, characidae). Smithsonian. Contr. Zool. 551: 1-31
- Hubbs, C.L. & F. Lagler.** 1958. Fishes of the great lake region. Univ. Michigan Press., Ann. Arbor, 1-XV: 1-23.
- Meek S. E. & S.F. Hildebrand.** 1912. Description of new fishes from Panama. Field Museum of Natural History Zoological series, 10(6):67-68.
- _____. 1913. New species of fishes from Panama. Field Museum of Natural History Zoological Series, 10 (8): 77-90
- _____. 1916. The fishes of the freshwater of Panama. Field Museum History Zoological Series, 10(5):217-373.
- Miles, C.** 1947. Los peces del río Magdalena. Ed. Gráfico, Bogotá 214 pp.
- _____. 1973. Estudio económico y ecológico de los peces de agua dulce del Valle del Cauca. Céspedesia 2 (5): 9-63
- Myers, G.S.** 1927. Description of new South American freshwater fishes collected by Dr Carl Ternetz. Bull. Mus. Comp. Zool. LXVIII (3):7-135
- Regan, C.T.** 1913. The fishes of the San Juan River, Colombia. Ann. Mag. Nat. Hist. 8 (12):462-472
- _____. 1914. Fishes from Condoto River Colombia, collected by Dr G.F. Spurrel. Ann. Mag. Nat. Hist. London XIV (8): 31-33.
- Román-Valencia, C.** 1988. Clave taxonómica para la determinación de peces nativos de Quindío, subistema alto río Cauca, Colombia. Actual. Biol. 17(64): 107-114

- _____. 1990. Lista y distribución de peces en la cuenca media del río Atrato, Chocó, Colombia. *Caldasia* 16 (77): 201-208
- _____. 1993. Composición y estructura de las comunidades de peces en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Biol. y Educ.* (5): 8-19
- _____. 1995. Lista anotada de los peces de la cuenca del río la Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Boletín Ecotrópica* , (29):1-19
- _____. En preparación. Ecología trófica de la Sardina *Creagrutus brevipinnis* Eigenmann, 1913 (Pisces, Characidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia
- _____. y A. Acero. 1992. Notas sobre las comunidades de peces del norte de Antioquia (Colombia). *Ann. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín* 21: 117-125
- Schultz, L.P. 1944. The fishes the family Characinidae from Venezuela, with description of seventeen new forms. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 95 (3181): 235-367
- Steindachner, F. 1888. Zur fish-fauna des Cauca under flusse bei Guayaquil. *Denk. Kais. Akad. Wiss. Wien*, 42: 55-104.
- Sterba, G. 1966. *Freshwater fishes of the world*. Studio Vista London 887 pp.
- Vari, R.P., A.S. Harold, C.A. Lasso & A. Machado-Allison. 1993. *Creagrutus lepidus*, a new species from the Río Aroa system, Yaracuy State, Venezuela (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 4(4): 351-355
- Vari, R.P., A.S. Harold, & H. Ortega. 1995. *Creagrutus kunturus*, a new species from western Amazonian Peru and Ecuador (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 6 (4): 289-296.

SEIS NUEVAS ESPECIES DE *ELEUTHERODACTYLUS* DUMERIL & BIBRON, 1841 (AMPHIBIA: LEPTODACTYLIDAE) DEL NORTE DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DE COLOMBIA

por

Pedro M. Ruíz-Carranza* John D. Lynch** &
María Cristina Ardila-Robayo*

Resumen

Ruíz-C. P.M., J.D. Lynch & M. C. Ardila-R.: Seis nuevas especies de *Eleutherodactylus* Duméril & Bibron 1841 (Amphibia: Leptodactylidae) del norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(79): 155-174, 1997. ISSN 0370-3908.

Se nominan y describen seis nuevas especies de *Eleutherodactylus* de los bosques nublados del norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Dos de ellas parecen estrechamente relacionadas con especies encontradas en las laderas amazónicas de los Andes en Colombia y/o Ecuador (una del occidente del departamento de Antioquia es la especie hermana de *E.ganonotus* y otra de la Serranía de los Paraguas es la especie hermana de *E.pugnax*). Con la descripción de estas seis especies la fauna del bosque nublado del norte de la Cordillera Occidental comprende 33 especies de *Eleutherodactylus*, de las cuales 30 son endémicas de Colombia y 21 son endémicas de la Cordillera Occidental de Colombia. Más aún, a elevaciones de 1900-2000m. doce a quince especies de *Eleutherodactylus* coexisten.

Palabras claves: Amphibia, Anura, Leptodactylidae, *Eleutherodactylus*, nuevas especies, biodiversidad, bosque nublado, Colombia.

Abstract

Six new species of the genus *Eleutherodactylus* are named from the cloud forest of the northern Cordillera Occidental of Colombia. Two of the species appear closely related to species found on the amazonian slopes of the Andes in Colombia and/or Ecuador (one from western Antioquia is the sister species of *E.ganonotus* and the other from the Serranía de los Paraguas is the sister

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

** Professor, School of Biological Sciences, University of Nebraska-Lincoln, Nebraska 68588-0118, U.S.A.

species of *E. pugnax*). With the descriptions of these six species, the cloud forest fauna of the northern Cordillera Occidental includes 33 species of *Eleutherodactylus*, of which 30 are endemic to Colombia. Even at elevations of 1900 to 2000m., twelve to fifteen species of *Eleutherodactylus* co-occur.

Key words. Amphibia, Anura, Leptodactylidae, *Eleutherodactylus*, new species, biodiversity, cloud forest, Colombia.

Introducción

En 1987 iniciamos una serie de trabajos de campo en perfiles en el norte de la Cordillera Occidental con la intención de obtener información bien documentada de la fauna de esta región hasta entonces pobremente estudiada. En 1987 M.C.A-R & P.M.R-C. realizaron un perfil siguiendo la carretera de El Carmen de Atrato a Quibdó y P.M.R-C. coleccionó en 1991 de Nutibara a La Blanquita (municipio de Frontino, departamento de Antioquia). En 1988 adelantamos colecciones en el Parque Natural Nacional de Las Orquídeas (municipio de Urrao, departamento de Antioquia) e iniciamos trabajo de campo preliminar en la Serranía de Los Paraguas (municipio de San José del Palmar, departamento del Chocó). En 1987, 1991 y 1992 M.C.A-R. & P.M.R-C. estudiaron la región de Pueblo Rico en el departamento de Risaralda. En 1991 J.D.L. & P.M.R-C. coleccionaron de nuevo en la región de San José del Palmar. Esta área fue luego en 1995 por J.D.L. para completar la información de la parte baja del perfil. Estos cinco perfiles y pequeñas muestras del hermano de La Salle Marco Antonio Serna en Antadó (municipio de Ituango, departamento de Antioquia) proporcionaron una valiosa documentación de una extraordinaria fauna de ranas eleutherodactylinas a elevaciones moderadas intermedias (1000-2400m).

Parte de esta fauna ha sido descrita por nosotros en publicaciones previas (Lynch 1989, 1990, 1992, 1995, 1996; Lynch & Ruiz-C. 1996; Lynch, Ruiz-C. & Ardila-R. 1994). La fauna de tierras bajas *i.e.*, la del norte del Pacífico bajo de Colombia se compone de 13 especies descritas y por lo menos cuatro indescritas. Las especies de tierras bajas encontradas en las partes inferiores de algunos de nuestros perfiles se anotan a continuación (entre paréntesis los números de perfiles, seguido del registro altitudinal mayor): *E. achatinus* (4-1480m.), *E. anomalus* (3-700m.), *E. biporcatus* (2-800m.) *E. bufoniformis* (4-1780m.), *E. caryophyllaceus* (2-1060m.), *E. chalcus* (5-1900m.), *E. fitzingeri* (5-1060m.), *E. gaigeae* (1-800m.), *E. latidiscus* (2-1490m.), *E. longirostris* (4-1180m.) *E. raniformis* (5-1520m.), *E. ridens* (3-1060m.), *E. roseus* (1-600m.), *E. zygodactylus* (5-1140m.). Especímenes previamente regis-

trados (Lynch *et al* 1994) como *E. cruentus* requieren estudio adicional porque hay dos especies en estas muestras. Dentro del grupo *diastema* presentes en las tierras bajas del noroeste de Colombia se encuentran dos indescritas y una de éstas sube al bosque nublado hasta por lo menos a 1870m.

Treinta y seis especies de *Eleutherodactylus* adicionales, a las antes mencionadas fueron encontradas en los perfiles, de las cuales sólo tres se presentan por encima de los 3000m. (*E. lasallorum* y *E. satagius* del Páramo de Frontino [perfil de Urrao] y *E.xestus* del Cerro Tatamá [perfil de la Serranía de los Paraguas]). La restantes treinta y tres viven en los bosques nublados primarios por debajo de los 2200m. (tabla 1), once de éstas habitan también la Cordillera Central y sólo tres especies no son endémicas del occidente de Colombia.

El perfil más rico es el de la Serranía de los Paraguas con 22 especies donde se encuentran algunos elementos norteños (*e.g. E. cheirolethus*, *E. polychrus*, *E. restrepoi*, *E.ruedai* y sureños (*e.g. E.calcaratus*, *E.deinops*).

Materiales y métodos: los especímenes fueron medidos con calibrador de aproximación al 0.1mm bajo estereomicroscopio. La terminología seguida es la de Lynch & Duellman (1980). Además de nuestras colecciones se examinaron materiales de los museos del Colegio de San José (Medellín), UNIFEM-INDERENA (hoy Instituto von Humboldt) y Universidad del Valle (Cali). Los cinco perfiles mencionados en esta contribución son:

-**Murrí:** municipio de Frontino (Antioquia), básicamente los Km. 14-27 de la carretera Nutibara a La Blanquita ca 6°45'N, de 800 a 2000m.s.n.m.;

-**Urrao:** municipio de Urrao (Antioquia), alto Caicedo y flanco occidental hacia Urrao, «páramo» de Almorzadero camino hacia las veredas Río Calles y Venados (Parque Natural Nacional Las Orquídeas) ca 6°25'N-6°30'N, de 900 a 2740m.s.n.m.;

-**Carmen de Atrato:** municipios Carmen de Atrato y Lloró (Chocó), carretera Carmen de Atrato a Quibdó, ca 5°40'-5°50', de 45-2270m.s.n.m.;

Tabla 1. Distribución de las especies del género *Eleutherodactylus* que se encuentran en los bosques nublados de la parte norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Para los seis transectos se indica la variación altitudinal de cada especie.

<i>Especies</i>	Hacia el Sur	Paraguas	Risaralda	El Carmen	Urrao	Murri	Antadó	Cordille. Central
<i>E. acatallelus</i>	Cauca	2100-2250	1540-2480		1410-2170	1430-1960		X
<i>E. aemulatus</i>					1410-1430			
<i>E. albericoi</i>		950						
<i>E. aurantiguttatus</i>		1490-1510			1410-1540	1000-1900	1500	
<i>E. babax</i>	Ecuador	1900-2250	1600			1900-1940	1500	X
<i>E. bellona</i>					1400-1870	1100-2000		
<i>E. boulengeri</i>	Cauca				2430-2490			X
<i>E. brevifrons</i>	Cauca	1900-2250	1400-2430		1770-1870	1140-2000		
<i>E. cabrerai</i>					1770-1870	1140-1940		X
<i>E. cadenai</i>						1900		
<i>E. calcaratus</i>	Farallones	1900-2250						
<i>E. cerastes</i>	Ecuador	1900-2250	1700-1950		1480-1870	1430-1900		
<i>E. cheiroplethus</i>		1410-1450	1380		1290-1540	800-1460	1500	
<i>E. deinops</i>	Farallones	1900-250						
<i>E. erythropleura</i>	Cauca	1410-2100	980-2470	1610-1880	1770-2430	1140-2000		X
<i>E. gracilis</i>		1775-2100	1700-2470	1790	2390-2740	1430-1940		X
<i>E. johannesdei</i>			1600		1410-1540	1700	1500	
<i>E. juanchoi</i>	Farallones	1775	1800					
<i>E. mantipus</i>	Cauca		1950					X
<i>E. mars</i>			1760-1790					
<i>E. molybrignus</i>	Cauca	1900	1180-1850					
<i>E. orpacobates</i>	Farallones	1775	1180-1850	700	1400-1870	800-2000	1500	X
<i>E. palmeri</i>	Cauca	1775-2100	980-2470					X
<i>E. platyichilus</i>	Cauca					1900		
<i>E. polychrus</i>		1490-1510			1410-1540	1140-1430		
<i>E. restrepoi</i>		1850-2250	1810-1880	1790		1960-2000		
<i>E. ruedai</i>		1850-1860	1500-1600	1610-1800	1410-1870	1000-1900		
<i>E. signifer</i>		1850-1860						
<i>E. silverstonei</i>	Farallones	1900-2250						
<i>E. thectopternus</i>	Cauca		1720-1800					X
<i>E. viridis</i>					1480-1870	1460-1960	1500	
<i>E. w-nigrum</i>	Ecuador	1410-2100	1500-2430	1610-1800	1400-2400	900-2000		X
<i>E. xylochobates</i>		2100-2250						

-Risaralda: municipios de Apía, Mistrató, Pueblo Rico, carretera Apía a Santa Cecilia hacia el Chocó y de Mistrató a Puerto de Oro, ca 5°15'N-5°20'N, de 450 a 2470m.s.n.m.

-Paraguas: municipio San José del Palmar (Chocó) y La Argelia (Valle del Cauca), Boquerón (límites de Chocó y Valle del Cauca) y Galápagos hacia La Italia ca 4°50'N-4°55'N, 370-2250m.s.n.m.

Eleutherodactylus aemulatus sp.nov. (Figs.1 y 9)

Holotipo. Hembra adulta coleccionada por John D. Lynch, mayo 23-24 de 1988, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 19378. (No. campo JDL 16263)

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio Urrao, vereda Calles, quebrada Agudelo, cabaña Río Calles, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, 1410-1430m.

Paratopótipos: Ejemplares adultos: machos ICN 19377, 19381; hembra ICN 19376; hembra subadulto ICN 19379 coleccionados con el holotipo.

Etimología. del latín *emulatus* (=emular, rivalizar) en alusión a la posible función mimética que por similitud de patrón de color tiene con las ranas del género *Colostethus*.

Diagnosis.- 1) piel del dorso lisa a muy finamente granular, la del vientre areolada, pliegues dorsolaterales ausentes; 2) tímpano superficial, redondo, ca 1/2 diámetro anteroposterior del ojo; 3) rostro largo, acuminado en vista dorsal, redondo en perfil lateral; 4) sin tubérculos en el párpado superior, anchura del párpado 57.14-73.68% de la distancia interorbital, crestas craneales ausentes; 5) odontóforos vomerinos ovales, prominentes en hembras adultas; 6) machos con hendiduras vocales, almohadillas nupciales blancas en los machos; 7) dedo I manual más corto que el II, discos redondos, grandes en los dedos manuales II-IV; 8) dedos manuales sin ribetes dérmicos

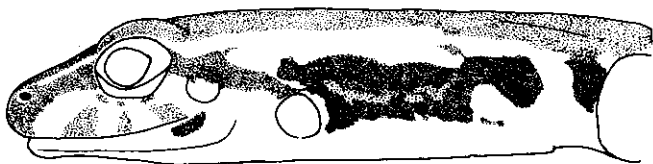


Figura 1. Patrón lateral de *Eleutherodactylus aemulatus* sp.nov. ICN 19379 (LRC=17.9mm)

laterales; 9) sin tubérculos ulnares excepto antebraquial; 10) tubérculo subcónico pequeño en el talón, ausente en el borde externo del tarso, con tubérculo en el 1/3 distal del borde interno del tarso; 11) dos tubérculos metatarsales, el interno oval, 4 veces el tamaño del externo que es redondo y subcónico, tubérculos plantares supernumerarios numerosos; 12) dedos pediales sin ribetes dérmicos laterales ni palmeaduras, con discos más pequeños que los de los dedos manuales, dedo V muy largo; 13) dorso canela a café, polimórficos, flancos e ingle negros con grandes puntos blancos, neta demarcación entre el negro de los flancos y el amarillo ventral, superficies posteriores de los muslos negras con grandes puntos blancos, superficies ventrales blancas a amarillo pálido con punteaduras negras ocasionales en garganta y pecho; 14) adultos diminutos dos machos 13.7-14.2mm, dos hembras 19.0-21.9mm.

Pocas especies de *Eleutherodactylus* (del subgénero *Eleutherodactylus* siguiendo a Lynch & Duellman, 1996) son tan pequeñas como *E. aemulatus* y ninguna de ellas tiene el patrón en los flancos de *E. aemulatus*. El rostro largo no es común entre especies del género.

Descripción: cabeza tan ancha como el cuerpo en hembras, algo más ancha que el cuerpo en machos; anchura de la cabeza equivalente al 24.18-33.56 (\bar{x} = 28.87%, N= 2) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 34.39-35.77% (\bar{x} = 35.08%, N= 2) en machos; longitud cefálica equivalente al 40.41-47.49% (\bar{x} = 43.95%, N= 2) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 39.05-42.10% (\bar{x} = 40.58%, N= 2) en machos; rostro largo, acuminado en vista dorsal y redondeado en perfil lateral, algo proyectado por delante de los labios; distancia ojo-narina equivalente al 97.87-99.66 (\bar{x} = 98.76%, N= 2) del diámetro del ojo en hembras y al 101.74-102.94% (\bar{x} = 102.34%, N= 2) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 25.55-32.77% (\bar{x} = 29.16%, N= 2) de la longitud cefálica en hembras y al 29.17-32.71% (\bar{x} = 30.94%, N= 2) en machos; ojo grande, su diámetro equivale al 26.11-32.88% (\bar{x} = 29.50%, N= 2) de la longitud cefálica en hembras y al 28.33-32.15% (\bar{x} = 30.24%, N= 2) en machos; párpado superior sin tubérculos, su anchura equivale al 57.14-58.3x% (\bar{x} = 57.72x%, N= 2) de la distancia interorbital en hembras y al 70.0-73.68% (\bar{x} = 71.84%, N= 2) en machos. Crestas craneales ausentes, *canthus rostralis* angular, algo redondeado, recto, bien definido; región loreal casi vertical; labios no ensanchados; área internarinas plana; narinas algo protuberantes, dirigidas lateralmente. Pliegue supratimpánico no evidenciable, tímpano superficial, circular, visible en sus 3/4 inferiores en hembras y completamente visible en machos, tímpano separado del ojo por

una distancia *ca.* 3/4 del diámetro del tímpano. Narinas internas de mediano tamaño, circulares, situadas justo a nivel del borde interno de la tabla ósea del arco maxilar, odontóforos vomerinos pequeños con 1-2 dientes en las hembras (no detectables en los machos), redondeados, algo prominentes, bien separados entre sí, situados algo posteriores a las coanas. Lengua cordiforme, con escotadura pequeña medial, con 1/2 posterior libre, hendiduras vocales presentes; saco vocal subglotal sencillo.

Piel del dorso lisa a muy finamente granular; gula, pecho, vientre y muslos granulares, abertura cloacal sin cobertura dérmica ni modificación particular, pliegues discoidales bien anteriores a las ingles.

Miembros anteriores delgados, dedos manuales largos, longitud de los dedos I<II<IV<III, no hay reborde dérmico; discos con almohadillas redondas, enteras; tubérculos subarticulares manuales grandes, redondos, prominentes, los basales más grandes que los distales, tubérculos supernumerarios algo más pequeños que los subarticulares, redondos, bien definidos, prominentes, tubérculo palmar bifido, grande, algo prominente, *thenar* elíptico más largo y aplanado que el palmar; antebrazo con tubérculo anterobrachial; machos con excrescencias nupciales poco levantadas, a manera de pequeño parche en la región lateral basal, prepólex algo dilatado.

Miembros posteriores delgados; los talones se sobrepone cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 52.15-59.10% (\bar{x} = 55.62%, N= 2) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 55.44-58.39% (\bar{x} = 56.92%, N= 2) en machos. Tubérculo tarsal interno situado a 1/3 distal del tarso; tubérculo metatarsal interno, grande, en forma de media luna, *ca* 2 veces más largo que ancho, tubérculo metatarsal externo grande, subcónico; dedos pediales largos, sin ribete dérmico, discos algo más pequeños que los manuales, palmeaduras ausentes, longitud I<II<III<V<IV; el extremo del dedo III alcanza el borde distal del penúltimo tubérculo subarticular del dedo IV y el extremo del dedo V alcanza la mitad del tubérculo articular distal del dedo IV; tubérculos subarticulares algo más pequeños que los manuales, supernumerarios granulares o ausentes.

Color in vivo: superficies expuestas café a café rojizo, flancos troncales algo más oscuros en cuatro ejemplares, hay línea crema dorsolateral simétrica y se continúa desde el extremo rostral sobre el margen lateral del párpado superior hasta la ingle donde se ensancha y toma tonalidades naranja. Flancos troncales hacia el vientre con manchas o bandas negras, ingles con una mancha amari-

lla intenso. Iris cobre brillante con pecas negras. Superficies posteriores de los muslos café oscuro con manchas amarillas. Superficies ventrales con tonos naranja.

Color en etanol 70%: superficies expuestas crema, café o café rojizo; superficies ventrales crema con o sin manchas café en la gula y el pecho. Superficies posteriores de los muslos café oscuro con manchas crema. La parte inferior de los flancos troncales, manchas grandes negras.

Eleutherodactylus aemulatus tiene un patrón dorsal polimórfico, ICN 19376 y 19380 tienen el patrón «dorsoconcolor» (partes dorsales de la cabeza y tronco crema, áreas laterales café oscuro), ICN 19375 presenta líneas café en el dorso (patrón rayado). ICN 19377 tiene el dorso café sin patrón. ICN 19378-80 tienen líneas dorsolaterales crema bordeados posteriormente de negro.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 21.2, longitud cefálica 8.6, anchura cefálica 7.6, longitud tibial 11.1, diámetro anteroposterior de la órbita 2.8, anchura interorbital 2.7, distancia ojo-narina 2.8, anchura párpado superior 1.9, diámetro transverso del tímpano 0.9mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos: Sólo se encontraron siete individuos dentro de un bosque sobre hojas a 0.5-1.0m. No se pudo detectar el canto, dos especímenes son hembras juveniles con algunas convoluciones pequeñas en los oviductos ICN 19375 (LRC=15.9mm), ICN 19380 (LRC=17.1mm).

Distribución: *Eleutherodactylus aemulatus* es conocida solamente de la localidad típica, la quebrada Agudelo se encuentra a menos de 50m. de la cabaña del INDERENA «Río Calles», el bosque es continuo entre los dos sitios coleccionados. La escasez de esta especie en el P.N.N. Las Orquídeas es notable en comparación con otras especies de *Eleutherodactylus* de la zona. Parece tener un microhábitat reducido.

Comentarios: Los colores y patrón de los flancos troncales son distintivos y nos recuerdan los patrones de algunas especies del género *Colostethus* (Dendrobatidae). Para establecer con certeza si se trata de simple coincidencia solamente o de un caso de mimetismo se requerirían estudios de campo más amplios y detallados que los adelantados en 1988 por nosotros.

Materiales referidos: ejemplares juveniles: **Antioquia:** Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, vereda Calles, cabaña Río Calles, quebrada Agudelo, 1410-1430m. (ICN 19375, 19380).

***Eleutherodactylus aurantiguttatus* sp.nov.** (Figs.2 y 10)

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por Pedro M. Ruiz-C., mayo 26 de 1988, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 19373 (número campo JDL 16504).

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio Urrao, vereda Calles, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, alrededores cabaña Río Calles (Inderena), 1410-1525m.

Parátipos. Ejemplares adultos: Departamento de Antioquia, municipio Frontino, Km. 23-27 carretera Nutibara a La Blanquita, cols. P.M.Ruiz-C., et al., julio 18-23 de 1987,

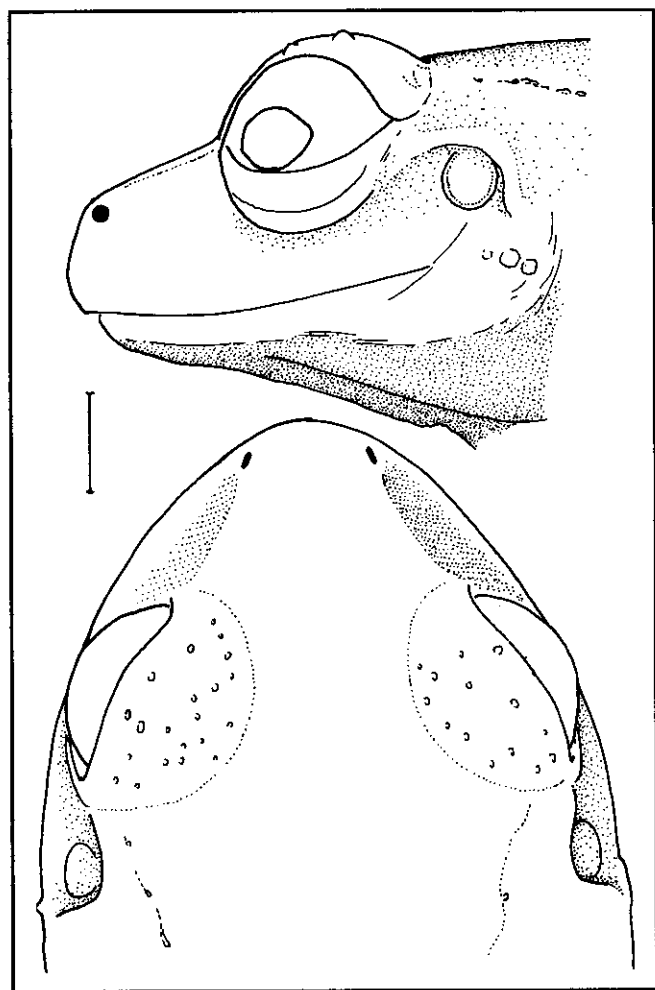


Figura 2. Cabeza (vistas dorsal y lateral) de *Eleutherodactylus aurantiguttatus* sp.nov. ICN 16558 (Escala= 2mm)

1000-1900m., machos ICN 16783, 16800, hembras 16558, 16737, 16739-40, 16867, 16869; municipio Urrao, P.N.N.Las Orquídeas, quebrada Agudelo, cols. M.C.Ardila-R. et al., mayo 24 de 1988, 1410-1430m., hembras ICN 19367-8, 19389; quebrada El Silencio, col. J.D.Lynch, mayo 23 de 1988, 1480-1540m., hembra ICN 19366.

Etimología. el epíteto específico proviene del latín *aurantium* (=naranja) y *guttatus* (=manchada) en alusión al patrón de las ingles y superficies ocultas de los miembros.

Diagnosis.- 1) piel del dorso lisa, muy ligeramente corrugada o con gránulos pequeños dispersos, bajos en el dorso, en los flancos y el vientre granular; 2) tímpano circular, bien delimitado, *annulus* delgado, pequeño, semihundido, de dirección laterodorsal, pliegue supratimpánico presente; 3) rostro subacuminado en vista dorsal, redondo en perfil lateral; 4) varios gránulos subcónicos o uno mayor y varios menores en el párpado superior, anchura del párpado 68.57-95.0% de la distancia interorbital, crestas craneales ausentes; 5) odontóforos vomerinos ovales, casi transversos, casi unidos en la línea media en hembras adultas, prominentes, posteriores a las coanas; 6) machos sin hendiduras vocales, almohadillas nupciales en los machos blancas; 7) dedo I manual más corto que el II<IV<III, discos truncados; 8) dedos manuales con carinas (delgadas) dérmicas laterales; 9) un tubérculo ulnar antebraquial; 10) tarso con 1-2 tubérculos o sin ellos, talón con un tubérculo cónico; 11) tubérculo metatarsal interno aproximadamente dos veces más largo que ancho, metatarsal externo pequeño, subcónico, plantares supernumerarios numerosos; 12) dedos pediales con carinas (delgadas) dérmicas laterales, sin palmeaduras, con discos más pequeños que los de los dedos manuales, dedo V muy largo; 13) dorso polimórfico café claro (o más oscuro) con manchas café (interrumpidas por líneas crema dorsolaterales cuando presentes), barras de los miembros y flancos cefálicos contrastantes, superficies posteriores de los muslos café con o sin pecas crema; ingles reticuladas con manchas crema; superficies ventrales crema punteadas de café, manchas de la ingle y superficies ocultas de los miembros naranja *in vivo*; 14) adultos de pequeño tamaño, machos 17.1-20.3mm (\bar{x} =18.3mm N=5 de LRC), hembras 23.1-30.4mm (\bar{x} =27.6mm N=12 de LRC).

Morfológicamente se semeja a los juveniles de *E. cruentus* o *E. latidiscus* pero se diferencia porque ninguna de estas dos especies tiene las manchitas naranja de la ingle o sobre las superficies ocultas de los miembros y obviamente por el tamaño de las hembras adultas que tienen una LRC superior a 30mm.

Descripción: cabeza más ancha que el cuerpo en machos, menos ancha que el cuerpo en hembras adultas; anchura de la cabeza equivalente al 35.7-41.0 (\bar{x} = 37.72%, S= 1.596 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 35.63-39.77 (\bar{x} = 37.18%, S= 1.681 N= 5) en machos; longitud cefálica equivalente 38.03-42.86 (\bar{x} = 39.83%, S= 1.613 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 38.82-44.44 (\bar{x} = 40.94%, S= 2.104 N= 5) en machos; rostro subacuminado en vista dorsal y redondeado en perfil lateral, ligeramente proyectado sobre los labios; distancia ojo-narina equivalente 82.05-97.14 (\bar{x} = 88.91%, S= 5.899 N= 12) del diámetro del ojo en hembras y al 71.87-88.0 (\bar{x} = 78.68%, S= 6.829 N= 5) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 25.17-30.47 (\bar{x} = 28.19%, S= 1.755 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 25.28-30.0 (\bar{x} = 28.00%, S= 1.799 N= 5) en machos; ojo relativamente grande, su diámetro equivale al 27.78-35.65 (\bar{x} = 31.77%, S= 2.263 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 31.73-40.61 (\bar{x} = 35.76%, S= 3.336 N= 5) en machos; párpado superior con varios tubérculos granulares subcónicos, su anchura equivale al 73.53-100.0 (\bar{x} = 83.77%, S= 8.875 N= 8) de la distancia interorbital en hembras y al 75.0-100.0 (\bar{x} = 86.62%, S= 9.509 N= 5) en machos. Crestas craneales ausentes, *canthus rostralis* redondeado, recto; región loreal algo cóncava y oblicua dilatándose algo progresivamente a nivel del labio; el ojo oculta el labio lateralmente cuando se observa en vista dorsal; área internarinas plana; narinas algo prominentes, dirigidas lateralmente. Pliegue supratimpánico bien definido, relativamente delgado, en forma de media luna, tímpano circular, pequeño, bien delimitado, semihundido, de dirección laterodorsal, tímpano separado del ojo por una distancia ca. 2 veces el diámetro del tímpano, el cual es equivalente al 23.08-34.15% (\bar{x} = 28.94%, S= 2.995, N= 12) del diámetro anteroposterior de la órbita en hembras y al 18.75-26.9% (\bar{x} = 21.75%, S= 3.303, N= 5) en machos. Tubérculos post-rietales subcónicos. Narinas internas de moderado tamaño, ovoides, bastante próximos a la tabla ósea del arco maxilar, visibles ventralmente, procesos dentígeros casi transverso, ovalados a subtriangulares posteriores a las narinas internas, prominentes, casi unidas en la línea media en hembras, con 1-2 dientes en machos y 2-6 en hembras en hileras transversas. Lengua ovalada a circular, con fina escotadura pequeña medial, con parte 1/2 posterior libre, hendiduras vocales ausentes; saco vocal no evidenciable.

Piel del dorso ligeramente corrugada, fina y densamente granular o con gránulos pequeños, dispersos, flancos con verrugas pequeñas; gula, pecho, vientre y muslos granulares, abertura cloacal sin cobertura dérmica ni modificación particular.

Miembros anteriores delgados, dedos manuales largos y delgados, longitud de los dedos I<II<IV<III, con fino reborde dérmico (o carina); discos con almohadillas amplias, enteras, en borde distal, muy truncadas o redondas, grandes; tubérculos subarticulares manuales grandes, redondos, prominentes, los basales y los distales de tamaño similar, tubérculos supernumerarios numerosos, granulares, redondeados, de mediano tamaño, localizados en la palma, tubérculo palmar bífido, de mediano tamaño, plano, *thenar* ovo-elíptico, algo prominente, de longitud igual a una unidad del palmar; con pequeño tubérculo antebraquial; machos con excrecencias nupciales a manera de pequeño parche glandular en la región basal, prepólex algo dilatado.

Miembros posteriores delgados; los talones se tocan o ligeramente se sobreponen cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 47.21-54.54 (\bar{x} = 49.79%, S= 3.105 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 47.88-54.39 (\bar{x} = 50.84%, S= 2.618 N= 5) en machos. Pliegue tarsal interno delgado, bien definido, igual a la longitud del metatarsal interno el cual es ovalado a elíptico, 2 veces más largo que ancho, 6 veces el tamaño del externo, tubérculo metatarsal externo de mediano tamaño; dedos pediales delgados y largos sin ribete dérmico pero con carinas delgadas, discos algo más pequeños que los manuales, palmeaduras ausentes, extremo del dedo III llega al nivel del borde distal del penúltimo tubérculo subarticular del dedo IV, extremo del dedo V alcanza la mitad del tubérculo subarticular distal del dedo IV; tubérculos subarticulares algo más pequeños que los manuales, supernumerarios pequeños, granulares, los de la base de los dedos más prominentes que los de la planta.

Color *in vivo*. Dorso canela a café con manchas café oscuro bordeadas de crema, iris cobre pálido reticulado de negro y con línea horizontal rojiza; superficies ventrales amarillo pálido, casi rosado pálido o naranjada con ligero retículo café, axila, ingle y superficies posteriores del muslo café con manchas naranja, banda dorso-lateral (si está presente) amarillo pálido.

Color en etanol 70%. Superficies dorsales y flancos cefálicos canela a café oscuro con motas café oscuro, iguales, flancos troncales con bandas café oblicuas sobre crema o café; superficies ventrales crema con punteaduras finas café formando tenue retículo; superficies ocultas de los miembros moteadas de crema y café. Cuatro hembras tienen líneas crema o blancas continuas desde el extremo rostral hasta el sacro o la ingle.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 23.1, longitud cefálica 9.9, anchura cefálica 9.2, longitud tibial 12.6, diámetro anteroposterior de la órbita 3.4, anchura interorbital 2.5, distancia ojo-narina 2.9, anchura párpado superior 2.5, diámetro transverso del tímpano 0.9mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos. La especie vive en bosques nublados. Se encuentran ejemplares sobre hojas dentro del bosque, no se escucharon los cantos asociados a esta especie.

Distribución. Conocida entre los 1000 y los 1900m.s.n.m. en los tres perfiles de Antioquia (Antadó, Murri, Urrao). También tenemos tres juveniles de elevaciones comparables en el flanco occidental de la Serranía de los Paraguas (Chocó).

Materiales referidos: ejemplares juveniles: **Antioquia:** Frontino, Km.18-27 carretera Nutibara a la Blanquita, 1000-1940m. (ICN 16651, 16794); Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, vereda Venados, quebrada La Miquera, 1030-1060m. (ICN 19374). **Chocó:** San José del Palmar, 7Km por carretera al E. San José del Palmar, 1490-1510m. (ICN 19363-65). Ejemplares adultos: **Antioquia:** Ituango, Antadó, 1500m. (Colegio San José Medellín CSJ 1997-8, 2312, 2314, 2325, 2351, 2361-3, 2608-9, 2616-7).

Eleutherodactylus polychrus sp.nov. (Figs.3 y 11)

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por María Cristina Ardila-R., J.D.Lynch, Pedro M. Ruiz-C., Ricardo Sánchez, mayo 24 de 1988, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 19228 (número campo JDL 16242).

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio Urrao, vereda Calles, quebrada Agudelo, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, 1410-1430m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 19225, 19231, hembra ICN 19229, coleccionados con el holótipo.

Parátipos. Ejemplares adultos: Departamento de Antioquia, municipio de Frontino, Km.23 carretera Nutibara a La Blanquita (=Murri), cols. J.V.Rueda, P.M.Ruiz-C., julio 18-19 de 1987, 1430m., macho ICN 16733, hembras ICN 16726, 16732; municipio Urrao, vereda Calles, quebrada El Silencio, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, col. P.M.Ruiz-C., mayo 23 de 1988, 1480-1540m., hembra ICN 19222.

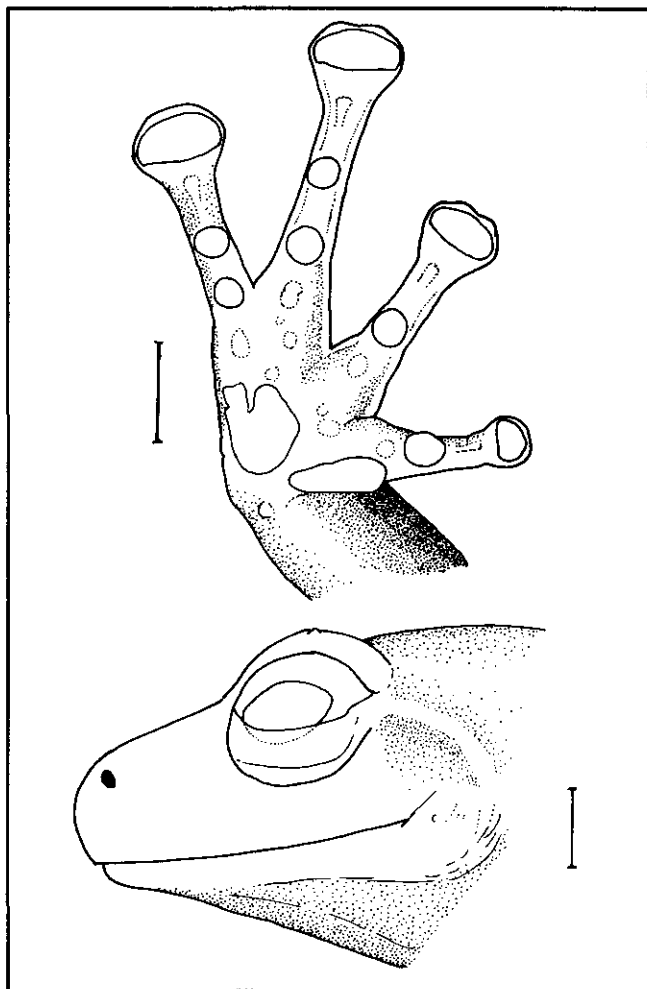


Figura 3. *Eleutherodactylus polychrus* sp.nov. vista palmar (ICN 19222), vista lateral de la cabeza (ICN 16726) (Escala= 2mm)

Etimología. El epíteto específico se deriva de la combinación de las palabras griegas *poly* (muchos) y *chroa* (color de la piel), en alusión a la gran variación en la coloración dorsal ontogénica y entre individuos adultos.

Diagnosis. Una especie de *Eleutherodactylus* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) piel de las superficies dorsales lisa o con pliegues muy finos; superficies ventrales areoladas, sin pliegues dorsolaterales; 2) tímpano ausente; 3) rostro largo, acuminado en vista dorsal, redondeado en vista lateral, *canthus rostralis* bien definido, redondeado; 4) párpado superior con pequeños tubérculos, sobresale uno de mayor tamaño, su anchura equivale al 62.79-100.0% de la distancia interorbital; 5) procesos dentígeros (odontóforos vomerinos) presentes, posteromediales a las coanas, casi en contacto a nivel me-

dio; 6) machos sin hendiduras vocales, con excrecencias nupciales; 7) dedo I manual mucho más corto que el II, discos digitales redondos, de mayor amplitud sobre los dedos II-IV; 8) dedos manuales con rebordes cutáneos laterales; 9) tubérculo antebraquial presente, pequeño; 10) tubérculo subcónico presente en el talón, sobre el tarso tubérculos diminutos, pliegue tarsal interno corto sobre 1/3 distal del tarso; 11) dos tubérculos metatarsales, el interno es oval, dos veces más largo que ancho, externo subcónico de tamaño 1/2 del interno; 12) dedos pediales sin membranas, con rebordes dérmicos laterales, discos ligeramente más pequeños que los de los dedos manuales, dedo V más largo que el III; 13) polimórfico, el patrón más común es el dorso café con líneas dorsolaterales crema expandidas posteriormente, vientre café pálido punteado de crema, superficies ocultas de los muslos y piernas café densamente punteadas de pecas crema; 14) machos 17.0-20.6mm (\bar{x} =19.0mm N=3 de LRC), hembras 31.6-36.6mm (\bar{x} =33.4mm N=5 de LRC).

Tal vez *E. polychrus* está más relacionada con *E. gracilis*, otra especie también carente de tímpano, *annulus* y *cavum tympanicum*, pero se diferencia de *E. gracilis* porque *E. polychrus* no es tan grande, tiene discos más grandes, piel más lisa, carece de manchas amarillo o naranja en las ingles y sobre la superficie posterior de los muslos. La coloración de *E. polychrus* nunca se encuentra en *E. gracilis*.

Descripción: cabeza casi tan ancha como el cuerpo; anchura de la cabeza equivalente al 33.14-37.54% (\bar{x} =34.99%, S= 1.608, N= 5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 33.01-37.95% (\bar{x} = 36.20%, S= 2.769, N=3) en machos; longitud cefálica equivalente al 35.25-40.69% (\bar{x} = 37.78%, S= 2.001, N= 5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 37.86-39.49% (\bar{x} = 38.53%, S= 0.850, N= 3) en machos; rostro largo, acuminado en vista dorsal y redondeado en perfil lateral, poco proyectado por delante del margen anterior de los labios; distancia ojo-narina equivalente al 69.77-113.51% (\bar{x} = 93.89%, S= 17.18, N= 5) del diámetro anteroposterior de la órbita en hembras y al 86.67-95.45% (\bar{x} = 92.45%, S= 5.012, N= 3) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 25.0-32.56% (\bar{x} = 30.23%, S= 3.222, N= 5) de la longitud cefálica en hembras y al 27.27-33.33% (\bar{x} = 30.46%, S=3.042, N= 3) en machos; ojo relativamente grande, su diámetro equivale al 28.68-35.83% (\bar{x} = 32.61%, S= 2.859, N= 5) de la longitud cefálica en hembras y al 28.57-38.46% (\bar{x} = 33.11%, S= 4.994, N= 3) en machos; párpado superior con escasos (1-2) tubérculos subcónicos, su anchura equivale al 62.79-83.78x% (\bar{x} = 71.14%, S= 8.505, N= 5) de la distancia interorbital en hembras y al 71.43-

100.0% (\bar{x} = 85.93%, S= 14.291, N= 3) en machos. Crestas craneales ausentes, *canthus rostralis* bien definido, redondeado; región loreal recta, casi vertical, algo dilatada abajo; área internarinas plana; narinas protuberantes, dirigidas lateralmente. Tímpano, *annulus* y *cavum tympanicum* ausentes. Narinas internas pequeñas, redondeadas, no cubiertas por la tabla ósea del arco maxilar, procesos dentígeros prominentes, cortos, ovalados, casi en contacto a nivel medio, posteriores a las narinas, con hileras transversas de 2-4 dientes en machos y 4-6 en hembras. Lengua cordiforme, con leve escotadura medial, poco profunda, con 1/4-1/3 posterior libre, hendiduras vocales ausentes.

Piel del dorso lisa a finamente corrugada en cabeza y tronco, flancos con tubérculos ocasionales, bajos, subcónicos; gula, pecho, vientre y superficies posteroventrales de los muslos, orificio cloacal sin modificación particular de su textura.

Miembros anteriores delgados, dedos manuales largos, longitud de los dedos I<II<IV<III, con ligero reborde dérmico; discos con almohadillas con borde digital entero, redondo a truncado, circundadas por leve reborde dérmico; tubérculos subarticulares manuales redondos, pequeños, prominentes, los basales más grandes que los distales o de tamaño equivalente, tubérculos supernumerarios pequeños, y abundantes; tubérculo palmar plano, bifido, en conjunto ovalado, *thenar* elíptico de tamaño ligeramente mayor que una unidad del palmar; antebrazo sin hilera de tubérculos ulnares, antebraquial pequeño; machos con excrecencia nupcial glandular, póllex ligeramente abultado.

Miembros posteriores delgados; los talones se sobrepone algo cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 46.72-55.99 (\bar{x} = 52.09%, S= 3.699, N=5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 50.26-57.06% (\bar{x} = 52.6%, S= 3.863, N= 3) en machos. Pliegue tarsal interno delgado, algo más largo que el tubérculo metatarsal interno el cual es ovalado, *ca* 2 veces más largo que ancho, tubérculo metatarsal externo subcónico, más pequeño; dedos pediales largos, con angosto ribete dérmico, discos algo más pequeños que los manuales, palmeaduras ausentes, longitud I<II<III<V<IV; tubérculos subarticulares equivalentes en tamaño a los manuales; tubérculos supernumerarios escasos, granulares.

Color in vivo: superficies expuestas café gris o café moteado de café más oscuro; línea crema desde el extremo rostral a la ingle; en hembras adultas las superficies ocultas de los muslos y piernas negras o gris oscuro,

superficies ventrales gris a gris-negras. Iris cobre fuerte con retículo negro. En machos y juveniles gula y pecho negro con pecas blancas; vientre amarillo, superficies ventrales y ocultas de los miembros naranja rojizo; mancha negra en la corva.

Color en etanol 70%: hembras adultas con las superficies dorsales café obscuro con banda blanca del extremo rostral a la ingle; barras muy poco contrastantes en los miembros con líneas blancas netas o difusas en cantidad variable infraoculares; línea blanca en área postrictal (en algunos desde el ojo hacia la inserción del brazo); superficies ventrales café o café obscuro con puntos blancos, superficies ocultas de los muslos café (con retículo muy fino café obscuro detectable sólo bajo aumento); hembras y machos juveniles con cabeza y tronco café obscuro a negro con línea blanca dorsolateral completa, fina en la cabeza ampliándose en el tronco; gula, pecho, vientre 1/2-3/4 negro con puntos blancos; superficies ventrales de los miembros anteriores crema con borde externo del antebrazo café obscuro, miembros posteriores amarillo naranja (pasando a crema después de ocho años en etanol). En dos machos (ICN 16733, 19231) las superficies ventrales crema con puntos dispersos y ligeras vermiculaciones café obscuro. En cinco individuos (ICN 19222, 19229-30, 19234-35) no se encuentran las líneas blancas dorsolaterales. En éstos hay algo de patrón dorsal (banda interocular, Δ escapular, Δ inguinal). En el ejemplar ICN 19232 se encuentra un patrón rayado de líneas café obscuro y café claro superpuesto con las líneas blancas dorsolaterales.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 33.8, longitud cefálica 12.9, anchura cefálica 11.2, longitud tibial 16.9, diámetro anteroposterior de la órbita 3.7, anchura interorbital 4.2, distancia ojo-narina 4.2, anchura párpado superior 3.1 mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos: los ejemplares de la especie viven sobre vegetación baja especialmente helechos al lado de las trochas en bosque. Solamente dos individuos fueron colectados sobre vegetación cerca a quebradas. Dos hembras jóvenes (con oviductos algo convolucionados) ICN 16734 (LRC=29.2mm) y 19230 (LRC=28.6mm). La Hembra juvenil más grande (ICN 19233) tiene una LRC de 29.4mm y la más pequeña (ICN 19226) tiene una LRC de 14.0mm.

Distribución: Conocida de los perfiles de Murri, las Orquídeas y San José del Palmar en el flanco occidental de la Cordillera Occidental (6°50'N a 4°55'N) entre los 1140m.s.n.m. y los 1540m.s.n.m.

Materiales referidos: ejemplares juveniles: **Antioquia:** Frontino, Km.27 carretera Nutibara a la Blanquita (=Murri), 1140m. (ICN 16734); Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, vereda Calles, cabaña Río Calles, 1410m. (ICN 19219, 19234), quebrada Agudelo, 1410-1430m. (ICN 19223-4, 19226-7, 19230, 19232), quebrada La Honda, 1470-1510m. (ICN 19233), quebrada El Silencio, 1480-1540m. (ICN 19220). **Chocó:** San José del Palmar, 7Km por carretera al E. San José del Palmar, 1490-1510m. (ICN 19235).

Eleutherodactylus ruedai sp.nov. (Figs.4 y 12)

Holotipo. Macho adulto coleccionado por *Pedro M. Ruiz-C.*, y *José Vicente Rueda-A.*, julio 18-19 de 1987, depositado en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universi-

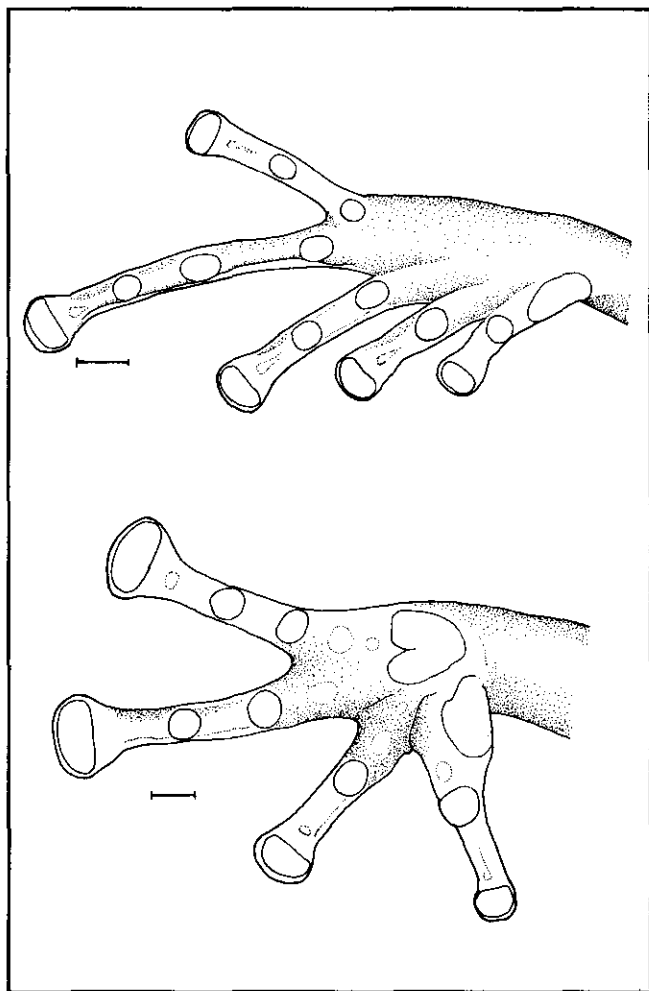


Figura 4. *Eleutherodactylus ruedai* sp.nov. Mano (ICN 37162), pie (ICN 18970) (Escala= 2mm)

dad Nacional de Colombia, Bogotá, No. *ICN 16469* (número campo PR 10855).

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio Frontino, Km.23 carretera Nutibara - La Blanquita (=Murri), 1430m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: macho *ICN 16491*, hembra *ICN 16464*, coleccionados con el holótipo.

Parátipos. Ejemplares adultos: Departamento de Antioquia, municipio de Frontino, Km.16-17 y Km. 27 carretera Nutibara-La Blanquita (=Murri), cols. P.M.Ruiz-C., y J.V.Rueda-A., julio 19-23 de 1987, 1140-1430m., macho *ICN 16888*, hembra *ICN 16463*; municipio de Urrao, Parque Natural Nacional Las Orquídeas, quebrada El Silencio, cols. J.D.Lynch, P.M.Ruiz-C. y R. Sánchez, mayo 23 de 1988, 1480-1540m., machos *ICN 18967-8*, 18970, hembras *ICN 18962-4*; quebrada Las Canoas, cols. P.M.Ruiz-C., R. Sánchez, mayo 25 de 1988, 1770-1870m., macho *ICN 18976*; quebrada Honda, cols. M.C.Ardila-R., F. Arenas, G. Susatama, mayo 25 de 1988, 1470-1510m., machos *ICN 18968-79*; alrededores cabaña Río Calles, cols. M.A.Serna, P.M.Ruiz-C., diciembre 4 de 1986, mayo 26 de 1988, 1410-1525m., macho *CJS 2072*, hembra *ICN 18986*. **Chocó**, municipio San José del Palmar, Km. 12-12.6 carretera al oriente de la cabecera municipal, cols. J.D.Lynch, P.M.Ruiz-C., R. Sánchez, junio 8 de 1988, 1850-1860m., machos *ICN 18992-3*, hembras *ICN 18987-8*, 18990; municipio de Carmen de Atrato, Km. 19-22 carretera a la vereda Guaduas, cols. M.C.Ardila-R., P.M.Ruiz-C., R. Sánchez, agosto 29 de 1987, 1610-1800m., machos *ICN 17158-61*. **Risaralda**, municipio Pueblo Rico, Km. 7-8 carretera a Villa Claret, cols. M.C.Ardila-R., P.M.Ruiz-C., R. Sánchez, agosto 19 de 1987, 1540-1560m., hembra *ICN 17157*; Km. 15-19 carretera a Villa Claret, col. P.M.Ruiz-C., abril 16-19 de 1991, 1510-1600m., hembras *ICN 27514*, *28108*; Km. 10 carretera Pueblo Rico-Villa Claret, col. M.C.Ardila-R., septiembre 27 de 1991, 1540m., hembras *ICN 30933-36*.

Etimología. El epíteto específico alude al colega y amigo Biólogo José Vicente Rueda-A., por su interés en el estudio de los *Eleutherodactylus*.

Diagnosis.-1) piel del dorso lisa, pliegues dorsolaterales pobremente definidos (o series de pústulas), piel del vientre finamente areolada; 2) tímpano pequeño, superficial, 1/5-1/4 del diámetro anteroposterior de la órbita; 3) rostro relativamente corto, redondo en perfil lateral y subacuminado en vista dorsal; 4) distancia interorbital más corta que el párpado superior, sin crestas craneales, sin tubérculos cónicos en el párpado superior; 5) odon-

tóforos vomerinos de contorno triangular, grandes, casi en contacto; 6) machos con hendiduras vocales cortas, con grandes almohadillas nupciales en el pulgar; 7) dedo I manual ligeramente más corto que el II, discos redondos, grandes en los dedos manuales II-IV; 8) dedos manuales con ribetes dérmicos laterales; 9) tubérculos ulnares diminutos; 10) talón y borde externo del tarso sin tubérculos, un corto pliegue tarsal interno termina en tubérculo en el 1/4 distal del tarso; 11) tubérculo metatarsal interno alargado, externo ausente, tubérculos supernumerarios plantares ausentes; 12) dedos pediales con ribetes laterales, sin palmeadura, discos de los dedos pediales más pequeños que los de los dedos manuales, dedo V pedial algo más largo que el III; 13) dorso café con marcas más oscuras, con una serie de flecos pequeños blancos a lo largo de los pliegues dorsolaterales, flancos con flecos blancos, ingles y superficies posteriores de los muslos café obscuro con puntos crema, vientre con pequeños puntos café; 14) adultos de tamaño grande machos 38.8-48.2mm ($\bar{x}=42.4\text{mm}$ N=16 de LRC), hembras 56.9-66.8mm ($\bar{x}=61.5\text{mm}$ N=14 de LRC).

Las afinidades de esta especie no son conocidas pero se puede distinguir por el tamaño grande de los adultos, los pliegues dorsolaterales, el tímpano pequeño, los discos digitales grandes y el dedo V pedial largo. Esta especie no es un miembro del subgénero *Eleutherodactylus* como lo definieron Lynch & Duellman en 1996. Todas las especies del género *Eleutherodactylus* de mayor o igual tamaño tienen un tímpano grande o el dedo V pedial es más corto que el dedo III.

Descripción: cabeza tan ancha como el cuerpo; anchura de la cabeza equivalente al 37.92-42.62 ($\bar{x}=40.09\%$, S= 1.400 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 34.65-39.95 ($\bar{x}=36.94\%$, S= 1.340 N= 14) en machos; longitud cefálica equivalente al 37.92-41.72 ($\bar{x}=39.61\%$, S= 1.312 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 35.90-42.28 ($\bar{x}=38.24\%$, S= 1.618 N= 14) en machos; rostro subacuminado en vista dorsal y redondeado en perfil lateral, en machos los ojos sobrepasan el borde cefálico en vista dorsal, no así en las hembras; distancia ojo-narina equivalente al 91.14-112.86 ($\bar{x}=101.66\%$, S= 6.506 N= 12) del diámetro del ojo en hembras y al 67.74-91.07 ($\bar{x}=80.79\%$, S= 5.458 N= 14) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 29.31-34.52 ($\bar{x}=31.93\%$, S= 1.569 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 25.0-35.22 ($\bar{x}=29.76\%$, S= 2.616 N= 14) en machos; ojo grande, su diámetro equivale al 28.45-33.85 ($\bar{x}=31.48\%$, S= 1.762 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 33.93-41.51 ($\bar{x}=36.68\%$, S= 2.108 N= 14) en machos; párpado superior con tubérculos coa-

lescentes, ninguno elevado o pungente, su anchura equivale al 85.07-129.41 (\bar{x} = 109.80%, S= 15.314 N= 12) de la distancia interorbital en hembras y al 90.62-160.61 (\bar{x} =116.34%, S= 19.442 N= 14) en machos. Crestas craneales ausentes pero con los bordes de los frontoparietales ligeramente elevados, *canthi rostrales* redondos, gruesos, rectos; región loreal ligeramente cóncava, algo inclinada lateralmente hasta encontrar el labio que es grueso, sin ser éste protuberante; área internarinas plana; narinas muy ligeramente protuberantes, dirigidas dorsolateralmente. Pliegue supratimpánico bien definido, grueso, se extiende desde el ángulo posterior de la órbita hasta la base del brazo, tímpano y anillo timpánico visible en sus 3/4 inferiores, tímpano separado del ojo por una distancia 2-3 veces mayor que el diámetro del tímpano, el cual es equivalente al 18.07-30.0% (\bar{x} = 24.53%, S=4.589, N= 12) del diámetro anteroposterior de la órbita en hembras y al 18.18-33.93% (\bar{x} = 23.98%, S= 4.101, N= 14) en machos. Narinas internas posteriormente ovoideas, rectas anteriormente no cubiertas por la tabla ósea del arco maxilar; odontóforos vomerinos triangulares, de dirección levemente oblicua, mediales y ligeramente posteriores a las narinas internas, elevados, separados en la línea media, ca. 1/4 en machos y 1/5 en hembras de la anchura de un odontóforo, con 8-10 dientes en hilera transversa. Lengua piriforme o algo espatulada, su borde posterior con ligera escotadura medial, su 1/3 posterior libre; hendiduras vocales presentes, relativamente cortas, situadas ca. ángulo posterior de la boca; saco vocal externo no evidenciable.

Piel del dorso lisa, miembros y loreal con gránulos pequeños, sencillos o confluentes o unidos por líneas irregulares finas, prominentes (observables bajo aumento) dando un aspecto de superficie finamente granular anastomosada disminuyendo de densidad en las superficies inferiores troncales y flancos, superficies posteriores proximales de los muslos areoladas, o granulares; gula, pecho, vientre uniformemente granulares, abertura cloacal sin cobertura dérmica modificada en amplitud. Pliegues discoidales prominentes y bastante anteriores a la ingle.

Miembros anteriores delgados en hembras, proporcionalmente robustos en los machos, dedos manuales largos, longitud de los dedos I<II<IV<III, con rebordes dérmicos gruesos pero no muy amplios; discos con almohadillas algo más anchas que largas circundadas por leve reborde dérmico de contorno redondeado y entero, disco del pulgar apenas algo dilatado, los de los dedos III-IV ca. 2 veces la anchura de las falanges subyacentes; tubérculos subarticulares manuales basales y distales grandes, de contorno redondeado, no cónicos, de igual tamaño, tu-

bérculos supernumerarios grandes, pero menores o menos obvios que los subarticulares, redondos, muy bajos, ovales o elípticos poco diferenciados en la base de los dedos, otros pequeños pueden estar presentes; tubérculo palmar bifido, más grande que el *thenar* que es elíptico; antebrazo con hilera de tubérculos ulnares pequeños y bajos (poco evidenciables); pulgar de los machos algo ensanchados en la base sobre la cual es aparente una excrecencia nupcial glandular gris o café.

Miembros posteriores relativamente macizos; los talones no se tocan o se sobreponen ligeramente cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 52.99-60.45 (\bar{x} = 56.43%, S= 2.140 N= 12) de la longitud rostrocloacal en hembras y al 48.68-57.97 (\bar{x} = 54.42%, S= 2.966 N= 14) en machos. Pliegue tarsal interno corto en el 1/4 distal, tubérculo metatarsal interno elongado, su longitud equivale a 3 veces su anchura, no comprimidos, tubérculo metatarsal externo no evidenciable; dedos pediales largos, con ribetes dérmicos fuertes, borde externo de la planta sin reborde, discos digitales pediales algo más pequeños que los manuales, palmeaduras ausentes, límite distal del dedo III llega hasta el borde distal del penúltimo tubérculo subarticular del dedo IV, límite distal del dedo V llega a la mitad de la distancia de los tubérculos distal y penúltimo del dedo IV; tubérculos subarticulares algo más largos que anchos, no subcónicos, supernumerarios ausentes.

Color *in vivo*: superficies expuestas café oscuro moteado de café más fuerte, pliegues dorsales con flecos blancos, flancos cefálicos café rojizo, flancos troncales café oliváceo con barras más oscuras y flecos blancos, labios con flecos blancos, iris dorado arriba, gris abajo, todo con retículo café. Muslos ocultos negros con flecos blancos, gula amarillo pálido con densas moteaduras púrpura pálido. Vientre crema amarillento pálido con moteaduras café rojizo. Pierna oculta negra con flecos o manchas crema, brazo dorsal y a veces los miembros posteriores dorsalmente café con tinte ocre.

Color en etanol 70%: Dorsalmente cabeza y tronco café oscuro a café con tres barras cefálicas y 1-2 \wedge en la parte anterior del tronco, algo más oscuras, difusas, poco contrastantes; parte posterior del tronco con manchas irregulares difusas. Línea de tubérculos de tímpano a articulación del brazo, completa o incompleta blanca, con 3-4 barras labiales. Miembros barreados, poco contrastantes, superficies posteriores de los muslos ocultos y pies café, café oscuro con pequeñas manchas irregulares libres o confluentes blancas, algunos ejemplares presentan esca-

sas manchitas blancas dispersas en el tronco y pocas en línea leve dorsolateral troncal, líneas blancas transversas a nivel de las articulaciones distales de los dedos manuales externos pueden presentarse. Flancos troncales con variación de diseño ventral. Ventralmente no hay dimorfismo sexual por coloración. Tres ejemplares juveniles tienen las superficies ventrales crema, uno ligeramente oscurecida la garganta. Nueve tienen gula, vientre, superficies de los muslos crema con puntos y algunas manchas café, de distribución uniforme. 32 ejemplares tienen el color de fondo crema con abundantes manchitas finas en la gula y vermiculaciones gruesas en el vientre. 10 con gula café oscuro, con puntos y manchitas blancas en todas las superficies ventrales, o en gula con vermiculaciones difusas café oscuro, vientre con vermiculaciones gruesas a retículo café oscuro.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 43.5, longitud cefálica 15.9, anchura cefálica 15.6, longitud tibial 22.3, diámetro anteroposterior de la órbita 6.6, anchura interorbital 3.6, distancia ojo-narina 5.6, anchura párpado superior 4.8, diámetro transverso del tímpano 1.4mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos: La especie vive sobre barrancos o piedras mojadas de quebradas cubiertas, amplias o encañonadas, restringidas a sitios muy húmedos. Es frecuente encontrar juveniles sobre hojas al lado de la quebrada; nunca encontramos individuos a más de medio metro fuera de las quebradas.

El individuo más pequeño encontrado mide de LRC 18.7mm (ICN 28111). Hembras jóvenes con oviductos apenas engrosados y contorneados miden de LRC 57-59mm, hembras juveniles alcanzan 56-58mm de LRC, los machos juveniles aún sin almohadillas nupciales llegan a 32mm de LRC. No se pudo determinar el canto de la especie, de abril a julio y además en septiembre se encontraron machos adultos y hembras con huevos maduros pero no se observamos amplexantes.

Es de notar que *Eleutherodactylus diaphonus* de un grupo muy diferente a *E. ruedai* también carece de tubérculo metatarsal externo y vive también en ambientes muy húmedos, en superficies siempre mojadas, se podría pensar que la ausencia de dicho tubérculo fuera una adaptación a este tipo de microhábitat.

Distribución: La especie es conocida de localidades entre 1000 y 1900m.s.n.m., en los flancos occidentales de la Cordillera Occidental en los departamentos de Antioquia, Chocó y Risaralda, entre los 4°55'N y 7°15'N. En colecciones de los autores en perfiles de los 1000 a

los 1900m. en Murri (=La Blanquita), Urrao 1410-1870m., Carmen de Atrato 1610-1800m., Pueblo Rico entre 1500 y 1600m. y San José del Palmar de 1850-1860m. Además en 1990 vimos especímenes coleccionados por Marco Antonio Serna procedentes de Antadó en el municipio de Ituango del flanco norte de la Serranía de Paramillo.

Materiales referidos: ejemplares juveniles: **Antioquia:** Frontino, Km. 23, Km.27 carretera Nutibara a la Blanquita (=Murri), 1000-1430m. (ICN 16465-8, 16646, 16889); Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, quebrada El Silencio, 1480-1540m., (ICN 18965-6, 18969), quebrada Las Canoas, 1770-1870m. (ICN 18975), quebrada Agudelo, 1410-1430m. (ICN 18971-4), quebrada Honda, 1470-1510m. (ICN 18977, 18980-84), alrededores cabaña Río Calles, 1410-1525m. (ICN 18985). **Chocó:** Carmen de Atrato, Km. 19-20 carretera vereda Guaduas, 1780-1800m. (ICN 17162), San José del Palmar, Km 12-12,6 E. San José del palmar, 1850-1860m. (ICN 18989, 18991, 18994-8). **Risaralda:** Pueblo Rico, Km.10 carretera Pueblo Rico-Villa Claret, 1540m. (ICN 30937), Km.15 carretera Pueblo Rico-Villa Claret, 1600m. (ICN 27515), Km.17.9 carretera Pueblo Rico-Villa Claret, quebrada El Purgatorio, 1600m. (ICN 30930-1), Km.19 carretera Pueblo Rico-Villa Claret, 1510m. (ICN 28109-11).

Eleutherodactylus signifer sp.nov. (Figs.5 y 13)

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por J.D.Lynch, Pedro M. Ruiz-C., Ricardo Sánchez, junio 8 de 1988, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 20049 (número campo PR 11653).

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento del Chocó, Municipio San José del Palmar, 12-12.6 Km. por carretera E. San José del Palmar, flanco occidental Serranía de los Paraguas, 1850-1860m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 20047-48, 20051, 20056-61, 20064-66, 20072, hembras ICN 20050, 20052-54, coleccionados con el holotipo.

Etimología. El epíteto específico proviene de la combinación de las grafías latinas *signus* (=rasgo, marca) y *fero* (=llevar) en alusión a las afinidades con *E. pugnax*.

Diagnosis.- 1) piel del dorso lisa, la del vientre granular, en rictus y flancos escasos tubérculos medianos; 2) tímpano ausente, pliegue supratimpánico recto, algo engrosado; 3) rostro muy corto, subacuminado en vista dorsal, redondo, subtruncado en perfil lateral; 4) con varios tubérculos

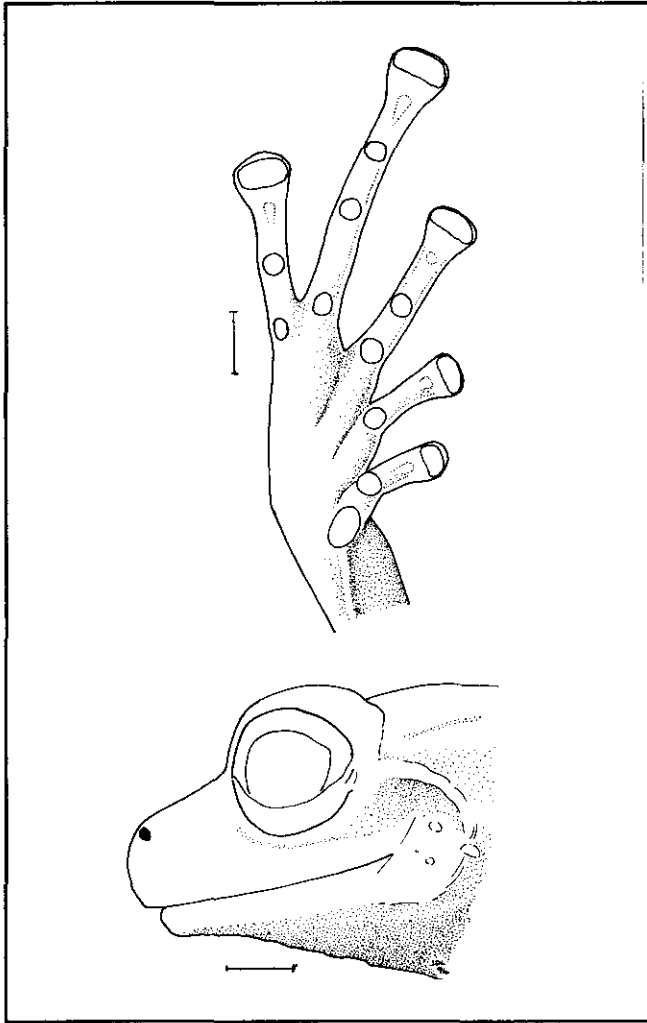


Figura 5. *Eleutherodactylus signifer* sp. nov. Pie (ICN 20049), vista lateral cabeza (ICN 20050) (Escala=2mm)

medianos en el párpado superior, a veces ausentes, anchura del párpado 84.37-145.0% de la distancia interorbital, crestas craneales ausentes; 5) procesos dentígeros prominentes, pequeños, ovalados, casi unidos en la línea media, posteriores a las coanas; 6) machos sin hendiduras vocales, machos con excrecencias nupciales; 7) longitud de los dedos manuales I<II<IV<III, discos pequeños, con el borde distal redondo; 8) dedos manuales con ribetes dérmicos angostos; 9) serie de tubérculos ulnares pequeños, granulares; 10) tubérculo subcónico pequeño en el talón, tubérculos muy finos en el borde externo del tarso, pliegue muy bajo sobre el 1/3 distal del borde interno del tarso, tubérculo metatarsal interno ovalado, externo ausente; 11) tubérculos plantares supernumerarios poco evidenciados; 12) dedos pediales con ribetes dérmicos laterales finos, sin palmeaduras, con discos más pequeños que los de los de-

dos manuales, dedo V muy largo; 13) dorso gris a café obscuro moteado de café, vientre crema ligeramente moteado con gris, pecas blancas sobre la gula. Superficies posteriores del muslo reticulado de café sobre crema grisáceo; 14) adultos de tamaño pequeño, machos 22.6-26.5mm (\bar{x} =24.2mm N=11 de LRC), hembras 29.2-32.8mm (\bar{x} =31.4mm N=5 de LRC).

Esta especie es más similar a *E. pugnax* pero es ligeramente más grande, con hendiduras vocales, saco vocal, piel algo más rugosa y con palmeaduras pediales. Pensamos que *E. signifer* es la especie hermana de *E. pugnax*.

Descripción: cabeza tan ancha como el cuerpo; anchura de la cabeza equivalente al 38.03-42.68 (\bar{x} = 39.30%, S= 1.954 N= 5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 33.14-37.52 (\bar{x} = 35.56%, S= 1.249 N= 11) en machos; longitud cefálica equivalente al 36.63-42.55 (\bar{x} =38.24%, S= 2.431 N= 5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 35.36-42.49% (\bar{x} = 37.79%, 33.14-37.52, S= 1.948, N= 11) en machos; rostro corto, subacuminado en vista dorsal y redondeado en perfil lateral, ligeramente proyectado por delante del nivel anterior de los labios; distancia ojo-narina equivalente al 67.31-79.07 (\bar{x} = 72.58%, S= 4.569 N= 5) del diámetro del ojo en hembras y al 59.52-82.35 (\bar{x} = 70.83%, S= 8.303 N= 11) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 26.63-28.71 (\bar{x} =27.86%, S= 1.022 N= 5) de la longitud cefálica en hembras y al 24.85-33.26 (\bar{x} = 28.01%, S= 2.943 N= 11) en machos; ojo grande, su diámetro equivale al 36.32-42.34 (\bar{x} = 38.48%, S= 2.273 N= 5) de la longitud cefálica en hembras y al 36.32-44.30 (\bar{x} = 39.66%, S= 2.335 N= 11) en machos; párpado superior con escasos tubérculos bajos o ausentes, su anchura equivale al 84.37-136.0 (\bar{x} = 114.29%, S= 23.691 N= 5) de la distancia interorbital en hembras y al 109.09-145.0 (\bar{x} = 124.48%, S= 14.587 N=11) en machos. Crestas craneales ausentes, *canthus rostralis* ligeramente cóncavo, redondeado; región loreal muy ligeramente cóncava arriba y moderadamente expandida hacia el labio, labio delgado; área internarinas plana, narinas muy ligeramente prominentes, dirigidas anterodorsalmente. Pliegue supratimpánico casi recto, engrosado, tímpano ausente. Narinas internas pequeñas, redondeadas, no cubiertas por la tabla ósea del arco maxilar; odontóforos vomerinos presentes, pequeños, ovalados, casi unidos en la línea media, situados posteriores a las coanas, con 2-3 dientes en machos y 3-5 en hembras. Lengua cordiforme con ligera escotadura posterior, con 1/3 posterior libre, hendiduras vocales ausentes.

Piel del dorso lisa, algunos ejemplares con tubérculos pequeños dispersos en el tronco, con hilera de 3-4 tu-

bérculos subcónicos alineados hacia la línea media desde la región posterior al ojo, libres o coalescentes en algunos, flancos con escasos tubérculos; gula, pecho, vientre y muslos granulares, abertura cloacal sin cobertura dérmica ni modificación particular.

Miembros anteriores grandes, macizos, dedos manuales largos, longitud de los dedos manuales I<II<IV<III, con ligero reborde dérmico; discos con almohadillas redondas a truncadas con borde distal entero; tubérculos subarticulares manuales de mediano tamaño, redondos, los basales algo más grandes que los distales, tubérculos supernumerarios palmares escasos granulares, o ausentes, tubérculo palmar bajo, bífido, *thenar* ovalado, algo más pequeño o igual a una unidad del palmar, bajo, plano; antebrazo con hilera de tubérculos ulnares pequeños, distanciados, subcónicos; machos con parches confluentes glandulares a manera de excrescencias nupciales poco levantadas, en la región basal dorso y ventrolateralmente, prepólex ligeramente ensanchado.

Miembros posteriores cortos; los talones casi se contactan cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 50.61-53.57 (\bar{x} = 52.61%, S= 1.214 N=5) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 48.32-52.79 (\bar{x} = 50.84%, S= 1.181 N= 11) en machos. Pliegue tarsal interno delgado bien definido, tubérculo metatarsal interno, grande, ovalado a elíptico, ca.2 veces más largo que ancho, tubérculo metatarsal externo no evidenciable; dedos pediales largos, con ribete dérmico fino, discos algo más pequeños que los manuales, palmeaduras ausentes, longitud I<II<III<V<IV, el extremo del dedo III se extiende hasta un nivel 3/4 de la distancia entre los tubérculos subarticulares distales y penúltimo del IV, el dedo V alcanza el borde distal (o 1/2) del tubérculo subarticular distal del dedo IV; tubérculos subarticulares de mediano tamaño, similares en tamaño a los manuales, supernumerarios escasos, planta lisa a algo granular.

Color in vivo: dorso café amarillento, iris gris oscuro con retículo negro y tinte bronceado, superficies posteriores de los muslos amarillo pálido, gula amarillo pálido, vientre blanquecino.

Color en etanol 70%: superficies expuestas gris a café moteadas con café aveces con punticos blancos, superficies ventrales crema con ligera reticulación de café claro, gula y pecho punteados con blanco. Superficies posteriores de los muslos crema reticulado de café.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 29.2, longitud cefálica 11.5, anchura cefálica 11.9, longi-

tud tibial 16.0, diámetro anteroposterior de la órbita 4.1, anchura interorbital 2.7, distancia ojo-narina 3.4, anchura párpado superior 2.7mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos: *Eleutherodactylus signifer* es una especie que vive en cascadas. Se encontró principalmente sobre rocas mojadas y musgo, pero algunos individuos pequeños se encontraban sobre vegetación en las zonas humedecidas por las «lluvias» de las cascadas. Aunque no fue grabado el canto, se describe como una serie de «cra-aa-ales. La hembra juvenil más grande (ICN 20055) tiene LRC=25.7mm

Distribución: Conocida sólo de dos quebradas que cruzan la carretera Cartago-San José del Palmar sobre el flanco occidental de la Serranía de los Paraguas (1850-1860m.)

Proponemos a *E. signifer* como la especie hermana de *E. pugnax*. Las dos comparten el rostro corto, carecen de oído, tienen la forma corporal y las proporciones de los dedos y discos semejantes pero el carácter más obvio diferencial es la ausencia de palmeadura en *E. signifer*. *E. pugnax* se encuentra en el flanco amazónico de los Andes en el norte del Ecuador hacia el departamento de Caquetá Colombia (0°26' S a 2°00' N). Lynch & Duellman (1980) informaron acerca de la distribución en el Ecuador. En los últimos quince años encontramos *E. pugnax* en los departamentos de Nariño (ICN 23189-200, municipio Ipiales, La Victoria), Putumayo (ICN 23169-76, Km.80 carretera Pasto-Mocoa, 2750m., ICN 23177-87, Km. 83 carretera Pasto-Mocoa, 2600m.) y Caquetá (ICN 22920-1, 22963, 23009, 23868-87, 24438-40, municipio de Florencia, límites Huila-caquetá, 2040-2380m.)

Este caso de distribuciones de especies hermanas es parecido al caso de *Cochranella anomala* y *C. ignota* (Lynch, 1990). Otros dos casos similares lo tienen *E. ganonotus* y *E. viridis* (véase más adelante) que dan una evidencia de una conexión biogeográfica entre la Cordillera Occidental y las vertientes amazónicas del Ecuador.

Eleutherodactylus viridis sp.nov. (Figs.6 y 14)

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por Pedro M. Ruiz-C. y José Vicente Rueda-A., mayo 24 de 1988, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 30939 (número campo PR 10524).

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio de Frontino, Km. 18 carretera Nutibara - La Blanquita (=Murri), 1940m.

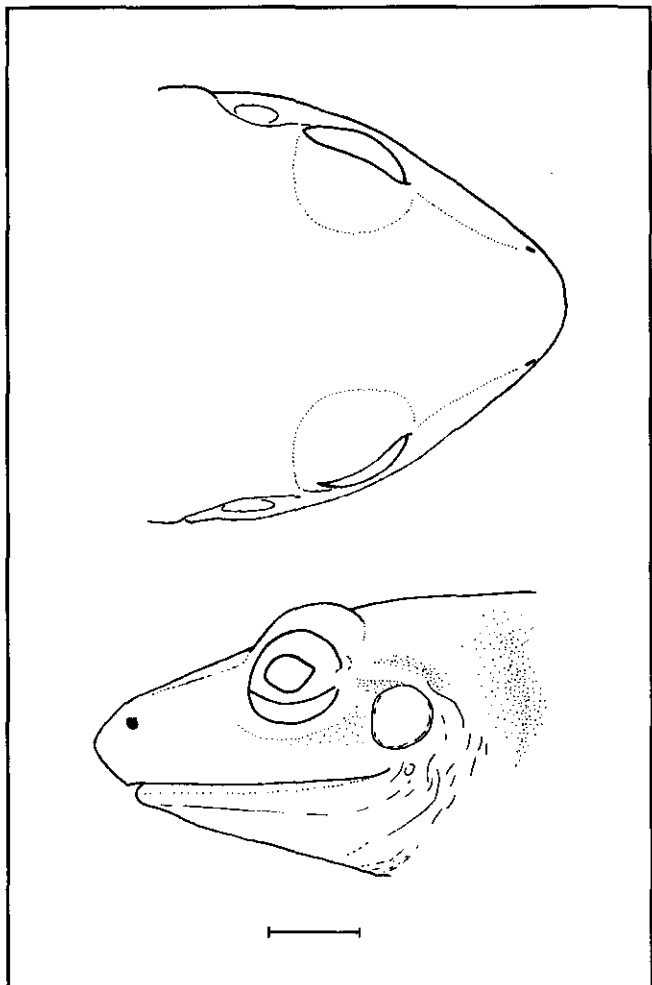


Figura 6. *Eleutherodactylus viridis* sp. nov. Vistas dorsal y lateral cabeza (ICN 37158, hembra adulta) (Escala= 2mm)

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 30951-2, hembras ICN 30940-1, 30943-5, 30950, coleccionados con el holótipo.

Parátipos. Ejemplares adultos: Departamento de Antioquia, municipio Frontino, Km. 15.5-21 carretera Nutibara a La Blanquita, cols. P.M. Ruiz-C., J.V. Rueda-A., mayo 14-18 de 1988, 1500-1960m., hembra ICN 30938; municipio Ituango, Antadó, col. M.A. Serna, J. Betancur, mayo 29 de 1988, hembra CSJ 2612; municipio Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, quebrada las Canoas, col. M.A. Serna, mayo 25 de 1988, 1770-1870m., macho ICN 19422, hembras ICN 19420-21, quebrada El Silencio, col. J.D. Lynch, mayo 23 de 1988, 1480-1540m., hembra ICN 19419.

Etimología. El epíteto específico proviene del latín *viridis* (=verde) en alusión a la coloración en vida de la especie.

Diagnosis.- 1) piel del dorso finamente granular, vientre areolado, sin pliegues dorsolaterales; 2) tímpano superficial, redondo, su diámetro equivalente a 1/2 del diámetro anteroposterior de la órbita; 3) rostro largo, acuminado en vista dorsal, agudo, protuberante en perfil lateral; 4) anchura interorbital mayor que la del párpado superior, crestas craneales ausentes, sin tubérculos sobre el párpado superior; 5) odontóforos vomerinos en hembras adultas ampliamente separados; 6) machos con hendiduras vocales, pulgares con almohadillas nupciales glandulares; 7) dedo I manual más corto que el II, con discos grandes redondos en los dedos manuales III y IV; 8) discos manuales con ribetes dérmicos laterales; 9) tubérculo antebraquial presente, ulnares muy bajos; 10) talón y tarso carentes de tubérculos; 11) tubérculo metatarsal interno oval, superficie plantar areolada, tubérculo metatarsal externo pequeño, difícil de distinguir; 12) dedos pediales con ribetes dérmicos laterales, carentes de palmeaduras, discos pediales más pequeños que los de los dedos manuales externos, dedo V mucho más largo que el III; 13) superficies expuestas crema con manchitas gris oscuro, vientre blanco, superficies ocultas de los miembros sin pigmento; en vida dorsalmente verde, ventralmente blanco con mancha azul en la ingle; 14) adultos de tamaño pequeño, machos 11.6-12.9mm (\bar{x} = 12.3mm N=3 de LRC), hembras 17.7-23.8mm (\bar{x} = 21.6mm N=10 de LRC).

Más similar a *Eleutherodactylus ganonotus* de la vertiente amazónica de los Andes del Ecuador del cual se distingue (la condición comparativa de esta especie se indica en paréntesis) porque en *E. viridis* la piel dorsal es finamente granular (lisa), tímpano *ca.* 1/2 diámetro anteroposterior del ojo (1/3), odontóforos vomerinos presentes (ausentes en machos), dedo I manual y pedial I con almohadillas en hembras, ausentes en machos (ausentes en machos), con ribetes laterales en los dedos (ausentes), sin tubérculos en el talón (presentes), probablemente por el menor tamaño de los machos, LRC= 11.6-12.9mm (14.0-15.2mm).

Descripción: cabeza ligeramente más angosta que el cuerpo, más ancha que larga; anchura de la cabeza equivalente al 35.85-41.12 (\bar{x} = 38.63%, S= 1.471 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 37.94-39.65 (\bar{x} = 38.14%, S= 1.313 N= 3) en machos; longitud cefálica equivalente al 37.39-46.33 (\bar{x} = 40.88%, S= 2.963 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 42.28-43.41 (\bar{x} = 128.79%, S= 0.587 N= 3) en machos; rostro corto en machos, acuminado en vista dorsal y agudo redondeado en perfil lateral, el extremo rostral se proyecta bastante por delante del labio; distancia ojo-narina equivalente al 125.0-147.62% (\bar{x} = 130.27%, S= 9.346, N= 12) del diá-

metro anteroposterior de la órbita en hembras y al 88.89-114.29% (\bar{x} = 99.21%, S= 13.551, N= 3) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 27.96-38.66 (\bar{x} = 34.34%, S= 2.889 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 28.57-32.69 (\bar{x} = 31.09%, S= 2.207 N= 3) en machos; ojo relativamente pequeño, su diámetro equivale al 24.42-28.0 (\bar{x} = 26.36%, S= 1.377 N= 12) de la longitud cefálica en hembras y al 28.0-34.6 (\bar{x} = 32.18%, S= 3.637 N= 3) en machos; párpado superior sin tubérculos, su anchura equivale al 51.72-84.0 (\bar{x} = 62.76%, S= 10.901 N= 11) de la distancia interorbital en hembras y al 60.0-72.22 (\bar{x} = 66.30%, S= 6.119 N= 3) en machos. Crestas craneales ausentes, *canthus rostralis* muy obtuso, redondeado, mal definido; región loreal vertical recta, sin ensanchamiento alguno del labio superior, margen de la cabeza visible cuando ésta se observa desde arriba (los ojos no ocultan el margen); área internarinas plana; narinas algo protuberantes, dirigidas dorsolateralmente, a nivel del margen anterior de la mandíbula. Pliegue supratimpánico discernible sólo por muy ligero engrosamiento que no alcanza a ocultar el anillo timpánico; tímpano grande, redondo, separado del ojo por una distancia poco menor que el diámetro del tímpano, el cual es equivalente al 57.14-57.69% (\bar{x} = 57.33%, S= 0.317, N= 3) del diámetro anteroposterior de la órbita en hembras y al 48.42-55.56% (\bar{x} = 51.99%, N= 2) en machos. Narinas internas muy pequeñas, redondas, no ocultas por la tabla ósea del arco maxilar, odontóforos vomerinos pequeños pero levantados, oblicuos, bien separados entre sí, situados medial y posterior a las coanas, con 0-1 dientes en machos y 1-2 en hembras. Lengua ovalada, su borde posterior con escotadura muy angosta, aguda, profunda, adherente al piso de la boca sólo en su 1/3 anterior medial; hendiduras vocales presentes, cortas, situadas posterolateralmente *ca.* al ángulo de la articulación mandibular; saco vocal sencillo poco evidenciable.

Piel del dorso, brazo, antebrazo, mano y dedos densamente granulares, los gránulos planos y pequeños, flancos toscamente granulares o con verrugas pequeñas; gula, pecho, vientre y muslos granulares, abertura cloacal sin cobertura dérmica ni modificación particular.

Miembros anteriores delgados, dedos manuales largos, longitud de los dedos I<II<IV<III, con reborde dérmico muy fino; discos con almohadillas redondeadas, enteras en los machos, el dedo I carece de almohadillas; tubérculos subarticulares manuales grandes, redondos, prominentes, los basales más grandes que los distales, tubérculos supernumerarios granulares situados en la palma y a lo largo de los dedos, tubérculo palmar enmascarado por los abundantes tubérculos granulares de mediano tamaño;

thenar elíptico, su longitud algo más de dos veces su propia anchura; antebrazo con hilera de tubérculos ulnares pequeños y bajos (poco evidenciables); machos con excrescencias nupciales poco levantadas, glandulares, a manera de pequeño parche en la región lateral bien basal, prepólex algo dilatado.

Miembros posteriores delgados; los talones se sobrepone ligeramente cuando los miembros se hallan flexados perpendiculares al plano sagital del cuerpo; la longitud de la tibia equivale al 46.96-53.93 (\bar{x} = 50.56%, S= 2.796 N= 12) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 51.22-57.76 (\bar{x} = 54.41%, S= 3.272 N= 3) en machos. Talón y tarso carentes de tubérculos, con pliegue tarsal interno fino y muy corto próximo al tubérculo metatarsal interno el cual es ovalado, prominente, de longitud *ca* 2 veces más largo que su anchura, tubérculo metatarsal externo poco diferenciable; dedos pediales delgados, con fino ribete dérmico, discos algo más pequeños que los manuales; palmeaduras ausentes, extremo del dedo pedial III llega a la mitad del penúltimo tubérculo subarticular del dedo IV; el extremo del dedo V alcanza el margen distal del tubérculo subarticular distal del dedo IV, primer dedo muy corto en machos (menos que la longitud del tubérculo metatarsal interno), en hembras el dedo I es 1 1/4 veces tan largo como el tubérculo metatarsal interno; tubérculos subarticulares redondos, supernumerarios plantares granulares, abundantes, de mediano tamaño.

Color *in vivo*: superficies expuestas verde manzana, manos amarillo pálido. Iris verde amarillento iridiscente, labios amarillos, tímpano ocre, gula verde pálido amarillento, vientre y pecho crema, palmas y plantas amarillentas, planta con manchas de puntos negros, manchas pequeñas naranja a nivel de la última y penúltima falanges de todos los dedos; superficies ventrales de los muslos crema; flancos troncales amarillo-verdoso con retículo verde manzana; ingles, superficies anteriores del muslo, pierna y pie ocultos amarillos; flancos posteriores hacia la ingle y superficies posteriores del muslo azules.

Color en etanol 70%: Durante los primeros años el color era rosado dorsalmente con (o sin) puntos café diseminados, el vientre y los labios eran blancos; después de ocho años, el rosado desapareció y quedan los siguientes colores: superficies expuestas crema brillante con tonalidades metálicas, con o sin puntos café-grisáceo; flancos cefálicos y vientre blancos; superficies ocultas de los miembros sin pigmentación. Las manchas negras plantares subsisten.

Dimensiones del holótipo: longitud rostro-cloacal 23.1, longitud cefálica 10.0, anchura cefálica 9.5, longitud tibial

11.0, diámetro anteroposterior de la órbita 2.6, anchura interorbital 3.4 distancia ojo-narina 3.7, anchura párpado superior 1.9, diámetro transversal del tímpano 1.5mm.

Aspectos ecológicos y reproductivos Esta especie fue coleccionada sobre vegetación (anturios y helechos) de 0.5-1.5m. del piso, en bosque muy húmedo. Sólo se encontraron tres machos que son bastante pequeños (ca 50% del tamaño de una hembra adulta). Entre las hembras estudiadas de la localidad típica, una joven tiene huevos pequeños y oviductos poco desarrollados, de LRC=19.0mm (ICN 30942), y tres hembras juveniles más grandes miden 16.0-17.0mm de LRC. En cambio, hembras adultas del P.N.N.Las Orquídeas son de menor tamaño (LRC=17.8-21.2mm)

Distribución. Conocida de tres sitios en el occidente del Departamento de Antioquia (Antadó, perfil Murri y P.N.N.Las Orquídeas) situados en los flancos N y O de la Cordillera Occidental entre los 1480 y los 1940m.s.n.m.

Creemos que la especie hermana de *E. viridis* es *E. ganonotus* descrito por Duellman & Lynch (1988) de la Cordillera de Cutucú en el sur del Ecuador. Posteriormente

J.D.L. encontró otros ejemplares en un sitio más al norte en el Ecuador (Prov. Napo, Cordillera de Guacamayos, KU, QCAZ). Este hallazgo demostró cómo la especie no está restringida a la Cordillera de Cutucú y que la especie es de color verde en vida. Entre las dos localidades de *E. ganonotus* y las tres de *E. viridis* hay ca.750 Km. en línea recta. Suponemos que no se encuentran otras especies de este pequeño grupo en las cordilleras de Colombia y pensamos que esta discontinuidad de distribución (?) es una sorpresa en el conocimiento actual de la biogeografía. No conocemos ningún caso comparable entre otras especies de ranas, excepto en el grupo *galdi* de *Eleutherodactylus* (Lynch, 1996) que tiene que ver con la Cordillera Oriental y la Sierra Nevada de Santa Marta.

Comentarios: Los cambios de color en etanol (verde a rosado y luego crema) que hemos podido notar en nuestras colecciones de *E. viridis* ocurre también en *E. ganonotus* (observación de JDL) y en *E. prolixodiscus* y *E. tubernasus* (observaciones de los autores). A propósito recordamos la discusión de Starret & Savage (1973:61) en la cual distinguieron dos o tres pigmentos supuestos que corresponden a grupos diferentes de la familia Centrolenidae e Hylidae. En el caso de *E. ganonotus* y

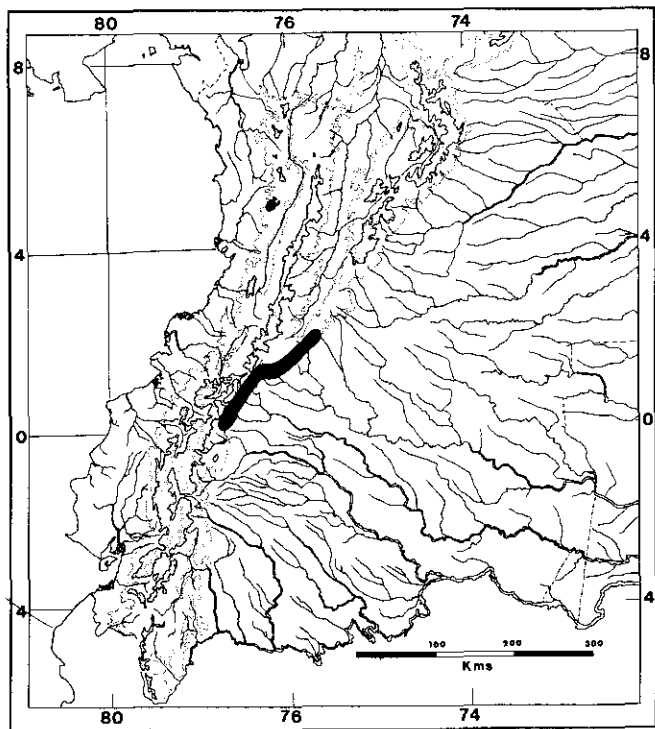


Figura 7. Distribuciones de especies hermanas de *Eleutherodactylus pugnax* (banda oscura en la franja Amazónica de Colombia y Ecuador) y *E. signifer* (franja Pacífica de la Cordillera Occidental de Colombia)

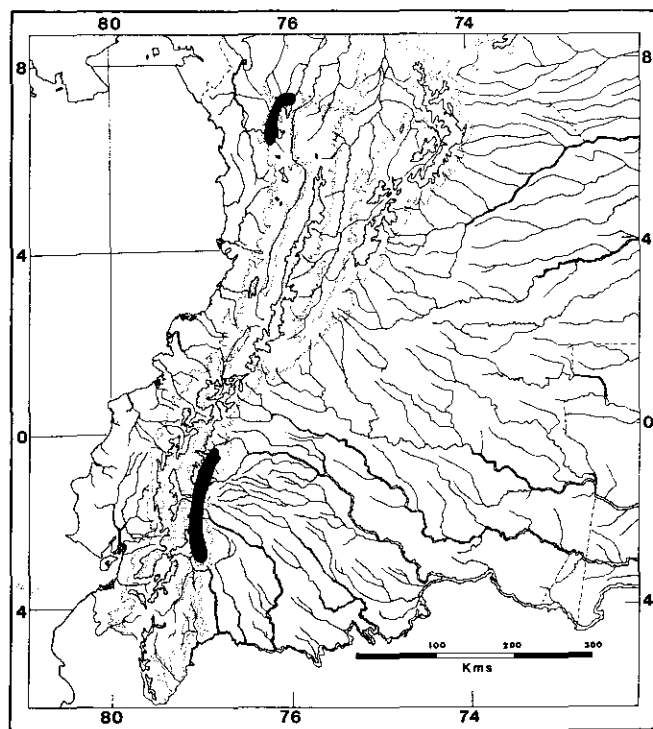


Figura 8. Distribuciones de especies hermanas de *Eleutherodactylus ganonotus* (franja oriental de los Andes en el Ecuador) y *E. viridis* (extremo norte de la Cordillera Occidental de Colombia)

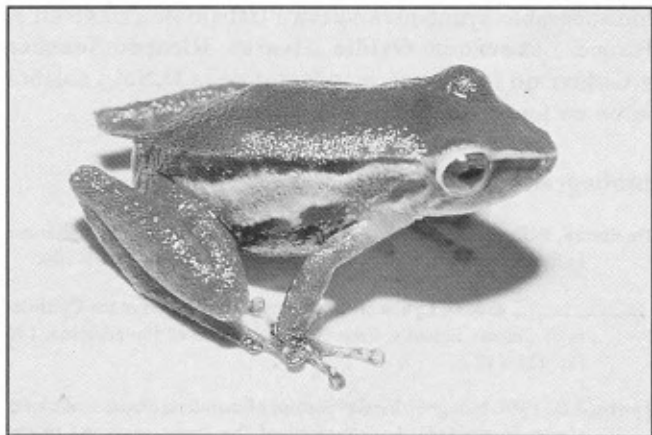


Figura 9. *Eleutherodactylus aemulatus* sp. nov. Holótipo, hembra adulta ICN 19378 (LRC = 21.2 mm).

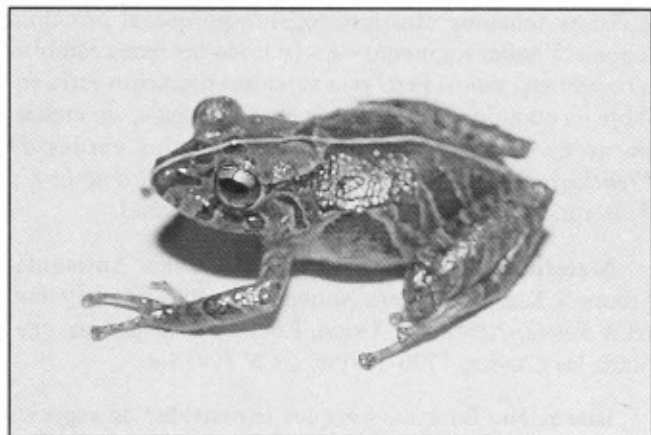


Figura 10. *Eleutherodactylus aurantiguttatus* sp. nov. Parátipo, macho adulto ICN 19367 (LRC = 21.2 mm).

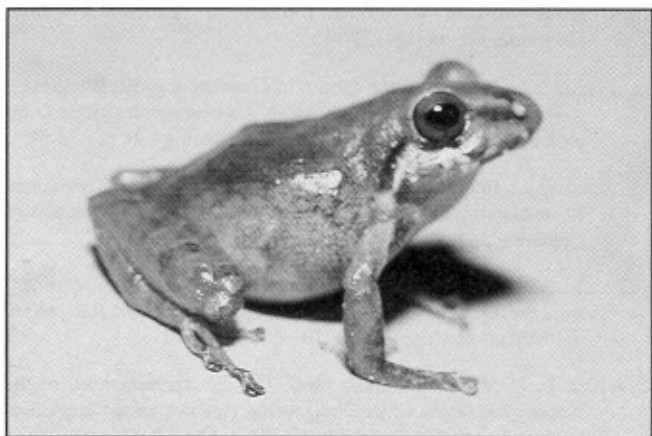


Figura 11. *Eleutherodactylus polychrus* sp. nov. Parátipo, macho adulto ICN 19222 (LRC = 26.3 mm)

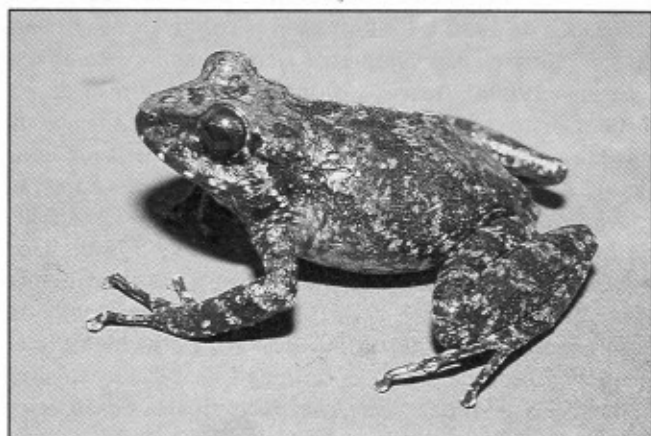


Figura 12. *Eleutherodactylus ruedai* sp. nov. Paratopótipo, hembra adulta ICN 16464 (KRC = 60 mm)

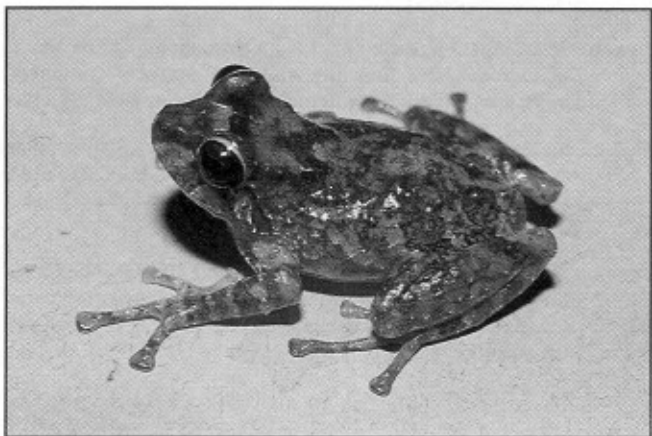


Figura 13. *Eleutherodactylus signifer* sp. nov. Paratopótipo, macho adulto ICN 20048 (LRC = 24.5 mm)

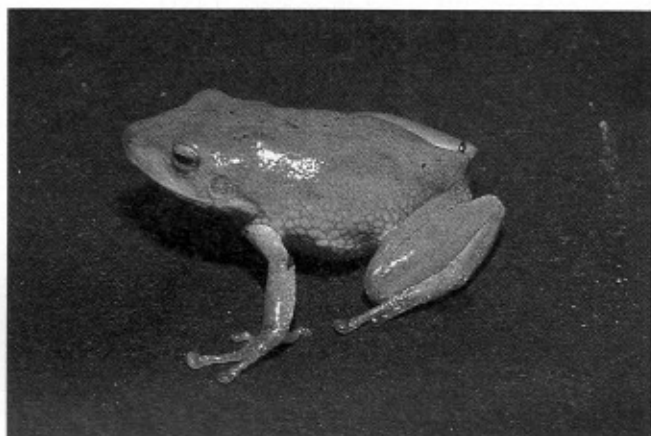


Figura 14. *Eleutherodactylus viridis* sp. nov. Holótipo, hembra adulta ICN 30939 (LRC = 23.1 mm)

E. viridis tenemos otro interrogante porque al principio pareciera haber pigmento «A» (porque las ranas cambian a rosado en etanol) pero este supuesto pigmento sería soluble en etanol y desaparecería en pocos años, sin embargo no es el caso para todas las especies verdes de *Eleutherodactylus* porque *E. acuminatus*, *E. douglasi* y *E. ornatissimus* no cambian a rosado en etanol.

Materiales referidos: ejemplares juveniles: **Antioquia:** Frontino, Km.18 carretera Nutibara a la Blanquita, 1940m. (ICN 30942, 30946-49); Urrao, P.N.N. Las Orquídeas, quebrada las Canoas, 1770-1870m. (ICN 19423-4).

Discusión: En estos bosques la densidad de especies de *Eleutherodactylus* es alta (tabla 1) once especies son simpátricas a 2000m. en la Serranía de los Paraguas y 11-12 especies cohabitan a 1750-1800m. en Risaralda. Diez u once que coexisten en los bosques nublados fueron encontrados de 1430 a 1790m. en el perfil de Urrao. El perfil de Murri es especialmente rico, quince especies coexisten a 1900m, trece a 1700m., doce a 1500m. y diez a 1300m. Estas cifras corresponden a los enedemismos de bosque nublado y no incluyen las especies de las laderas de los Andes. Sí se incluyen los taxa de tierras bajas, la mayoría de los sitios arrojan 17-20 especies simpátricas de *Eleutherodactylus* a elevaciones entre los 1700m y los 1800m. Además de *Eleutherodactylus* las comunidades de ranas normalmente contienen 5-6 especies de centrolénidos, 1-4 de bufónidos, 5-6 de hílidos y 2-3 dendrobátidos para una comunidad de 30-40 especies simpátricas de ranas. Reemplazos verticales de especies a lo largo de los perfiles nos permite esperar encontrar rutinariamente una fauna de ranas entre los 1000 y 2000m., de 60 a 70 especies. Tal diversidad parece restringida a bosques nublados muy húmedos del occidente de Colombia (Duellman, 1988, Lynch & Ruiz, 1983).

Agradecimientos

Los materiales para este trabajo se obtuvieron en los trabajos de campo de los proyectos financiados por la **Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia** y el Fondo de Investigaciones Especiales Francisco José de Caldas (COLCIENCIAS): «Los Centrolenidae de Colombia» y «Estudio sistemático del género *Phrynopus* en Colombia» del Programa Fauna de Colombia y del convenio ICN-U.N.-CARDER en Risaralda. Ayuda parcial al trabajo de campo en Colombia a J.D.Lynch fue otorgada por la Universidad de Nebraska-Lincoln, U.S.A. Especial reconocimiento hacemos al doctor **Fabio Ramírez** (Jefe del P.N.N.Las Orquídeas) por su

indispensable ayuda para nuestro trabajo de campo en el Parque. Los señores **Ovidio Alvarez**, **Ricardo Sánchez** y **Guillermo Susatama** (conductor de la U.Nal.) colaboraron en forma eficaz como auxiliares de campo.

Bibliografía

- Duellman, W.E., 1988. Patterns of species diversity in anuran amphibians in the american tropics. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, **75**: 79-104.
- _____ & J. D. Lynch, 1988. Anuran amphibians in the Cordillera of Cucutú, Ecuador. *Proc. Acad. Nat. Sci. of Philadelphia*, **140** (2): 125-142.
- Lynch, J.D., 1989. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). I. A review of the frogs assigned to the *Eleutherodactylus discoidalis* species group. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology*, 79:1-25.
- _____, 1990. A new large species of streamside *Eleutherodactylus* from western Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica*, **46** (2): 135-142.
- _____, 1992. Two new species of *Eleutherodactylus* from southwestern Colombia and the proposal of a new species group (Amphibia: Leptodactylidae). *Journal of Herpetology*, **26** (1): 53-59.
- _____, 1995. Three new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from Paramos of the Cordillera Occidental of Colombia. *Journal of Herpetology*, **29** (4): 513-521.
- _____, 1996. New frog (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from the Andes of eastern Colombia, part of a remarkable pattern of distribution. *Copeia* 1996: 103-108.
- Lynch, J. D. & W.E. Duellman, 1980. The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *Univ. of Kansas Mus. Nat. Hist. Misc. Publ.*, (69):1-86.
- _____ & _____, 1996. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology, and biogeography. *Nat. Hist. Mus., Univ. Kansas, Spec. Publ.* 23:(en prensa)
- Lynch, J. D. & P.M. Ruiz-C., 1983. New frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Andes of southern Colombia. *Transactions of the Kansas Academy of Sciences*, **86** (4):99-112.
- _____, 1996. New sister species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of southern Colombia (Amphibia: Salientia: Leptodactylidae). *Rev. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* **20** (77): 347-363.
- Lynch, J.D., P.M. Ruiz-C. & M.C. Ardila-R., 1994. The identities of the Colombian frogs confused with *Eleutherodactylus latidiscus* (Boulenger) (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) *Univ. Kansas Nat. Hist. Mus. Occ. Pap.*, (170):1-42.
- Starret, P.A. & J.M. Savage, 1973. The systematic status and distribution of Costa Rican glass-frogs genus *Centrolenella* (family Centrolenidae) with description of a new species. *Bull. Southern California Acad. Sci.*, **72** (2): 57-78.

VIDA ACADEMICA

- 1. Informe presentado por el Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en relación con su participación en la “Vigésimo quinta Asamblea General de ICSU” y en el “Inter-Academy Panel on International Issues” reuniones organizadas por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos entre el 24 y el 28 de septiembre de 1996.**

Simposio sobre “La Ciencia y las metas humanas para el siglo XXI”

La 25ª Asamblea General de la ICSU se inició el 24 de septiembre, con el Simposio sobre el tema: “LA CIENCIA Y LAS METAS HUMANAS PARA EL SIGLO XXI”. La presentación general del evento estuvo a cargo del Profesor Dr. F. S. Rowland, Secretario para Asuntos Externos de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, Premio Nobel en Química 1995.

El tema de la Primera Sesión del Simposio versó sobre “Ciencia, Curiosidad, Asombro y Supervivencia”. El Profesor Rowland mostró cómo de la curiosidad seguida del asombro ante los fenómenos del mundo exterior, surgió la Ciencia, y como ahora estas mismas aptitudes impulsan al desarrollo de la Ciencia Básica, cuyos resultados son luego susceptibles de convertirse en aplicaciones que pueden ser de mucha utilidad para la supervivencia de la humanidad.

Luego intervino el Prof. Dr. L. Ledermann, quien expuso el tema: “Una visión panorámica de la Ciencia y las metas humanas para el próximo siglo, desde la perspectiva de un físico”.

La Profesora Anne Mc. Laren, de la Sociedad Real de Inglaterra, hizo una presentación sobre el tema: “Desde el gen individual hasta la biosfera” y el matemático D. Mumford de la Universidad de Harvard, habló sobre la necesidad de cultivar y mantener vivos tanto el Asombro de las Matemáticas Puras como la utilidad de las Matemáticas Aplicadas”.

La Segunda Sesión del Simposio tuvo por tema general: “La Ciencia, recurso inagotable en una época de recursos finitos: La experiencia americana”. La presentación estuvo a cargo del

Profesor Dr. F. Press, expresidente de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

Finalmente, la Tercera Sesión, estuvo dedicada al desarrollo del tema: “La Ciencia, un recurso para resolver los problemas del siglo XXI”. Se dijo que para ello se requiere la articulación de soluciones, precisar los límites físicos y bióticos del ambiente global y el conocimiento del contexto social en que ocurren problemas tales como: Cambio global y desarrollo sostenible; solución a las necesidades de agua del mundo; solución a las necesidades alimentarias del mundo; ciencia para nuevas tecnologías.

35º Reunión del Comité General de ICSU, con anterioridad a la 25ª Asamblea General.

Como es tradicional, el Comité General de ICSU se reunió el domingo 23 de septiembre: en esa reunión se designaron los Miembros Ordinarios del Consejo Directivo (Executive Board), así como los Miembros Ordinarios del Comité General de ICSU, por las Uniones y por los Miembros Nacionales.

El “Comité de Nominaciones” (candidaturas) está conformado por el Presidente de ICSU, en ejercicio, por el Director Ejecutivo y con los Miembros Ordinarios que se eligen en la reunión del Comité General, inmediatamente anterior a la reunión de la Asamblea General. En esta oportunidad el Comité quedó conformado, tras la 35ª Reunión General del Comité General, así: J.C.I. Dooge, presidente de ICSU, en ejercicio, Julia Marton Lefebvre, Director Ejecutivo, en ejercicio, K. Akinode, representante de la República de Togo; A.J. Carty, Canadá; F. Gros, Francia; Luis Eduardo Mora-Osejo, Colombia; M.K. Mahmoud, Egipto; Indira Nath, India.

Reuniones de la 25° Asamblea General de ICSU

La 25° Asamblea General se inició con la discusión de la reestructuración de los Estatutos y puesta al día de los objetivos de ICSU que habían sido objeto de estudio en el seno del "ICSU Assessment Panel", del Comité General de ICSU, de las Uniones Científicas Internacionales que están asociadas a ICSU y de los Miembros Nacionales, entre ellos la Academia Colombiana de Ciencias, representada por el Presidente. Tal reestructuración es necesaria, en razón de la intensificación de las actividades científicas, la mayor diversidad de los campos de la Ciencia, la cada vez mayor conexión de la Ciencia con los intereses de los ciudadanos y de los gobiernos, la más amplia dispersión de los focos de actividad científica en el mundo; pero al mismo tiempo, la cada vez mayor vinculación de los científicos entre sí, debido a los medios modernos de comunicación y de transporte.

Los representantes de Miembros Nacionales, entre ellos el Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias, de los países en desarrollo, expusimos la necesidad que ICSU contribuya a superar la deficiente financiación de la investigación científica, casi exclusivamente a cargo del Estado. Es necesario lograr así mismo que el aporte del sector privado sea mayor, no obstante el general desinterés por la Ciencia de este sector en los países en desarrollo. Se vio como este sector se concentra en los intereses directamente comerciales. Volviendo a considerar el contexto mundial, es necesario tener en cuenta que los enfoques interdisciplinarios determinan que la Ciencia se desarrolle mediante la asociación de los científicos procedentes de diferentes países y regiones; es necesario que se traspasen las fronteras nacionales y los científicos de los países en desarrollo se proyecten al ámbito internacional.

Por otra parte, han surgido, en el contexto mundial, nuevos campos del conocimiento y de la tecnología, tales como: Telecomunicaciones, Biotecnología, Ciencia de la Computación e Informática, entre otros, que no existían cuando se estableció ICSU, en 1931. Las metas que orientan la actualización de ICSU, serían: ICSU debe ser una "Incubadora" de emprendimientos científicos interdisciplinarios e internacionales; debe producir nuevos programas científicos y ser un cuerpo asesor para guiar las políticas de Ciencia. Se impone modificar los sistemas de gobierno de ICSU, de tal manera, que se evite la superposición de responsabilidades, se disminuyan los costos y se acelere la acción. Precisa equilibrar la participación y compromiso de los Miembros Nacionales y los Miembros de las Uniones Científicas. Por todos los medios a su alcance, ICSU debe promover la participación de científicos de los países en desarrollo en sus actividades, mediante la mayor coordinación entre los Miembros Nacionales y los Miembros de las Uniones Científicas Internacionales de ICSU que operen en el respectivo país.

Cabe destacar, en este informe, que en el texto del Proyecto de "Nuevos Estatutos" se acogieron algunas de las propuestas del Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias, formu-

ladas, por escrito, a solicitud del Comité de actualización de ICSU, con anterioridad a la Asamblea, así: Objetivo 3, literal C: "facilitar la coordinación de las actividades científicas internacionales de los miembros nacionales. Objetivo 4, literal a) para alcanzar y promover el logro de los objetivos de ICSU, cuando quiera que sea apropiado, ICSU realizará contactos con los gobiernos de los respectivos países, a través de la intermediación de las Organizaciones Nacionales adherentes, para promover la investigación científica en los países respectivos".

Finalmente, la XXV Asamblea de ICSU decidió celebrar, antes de la 26° Asamblea General de ICSU, que tendrá lugar en 1999, una reunión ad-hoc, dedicada exclusivamente al tema de la puesta al día de la institución. Los estatutos también se discutirán en esta Reunión General Especial.

Simultáneamente con la celebración de la 26° Asamblea General de ICSU, tendrá lugar un "Simposio Científico Especial" con participación de destacadas figuras de los diferentes campos de la Ciencia, a nivel mundial, sobre el tema: "La Ciencia en el siglo XXI". El evento se celebrará en octubre de 1999, es decir, pocos días antes de la finalización del siglo XX.

Elección de las Nuevas Directivas del ICSU

Como ya informe atrás, fui designado miembro de Comité de Candidaturas de ICSU. Bajo esta calidad y de acuerdo con la tradición política de ICSU, del "equilibrio regional" en sus órganos de gobierno, insistí en que la América Latina, contase con un miembro en el Consejo Directivo de ICSU y en que los Miembros Nacionales de los países de la región estuviesen representados en el Comité General. Finalmente, el Comité presentó ante la 25° Asamblea General las siguientes planchas de candidatos para ocupar los cargos de Dirección de la ICSU, así:

Presidente: un solo candidato, Profesor, Dr. Werner Arber; propuesto, en primera instancia, ante la ICSU, por las Academias de Ciencias de Suiza y de Francia. El Profesor Arber es actualmente Profesor de Microbiología de La Universidad de Basilea, en 1978 recibió el Premio Nobel de Medicina y Fisiología.

El Profesor Arber ha recibido muchas distinciones, en reconocimiento a sus méritos. Es Dr. de Ciencias de la Universidad de Ginebra, Dr. en Ciencias, Honoris Causa, de la Universidad de California y de Strasburgo, entre otros honores.

Para ocupar las Vice-presidencia, se propusieron a los Profesores D.A. Akyeampong (Ghana), Jacob Palis (Brasil) y al Profesor Y. Yamaguchi (Japón).

Para ocupar la Secretaría General: a los Profesores L.J. Cohen (UK); y H.A. Mooney (USA).

Para ocupar la tesorería, candidato único, Prof. Dr. Y. Verhasselt (Bélgica).

La Asamblea General eligió a Werner Arber, Nuevo Presidente de ICSU; a D.A. Akyeampong y Jacob Palis como Nuevos vicepresidentes; H.A. Mooney, como Secretario General y a Y. Verhasselt, como tesorera.

Para ocupar las vacantes en el "General Committee", el Comité de Candidaturas propuso a los siguientes candidatos para nuevos miembros: S. Bauer, Austria; J. Engelbrecht, Estonia; H. Kleinkauf, Alemania; A. McLaren, UK; Hideo Ohashi, Japón; Qian Yi, China; M. Rabin, Israel; H. Slotova, Czech Republic; S. Wandiga, Kenya. La 25ª Asamblea acogió estas nominaciones.

La América Latina quedó representada, en el "General Committee" así: Miembros Nacionales de ICSU: U.G. Cordani, Brasil; I. Saavedra, Chile; Jacob Palis, representante de la International Mathematical Union, Brasil.

Asimismo, se propusieron las candidaturas de quienes en representación de las Uniones Internacionales y de los Miembros Nacionales de ICSU, formarán parte del Consejo Directivo de ICSU (Executive Board), en calidad de miembros ordinarios, así: C.N.R. Rao, India; J.E. Fenstad, Norway; F.S. Rowland, USA, (si no se elige por la Asamblea a Mooney), A. Peña, México, (si no se elige por la Asamblea a J. Palis.), S. Wandiga Kenya, (si no se elige por la Asamblea a Peña, México) como representantes de los miembros nacionales de ICSU. Como representantes de las Uniones Científicas internacionales:

W. Blum, Austria ISSS; A. Fiscli, Suiza, IUPAC; A. North, U.K. IUPAB.

Programas Internacionales de ICSU

En seguida me referiré a los Programas Internacionales de ICSU, en cuya discusión tuve la oportunidad de intervenir y realizar algunos aportes: Por insistencia de los Miembros Nacionales entre ellos la Academia Colombiana de Ciencias, en 1993 se estableció el programa para creación de capacidad en la Ciencia, ICSU PROGRAMME ON CAPACITY BUILDING IN SCIENCE y el respectivo Comité encargado de impulsarlo CCBS. Para su implementación se establecieron tres áreas núcleo (Core Areas), a saber:

1. Mejoramiento en la educación en ciencias (Nivel de educación primaria, Nivel de Educación Secundaria y Nivel Universitario).
2. Promoción de la comprensión y aprecio de la Ciencia por el público y
3. Reducción del aislamiento de los científicos de los países en desarrollo

Instrumentos de implementación:

A través de ICSU y en pro del desarrollo de este programa, se movilizarán los científicos de los países miembros, cuya po-

blación, dicho sea de paso, conforma el 80% de la población humana total.

1. En cada país miembro de ICSU se procederá a conformar y entrenar "Cuerpos de Voluntarios" encargados de ejecutar las acciones locales, en las distintas regiones del respectivo país.

2. Es indispensable coordinar, por parte de las instituciones Miembros de ICSU, el trabajo conjunto de los "Miembros Nacionales" y de las Uniones que operen en cada país. En Colombia, la institución Miembro Nacional es la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, físicas y Naturales, por consiguiente, debe convertirse en la Institución promotora y ejecutora de este Programa.

3. Estructuración de una red (Network) electrónica para expandir el radio de acción y ampliar la participación de los científicos en este programa.

4. Establecimiento por parte de ICSU de un Secretariado General para facilitar la organización de contribuciones y servicios y el análisis de progreso y necesidades. El Secretariado sugerirá también ajustes del Programa a nivel Nacional.

5. Establecer, por parte de ICSU, un "Cuerpo Científico Internacional", o sea, un cuerpo de "Científicos Voluntarios", dispuestos a trabajar en las distintas áreas del Programa. Se fomentará también el intercambio Norte-Sur, Sur-Norte y Sur-Sur de los científicos.

6. Conformación del Comité Nacional para mejoramiento de la educación por parte de cada uno de los Miembros Nacionales de ICSU (Colombia, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales). ICSU ya designó como Presidente del Programa al Prof. Dr. Ledermann. También a los miembros que compondrán el Comité del Programa Formación de Capacidad en Ciencia, PCCBS de América Latina, bajo la presidencia de M.J. Yakamann de México.

ICSU, conformó ya los Grupos de Trabajo para cada una de las áreas núcleo, a saber: a) Mejoramiento de la enseñanza de la Ciencia y las Matemáticas en la escuela primaria; b) Superación del aislamiento de los científicos; c) mejoramiento de la comprensión y la estimación de la Ciencia por el público. Los contactos se harán a través del Profesor M.J. Yakamann de México.

Las actividades de este programa se coordinarán con otras redes de diferentes disciplinas con el objeto de optimizar la utilización de las facilidades comunes, de recibir ayuda económica y de aprender las experiencias; por ej. ; de las redes que existen para el campo de la salud, en algunos países miembros del ICSU.

Medio ambiente: Programas de ICSU

En la 25ª Asamblea General de ICSU, (septiembre 24-27, 1996) se acordó, entre otros, dar continuidad a lo propuesto en

la Conferencia de ICSU que tuvo lugar en Viena, en 1991 sobre el tema del Medio Ambiente.

Esta conferencia tuvo por objetivo establecer las acciones sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el Siglo XXI. Se le conoce como ASCEND 21 y fue uno de los certámenes que antecedieron a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el mismo tema, UNCED, 1992. El trabajo subsiguiente ha estado a cargo del Comité Asesor del Ambiente de ICSU (ACE).

Las acciones adelantadas por este Comité (ACE), se han llevado a cabo en interconsulta con el Consejo Internacional de Ciencias Sociales, ISSC, con el Programa Internacional Geósfera Biosfera, IGBP y con el Programa de Investigación del Clima Mundial, WECRP, entre otros.

Entre los resultados interesantes logrados para nuestra región, obtenidos por el Programa de Investigación del Clima Mundial, WCRP, se cuenta la terminación del Proyecto sobre "El Océano tropical y la atmósfera global", TOGA, tras diez años de actividades.

Gracias a los resultados obtenidos por el WCRP, entre otras, mejorará la capacidad de predicción sobre la ocurrencia del "Fenómeno del El Niño", lo cual resulta favorable a los agricultores de las regiones afectadas, en cuanto les permitirá planear, con un año de anticipación, cuando se deben hacer las plantaciones. El Programa TOGA condujo a que, los Estados Unidos promoviera la creación de un Instituto Internacional de Investigación del Fenómeno de El Niño, IRI, por fuera del sistema de las UN.

Por otra parte, los resultados del Programa Internacional Cambio Climático IPCC, muestran que: "*El balance de las evidencias sugiere que si existe una influencia humana discernible sobre el clima*". De ahora en adelante, se trataría de evitar que tal influencia se siga produciendo, al menos con la intensidad actual.

Se ha establecido, además, el Programa CLIMATE VARIABILITY AND PREDICTABILITY (CLIVAR) dirigido al estudio de los problemas del transporte atmosférico de calor y humedad y al estudio del papel de las nubes en el balance de la radiación de la tierra.

Dentro del Programa Internacional, Geósfera Biosfera, IGBP, aún no ha concluido ningún "Proyecto Núcleo" y puede decirse que el Programa total se encuentra todavía en la primera fase de implementación. Se preparó un plan de acción para el periodo 1994-1998 y se reportó algún progreso, con ocasión de la reunión celebrada en Pekín, en 1995. SAC IV, 1995 a la cual asistió el Secretario Ejecutivo de la Academia, Dr. José Lozano. Tuvo lugar también un Congreso Científico en Alemania, Bad Münstereiffel, 1996. En el Programa IGBP, trabajan ahora activamente 200 científicos de diferentes países del mundo. Es urgente la reactivación de la participación colombiana en este programa.

El Programa Global Change System for Analysis, Research and Training, START, promovido por IGBP, WCRP y IHDP ha

iniciado investigaciones regionales y redes de entrenamiento en seis regiones de Asia, Africa y el Mediterráneo. Trabaja con otras redes para la investigación del Cambio Global, entre otras, con la del IAI en las Américas. Según pude establecer en Washington, existe la posibilidad de recibir ayuda económica para los Comités Nacionales, encargados de organizar la participación del respectivo país en el desarrollo del Programa.

El Programa DIVERSITAS que se ocupa del estudio de la Biodiversidad a escala planetaria, enfoca cinco áreas claves de trabajo, a saber: a) el papel de la Biodiversidad en el funcionamiento de un ecosistema; b) origen, mantenimiento y cambios de la biodiversidad; c) sistemática; d) monitoreo; e) conservación, restauración y uso sostenible.

En el desarrollo del Programa DIVERSITAS trabajan varias de las Uniones Internacionales y de los Programas Internacionales de ICSU y la UNESCO, Ciencias biológicas, Sociedades Microbiológicas, IGBP, ICSU-UNESCO, Programa "EL HOMBRE Y LA BIOSFERA".

ICSU está impulsando el Programa IHDP, o sea, el INTERNATIONAL HUMAN MENSION PROGRAMME ON GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE, a partir de febrero de 1996.

La ICSU y la UNESCO impulsan los sistemas de observación global: GLOBAL CLIMATE OBSERVING SYSTEM, GCOS; GLOBAL OCEAN OBSERVING SYSTEM, GOOS; y EL GLOBAL TERRESTRIAL OBSERVING SYSTEM, GTOS.

Durante la 25ª Asamblea General se informó que el Comité Científico sobre problemas del Ambiente, SCOPE, continuó su tradicional "Programa de inventario de los conocimientos existentes sobre asuntos ambientales de importancia internacional e interdisciplinaria". Además, concluyó el trabajo sobre el ciclo del P y los efectos de la radiación UV-B sobre la biota. Esto último tendrá mucha relevancia para los programas que desarrolle en el futuro próximo el Instituto Interinstitucional de Alta Montaña que implementará la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. SCOPE se embarcó en el estudio de nuevos temas, tales como: "Economía y Medio Ambiente" y "Opciones para el manejo sostenible". El SCOPE está poniendo atención a los asuntos sobre Políticas Científicas y ha preparado una publicación para audiencias de no expertos, sobre asuntos tales como: "El efecto invernadero" y "El ciclo del P". SCOPE está preparando ahora un "Informe de Síntesis" sobre los problemas ambientales de los océanos del mundo. Después de 30 años de existencia SCOPE mantiene su posición de avanzada y continúa haciendo aportes valiosos, de acuerdo con el informe presentado a la 25ª Asamblea General de ICSU.

Estas actividades de ICSU, en particular, las que adelante el ACE, han sido financiadas por la NATIONAL SCIENCE FOUNDATION de la Academia Nacional de Ciencias los Estados Unidos.

La agencia que colabora también en la financiación de estas actividades es IGFA. Esta no es una Agencia de grandes recursos, pero coordina las acciones de los donantes nacionales de recursos económicos para la investigación sobre el Cambio Global.

Comité Permanente de Etica Científica

La 25ª Asamblea General estableció un Comité Permanente para los Asuntos relacionados con la responsabilidad y la Etica de la Ciencia. Se distinguirán asuntos que no conciernen directamente a la Ciencia y a su conducción y asuntos de relevancia externa; o sea, aquellos que se relacionan con las formas como los desarrollos de la Ciencia impactan el bienestar de la sociedad y sus implicaciones locales y globales. El Comité estará compuesto por personas que tengan experiencia en las Ciencias Naturales, las Ciencias Sociales, la Filosofía, la Etica, la Jurisprudencia, la divulgación de las Ciencias, y de las políticas de las Ciencias.

Además, los miembros que componen la "familia" ICSU, tendrán una persona de contacto para la operación del "Comité Permanente de Responsabilidad y Etica de la Ciencia".

Comité y Programa para asuntos sobre Ciencia y Tecnología en los Países en Desarrollo, COSTED :

El Programa COSTED se ocupa de la promoción de la "Ciencia y la Tecnología en los Países en Desarrollo", fue establecido en 1966, en Bombay, India, con el objeto de interconectar y lograr, en primera instancia, la incorporación de estos países a ICSU. Uno de sus objetivos actuales es el de ligar la Ciencia y la Tecnología al desarrollo sostenible en los países del Sur, a través de la cooperación activa con miembros de ICSU y los Cuerpos científicos regionales e internacionales. En la 24ª Asamblea General de ICSU, que tuvo lugar en Santiago de Chile, 1993, se decidió unir COSTED con IBN (INTERNATIONAL BIOSCIENCES NETWORKS). Desde entonces, funciona como una iniciativa conjunta de ICSU y de UNESCO. El Comité ejecutivo fue reconstituido después de este cambio para incluir los secretariados regionales de IBN y los Miembros representantes Ex-oficio de UNESCO y de UNDP. Existen 7 Secretariados Regionales de COSTED-IBN, a saber: Santiago (Chile), Irbid (Jordania), Dakar (Senegal), Accra (Gana), Pretoria (Sud Africa), Madras (India) y Bangkok (Tailandia). Estos Secretariados están coordinados por el Secretariado Internacional, con sede en Bombay, India. Son Miembros de COSTED, 21 países. Colombia ingresó en 1994, a través de la afiliación de la Academia Colombiana de Ciencias. Los miembros correspondientes representan a varios cuerpos internacionales de ICSU y facilitan la colaboración de COSTED con ICSU.

Entre las realizaciones de los últimos años, figuran : a) Establecimiento de redes regionales para áreas amplias de la Ciencia. El objetivo de estas redes es crear vínculos entre las comunidades científicas de los países de las diferentes regiones del Mundo y

promover y estimular la cooperación Científica y Técnica. Las nuevas redes establecidas en América Latina son: Red Latinoamericana de Ciencias de la Tierra, Red Latinoamericana de Astronomía, Red Latinoamericana de Física, Red Latinoamericana de Matemáticas, Red Latinoamericana de Química.

Puesto que el mejoramiento de las condiciones para la formación de científicos en los países en desarrollo es una de las áreas prioritarias de COSTED, en todas las regiones se han desarrollado iniciativas que tienen que ver con el mejoramiento de la enseñanza de las Ciencias, a través de "Programas de Educación y Entrenamiento". Se han desarrollado 22 cursos de entrenamiento, organizados por los Secretariados Regionales, desde abril/94 a abril/96. Estos cursos cubrieron temas de importancia regional y promovieron actividades de las comunidades científicas, dentro de las regiones respectivas. En el caso de la India, tales programas recibieron apoyo financiero del Gobierno, con lo cual fue posible incrementar notablemente la producción de ayudas de enseñanza a bajo costo y el desarrollo de programas de computación (Software), para el desarrollo de "Programas de Educación en Ciencia". Se redactó también un libro de texto sobre biotecnologías, financiado por el ICSU, Bio-uniones y UNESCO. La Academia Colombiana de Ciencias recibe por suscripción, la publicación "Journal of Science Education", de la Academia de Ciencias de la India.

Se han desarrollado varias reuniones para acordar políticas de planteamiento, entre otras, la "Reunión para el establecimiento de las redes científicas en América Latina". En junio de 1994, tuvo lugar en Santiago de Chile; el "Taller sobre Publicaciones científicas en América Latina", "En noviembre de 1994, en Guadalajara, México, se realizó el taller sobre la Cooperación Sur - Sur para el desarrollo internacional de la Ciencia y la Tecnología. En agosto de 1995, en Ciudad de México, México se desarrolló otro taller, al cual asistió el Dr. Víctor Samuel Albis González, en representación de la Academia Colombiana de Ciencias, sobre establecimiento de nuevas redes en la América Latina. En mayo pasado, se realizó otra reunión sobre "La Ciencia y la Sociedad Latinoamericana un Encuentro Necesario", San José, Costa Rica. No concurrió ningún representante de la Academia Colombiana de Ciencias.

El financiamiento de estas actividades se realiza con fondos de ICSU y fondos adicionales de UNESCO, la reunión de Guadalajara tuvo por objeto elevar en la Sociedad Latinoamericana el aprecio por la Ciencia, mejorar la calidad de las publicaciones de la región; promover y facilitar la colaboración activa entre los científicos Latinoamericanos y fortalecer la cooperación regional e internacional. Como resultado de esta reunión se está preparando un índice de las revistas científicas periódicas de América Latina. Las memorias de este encuentro han sido publicadas y difundidas ampliamente.

COSTED ha cooperado en los programas IGBP y START y en el estímulo de actividades relacionadas con el medio ambiente y el cambio global en los países en desarrollo. En Asia se

promovió la formulación de proyectos para el IGBP y se dio ayuda para su implementación .

La UNESCO apoya activamente a COSTED, lo mismo que la Comisión Europea y la TWAS. Es urgente que la Academia Colombiana de Ciencias, como lo anunció en Washington ante la Asamblea, reestructuró el Comité Nacional, IGBP, promueva actividades similares y obtenga para ello apoyo de las entidades aquí mencionadas. Se espera que COSTED promueva y desempeñe un papel importante en representación de los países en desarrollo en la próxima conferencia general de la UNESCO sobre "La Ciencia".

Así mismo, el Secretariado General de COSTED, firmó un memorando de acuerdo con la Academia Colombiana de Ciencias del Tercer Mundo, en julio de 1994. Se busca con este acuerdo la cooperación de las dos organizaciones en el desarrollo de iniciativas comunes, dirigidas a la capacitación en Ciencia de los países del Sur, desarrollo de políticas de Ciencia y Tecnología y proveer la financiación de la participación de científicos del Sur en certámenes internacionales. En la Secretaría de la Academia reposan documentos informativos sobre estos programas a disposición de los interesados.

En la discusión sobre la situación de la Ciencia y la Tecnología en el "Mundo en Desarrollo", se hizo énfasis en que las tecnologías nuevas, creadas por los países industrializados, basadas en nuevos conocimientos, tales como las de la biotecnología, microelectrónica, automatización, nuevos materiales, información y comunicación, han desplazado a los materiales fabricados a partir de materias primas, procedentes del Sur, en las cuáles, muchos países en desarrollo apoyaban sus economías.

De esta forma, se perdió esta ventaja económica comparativa de los países en desarrollo. El poder, la rapidez y la orientación de las nuevas tecnologías ha debilitado, cuando no anulado, la relación que existía entre posesión y disponibilidad de recursos naturales regionales y crecimiento económico. La producción y las funciones de las mercancías y de las industrias están cambiando drásticamente en el nivel mundial. Se anuncia ya la decadencia de la demanda de recursos naturales primarios para la producción de mercancías. Lo que ahora ya se vislumbra es que las llamadas "Ventajas comparativas", dependerán cada vez más, de la riqueza de los "recursos intelectuales humanos", puestos en evidencia, por el avance de la Ciencia y de la invención tecnológica, así como de la capacidad de organización y de manejo de las Instituciones Científicas. Sistemas de producción, basados en los nuevos conocimientos, son ahora más relevantes económicamente que los sistemas de producción económica basados en los recursos naturales. Así, los avances en la electrónica han vuelto obsoleta la tecnología mecánica, dadas sus ventajas en referencia a tamaños, operación, mantenimiento, sensibilidad y capacidad de procesamiento. Por ejemplo, la producción de las fibras ópticas para las telecomunicaciones, acabó con la demanda de cobre: una cantidad, menor de 50 kgms., de fibra óptica, sustituye a 900 kgms. de cobre; con la ventaja, de que su capacidad de

transmisión es también muchísimo mayor. De allí que, por ejemplo, el Japón, pobre en recursos naturales, es sin embargo, un gigante económico por su superioridad tecnológica y la alta capacidad de producción de conocimientos básicos nuevos, que en un momento dado puede servir de base para la producción de nuevas tecnologías de punta.

Comité de Información para la Ciencia y la Tecnología:

El Programa CODATA se ocupa de las actividades relacionadas con la consolidación de "Bases de Datos" e informaciones. Muchos de los Comités Programas y cuerpos de la "familia" ICSU, tiene que ver, directa o indirectamente, con bases de datos e información. El Programa CODATA se ocupa de todos los tipos de datos cuantitativos, procedentes de observaciones en las Ciencias Físicas, Químicas, Biológicas, y Astronómicas.

Se ha puesto especial énfasis en la solución de problemas de manejo de datos concernientes a las diferentes disciplinas científicas y en poner al alcance de científicos, de las más diversas disciplinas, la información disponible. En síntesis, los objetivos de este programa son: a) mejorar la calidad y accesibilidad de los datos, los métodos por los cuáles se adquieren, manejan y analizan; b) facilitar la cooperación internacional entre aquellos que colectan, organizan y utilizan datos; c) promover una conciencia, cada vez mayor, en las comunidades científicas y técnicas sobre la importancia del manejo de datos.

Estos objetivos se cumplen, principalmente, a través de las siguientes actividades de CODATA:

Preparación de "sets" de datos claves para asegurar su utilización internacional consistente; coordinación de proyectos multinacionales; establecimiento de formatos estándares para promover la compatibilidad de bases de datos; producción de guías para la presentación de datos en la literatura; suministro de información sobre las fuentes de datos confiables; educación y entrenamiento; organización de conferencias y talleres.

Establecimiento del Comité para la seguridad alimentaria de la humanidad en el próximo siglo:

La 25ª Asamblea General de ICSU se ocupó del estudio sobre el establecimiento de un Comité Científico para el desarrollo de aquellas Ciencias de las cuales dependerá el abastecimiento de alimentos para la humanidad, en el próximo siglo.

En la 24ª Asamblea General que tuvo lugar en Santiago de Chile, en 1993, se decidió suspender los antiguos Comités Científicos, sobre la "Aplicación de la Ciencia a la Agricultura, al Manejo de Bosques y a la Acuicultura", (CASAFSA).

Al mismo tiempo, se pidió al Consejo Directivo de ICSU, (Executive Board) establecer un grupo consultivo para examinar

el papel de ICSU hacia el futuro, en este campo; sobretodo en vista de la gran repercusión que tiene para la humanidad el desarrollo de las disciplinas científicas relacionadas con estas áreas. El grupo consultivo se estableció bajo la Presidencia de H.K. JAIN (India) con la participación de W.E.H. Blum (ISS), J. Dobreiner (Brasil), H. EL Lakany (Egipto) y R.B. Heap (Reino Unido), el cual sostuvo su primera reunión en Acora (Ghana), en abril de 1994.

El taller sobre "la Seguridad Alimentaria para el siglo XXI", tuvo lugar en Dakar (Senegal) del 28-29 de noviembre de 1995. Allí se adoptó la definición de "Seguridad Alimentaria", como la disponibilidad, estabilidad y, accesibilidad de alimentos y se recomendó, la creación, por parte de ICSU, de un "Comité de Ciencias para la Seguridad Alimentaria" (CSFS), el cual tendría dos funciones centrales:

1. Identificar problemas ambientales, en el ámbito mundial, que requieran ser estudiados, tales como: determinación de la calidad de los suelos; uso eficiente del agua; seguridad alimentaria versus cambio del clima: Sistemas alimentarios urbanos y periurbanos.

2. Revisiones independientes, por parte de los cuerpos de ICSU, relacionados con esta temática de documentos y publicaciones, cada vez que sean solicitadas por parte de los cuerpos internacionales, nacionales y regionales, en relación con diferentes aspectos de la seguridad alimentaria. Complementariamente se divulgaran los conocimientos y experiencias, así obtenidos.

En vista de la próxima reunión en Roma (Nov. 1996) de la "Conferencia Cumbre sobre Alimentos" y, teniendo en cuenta, la gravedad de los problemas de hambre, mal nutrición y degradación del ambiente, por una parte y, de la amenaza que ello implica para toda la humanidad, se concluyó que ICSU es la Institución apropiada para desarrollar las Ciencias y las Tecnologías requeridas para resolver los problemas relacionados con la amenaza de escasez de alimentos que se cierne sobre la humanidad. Fue muy bien acogida mi propuesta, en el sentido de tener en cuenta, en todas las actividades y emprendimientos dirigidos a resolver este problema, la inmensa diversidad de alimentos ya en uso y potenciales de las Regiones tropicales del planeta. Hice especial énfasis en la urgencia de emprender programas de investigación, debidamente financiados por fuentes nacionales e internacionales, dirigidos al mejoramiento de los rendimientos y optimización de su calidad. Al final de la Sesión, la 25° Asamblea General, se ocupó de estudiar las recomendaciones del Comité General sobre la Ciencia y la Tecnología para el manejo de la Tierra. Particularmente, en referencia a las áreas que tiene que ver con la Energía, y, en general, la Ciencia y Tecnología para el manejo de la Tierra.

Se vio que este tema podría comprender las siguientes categorías de temas y problemas por estudiar:

- Presión ambiental (Degradación de los sistemas bióticos y físicos globales, de los cuales depende la población humana)

- Manejo de recursos (mala utilización de desperdicios y de recursos vitales),
- Problemas humanos conexos.

El grupo de trabajo, recomendó a ICSU establecer un Comité permanente sobre Ciencia Tecnología para el manejo de la tierra (STEM), cuyos Miembros serian nombrados por el Consejo Directivo (Executive Board). Se deben incluir también allí ingenieros, científicos sociales, economistas y personas expertas en la divulgación del conocimiento. Los Miembros de tales Comités procederían de las diversas regiones del mundo.

El Consejo Directivo (Executive Board), en mayo de 1996, discutió este asunto y no vio la necesidad de establecer de inmediato el Comité de ICSU propuesto. Sin embargo, recomendó que el nuevo Executive Board por elegirse, en la 25° Asamblea General de septiembre/96, aborde el estudio de estos problemas y la forma como ICSU, se comprometería en los estudios correspondientes al área energética no cubierta, hasta el presente, a través de las actividades que desarrollen los cuerpos que componen ICSU. En efecto, durante la 25° Asamblea se abordó el estudio del problema y se decidió continuar profundizando en el análisis del mismo. El nuevo Executive Board debe dar la más alta prioridad al estudio de este tema.

Unión Internacional de las Ciencias de la Computación y la Informática:

El Secretario General de la Unión Internacional de Matemáticas, Miembro del Comité General de ICSU y a partir de la 25° Asamblea General, Miembro del Executive Board, Jacob Palis (Brasil), propuso, de acuerdo con lo discutido en la 24° Asamblea General y las recomendaciones de las reuniones 33° y 34° del Comité General de la ICSU, la conformación de una "Unión Internacional de las Ciencias de la Computación y la Informática". Esta iniciativa ha tenido ya el apoyo de las Academias de Ciencias de Francia, de los Estados Unidos, del Tercer Mundo, del Brasil, del Comité Nacional del Japón para la Ciencia Informática, entre otros.

La 25° Asamblea General, decidió tomar nota de los desarrollos presentes y estudiar y planear el establecimiento de la Unión Internacional para las Ciencias de la Computación y la Informática.

Informe del Comité de Finanzas de la 25° Asamblea General

Este Comité estuvo presidido por A. Peña, Presidente de la Academia de Ciencias de México y conformado por dos representantes de los Miembros Nacionales de ICSU y dos Miembros Representantes de las UNIONES INTERNACIONALES.

El Comité informó que es muy posible que en el próximo trienio disminuyan los aportes que recibirá ICSU, debido a la reduc-

ción de las contribuciones de las agencias externas. Con el objeto de asegurar que no se presente un descenso en los ingresos y se mantenga constante las entradas de recursos financieros durante los años 1998, 1999 y 2000, será necesario aumentar, para estos años, las cuotas de afiliación en un 4% anual. Durante el año de 1997 la cuota ya se acordó incrementar en un 2% anual. De modo que con respecto a la cuota que se pagó para el año 1996, el incremento para los tres últimos años de este siglo, será el 6%.

Programa Interinstitucional para la Organización y el Financiamiento de ciclos de conferencias sobre el tema "Ciencia y Desarrollo Sostenible", patrocinado por ICSU, TWAS, UNESCO, COMMONWEALTH SCIENCE COUNCIL Y EARTH COUNCIL.

Este programa lo iniciaron conjuntamente, en 1987, ICSU y TWAS. En 1989 se unieron al Programa UNESCO, COMMONWEALTH SCIENCE COUNCIL y en 1993, se unió EARTH COUNCIL.

El objetivo de este Programa es proporcionar a los miembros de instituciones científicas, de los países en desarrollo, la oportunidad de cooperar con colegas de otras instituciones de su país o de otros países, en todos los campos de la Ciencia, de la Tecnología y de las áreas claves para la solución de problemas del ambiente y del desarrollo. Las Instituciones científicas pueden invitar expertos eminentes en Ciencia, Tecnología y Desarrollo sostenible para dictar conferencias y sostener discusiones en los Foros que para tal efecto organicen en los países en desarrollo. Se recomienda tener en cuenta a destacadas personalidades científicas, entre el personal científico que se proponga dentro de las solicitudes de ayuda. Los viajes de ida y vuelta y demás gastos que implique la Conferencia, estarán a cargo del Programa, mientras que los gastos locales correrán por cuenta de la Institución anfitriona del país en desarrollo.

Las solicitudes se deben enviar al secretariado de TWAS; antes del 30 de junio de cada año, para conferencias que vayan a tener lugar entre enero y junio del año siguiente y antes del 31 de diciembre para Conferencias que vayan a realizarse entre julio y diciembre del siguiente año. Para cada país se aprobará anualmente solamente un cupo.

Considero que es de mucha importancia que la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales participe y se beneficie de este Programa.

Programa de Profesores visitantes en Ciencia y Desarrollo Sostenible ICSU, TWAS, UNESCO, COMMONWEALTH SCIENCE COUNCIL, EARTH COUNCIL promovieron y son responsables del desarrollo de esta iniciativa.

El objetivo de este Programa es proporcionar a las Instituciones y grupos de investigación de los países en desarrollo la oportunidad de establecer nexos perdurables con científicos lí-

deres, a escala mundial, en Ciencia, Tecnología y áreas claves de la problemática "Medio Ambiente y Desarrollo".

El nombramiento de los Profesores de este Programa se hace, normalmente, para un periodo de 5 años, durante el cual, el Profesor designado debe visitar la institución anfitriona al menos 3 veces y permanecer en el país, en cada visita, por lo menos un mes. Las Instituciones y los Profesores huéspedes deben rendir informes sobre el desarrollo de las visitas. El Profesor visitante mantendrá contacto permanente e interactuará con los miembros de la Institución anfitriona con el objetivo de fortalecer las factibilidades que ya existan y de colaborar en el establecimiento de nuevas líneas de investigación. Así mismo, el Profesor huésped dictará conferencias y organizará seminarios de investigación con estudiantes. Las solicitudes se harán también al Secretariado de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, en la forma y en las fechas ya indicadas para el Programa anterior. Los gastos de viaje y pago de honorarios y otros gastos adicionales para las Conferencias, correrán por cuenta del Programa, mientras que la Institución anfitriona, correrá con los locales. La Academia Colombiana de Ciencias se propone aprovechar al máximo este programa.

Participación en el "INTERACADEMY PANEL ON INTERNATIONAL ISSUES (IAP)

La reunión del IAP se llevo a cabo por iniciativa de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y tuvo lugar en la mañana del sábado 28 de septiembre, en su sede.

El INTER-ACADEMY PANEL, IAP, es un foro de carácter informal, en el cual se discuten y deciden acciones conjuntas relativas a asuntos de la Ciencia y de la Tecnología de interés global. En la Reunión de New Delhi, India, que tuvo lugar en octubre de 1993 y a la cual asistió el Dr. José Lozano, Secretario Ejecutivo de la Academia Colombiana de Ciencias, se decidió dar prioridad al estudio de los problemas interrelacionados con el incremento de la población humana en las diferentes regiones del orbe.

Las acciones del IAP se ejecutan a través de Grupos de Trabajo, Publicaciones, Investigación cooperativa, Talleres y Conferencias. El Comité Central se ocupa, entre otros, de evitar que ocurra duplicación de actividades con ICSU.

Para que el IAP, con la ayuda de las Academias, pudiera identificar áreas de preocupación e interés, se envió a las Academias los resultados de encuestas, a manera de informe, en agosto de 1995. El primero de estos informes se refiere a las comunicaciones y el segundo a la programación del IAP.

Las encuestas se realizaron también con el propósito de identificar temas de interés mutuo que sirvieran de núcleos para la implementación de los futuros proyectos que emprendieran las Academias, a través y con la ayuda del IAP.

Los temas identificados mediante la metodología anterior son los siguientes :

1. Continuación de los trabajos de la Reunión de las Academias Científicas que tuvo lugar, en 1993, en New Delhi, India.

2. Impacto de la Ciencia y la Tecnología en el futuro de las ciudades y, continuación de las actividades propuestas durante la Conferencia HABITAT II, 1996, que tuvo lugar en Istambul.

3. Temas generales sobre Desarrollo Sostenible, agotamiento de recursos, necesidades energéticas y protección del ambiente.

Hasta la fecha, la metodología de trabajo adoptada para el abordamiento de estos temas, ha sido la de realizar reuniones y simposios, con la participación de las Academias.

En cuanto al primer tema es de resaltar que algunas Academias han organizado ya comités para el estudio de problemas relacionados con el incremento de la población humana, en colaboración con cuerpos gubernamentales del respectivo país

En relación con el segundo tema : "Impacto de la Ciencia y la Tecnología sobre el Futuro de las Ciudades", las áreas de mayor interés son : crecimiento urbano y supercongestión de las grandes ciudades, contaminación ambiental y estudio de los problemas relacionados con el suministro de agua y energía. Algunas Academias le dan a este segundo tema la máxima prioridad; tal el caso de las Academias de México, Bolivia, India, Eslovaquia, Suecia y Estados Unidos.

La iniciativa de las Naciones Unidas sobre "International Decade for Natural Disaster Reduction", ha estimulado, asimismo, los estudios de muchas Academias sobre temas que interconectan los desastres naturales con los problemas de las megápolis.

2. Palabras pronunciadas el 26 de noviembre de 1996 por el Dr. Luis Eduardo Mora-Osejo, Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales durante la sesión inaugural del "Seminario en conmemoración de los 400 años del nacimiento de René Descartes".

Entre las actividades que desarrolla la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, dirigidas a promover la ciencia en nuestro medio, difundir sus resultados, insertar el pensamiento científico en la sociedad y velar por el mejoramiento de la calidad de la enseñanza de las Ciencias, cabe destacar la realización de certámenes en torno a la vida y obra de figuras relevantes de la Ciencia en el ámbito universal.

Con este Seminario en conmemoración de los 400 años del nacimiento de René Descartes promovido y organizado conjuntamente por la Academia Colombiana de Ciencias y la Univer-

En el "PRONUNCIAMIENTO DE LAS ACADEMIAS CIENTIFICAS DEL MUNDO", publicado en junio de 1996, por el IAP, bajo el título SCIENCE AND TECHNOLOGY AND THE FUTURE OF CITIES se incluye la discusión colectiva sobre estos temas. En la preparación del texto del pronunciamiento, participaron 72 Academias de Ciencias, entre ellas, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Se anexa a este informe el texto del pronunciamiento conjunto de las Academias.

Con respecto al tercer tema enunciado, cabe destacar que existe interés por parte de las Academias de adelantar estudios sobre estos asuntos, particularmente sobre "Calidad del aire", "Fuentes energéticas y tecnologías alternativas". Así mismo, sobre los temas: "El desarrollo sostenible" y "Consumos de energías y recursos". Durante la reunión, algunas Academias informaron que tienen ya proyectos en marcha sobre estos temas. La Academia Colombiana de Ciencias, adelantó el proyecto "Inventario de Gases de efecto invernadero", con la ayuda económica de la GTZ, de Alemania.

En la reunión del IAP que tuvo lugar en Washington y a la que se refiere esta parte de mi informe, se efectuó una revisión rápida de los avances logrados sobre los tres temas descritos. Se decidió incrementar las actividades mediante la estrategia de fortalecer las comunicaciones y la colaboración interacadémica; para lo cual se requiere a la vez el fortalecimiento del Inter-Academy Panel, IAP. Se vio también que el IAP, lejos de duplicar las actividades que adelanta ICSU, representa un complemento importante y un medio de comunicación efectiva entre las Academias de Ciencias de todo el mundo.

Santafé de Bogotá, octubre 21 de 1996.

LUIS EDUARDO MORA OSEJO
Presidente

idad Nacional de Colombia, se busca exaltar la obra de uno de los más grandes creadores del pensamiento científico moderno.

Sin pretender profundizar en los aportes filosóficos, científicos, y matemáticos cartesianos, objetivo central de las reflexiones y análisis que se harán a lo largo de este Seminario, quisiera si destacar, entre las múltiples y fecundas contribuciones de René Descartes, la búsqueda y propuesta de un método para llegar al conocimiento científico que cumpliera la condición de la universalidad, es decir, de validez para todas las ciencias.

Como es bien sabido, desde Descartes hasta Kant encontrar una solución definitiva a este problema y cometido, fue considerado punto crucial de las consideraciones filosóficas de los pensadores de la época.

Para Descartes, el intento de dar una respuesta a la pregunta: *Cuál es el camino que conduce al conocimiento científico válido?* Debe estar precedida por la indagación acerca de las capacidades del entendimiento humano, en cuanto a captar, entender e interpretar la realidad del mundo exterior. Para ello, Descartes supuso encontrar en la Geometría el modelo preferido. Es decir, la posibilidad de construir un cuerpo probatorio capaz de garantizar la validez del conocimiento científico. Para la construcción de tal cuerpo se partiría de conceptos claros y, en particular, de axiomas de vasto alcance y lógica coherencia. El cumplimiento de esta condición garantizaría la validez del conocimiento científico, esto es la obtención de concepciones o conceptos claros y transparentes a cerca del conjunto de los objetos a los cuales se refieran los conceptos. Claridad y transparencia serían así, sinónimos de verdad; meta de la filosofía.

Me atrevería a pensar que estos y muchos otros aspectos de la obra cartesiana, serán de seguro examinados con la debida profundidad a través del desarrollo de la amplia agenda de temas que expondrán los distinguidos conferencistas que nos acompañan, reconocidas autoridades en la materia, a lo largo del desarrollo del Seminario, las mismas que luego habrán de ser enriquecidas y complementadas a través de las intervenciones y discusiones de todos los participantes en el Seminario.

Señoras y Señores: es para mí un honor saludar a todos los asistentes a este certamen, en nombre de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y agradecer a todos los participantes; de modo particular, a los Señores Conferencistas y Ponentes por haber aceptado nuestra invitación de venir a esta ciudad y exponer sus ideas y reflexiones en torno al pensamiento Cartesiano. Deseo para todos una grata permanencia entre nosotros y que este certamen se constituya en una positiva y provechosa experiencia.

Del mismo modo, quiero expresar mis más profundos agradecimientos a las entidades que de una u otra forma nos prestaron su apoyo, sin el cual no hubiera sido posible la realización de este Seminario.

Así mismo quisiera destacar la contribución del Profesor Víctor Samuel Albis, distinguido Miembro de Número de la Academia, por su iniciativa de llevar a cabo este certamen y asumir la responsabilidad de su coordinación, conjuntamente con todos los Miembros del Comité Organizador, Profesores Clara Helena Sánchez, Gonzalo Serrano y Jorge Charum. Destacó asimismo de modo particular, la eficaz colaboración del Dr. José Lozano, Miembro de Número y Secretario Ejecutivo de nuestra Institución y la eficaz colaboración de todo el personal administrativo de la Academia y de las personas que de una u otra forma nos prestaron su ayuda.

En nombre de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, declaro formalmente instalado el Seminario en Conmemoración a los 400 años del Nacimiento de René Descartes.

Una distinción en reconocimiento a una labor

El pasado 27 de noviembre la Escuela de Medicina Juan N. Corpas concedió al Dr. **Hernando García Barriga** la condecoración denominada "**Medalla Juan N. Corpas**" en reconocimiento a su labor investigativa en el campo de la etnobotánica y en particular en el de las plantas medicinales. El profesor García Barriga es el más veterano de los botánicos colombianos y su labor es justamente reconocida por la comunidad científica. Vinculado al Herbario Nacional Colombiano casi desde su fundación, laboró incansablemente en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional por más de cuarenta años, contribuyendo a mejorar el conocimiento de la flora nacional, como herborizador, taxónomo, catedrático y autor de múltiples escritos entre los cuales sobresale su «**Flora Medicinal de Colombia**». Por lo expuesto, la Academia se une a tan merecido reconocimiento transcribiendo la Resolución mediante la cual se le concede la distinción, así como las palabras pronunciadas por el galardonado durante el acto en el cual le fue entregada la medalla respectiva.

Fundación Escuela de Medicina Juan N. Corpas

RESOLUCION No. 011 Noviembre 25 de 1996

Por la cual se crea la condecoración que se denominará "MEDALLA JUAN N. CORPAS" y se otorga esta distinción

El Rector de la Escuela de Medicina Juan N. Corpas, en uso de sus atribuciones estatutarias y de las que le confiere el Artículo 22, ordinal donde los Estatutos de la Fundación y,

CONSIDERANDO:

PRIMERO.- Que en la promoción del Médico General y de la Medicina Familiar, así como en sus actividades investigacionales la Escuela de Medicina Juan N. Corpas está orientada por la aspiración de contribuir a la igualdad social en la prestación de los servicios de salud.

SEGUNDO.- Que en su carácter de Institución Universitaria orientada por claros objetivos de bienestar común, la Escuela debe destacar el esfuerzo de las personas cuya labor investigacional se proyecte hacia la obtención de logros específicos de desarrollo social en el área de la salud.

RESUELVE:

PRIMERO.- Créase la distinción al mérito investigacional que se denominará "MEDALLA JUAN N. CORPAS".

SEGUNDO.- Esta condecoración se otorgará a la persona cuyas actividades investigacionales en Medicina o áreas afines estén orientadas hacia el logro de objetivos de bienestar social o sean directamente aplicables al desarrollo económico social del país en áreas relacionadas con la prestación de servicios de salud.

TERCERO.- Por estar contribuyendo con el ingente trabajo de investigación etnobotánica que se halla condensado en su obra "Flora Medicinal de Colombia" a los objetivos sociales expresados en el artículo anterior, otórgase la "MEDALLA JUAN N. CORPAS" al Doctor HERNANDO GARCIA BARRIGA, en reconocimiento a la importancia que su labor investigacional reviste, para impulsar en Colombia el desarrollo social en el área de la salud.

COMUNIQUESE Y CUMPLASE:

Dada en Santafé de Bogotá a los veinticinco (25) días del mes de noviembre de mil novecientos noventa y seis (1996).

JORGE PIÑEROS CORPAS

Rector

Palabras del Dr. García Barriga, al agradecer la distinción

Breves sean por obvias razones, mis palabras como recipiario de la excelsa dignidad que se ostenta al portar con orgullo la "medalla Juan N. Corpas"; y son modestas por contraste necesario, con la elevada posición intelectual de las directivas de la Escuela de Medicina Juan N. Corpas y de quienes de alguna manera, generosamente animaron la determinación de concederme tal galardón. Voces de agradecimiento en grado sumo para quienes tuvieron la gentileza de presentar mi nombre a tan calificada distinción y en general a todos vosotros por la bondadosa aquiescencia dada hacia la altísima dignidad con largueza ofrecida y con emocionada humildad recibida por mí; así lo acojo y así lo recibo sin más consideraciones que la admiración afectiva que debo a las personas y méritos de quienes componen este centro científico de tan relevantes condiciones culturales.

Desde tiempos inmemoriales el hombre, ha buscado en las plantas propiedades curativas para los males que le aquejan; Alquimistas, brujos, curanderos, científicos y médicos entre otros, estudiaron siempre el extraño secreto curativo de las plantas medicinales que aborígenes e indígenas de lejanas regiones del mundo conocían y manejaban con sorprendente afecto.

Hoy el crecimiento en la utilización de las plantas medicinales es inmenso. Tal vez la falta de fármacos para tratar algunas enfermedades, tal vez los terribles efectos secundarios que causan algunas drogas de síntesis en el organismo humano, junto con el nuevo y profundo deseo de retornar a lo natural, han llevado al hombre moderno a volver su mirada otra vez sobre ese milenario conocimiento. Y Colombia es un país afortunado

en riqueza de plantas. Los factores topográficos, climáticos, el régimen de lluvias, los nichos ecológicos, las temperaturas, y las diferentes alturas sobre el nivel del mar, más otras condiciones edáficas, determinen que después de Nueva Guinea, sea Colombia el país más rico en número de especies; calculamos una cifra aproximada de 35.000 especies de las cuales creemos poseer un 30% en plantas medicinales. Tenemos plantas coleccionadas y estudiadas por los miembros de la Expedición Botánica, regida por José Celestino Mutis, entre años de 1783-1808, también por el botánico santafereño José J. Triana (1851-1855), así como por numerosos científicos de antaño y de ahora. De los 21.450 números de plantas recolectadas por quien os habla aparecen descritas más de 2.500 especies medicinales que crecen en nuestras selvas, llanos montañas y sabanas, partiendo de plantas microscópicas como los mohos verdes (*Penicillium notatum*) que Alexander Fleming y sus colaboradores descubrieran como un antibiótico y que revolucionó la medicina moderna. Los alucinógenos o psicotrópicos como el Caapi o yagé (*Banisteriopsis caapi*) el Yopo (*Anadenanthera peregrina*), Yakee (*Viola calaphylla* y *V. callophylloidea*), el Erchu-chua (*Tanaecium nocturnum*), así como el reciente derivado del hongo (*Claviceps purpurea*, L.S.D., sustancias que producen cambios en el pensamiento, la percepción y los estados de ánimo, a veces proyectados en cambios de actitud que asemeja la personalidad divina, sensación de estar fuera transportado a otro mundo; es de esperarse que con el estudio de estas plantas, preparadas como drogas modernas, se pueda aclarar algo sobre las enfermedades mentales y especialmente la esquizofrenia.

No podemos desconocer el progreso efectuado en la química orgánica. Hoy día un buen número de drogas aisladas de las plantas, se han producido sintéticamente verbigracia la escopolamina, el alcanfor, la quinina, la novocaina, la atropina, y otros; pero a que costo y en cuanto tiempo...? Para sintetizar la Morfina, se necesitaron 134 años y su producción está aún en etapa de "Planta piloto". Transcurrieron 58 años después de que la atropina fuera por primera vez sintetizada para que se pudiera producir en gran escala. Todo esto indica que el floripondio o borrachero (*Brugmansia* spp.), el alcanforero (*Cinamomum canphora*), la amapola y adormidera (*Papaver somniferum*), la planta de la belladona (*Atropabelladona*), tengan aún mucha importancia en nuestro pueblo desde el punto de vista del consumo para la preparación de fármacos, por lo cual deben cultivarse en gran escala. La corteza de la quina (*Cinchona* spp.), nuevamente se utiliza para obtener fármacos contra el paludismo, al no dar la quinina sintética los resultados esperados. Regresamos a los tiempos antiguos cuando se consideraban los vegetales como un cúmulo de compuestos que nos podían servir de dos maneras:

- Directamente como agentes medicinales (las plantas verdes o disecadas en tisanas, decocciones, infusiones) medicina popular herbaria.

- Como materia prima, para la elaboración de compuestos más complejos, de valor terapéutico; drogas patentadas, extractos alcohólicos, acuosos y tinturas tituladas.

Hace nueve años (Piñeros Corpas J., García Barriga H. y Montaña Borrero E., mayo de 1988) publicamos una obra en la que se analiza en detalle que es más útil para Colombia: una Medicina Popular Herbaria, o aquella que hemos denominado Farmacología Vegetal o Farmacia Vegetal, donde las proyecciones futuras de desarrollo implican la posibilidad de emprender investigaciones Farmaquímicas, farmatoxicológicas, farmacocinéticas o farmacodinámicas, pero que en la actual etapa de su desenvolvimiento bien podría denominarse simplemente Farmacia Vegetal.

Analizando brevemente el marco conceptual y las características de estas dos modalidades de utilización de las plantas concernientes a la salud del hombre, podemos señalar que la Medicina Popular Herbaria consiste en la libre e incontrolada automedicación del pueblo a base de decocciones, infusiones o emplastos de origen vegetal, modalidad ampliamente extendida en Colombia desde los puestos de mercado en pueblos y ciudades, y en la utilización rural directa de vegetales por parte del campesino, y que involucra dos riesgos de salud:

- El de acciones tóxicas de carácter tardío como en el caso de la falsa Arnica (*Senecio formosus*), que a cualquier dosis produce la enfermedad Venoclusiva del Hígado por su alto contenido en alcaloides como la pirrolizidina.

- El de que el sistema trivial puede ocultar un proceso orgánico en desarrollo, que el sujeto automáticamente no tiene forma de detectar.

Cada día vemos más urgente la necesidad de estudiar nuestras plantas medicinales; aun es posible descubrir nuevos fármacos y de mejorar nuestros conocimientos en relación con las especies útiles; en otros, que son los más, faltan fármacos específicos para enfermedades que aun no tienen curación o alivio. De ahí que debemos celebrar con emocionado entusiasmo la labor que con tanta dedicación adelanta al respecto la Escuela Juan N. Corpas, bajo la Rectoría magnífica del Profesor Doctor Jorge Piñeros Corpas, en el ya renombrado Laboratorio de Farmacología Vegetal LABFARVE, con un cuerpo de científicos especializados en cada una de las ramas que necesariamente han de intervenir en la elaboración de eficientes productos farmacéuticos, sencillamente presentados el pueblo en general y que constituyen un gran apoyo, económico y científico, en la tarea de consolidar una medicina socializada que cubra el mayor número de necesidades, evitando los riesgos de los que hablábamos atrás sobre el uso indiscriminado de especies herbarias, empleadas indiscriminadamente y sin precauciones que aconseja el juicio farmacológico, químico, terapéutico bajo la vigilancia médica.

Al felicitar en sus distinguidas autoridades a la Escuela de Medicina Juan N. Corpas por el lanzamiento del curso audiovisual de plantas medicinales, exalto los méritos insignes de sus gestores, por lo cual me es honroso augurar a los mismos, éxitos que se adivinan con la egida de esta Universidad. Agradecido rindo generosa expresión emocionada de mi permanente reconocimiento por este acto.