

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XXII

DICIEMBRE DE 1998

NUMERO 85

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



## CONTENIDO - CONTENTS

	Pág.		Pág.
<b>Astronomía (Astronomy)</b>		<b>Zoología (Zoology)</b>	
Stellar membership in the region of the double cluster $h$ and $x$ Persei from proper motions and positions using a multivariate parametric model. A first approach. (Pertenencia estelar en la región del cúmulo doble $h$ y $x$ de Perseo a partir de movimientos propios y posiciones, usando un modelo paramétrico multivariado. Una primera aproximación)		The dinoflagellates of the genera <i>Cerastium</i> and <i>Ornithocercus</i> , collected in the Golfo de Salamanca, Colombian Caribbean sea. (Los dinoflagelados de los géneros <i>Cerastium</i> y <i>Ornithocercus</i> , recolectados en el Golfo de Salamanca, Mar Caribe colombiano)	
Antonio Uribe, Mario A. Higuera & Eduardo Brieva .....	475	Carlos E. Fernández & Camilo B. García .....	539
<b>Ciencias de la Tierra (Earth Sciences)</b>		New frogs of the genus <i>Eleutherodactylus</i> from the eastern flank of the northern Cordillera Central. (Nuevas ranas del género <i>Eleutherodactylus</i> de la vertiente oriental del norte de la Cordillera Central.	
Hierro bandeado en Colombia. (Banded Iron deposits in Colombia)		John D. Lynch & José Vicente Rueda - Almonacid .....	561
Jaime Galvis & Luz Stella Gómez Villalba .....	485	<b>Ranas Centrolenidae de Colombia XI. Nuevas especies de ranas cristal del género <i>Hyalinobatrachium</i>. (Centrolenidae frogs of Colombia XI. New species of glass frogs of the genus <i>Hyalinobatrachium</i>)</b>	
Los Nothotheriinae (Megatheriidae, Gravigrada) del Mioceno de La Venta (Colombia). Descripción de <i>Huilabradys magdalenensis</i> , nuevo género y especie. (The Nothotheriinae [Megatheriidae - Gravigrada] from the La Venta Miocene fauna. Description of <i>Huilabradys magdalenensis</i> , new genus and species).		Pedro M. Ruiz & John D. Lynch .....	571
Carlos Villarroel .....	497	<b>Notas (Notes)</b>	
<b>Ecología (Ecology)</b>		- A falta de una iconografía de Aimé Bergeron (On the lack of a portrait of Aime Bergeron)	
Dinámica poblacional y pesquería de la Lisa, <i>Mugil incilis</i> en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. (Population dynamics and fisheries of the Lisa [ <i>Mugil incilis</i> ] in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia)		Victor Albis González .....	587
Claudia Sánchez Ramírez, Mario Rueda & Adriana Santos-Martínez .....	507	- Sobre la identidad de <i>Aegiphila reticulata</i> Mold. ("Verbenaceae") y <i>Rondeletia pubescens</i> H.B.K. (Rubiaceae) (On the identity of <i>Aegiphila reticulata</i> Mold. ("Verbenaceae") and <i>Rondeletia pubescens</i> H.B.K. (Rubiaceae))	
<b>Química y Bioquímica (Chemistry and Biochemistry)</b>		José Luis Fernández - Alonso .....	591
Motifs as elements in protein structure and function. A proposal. (Motivos como unidades individuales en la estructura y función de las proteínas. Una propuesta).		Posibilidades de un control botánico analítico de uña de gato <i>Uncaria tomentosa</i> (Willd.)DC. Analytical and Botanical assays of cat claw, <i>uncaria tomentosa</i> (Willd) DC.	
Carlos Corredor .....	519	Raúl C. Peña, Bárbara T. Timmermann, Lilibiana Iturriaga, Luis González y Gloria Montenegro .....	595
Búsqueda de compuestos bioactivos a partir de organismos marinos del Caribe colombiano (Research of bioactive compounds from marine organisms of the Colombian Caribbean)		<b>Vida Académica (Academic Life)</b> .....	601
Carmenza Duque Beltrán .....	527	<b>Constitución de la Academia (Members of the Academy)</b> .....	613

# STELLAR MEMBERSHIP IN THE REGION OF THE DOUBLE CLUSTER $h$ AND $x$ PERSEI FROM PROPER MOTIONS AND POSITIONS USING A MULTIVARIATE PARAMETRIC MODEL. A FIRST APPROACH.

by

Antonio Uribe, Mario A. Higuera and Eduardo Brieva\*

## Resumen

Uribe A., M. Higuera, and E. Brieva. Stellar membership in the region of the double cluster  $h$  and  $x$  Persei from proper motions and positions using a multivariate parametric model. A First Approach. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22(85): 475-484,1998. ISSN: 0370-3908.

Se estudia la región del cúmulo doble de Perseo utilizando movimientos propios y posiciones como variables cinemáticas, y se separan las estrellas de los cúmulos  $h$  y  $x$  de las del campo estelar. Se sigue un proceso de dos etapas en cada una de las cuales se superponen dos funciones de densidad normales bivariadas. Los parámetros del modelo se estiman resolviendo un sistema no lineal formado por nueve ecuaciones de verosimilitud, y se encuentran las probabilidades de pertenencia siguiendo un método Bayesiano (Brieva y Uribe, 1990). Se realizan dos estudios diferentes. En el primero se encuentran los miembros de  $h$  y de  $x$  usando un catálogo de 2820 estrellas publicado por (Lavdovskij, 1961). En la Figura 5 se muestra que hay una buena coincidencia entre las estrellas miembros que nosotros encontramos y aquellas que Lavdovskij considera como miembros probables o más probables usando otros criterios de pertenencia (Lavdovskij, 1965; Van Maanen, 1944; Dieckvoss, 1956). Un segundo estudio fue hecho trabajando con un catálogo de 5504 estrellas publicado por Muminov (Muminov, 1982, and <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/authors>). La Figura 6 muestra que hay una buena coincidencia entre las estrellas que Muminov considera como miembros probables con los miembros hallados en nuestro estudio de la región del cúmulo doble de Perseo.

**Palabras claves:** Cúmulos abiertos, pertenencia, cúmulo doble, movimientos propios,  $h$  y  $x$  Persei.

\* Observatorio Astronómico Nacional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. e-mail: auribe@ciencias.ciencias.unal.edu.co. Apartado Aéreo 2584. Santafé de Bogotá, Colombia.

### Abstract

A segregation between cluster members and field stars in the region of the double cluster  $h$  and  $x$  Persei was done, working from proper motions and positions as kinematic random variables. A two stage process is followed overlapping each time two normal bivariate density functions. The model parameters are estimated solving a nine likelihood non linear equations system, and star membership probabilities are then found by a Bayesian approach (Brieva and Uribe, 1990). Two different studies are made. The first one finds the  $h$  and  $x$  Persei physical members working with a 2820 star catalogue published by Lavdovskij (Lavdovskij, 1961). Figure 5 shows a good agreement between the members segregated by our method and those stars considered by Lavdovskij as sure or as the most probable members using other membership sources (Lavdovskij, 1965; Van Maanen, 1944; Dieckvos, 1956). A second study is made working with a larger 5504 star catalogue published by Muminov (Muminov, 1982, and <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/authors>). Figure 6 shows a good agreement between the stars that Muminov considers as probable members and the members that we segregate in the region of the double cluster.

**Key words:** Open clusters, membership, double cluster, proper motions,  $h$  and  $x$  Persei.

### Introduction

The double cluster  $h$  and  $\chi$  Persei has been the subject of a very extensive analysis through the years (Gahm *et al*, 1970), and an early work on positions measurements was made by Lamonth since 1869 (Alter *et al*, 1970; Lamont, 1869). The two galactic clusters form a double system (Oosterhoff, 1937), and was Struve the first one to suggest in 1927 that the general high concentration of early stars in the nuclei of the double cluster may constitute a grouping in space (Willey, 1964; Struve, 1927). The only indirect evidence for the physical connection between  $h$  and  $\chi$  was given by Pismis in 1953 (Tapia *et al*, 1984). They are a pair of rich open clusters located at  $l^{II} = 134^{\circ}.63$  and  $b^{II} = -3^{\circ}.72$ ; and  $l^{II} = 135^{\circ}.08$  and  $b^{II} = -3^{\circ}.60$ , with the following equatorial coordinates for the 1950 epoch:  $\alpha = 2^h 15^m.5$  and  $\delta = +56^{\circ}55'$ ;  $\alpha = 2^h 18^m.9$  and  $\delta = +56^{\circ}53'$ .

The  $h$  grouping has also been called NGC869, Melotte 13 (Mel 13), Raab 9 (Rb 9) and Collinder 24 (Cr 24);  $\chi$  persei has been named NGC 884, Mel 14, Rb 10 and Cr 25 (Alter G. *et al*). Investigations of many authors based mainly on astrophysical data show that the  $h$  and  $\chi$  Persei clusters are surrounded by the association Perseus I, rich in hot giants and in an extensive number of blue and red supergiants (Masevich, 1957). These facts give a central role to the association Perseus I and the double cluster in the studies of stellar evolution.

The double cluster in Perseo is very well documented in the literature. Oosterhoff, 1937, made an extensive photographic study; Bidelman, 1943, Johnson and Morgan, 1955 and Schild *et al*, 1965, 1966, 1967, determined spectral types for cluster members; Johnson and Morgan, 1955, Willey 1964, Schild, 1965, and Moffat and

Vogt, 1974, made optical photometry in various systems, and Mendoza, 1967, and Tapia *et al*, 1984, worked infrared photometry for the clusters. Recent photometric works were made by Denoyelle *et al*, 1990, and by Waelkens *et al*, 1990. A study of chemical composition is found in Dufton *et al*, 1988. The clusters are situated close to the galactic equator in a milky way region of normal star density. This fact introduces a serious complication in the study of the physical properties of these clusters, as the relative number of foreground and background stars is consequently very large. The proper motions are of much importance as they may help us to distinguish the physical members of the clusters from the optical ones (Oosterhoff, 1937). In 1990 it was discovered, using Geneva photometry, that at least half of the brighter stars in  $h$  and  $\chi$  Persei are variable stars, and that most of these variables are Be or related objects (Waelkens *et al*, 1990).

There is no agreement on the age and distance moduli of both clusters. On the basis of a photometric study, Crawford *et al* in 1970 concluded that both clusters have nearly the same age and a distance modulus  $(m - M)_o$  close to  $11.4 \pm 0.4$ . Balona *et al*, 1984, adopted a distance modulus of 11.16 for the double cluster taking evolutionary effects into account. According to Schild the distances to  $h$  and  $\chi$  are about 2150, and 2500 parsecs respectively (Schild, 1967). Sometimes it has been assumed that  $h$  Persei is younger than  $\chi$  Persei on the basis of the occurrences of B0V stars in  $h$ , while the earliest type stars in  $\chi$  Persei have and spectral classification of type B1 (Tapia *et al*, 1984).

The Hertzsprung-Russell diagram of the double cluster differs greatly from the diagram of the surrounding association. These differences have a very definite evolutionary significance (Masevich, 1956), and an accurate color-

magnitude diagram for the brightest stars of the double cluster show that the reddening is not uniform. A comparison of Hertzsprung-Russell diagrams leads to the conclusion that the nucleus and the association are about the same age, but the formation of stars in the association continued after it had ceased in the nucleus (Masevich, 1956). Other groups of stars in the Galaxy are known to be as young, but no one so far investigated offers the possibility of such a large approximately homogeneous sample for study as the double cluster, together with its neighboring stars where early spectral types O5-B0 are found (Wildevy, 1964).

The cluster  $\chi$  is surrounded by supergiants five million years older than other group of supergiants belonging to the *h* cluster and to an outer group of Perseus I centered between *h* and  $\chi$  Persei (Schild, 1967). The association is seen projected on the Perseus arm at around 3500 parsecs. This arm contains late type supergiants and consequently the probability that some of the supergiants referred to the *h* and  $\chi$  persei association be background stars is non negligible (Gahm, G.F *et al*, 1970).

Proper motions, positions and radial velocities are the main membership criteria (Gahm *et al*, 1970). The purpose of this papers is to solve the membership problem in the region of *h* and  $\chi$  Persei considered as a double cluster, working from proper motions and positions. Usually to discriminate members from non-members using proper motions and radial velocities is only partly successful if the maximum distance for which proper motions are detectable is somewhat shorter than the distance to the cluster (Wildevy, 1963); that was the case for *h* and  $\chi$  persei in the works made by Van Maanen, Machlin and others (Van Maanen, 1920 and 1944; Macklin, 1921). Things became somehow better for proper motions data using plates with grater difference epochs in the works made by Lavdoskij and Muminov (Lavdoskij 1961, 1965; Muminov, 1982, and <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/authors>).

These latter Russian sources giving positional and proper motions data have been the sources used in this paper.

### Lavdoskij data

Lavdoskij published a catalog of proper motions and positions in the region of the double cluster *h* and  $\chi$  Persei (Lavdoskij, 1961). His publication also covers eight other open clusters and their vicinities: NGC 129, NGC 457, NGC 581, NGC 752, NGC 1912, NGC 2168, NGC 6885, NGC 7092. The proper motions were determined by the film-to-film method using 32 pairs of plates taken with the Pulkovo normal astrograph. For the *h* and  $\chi$  Persei clusters the plates are of very good quality and an epoch difference of 58 years; the worked field has 128 reference stars and covers an  $80' \times 80'$  region with 2820 stars in the

inner part, and a total of 3014 stars if those ones located in the outer region are considered (Lavdoskij, 1961). The research that he had begun in 1961 on the galactic clusters NGC 869 and NGC 884 is completed in a later study where he published what he considered as sure and as probable members of the *h* and  $\chi$  Persei double cluster (Lavdoskij, 1965); he gives the Lavdoskij and the Oosterhoff identification star numbers and uses the membership determination made by Van Maanen in 1944 and Dieckvoss in 1956 (Oosterhoff, 1937; A. Van Maanen, 1944; Dieckvoss, 1956).

### Muminov data

The results of an analysis of proper motions and UB<sub>V</sub> photometry for 5504 stars in the region of the double cluster *h* and  $\chi$  persei are found in Muminov, 1982, and in the electronic address <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/authors>. This is a photometric study and one of the latest reported work assigning new proper motions values in the region of the double cluster. In order to find them he used two pair of plates with an epoch difference of eighty years and obtained first the proper motions of 3086 stars brighter than 15.5 magnitudes in a circular region of  $50'$  of radio centered in a point with equatorial coordintes given by  $\alpha = 2^h 16^m .9$  and  $\delta = +57^\circ 01'$  for the epoch 1950, and found then the proper motions of 1055 fainter stars but brighter than 17.0 magnitudes working in circular regions of  $14'$  of radio centered in each one of the clusters. Proper motions were also found for 1363 stars in adjacent area using plates with an epoch difference of 38 years. These latter motions were reduced to the system of those in the cluster region using 214 stars in common. A catalogue with 1258 members of *h* and  $\chi$  persei was published in his paper of 1982 (Muminov, 1982). He assigned membership probabilities with a criterion different to the Bayesian one that we use in this paper. His criterion is given by the equation

$$P_i = \exp \left\{ - \frac{(\mu_{x_i} - \mu_{x_0})^2 + (\mu_{y_i} - \mu_{y_0})^2}{2\sigma^2} \right\}. \quad (1)$$

When we applied his membership probability criterion to segregate stars in the region of the open cluster NGC 654, there were significative differences between the probabilities we found, and those probabilities assigned by other authors following a Bayesian probability approach usually employed when the vector point diagram of proper motions is modeled by the overlapping of two normal bivariate density functions (Brieva and Uribe, 1985; Sanders, 1971; Latypov, 1978). Besides, there is not a clear correlation between the high or low membership probabilities values he found, and his assignment to either cluster *h* or cluster  $\chi$  (Muminov, 1982).

## Membership in the $\Gamma$ cluster from proper motions.

### The model

Let us define the  $\Gamma$  cluster,

$$\Gamma = h \cup \chi = \{s | s = \text{Star}, s \in h \text{ or } s \in \chi\}, \quad (2)$$

as a mathematical union of the  $h$  or  $\chi$  cluster members. The segregation between the  $\Gamma$  members and the field stars is carried out working from proper motions as random variables, and on the basis of a mixed or contagious bivariate density function model given by,

$$\begin{aligned} \Phi(\mu_x, \mu_y) &= (1 - n^f)\phi^\Gamma(\mu_x, \mu_y) + n^f\phi^f(\mu_x, \mu_y) \\ &= \frac{1-n^f}{2\pi(\sigma^\Gamma)^2} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{\mu_x - \mu_{x_0}^\Gamma}{\sigma_x^\Gamma}\right)^2 + \left(\frac{\mu_y - \mu_{y_0}^\Gamma}{\sigma_y^\Gamma}\right)^2\right]\right\} \\ &+ \frac{n^f}{2\pi\sigma_x^f\sigma_y^f\sqrt{1-(\rho^f)^2}} * \\ &\exp\left\{-\frac{1}{2[1-(\rho^f)^2]}\left[\left(\frac{\mu_x - \mu_{x_0}^f}{\sigma_x^f}\right)^2 + \left(\frac{\mu_y - \mu_{y_0}^f}{\sigma_y^f}\right)^2\right] - 2\rho^f\left(\frac{\mu_x - \mu_{x_0}^f}{\sigma_x^f}\right)\left(\frac{\mu_y - \mu_{y_0}^f}{\sigma_y^f}\right)\right\} \end{aligned} \quad (3)$$

In this equation,  $\mu_{x_0}^\Gamma, \mu_{y_0}^\Gamma, \mu_{x_0}^f, \mu_{y_0}^f$  are the x and y components of the centroids of the cluster  $\Gamma$  and of the bivariate model for the field distribution;  $\sigma_x^\Gamma, \sigma_y^\Gamma$ , and  $\sigma_x^f, \sigma_y^f$ , are the standard deviations of the cluster  $\Gamma$  and of the field stars distributions;  $n^f, n^\Gamma$ , are the percentage of field and cluster  $\Gamma$  stars;  $1 - n^f = n^\Gamma$  is the proportion of cluster  $\Gamma$  members;  $\rho^f$  is the correlation coefficient of the normal bivariate field distribution. The mixed density function  $\Phi(\mu_x, \mu_y)$  satisfies the normalization relation,

$$\iint \Phi(\mu_x, \mu_y) d\mu_x d\mu_y = 1. \quad (4)$$

The model is obtained by overlapping two normal bivariate density functions, an elliptic one for the field stars and a circular one for the cluster stars. It was first constructed by Vasilevskis, Klemola and Preston (1958) and has been widely used in astronomical works. The vector point diagram of proper motions or positional data of a considered sky region where a cluster is supposed to be, usually suggests its use, as it is clearly suggested by Figure 2, bidimensional plot for the proper motions given by Muminov (Muminov, M., 1982; <http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/authors>).

### The likelihood equations and the estimated parameters

The model parameters are the  $\bar{\Theta}$ -vector components,

$$\bar{\Theta} = (\mu_{x_0}^f, \mu_{y_0}^f, \sigma_x^f, \sigma_y^f, \mu_{x_0}^\Gamma, \mu_{y_0}^\Gamma, \sigma_x^\Gamma, \sigma_y^\Gamma, n^f, \rho^f) \quad (5)$$

They are estimated by the maximum likelihood method, finding and solving firstly a nine non linear equations system, where each likelihood equation has been derived in association with the unknowns of the  $\bar{\Theta}$ -components. The likelihood equations that we found following this order are given by,

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{n^f}{2\pi\sigma_x^f\sigma_y^f\sqrt{1-(\rho^f)^2}} \right] \Phi_i^{-1} A_i * \right. \\ \left. \left[ \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f}{(1-(\rho^f)^2)[\sigma_x^f]^2} - \frac{\rho^f(\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f)}{(1-(\rho^f)^2)\sigma_x^f\sigma_y^f} \right] \right\} = 0 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{n^f}{2\pi\sigma_x^f\sigma_y^f\sqrt{1-(\rho^f)^2}} \right] \Phi_i^{-1} A_i * \right. \\ \left. \left[ \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f}{(1-(\rho^f)^2)[\sigma_y^f]^2} - \frac{\rho^f(\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f)}{(1-(\rho^f)^2)\sigma_x^f\sigma_y^f} \right] \right\} = 0 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{n^f}{2\pi(\sigma_x^f)^2\sigma_y^f(1-(\rho^f)^2)^{3/2}} \right] \Phi_i^{-1} A_i * \right. \\ \left. \left[ \left( \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f}{\sigma_x^f} \right)^2 - \frac{\rho^f(\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f)(\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f)}{\sigma_x^f\sigma_y^f} - 1 \right] \right\} = 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{n^f}{2\pi(\sigma_y^f)^2\sigma_x^f(1-(\rho^f)^2)^{3/2}} \right] \Phi_i^{-1} A_i * \right. \\ \left. \left[ \left( \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f}{\sigma_y^f} \right)^2 - \frac{\rho^f(\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f)(\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f)}{\sigma_x^f\sigma_y^f} - 1 \right] \right\} = 0 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N \left[ \frac{1-n^f}{2\pi(\sigma^\Gamma)^4} \right] \Phi_i^{-1} B_i \{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^\Gamma\} = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^N \left[ \frac{1-n^f}{2\pi(\sigma^\Gamma)^4} \right] \Phi_i^{-1} B_i \{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^\Gamma\} = 0 \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{1-n^f}{2\pi(\sigma^\Gamma)^3} \right] \Phi_i^{-1} B_i * \right. \\ \left. \left[ \left( \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^\Gamma}{\sigma^\Gamma} \right)^2 + \left( \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^\Gamma}{\sigma^\Gamma} \right)^2 - 2 \right] \right\} = 0 \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N \Phi_i^{-1} \left\{ \frac{A_i}{2\pi\sigma_x^f\sigma_y^f\sqrt{1-(\rho^f)^2}} - \frac{B_i}{2\pi(\sigma^\Gamma)^2} \right\} = 0 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^N \left\{ \left[ \frac{n^f}{2\pi\sigma_x^f\sigma_y^f(1-(\rho^f)^2)^{3/2}} \right] \Phi_i^{-1} A_i * \right. \\ \left. \left[ \rho^f + \frac{(1+(\rho^f)^2)(\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f)(\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f)}{(1-(\rho^f)^2)\sigma_x^f\sigma_y^f} \right] \right. \\ \left. \left[ -\frac{\rho^f}{1-(\rho^f)^2} \left[ \left( \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f}{\sigma_x^f} \right)^2 + \left( \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f}{\sigma_y^f} \right)^2 \right] \right] \right\} = 0 \quad (14)$$

$$A_i = \left\{ \begin{array}{l} \exp \left\{ -\frac{1}{2[1-(\rho^f)^2]} \left[ \left( \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f}{\sigma_x^f} \right)^2 + \left( \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f}{\sigma_y^f} \right)^2 \right] \right\} * \\ \exp \left\{ \frac{1}{[1-(\rho^f)^2]} \left[ \rho^f \frac{(\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^f)(\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^f)}{\sigma_x^f \sigma_y^f} \right] \right\} \end{array} \right\} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \Phi_i &= \Phi(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}) \\ &= (1 - n^f) \phi^\Gamma(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}) + n^f \phi^f(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}) \\ &= \frac{1 - n^f}{2\pi(\sigma^2)^\Gamma} B_i + \frac{n^f}{2\pi\sigma_x^f \sigma_y^f \sqrt{1 - (\rho^f)^2}} A_i \end{aligned} \quad (17)$$

$$B_i = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_0}^\Gamma}{\sigma^\Gamma} \right)^2 + \left( \frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_0}^\Gamma}{\sigma^\Gamma} \right)^2 \right] \right\} \quad (16)$$

$$\Phi_i^{-1} = \frac{1}{\Phi_i} \quad (18)$$

We have improved the appearance of the nine likelihood equations given them in terms of  $\Phi_i^{-1}$ . It is worthy to underline that the previous equations were obtained without

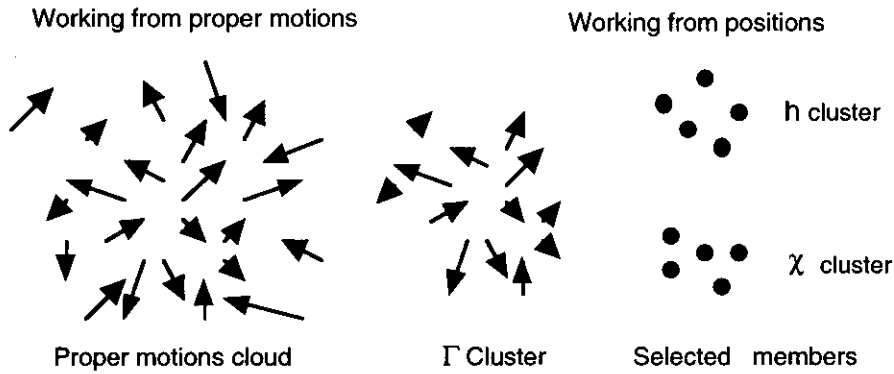


Figure 1. Representation of the two steps procedure to cast light on the way we get the *h* and the  $\chi$  cluster members.

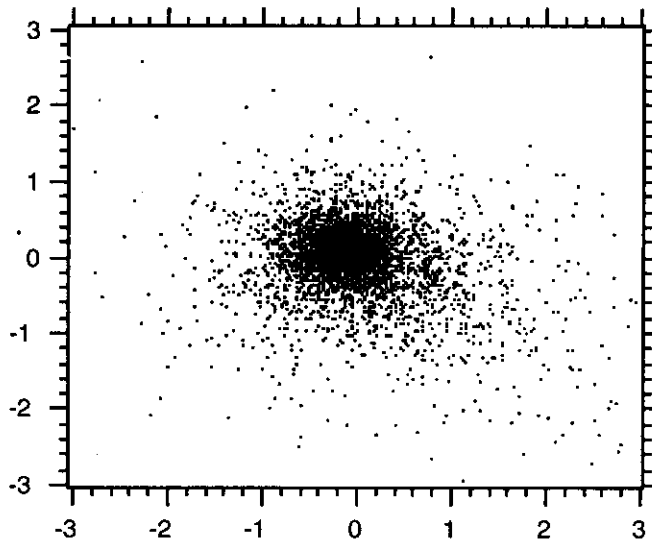


Figure 2. Nucleus and outer region in the  $\Gamma$  cluster from a vector point diagram of proper motions. The proper motions are given in 0.01 arcsec/century

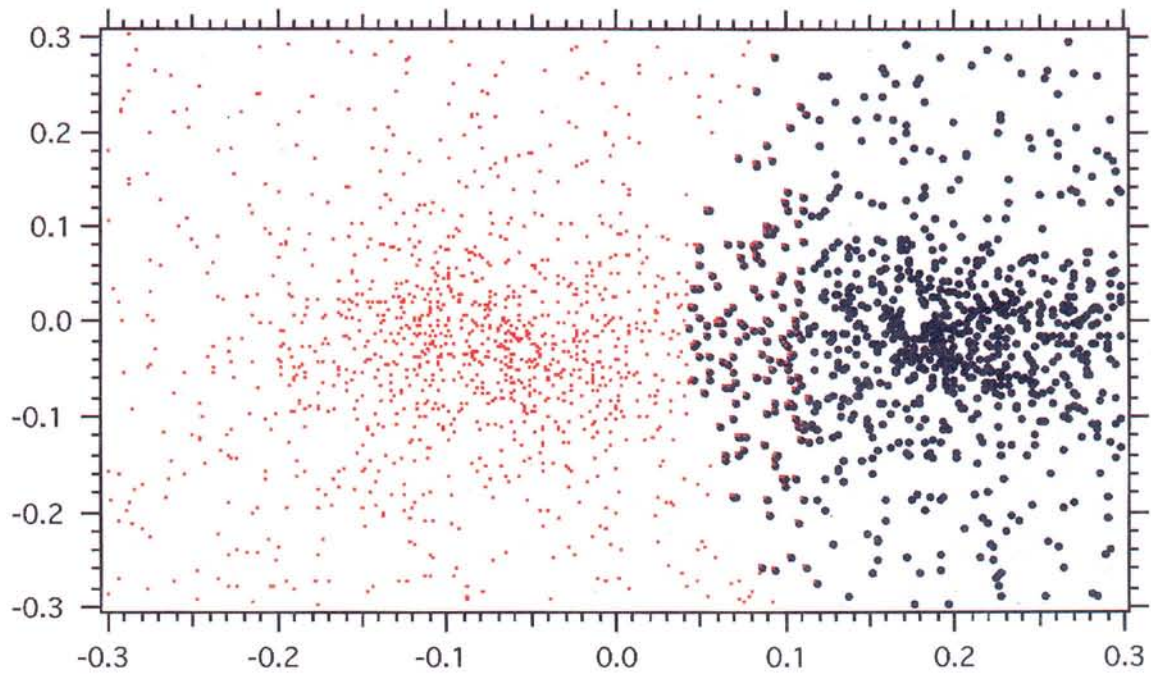


Figure 3. Positional vector point diagram of the segregated  $h$  cluster members (left side) and  $\chi$  cluster members (right side). The coordinates  $x_i$  and  $y_i$  are positions on plate

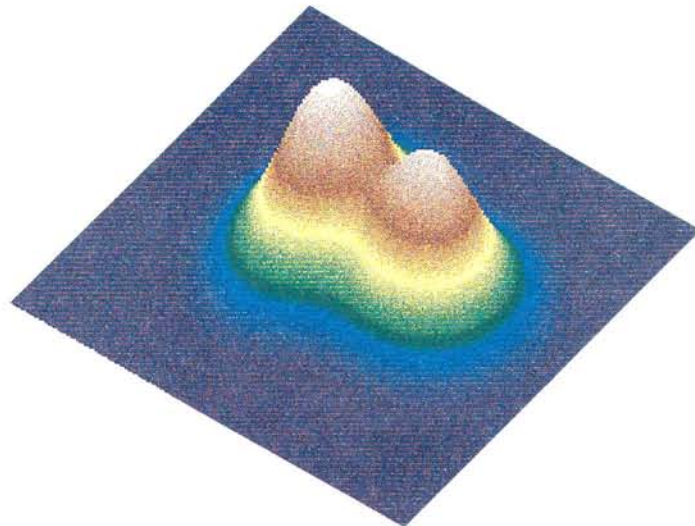


Figure 4. Positional mixture density function of the segregated  $h$  cluster members (left side) and  $\chi$  cluster members (right side).

eliminating the correlation coefficient  $\rho^f$  following a previous approach (Brieva and Uribe, 1990). The eight equations currently used by other authors who perform a rotation to a preferential reference frame can be obtained by making the correlation coefficient  $\rho^f$  equal zero (Sanders, 1971; Slovák, 1977; Zhao *et al.*, 1990).

In a general way, for each star with proper motions components  $\mu_{x_i}$ ,  $\mu_{y_i}$ , or with positional  $x_i$  and  $y_i$  components, the membership probability of being a cluster member is given by the Bayes rule

$$P_i^{cluster} = \frac{w_{cluster} \Phi_i^{cluster}}{w_{cluster} \Phi_i^{cluster} + w_{field} \Phi_i^{field}} \quad (19)$$

$w_{cluster}$  and  $w_{field}$  stand respectively for cluster and field weights. From these probabilities the stars in the region may be ascribed to the field or to the cluster using a suitable decision rule. The most usual but not the only one considers the  $i$ -star as a cluster member if  $P_i^{cluster} \geq 0.50$  (Bayes minimum error rate of misclassification) (Uribe and Brieva, 1994).

### Segregation of members using Lavdovskij data

In order to segregate the  $h$  cluster members from the  $\chi$  members two steps have been followed, previously pruning, for each step, those outliers or data of the outer region. The first step segregates the  $\Gamma$  cluster members using only a proper motion model built with those 2820 Lavdovskij stars of the considered region, brighter than a 14.3 magnitude and with absolute proper motions little than 0.40. The previous 0.40 and 14.3 pruning level values are suggested by an analysis of the way in which Lavdovskij worked with the same data. In this way a file of 1650 stars, with probabilities  $P_i^\Gamma = P_i^{h \cup \chi}$  greater than 0.65 of being  $\Gamma$  cluster members is found. In a second step this 1650 stars or  $\Gamma$  cluster is split in those  $h$  and  $\chi$  cluster members, working now only from positional data. The  $\Gamma$  file to be split actually has only 1573 stars, once those stars with  $x_i$  or  $y_i$  positional components greater in absolute values than 0.30 are pruned. This 0.30 level is suggested once again in the work by Lavdovskij. A Bayes minimum error rate of misclassification is used to assign membership positional probabilities:  $P_i^x \geq 0.50$  and  $P_i^y \geq 0.50$  (Cabrera and Alfaro 1990). A neat representation of this two steps procedure is given in figure 1 to cast light on the way we get the  $h$  and the  $\chi$  cluster members. The already explained mixed model equation (3), the likelihood equations (6) to (14), and the probability criterion (19) were used in each one of the two steps of the process to achieve these segregations.

Thus in order to segregate the members of  $\chi$ , using now positional data, we considered the positional cloud of the 1573 stars as a mixture of field stars and stars in the cluster  $\chi$ . We apply once again our bivariate model using now

positional data to decide which stars belong to the cluster  $\chi$  with a  $P_i^x$  probability value greater than a Bayesian level fixed in 0.40.

In order to find the  $h$  members we transformed the positional data  $(x,y)$  of the 1547 stars; instead of that cloud we use the  $(-x,y)$  symmetrical positional cloud that we see now as mixture of field and cluster  $h$  stars. Applying once again our bivariate model and fixing a Bayesian probability level in 0.40 we have segregated the  $h$  members.

In Figure 5, we have plotted the  $h$  (empty squares) and  $\chi$  (empty circles) Persei cluster members that we found using in equation (19) a Bayesian probability membership level greater than 0.40. This figure allows a nice comparison between the stars that we found as members with those stars considered by Lavdovskij as probable P (filled red triangles and empty orange triangles) or most probable MP (filled green stars and empty blue stars) members, using other membership sources and criteria (Lavdovskij, 1961; Van Maanen, 1944; Dieckvoss, 1956). A high percentage of the stars considered as members in the work of Lavdovskij are also found as members in our study working with the explained two steps procedure. We consider that our result is in good agreement with the Lavdovskij work, a fact that highly motivated an application of our method to the more extensive Muminov catalogue as is explained in the next paragraph.

### Segregation of members using Muminov data

The previous and already explained two steps method and the same bivariate models are now used to segregate the members of the  $h$  and  $\chi$  clusters using Muminov data.

The most probable proper motions members in the considered region were found applying the previous first stage to the 5504 stars contained in the Muminov catalogue. The stars with absolute proper motions greater than 1.50 were pruned before solving the first step likelihood equations. A  $P_i^\Gamma = P_i^{h \cup \chi}$  probability value greater than 0.70 was the fixed proper motion probability level or Bayes selection rule used to segregate the  $\Gamma$  cluster members. This cluster contains 2947 stars. The nucleus in figure 2 identifies this  $\Gamma$  cluster and is clearly distinguished from the outer region made out of the pruned field stars and those not chosen due to proper motion probabilities values little than 0.70.

In a forward second step these 2947 stars in the  $\Gamma$  cluster were split in 1385  $h$  and 918  $\chi$  Persei cluster members working now from positions, pruning firstly those stars with  $x_i$  and  $y_i$  positional components greater in absolute value than 0.30 and using a probability level fixed in 0.40 as a Bayes minimum error rate of misclassification. The coordinates  $x - i$  and  $y_i$  of these  $h$  and  $\chi$  stars are plotted



in figure 3. A tridimensional representation of these data is found in figure 4.

Figure 6 allows also a comparison between the stars that we identified as  $h$  (empty squares) and  $\chi$  (empty circles) cluster members with those stars considered as  $h$  (filled red triangles) or  $\chi$  (empty blue stars) members in the work of Muminov (Muminov, 1982). A detailed examination of Figure 6 reveals the good quality of our method to segregate the members of a double cluster using only proper motions and positions.

## Discussion and Conclusions

We contribute with an original and non referenced method to solve the membership problem in a double cluster working from proper motions and positions as random variables. We agree in about an eighty per cent of the stars considered as sure or as most probable members by Lavdovskij using other membership sources and criteria (Lavdovskij, 1961; Van Maanen, 1944; Dieckvoss, 1956). We considered this agreement as a legitimate passport that led us to solve the membership problem using another 5504 stars catalogue of the double cluster in Perseus published by Muminov.

We also point out that the model and the likelihood equations we used when working either from proper motions or positions as random variables are also original contributions since the equations (6) to (14) were obtained without eliminating the correlation coefficient  $\rho$  in the model equation (3), and have a different algebraic formulation from the one we used in a previous published paper (Uribe and Brieva, 1994). These nine likelihood equations can be reduced to the eight equations currently used by other authors who perform a rotation to a preferential reference frame by making zero the correlation coefficient  $\rho$ . It is worthy of note that the method using rotation may be successful if the cluster and the field distributions overlap extensively (Slovak, 1977; Cabrera and Alfaro, 1985). Since this condition is not needed in our treatment, our likelihood equations have a general validity and lead to good results.

To solve the membership problem in a double cluster as we did for the double cluster in Perseus is to tackle a difficult problem; the cluster is situated closed to the galactic equator and so the relative number of foreground and background stars is consequently very large. Besides, both clusters,  $h$  and  $\chi$ , overlap extensively (Muminov, 1982). Some few authors have made a membership analysis of this cluster during this century: Oosterhoff, working from Photometric data in 1937 (Oosterhoff, 1937); Van Maanen, from proper motions in 1944 without using something like the 1958 Vasilevskis model and the 1971 Sanders likelihood equations (Van Maanen, 1944; Vasilevskis *et*

*al.*, 1958; Sanders, W., 1971 ); Muminov, from proper motion and using some photometric criteria (Muminov, 1982). We have tried to contribute in this paper solving from proper motions and positions. Our work is tightly bound to a research in galactic open clusters that we began some years ago. The results of previous researches may be found in Brieva and Uribe, 1985, 1990, 1994, 1996 and Uribe and Brieva, 1994.

A fortran program called DOUBLECLUSTER has been developed to segregated between cluster and field stars. The maximum likelihood equations were solved using the so called ZSYSTEM subroutine kindly supplied by Doctor Mark Slovack some years ago. We will improve our segregation method using also photometric data in a new paper that we are working.

## Acknowledgements

Since the very beginning of our work in open clusters some years ago, we had some advice through letters, private communications, and computing assistance. That is why we are very grateful to Doctors Kyle Cudworth, Mark Slovak, Jean-Claude Mermilliod, William Van Altena, Jack MacConnell, Emilio Alfaro, Mario Lattanzi, Guiseppe Massone, Alessandro Spagna and Marco Misana, and to the deceased Doctors Stanilaus Vasilevskis and Natale Missana. We also want to thank the CINDEC, Universidad Nacional de Colombia, for continued support, and our students Beatriz Sabogal, Arturo Izquierdo, Alejandro García, and Germán Montoya for computing help.

## Bibliography

- Alter, G., J. Ruprecht & V. Vanyseck . 1970. Catalogue of star clusters and associations. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Balona, L.A. & Shobrook, R. R. 1984. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. **211**:375. In Waelkens, C. *et al*, 1990: Geneva Photometry of stars in the double cluster  $h$  and  $\chi$  Persei. Astronomy and Astrophysics Supplement Series. **14**:11-25.
- Bidelman, W. P. 1943. Astrophysical Journal. **98**:61. In Waelkens, C. *et al*, 1990: Geneva Photometry of stars in the double cluster  $h$  and  $\chi$  Persei. Astronomy and Astrophysics Supplement Series. **14**:11-25.
- Brieva, E. & A. Uribe . 1985. Una aplicación del método de máxima verosimilitud en astronomía galáctica. Revista Colombiana de Estadística **12**: 1-21.
- 1990. Sobre la determinación de la pertenencia de estrellas a cúmulos abiertos a partir de movimientos propios. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. **17** (66):461-466.
- 1994. Pertenencia de estrellas en la región del cúmulo abierto NGC6530. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. **19** (72):7-17.

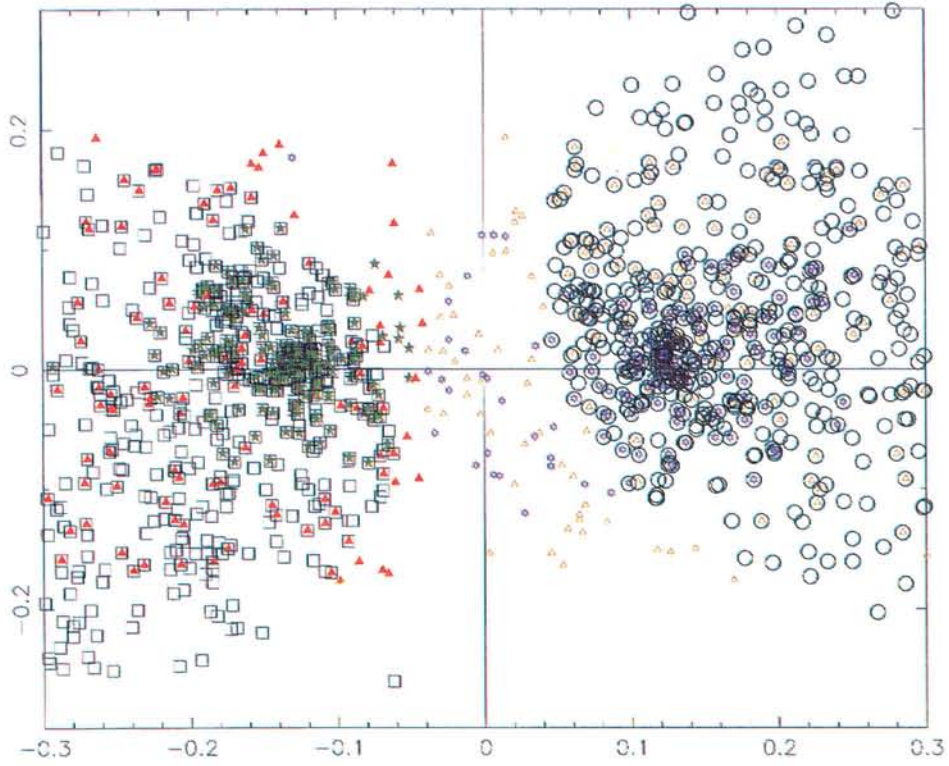


Figure 5. Stars segregated in the region of the double cluster by our method in comparison with the stars segregated by Ladavsky. The meaning of the labels is explained in the text.

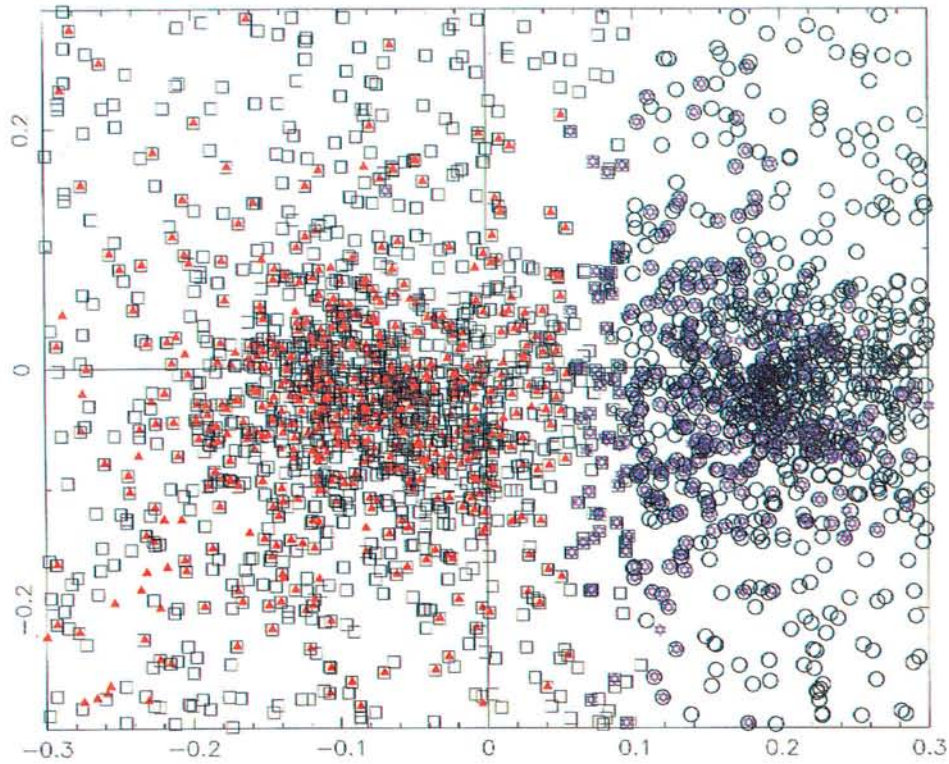


Figure 6. Stars segregated in the region of the double cluster by our method in comparison with the stars segregated by Muminov. The meaning of the labels is explained in the text.

- 1996. Influencia de los errores de los movimientos propios en el análisis de la Pertenencia de estrellas a cúmulos abiertos. Aplicación al cúmulo NGC2287. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. **20** (76):7-14.
- Cabrera, J. & E. J. Alfaro.** 1985. Analysis of relative proper motion: an improved method to assign membership probabilities in open clusters. *Astronomy and Astrophysics*. **150**: 298-301.
- 1990. A non-parametric approach to the membership problem in open clusters. *Astronomy and Astrophysics*. **235**: 94-102.
- Denoyelle, J., Waelkens, C., Cuypers, J., Degryse, K., Hwynderickx, D., Lampens, P., Proedts, S., Polfliet, R., Rufener, F. & Smeyers, P.** 1990. Main sequence broadening in the double cluster *h* and  $\chi$  Persei. *Astrophysics and Space Science* Vol 169, 1-2, 109-111.
- Dieckvoss.** 1956. *Astronomische Nachrichten*. Bd 283, Heft 2/3, 1956. In Lavdovskij 1965. A study of eight galactic clusters from proper motions and photometric characteristics of separate stars. *Bulletin of the Central Pulkovo observatory*. **22** N6: 138-218.
- Dufton, P.L., P.J. F. Brown, A. Fitzsimmons & A. Fitzsimmons, D. J. Lennon.** 1988. The chemical composition of the northern double cluster *h* and  $\chi$  Persei and the loose association Cepheus OB III. *Astronomy and Astrophysics*. **232**:431-436.
- Gahm, G. F. & J. G. Arkling.** 1970. The dynamical structure of the *h* and  $\chi$  Persei Association. *Astronomy and Astrophysics*. **10**:414-420.
- Johnson, H. L. & W. W. Morgan.** 1955. Photometric and spectroscopic observations of the double cluster in Perseus. *Astrophysical Journal*. **122**:429-433.
- Lamont.** 1869. *Munchen Neu Annalen*. Measurements of positions. **17**: 316.
- Latypov, A. A.** 1978. A Research on 10 open clusters. Scientific Works of the Academy of Sciences of the Socialist Republic of Uzbekistan, Order of the Red Flag of Work. 3-58.
- Lavdovskij, V. V.** 1961. A catalogue of proper motions of stars in 13 open clusters and their vicinity. *Trudy Leningradskoj Astronomiceskoj observatorii*. **73**: 7-155.
- Lavdovskij, V. V.** 1965. A study of eight galactic clusters from proper motions and photometric characteristics of separate stars. *Bulletin of the Central Pulkovo Observatory*. **22** N6: 138-218.
- Masevich A. G.** 1957. The evolution of the stars in the *h* and  $\chi$  Persei double cluster. *Soviet. Astronomy*. **1**, 177-182.
- Macklin.** 1921. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. **81**: 400. In: Alter, G., J. Ruprecht & V. Vanyseck 1970. Catalogue of star clusters and associations. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Mendoza, E. E.** 1967. Multicolor photometry of stellar aggregates. *Boletín del Observatorio de Tonantzintla y*
- Moffat, A, F. J. & N. Vogt.** 1974. Veröffentlichungen der Astronomischen Institute. Ruhr Universität Bochum nr. 2. In Waelkens, C. *et al*, 1990: Geneva Photometry of stars in the double cluster *h* and  $\chi$  Persei. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. **14**:11-25.
- Muminov, V. V.** 1982. Research on *h* and  $\chi$  Persei from proper motions and UVB photometry. Circular of the Astronomical Institute of the Red Flag of the Work. Academy of Sciences of the Socialist Republic of UZBEKIA. Tashkent **98**, 145, 3-55.
- Oosterhoff, P.Th.** 1937. *Annalen Sterrewacht Leiden*. **17**:5-124.
- Pismis, P.** 1953. *Boletín del Observatorio de Tonantzintla y Tacubaya*. Vol 1, N.6, 5. In Tapia, M., M. Roth. & S. Navarro. 1984.
- Sanders, W. L.** 1971. An improved method for computing membership probabilities in open clusters. *Astronomy and Astrophysics*. **14**: 226-232.
- Schild, R. E.** 1965, 1966, 1967. *Astrophys. J* **142**: 979; **146**: 142; **148**: 449. In Waelkens, C. *et al*, 1990: Geneva Photometry of stars in the double cluster *h* and  $\chi$  Persei. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. **14**:11-25.
- Slovak, M. H.** 1977. Maximum-Likelihood method for determination of membership in open clusters. *Astronomical Journal*. **82**: 818-823.
- Struve, O.** 1927. *Astronomische Nachrichten*. **231**, 17. In Wildey, R.L 1964, The stellar content of *h* and  $\chi$  Persei cluster and association. *Astrophysical Journal Supplement*. **8**: 439-496.
- Tapia, M., M. Roth. & S. Navarro.** 1984. Near infrared and visual photometry of *h* and  $\chi$  Persei. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*. **9**: 65-75
- Uribe, A. & E. Brieva.** 1994. The problem of stellar membership in open clusters. *Astrophysics and Space Science*. **214**: 171-183.
- Van Maanen, A.** 1920. Investigation on proper motion. Third paper: the proper motions of stars in and near the double cluster in Perseus. *Contributions from the Mount Wilson Observatory*. **205**: 1-29.
- Van Maanen, A.** 1944. Investigation on proper motion. XXIII. The proper motion of the cluster *h* Persei. *Astrophysical Journal*. **100**: 31-56.
- Vasilevskis, S., Klemola, A. & G. Preston.** 1958. Relative proper motions of stars in the region of the open cluster NGC6633. *Astronomical Journal*. **63**: 387-395.
- Waelkens, C., P.Lampens, D. Heynderickx, J. Cuypers, K. Degryse, S. Poedts, R. Polfliet, R. Denoyelle, K. Van Den Abeele, R. Rufener, & P. Semeyers.** 1990. Geneva Photometry of stars in the double cluster *h* and  $\chi$  Persei. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. **14**:11-25.
- Wildey, R.L.** 1964, The stellar content of *h* and  $\chi$  Persei cluster and association. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* **8**: 439-496.
- Zhao, J. L. & Y.P. HE.** 1990. An improved method for membership determination of stellar clusters with proper motions with different accuracies. *Astronomy and Astrophysics*. **237**: 54-60.

# HIERRO BANDEADO EN COLOMBIA

por

Jaime Galvis Vergara<sup>1</sup> & Luz Stella Gómez Villalba<sup>2</sup>

## Resumen

**Galvis Vergara, J. & L.S. Gómez V.:** Hierro bandeado en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22(85): 485-496. 1998. ISSN 0370-3908.

En Colombia se ha localizado un depósito de hierro bandeado de grandes dimensiones. En el presente artículo se describen algunas de sus características mineralógicas, la secuencia estratigráfica en la que se encuentra, su relación con las unidades litológicas identificadas en la Amazonía de Colombia y sus analogías y diferencias con depósitos de hierro bandeado en varias partes del Mundo. Se describen además estromatolitos silíceos que lo infrayacen y su posible relación genética con el yacimiento de hierro. Dichos estromatolitos presentan además ocurrencias auríferas, cuya génesis parece estar directamente relacionada al ambiente químico local generado por la actividad biológica.

**Palabras claves:** Hierro, Colombia, Mineralogía, Litología, Yacimientos.

## Abstract

In Colombia, a large banded iron deposit has been found. In this paper there is the description of its mineralogical characteristics, the stratigraphic sequence into which it is enclosed, its relation with the lithologic units identified in the Colombian Amazon and the similarities and differences with banded iron deposits in other places of the World. A description is given of siliceous stromatoliths which underlie the iron deposit and their possible genetic relation with the iron beds. The stromatoliths present gold occurrences, whose genesis looks clearly related with the chemical environment originated in the biologic activity.

**Key words:** Iron, Colombia, Mineralogy, Lithology, Iron deposit.

## Introducción

Durante largo tiempo se conoció la existencia de disturbaciones magnéticas en la región de Mitú. Como

parte del Proyecto Radargramétrico del Amazonas, se hallaron acumulaciones residuales de mineral de hierro con espesores y tenores muy notables, en las riberas del Río Vaupés aguas arriba de Mitú y en la cuenca del Río Paca. Posteriormente, se hallaron los primeros indicios de mineralización primaria de hierro bandeado en un afloramiento limitado en un gran meandro abandonado del Río Apaporis, denominado el Lago del Apaporis. Esto

<sup>1</sup> Carrera 48G No. 95-19 Bogotá.

<sup>2</sup> Ingeominas. Bogotá

durante las exploraciones en búsqueda de uranio llevadas a cabo por la Compagnie Général des Matières Radioactives, Cogema. Más tarde, durante un programa exploratorio llevado a cabo por Amoco Oil Company, se localizaron exposiciones de la mineralización primaria y depósitos residuales en vecindades del Río Tiquié y amplios depósitos residuales en el Caño Pirabotón al Norte de Mitú.

Todo lo anterior llevaba a suponer la presencia de un gran cinturón de hierro bandeado.

Al visitar las ocurrencias auríferas de la Serranía de Machado, se localizaron los niveles ferríferos, pudiéndose determinar la base de la secuencia de sedimentos que los contiene, su relación discordante con litologías más antiguas, la presencia de estromatolitos silíceos, su relación con las mineralizaciones de hierro y una clara asociación genética de las ocurrencias auríferas con los estromatolitos.

### **Litología**

Al Sureste de la región amazónica de Colombia se presentan tres secuencias litológicas del Precámbrico, de las cuales las dos más antiguas se encuentran expuestas en el territorio comprendido entre el curso inferior del Río Apaporis y el Río Taraira. La secuencia litológica más antigua está expuesta en el Cerro Garimpo y en el flanco oriental de la Serranía de Machado. A ésta le sobreyace una secuencia de sedimentos aflorantes en la Serranía de Machado, la Sierra de Aguablanca, la Serranía del Taraira y en una serie de cuchillas de poca altura y rumbo N-S que se extienden hasta proximidades del Río Vaupés. La secuencia litológica más reciente se encuentra expuesta en amplias zonas de la cuenca del Río Apaporis y en áreas muy extensas de la Amazonia y Orinoquía de Colombia.

### **Litología de Cerro Garimpo**

Presenta metaareniscas, metaconglomerados cuarzosos, esquistos pelíticos, esquistos talcosos y metavulcanitas ácidas (principalmente tobas y brechas volcánicas sometidas a metamorfismo regional de bajo grado). Las metaareniscas, que constituyen la litología predominante (ver fotografía 1), se presentan en colores blanco, amarillo, rosado y gris claro. En general se componen casi exclusivamente de cuarzo, el cual se observa en granos medio a grueso, casi totalmente soldados por recristalización. En algunos sectores, la cuarcita se observa salpicada de abundantes cristales de

pirita, los cuales al meteorizarse dan a la roca un tono rojizo. En las metaareniscas, se presentan algunos niveles que presentan finas agujas de turmalina formando una textura con aspecto de fieltro (ver fotografía 2). En Cerro Garimpo, las cuarcitas presentan abundantes suturas rellenas de cristales de cuarzo con aspecto de peine. Los metaconglomerados cuarzosos (ver fotografía 3), ampliamente expuestos en Cerro Garimpo y en un sector de la Serranía de Machado denominada El Peladero, presentan clastos de cuarzo hialino y lechoso, muchos de ellos se presentan ahumados y en algunos se observa un tinte violáceo. Es característica la presencia de algunos niveles de metaconglomerados con cristales de pirita que pueden alcanzar varios centímetros de diámetro (ver fotografía 4). En la roca en mención, es frecuente la presencia de vetas de cuarzo, cuyos cristales presentan una extraña forma, con una terminación piramidal, un corto desarrollo de prisma y una especie de "raíz" de color blanco lechoso con aspecto de sílice calcedónica.

En general los metaconglomerados referidos se presentan en niveles de pocos metros de espesor.

Los esquistos pelíticos se presentan en diversas tonalidades de gris, con notable abundancia de muscovita en laminillas observables a simple vista. En algunos niveles se observa grafito.

Los esquistos talcosos se encuentran en niveles de varios metros de espesor, con laminación muy fina. Presentan un color verde claro que con la meteorización se torna café pálido (ver fotografía 5).

Hacia la parte superior de la secuencia litológica en cuestión, se encuentran metaareniscas interestratificadas con brechas y tobas riolíticas metamorfizadas, las cuales alcanzan espesores muy considerables en la parte septentrional de la Serranía de Machado, donde en algunos sectores constituyen la cresta de la serranía. Las metamorfitas descritas presentan incipiente granitización o migmatización, principalmente en la parte inferior de la secuencia. Dicho fenómeno es especialmente notable en las metavulcanitas y en los metasedimentos que presentan algún contenido en minerales aluminicos. En dichas rocas se observa desarrollo secundario de feldespato de potasio y micas que tienden a darle a la roca un aspecto granitoide (ver fotografía 6).

Los metasedimentos cuarzosos parecen ser especialmente refractarios a la granitización, posiblemente debido a la ausencia de aluminio, el cual junto con los álcalis que aporta la granitización forman los feldespatos alcalinos y micas típicos de dicho proceso.

## Sedimentos de la Serranía de Machado

Sobre las unidades litológicas antes referidas, reposa un conglomerado polimíctico (ver fotografía 7), en forma discordante. Tiene un espesor variable desde poco más de dos metros hasta aproximadamente quince metros. Presenta clastos de cuarzo hialino y lechoso, cuarcita, metavulcanita, esquisto y rocas de textura granitoide. El conglomerado en mención es grano soportado y su matriz es arenosa. A esta unidad sobreyacen areniscas cuarzosas de grano medio de colores blanco, gris y rosado, en las cuales se presentan intercalaciones de limolitas y lodolitas de color gris azulado, en las cuales se observan abundantes láminas de muscovita. En las areniscas son frecuentes las ondulitas, se observa estratificación cruzada (ver fotografía 8) y en algunos sitios presentan boudinage. En varios lugares presentan textura flaser. Las lodolitas presentan laminación muy fina y estructuras "rip rap".

Pocas decenas de metros mas arriba del conglomerado basal, en un sector de la Serranía de Machado conocido como Cerro Rojo, se observa, una zona donde las areniscas presentan intensa tinción de óxido férrico sobre la cual se halla un estromatolito de sílice de color negro brillante (ver fotografía 9) y espesor variable, cubierto por jaspe de color rojo muy vivo (ver fotografía 10). El estromatolito presenta formas mamilares, reticulares, reniformes, tubulares, oncolíticas y alveolares, en laminillas superpuestas (ver fotografías 11, 12, 13, 14 y 15).

Presenta un notable contenido de grafito, el cual microscópicamente se puede observar en formas de elipses y esferas (Ver fotografías 16 y 17), muy posiblemente de origen orgánico. En algunas muestras el grafito aparece parcial o totalmente reemplazado por óxido férrico (ver fotografía 18). Su espesor varía desde escasos centímetros hasta casi un metro. El espesor del jaspe que sobreyace al estromatolito es muy variable. El estromatolito y el jaspe contienen oro. Estratigráficamente encima del estromatolito, se encuentra un nivel de poco espesor compuesto de cristales de magnetita euhedrales (ver fotografía 19), dentro de las areniscas. El jaspe y las areniscas que sobreyacen al estromatolito, se presentan cruzadas por vetas delgadas de cuarzo, algunas con óxido férrico (ver fotografía 20).

A los sedimentos antes mencionados les sobreyacen limolitas micáceas sobre las cuales reposan areniscas blanco amarillentas en las cuales se presentan bandas de oligisto especular (ver fotografía 21), el cual gradualmente se hace más abundante, hasta constituirse en el mineral predominante en la roca que toma un color azulado rojizo (ver fotografía 22). El espesor de la mineralización

no se alcanza a apreciar en su totalidad, en lo observable son varias decenas de metros. Este depósito se prolonga en la Serranía de Machado a lo largo de aproximadamente 40 kilómetros (ver fotografía 23); se conoce su prolongación al Sur a lo largo de la Serranía de El Taraira y en serranías menores hasta cercanías del Río Vaupés.

Sobre los niveles ferríferos, se encuentran limolitas y arcillolitas de color gris claro.

Dentro de la Serranía de Machado, a las unidades litológicas mencionadas, cabe agregar una intrusión sienítica que se encuentra en el tercer raudal del Río Taraira, donde la Serranía de Machado es cruzada por dicho río. Dicha roca se presenta en texturas porfirítica (ver fotografía 24) y equigranular (ver fotografía 25). Se compone de feldespato de potasio parcialmente teñido de rojo, plagioclasa, anfíbol y escasos cristales de cuarzo. Presenta abundantes xenolitos de areniscas (ver fotografía 26). En la zona de contacto con esta intrusión, los sedimentos de la Serranía de Machado se encuentran transformados en hornfelsas.

También cabe mencionar algunos diques de diabasa que afectan a las unidades litológicas descritas, de los cuales se observa uno de gran espesor en el Raudal de Yacamí del Río Taraira.

## Sedimentos Rojos del Piraparaná

En el Proyecto Radargramétrico del Amazonas (Galvis, Huguet y Ruge, 1979), recibió esa denominación

un conjunto litológico que comprende conglomerados polimícticos, areniscas arcólicas, limolitas y arcillolitas de colores rojo, púrpura, bermellón y en escasas localidades verde. Con los sedimentos mencionados se presentan interestratificadas rocas piroclásticas y lavas de composición traquítica a riolítica. Estas vulcanitas presentan buenas exposiciones en varias localidades de la Amazonía de Colombia.

Las unidades litológicas referidas, se encuentran intruídas por numerosos stocks de rocas alcalinas, entre las cuales se presentan gabros alcalinos, sienitas nefelínicas y rocas graníticas y sieníticas con textura granofírica.

Los depósitos sedimentarios y volcánicos se hallan horizontales y generan un relieve topográfico muy suave.

Las unidades litológicas mencionadas se pueden observar en numerosas localidades en proceso de granitización o migmatización. Entre las rocas volcánicas



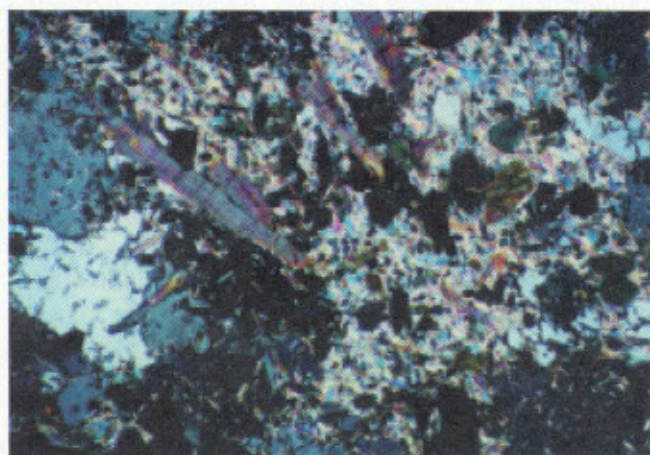
Fotografía 1. Metaareniscas en el Cerro de Garimpo.



Fotografía 3. Metaconglomerado, Cerro Garimpo.



Fotografía 4. Cristales de pirita cúbicos en metaconglomerado.



0 \_\_\_\_\_ 0.24 mm

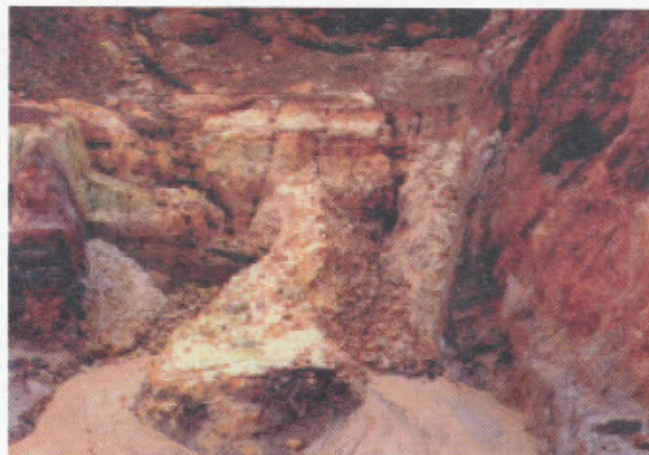
Fotografía 2. Microfotografía de agujas de turmalina, muestra de El Peladero (nicos cruzados) 4x.



Fotografía 5. Afloramiento de esquistos talcosos.



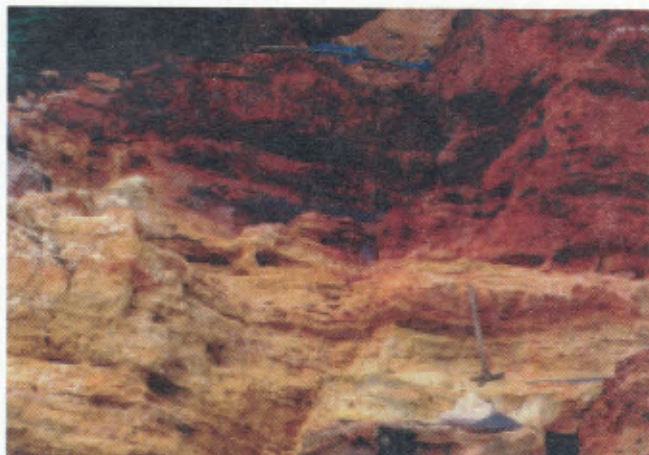
Fotografía 6. Vulcanita migmatizada.



Fotografía 9. Areniscas (color rojizo) y estromatolito (color negro).



Fotografía 7. Conglomerado basal de la secuencia de sedimentos de la Serranía de Machado.



Fotografía 10. Areniscas en la base, estromatolito (color negro), jaspe y areniscas rojas al tope.



Fotografía 8. Estratificación cruzada en areniscas en la Serranía de Machado.



Fotografía 11. Estromatolito, formas botroidales.



hay muy buenos ejemplos de este proceso en el Raudal de Mapiripán en el Río Guaviare y en el curso superior del Río Cuduyarí. Las rocas sedimentarias se presentan en proceso de granitización en el curso del Río Mesay, afluente del Río Yari.

### Tectónica

La región comprendida entre los ríos Vaupés y Caquetá, parece haber sido notablemente estable. Posiblemente, sus principales rasgos estructurales y tectónicos son anteriores al Fanerozoico. De los tres conjuntos litológicos mencionados, solamente el más antiguo, el de Cerro Garimpo, presenta metamorfismo regional y éste es de bajo grado. Presenta una gran similitud al metamorfismo de las unidades litológicas de composición análoga en la Formación Roraima en la Serranía de Naquén y otras localidades del Guainía.

El conjunto litológico más antiguo, presenta complicaciones estructurales en Cerro Garimpo por lo cual se observa una amplia variación en sus buzamientos.

Hacia el flanco occidental de Cerro Garimpo, entre éste y la Serranía de Machado, se encuentra una falla regional, cuyo carácter y desplazamiento no son determinables con los datos disponibles. Al Occidente de la falla mencionada, las unidades litológicas de la secuencia más antigua, se presentan buzando hacia el Noroeste en ángulos muy variables, afectadas por un plegamiento anterior a aquel que produjo el levantamiento de la Serranía de Machado. Este último relieve, está constituido por una estructura monoclinas con rumbo N-40-W y presenta buzamiento de 30 grados hacia el SW en el sector denominado Cerro Rojo, hacia el centro de la serranía. Al extremo Norte, el buzamiento aumenta hasta 60 grados, posiblemente por efecto de la intrusión sienítica mencionada en lo referente a litología.

La Sierra del Taraira, al Sur de la de Machado, parece presentar más complejidades estructurales. Al Norte, en las cuencas de los ríos Tiquié, Papurí y Paca, los sedimentos ferríferos se encuentran en estructuras monoclinas de bajo ángulo, los cuales buzando hacia el Occidente.

Localmente, en la Serranía de Machado, se observan zonas de falla con dirección NE-SW en sitios tales como Caño Cochano y Caño Bonito. Allí en parte la roca brechada se presenta rodeada de cuarzo lechoso de neoformación (ver fotografía 27).

En general se puede concluir que las serranías de Taraira y Machado, así como las cuchillas que presentan

exposiciones de los sedimentos ferríferos más al Norte, son relieves seniles, cuyo levantamiento parece haber tenido lugar durante el Precámbrico y cuyos últimos movimientos parecen haber sido causados por intrusiones, tal como se observa en el extremo Norte de la Serranía de Machado.

Los sedimentos rojos del Piraparaná se presentan casi totalmente horizontales en todas las localidades donde han sido observados.

### Evolución Geológica

Las primeras unidades litológicas expuestas entre los ríos Taraira y Apaporis, indican una sedimentación marina de muy poca profundidad, posiblemente litoral, con una fuerte evaporación como lo muestra la presencia de sedimentos magnésicos (esquistos talcosos) y sedimentos con minerales de boro (metaareniscas con turmalina). No se encuentran carbonatos y es característica la presencia de pirita redondeada en las metaareniscas; esto último, indicio de una atmósfera reductora, en la cual la pirita pudo sufrir transporte mecánico sin ser destruida por oxidación.

La sedimentación costera o nerítica, tuvo lugar al mismo tiempo con actividad volcánica ácida de carácter explosivo, lo que produjo la alternancia de sedimentos y piroclastitas que allí se observa.

Posteriormente las unidades referidas fueron sometidas a un proceso de metamorfismo regional de bajo grado, al cual sucedió un episodio de granitización de los que produjeron la formación de la corteza sílica durante el Proterozoico. Este proceso afectó principalmente la parte inferior de la secuencia y selectivamente con mayor intensidad las rocas de origen volcánico y los metasedimentos pelíticos. Además es interesante anotar que en los metaconglomerados abunda el cuarzo ahumado, un indicio del ingreso de elementos radioactivos (uranio, torio y potasio), muy característico de los fenómenos de granitización o migmatización.

Más tarde, tuvo lugar un evento orogénico, un período de erosión y luego se inició una nueva fase de sedimentación, la cual comenzó con el depósito de un conglomerado polimíctico. Esta nueva sedimentación, parece indicar un ambiente marino o lacustre salado de muy poca profundidad. En medio de sedimentos arenosos de grano medio se encuentran los estromatolitos antes descritos. Es importante anotar que hay más estromatolitos en dichos sedimentos, los cuales no parecen estar en la misma posición estratigráfica. Muy

posiblemente, los estromatolitos se encuentran como arrecifes lenticulares de extensiones muy variables.

El desarrollo de la mineralización de hierro parece estar relacionado a los estromatolitos. Es muy posible que su origen tenga relación con los cambios químicos producidos por ellos. Posiblemente, oxígeno liberado en el metabolismo de los organismos que formaron dichas estructuras, produjo la precipitación en forma de óxido férrico del hierro ferroso que se hallaba en solución en el mar. El oligisto se observa reemplazando granos de cuarzo (ver fotografía 28) aún donde el sedimento se presenta conglomerático. A partir de los niveles ferríferos, parece que la cuenca se hubiera profundizado, esto evidenciado por la presencia de sedimentos limolíticos y arcillosos.

Los depósitos de hierro bandeado de tipo Superior se conocen en un rango de edades muy definido, entre 1800 y 2600 millones de años (Goldich, 1973). Esto permite suponer que los sedimentos mencionados se depositaron en ese intervalo, posiblemente hacia el final. Las litologías de la fase final de la sedimentación en mención se desconocen. Posteriormente estas unidades litológicas fueron sometidas a un suave plegamiento y luego de que la atmósfera se hizo oxidante, se inició un proceso de sedimentación en un ambiente continental y pulsos de magmatismo alcalino, eventos que produjeron los depósitos sedimentarios y volcánicos del Piraparaná. Mas tarde, aún dentro del Proterozoico, un nuevo proceso de migmatización afectó parcialmente las unidades litológicas antes mencionadas.

Luego, durante el Ordovícico tuvo lugar una gran transgresión, en la cual el mar cubrió la mayor parte de lo que actualmente es la Amazonía.

Se omite hacer referencia a episodios posteriores de sedimentación en la Amazonía, ya que las unidades litológicas por ellos producidas no se encuentran en el área del cinturón ferrífero.

### Génesis Mineral

El mineral de hierro observado en la Serranía de Machado presenta características que permiten asimilarlo a hierro bandeado de tipo Superior. En este aspecto cabe destacar la ausencia de vulcanitas en la secuencia litológica que lo contiene. Es importante anotar su relación con estromatolitos silíceos (ver fotografía 29), similares a los descritos en la Formación Gunflint en los depósitos del Lago Superior (Awramik, 1977), su posición estratigráfica hacia la base de la secuencia de sedimentos en la que se encuentra tal como sucede en

Black Hills Dakota (Bayley, James, 1973), Cuadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil (Dorr, 1973) y Krivoi Rog, Ucrania (Alexandrov, 1973) y la presencia de formas oolíticas; todos los anteriores son rasgos típicos de depósitos de hierro tipo Superior que los diferencian de los de tipo Algoma.

Las microformas de posible origen orgánico (ver fotografías 30, 31 y 32 al microscopio electrónico), son muy similares a las descritas en varias localidades donde hay depósitos de esa clase (Barghoorn & Tyler, 1965) (LaBerge, 1973) (ver fotografías 33, 34 y 35).

Cabe agregar además el aspecto del tamaño del yacimiento. Los depósitos tipo Algoma presentan extensiones pequeñas, con longitudes generalmente no mayores de una o dos decenas de kilómetros, mientras que el yacimiento del Vaupés supera ampliamente los 100 kilómetros de longitud, dimensión frecuente en los yacimientos tipo Superior.

Posiblemente los depósitos de hierro más similares al de Serranía de Machado, son los de Urucum (Brasil) y Mutún (Bolivia). En estos yacimientos, el mineral de hierro se encuentra asociado con sedimentos detríticos no metamorfizados, tal como ocurre en Machado. También se asemejan en el contenido de hierro excepcionalmente alto en el mineral primario (Dorr, 1973). En Machado se encuentran espesos paquetes de mineral en los que no se observa bandeamiento debido a la desaparición de los niveles silíceos, quedando solamente los de oligisto (ver fotografía 36). A semejanza de Urucum, el depósito de hierro sobreyace a niveles de jaspe (ver fotografía 37).

Es interesante agregar que en yacimientos de esta clase, tales como el de Carajas en Brasil, se presentan ocurrencias de oro bajo los niveles ferríferos; esto parece ser común a varios depósitos de hierro bandeado y en este aspecto el de Machado no es la excepción.

La extensión total de la mineralización de hierro en mención aún se desconoce; hay evidencias de su presencia a lo largo de una faja que se extiende desde el Lago del Apaporis hasta el Río Vaupés, sin que se sepa si es totalmente continua. Las anomalías magnéticas y algunas exposiciones indican que se prolonga al Norte de este último río. En varias localidades puede observarse mineral secundario enriquecido por procesos de laterización. En este aspecto son espectaculares las exposiciones en la cuenca media del Caño Paca, en las vecindades del Río Tiquiy y en las riberas del Caño Pirabotón, este último al Norte del Río Vaupés.



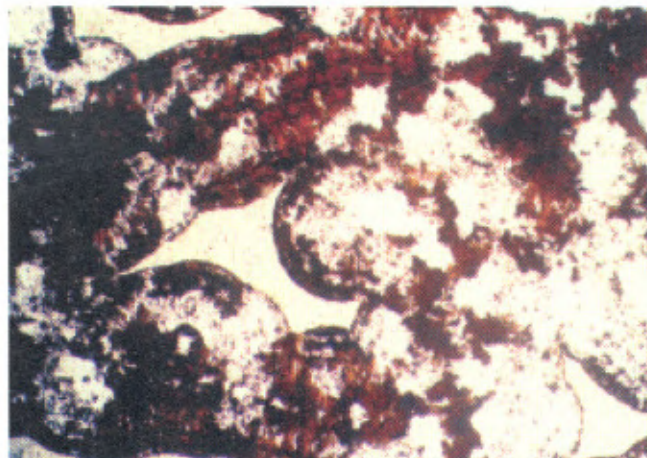
Fotografía 12. Estromatolito, enteroformas.



Fotografía 15. Estromatolito, formas semiesféricas.



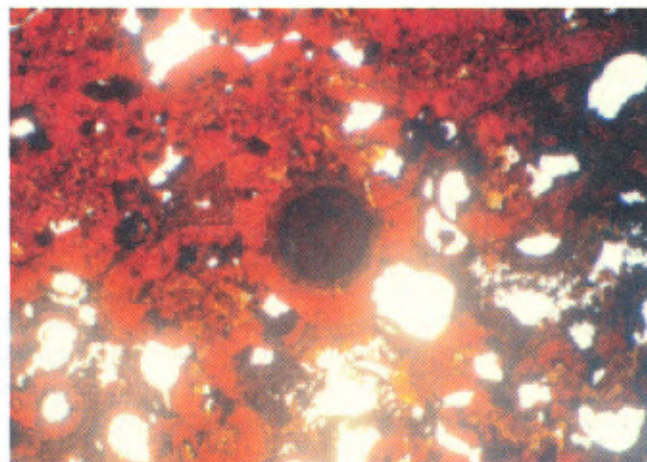
Fotografía 13. Laminación en el estromatolito.



Fotografía 16. Microfotografía formas globulares en grafito, parcialmente reemplazado por óxido férrico (nicoles paralelos).

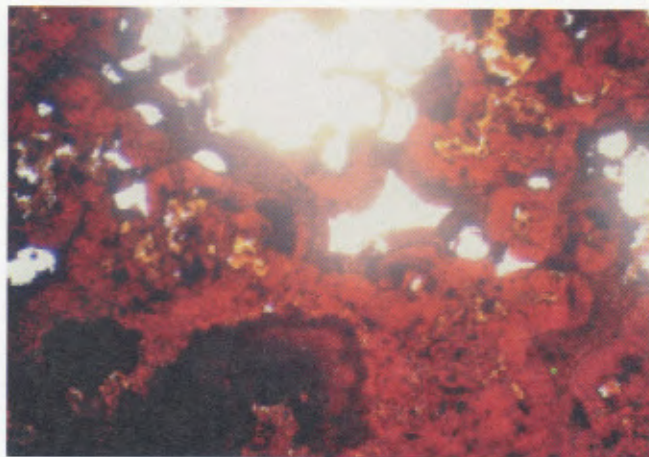


Fotografía 14. Estromatolito, formas globulares.



0.24 mm

Fotografía 17. Microfotografía de forma esférica de posible origen orgánico (nicoles paralelos) 4x.



0 — 0.24 mm

Fotografía 18. Formas globulares en óxido férrico 4x.



Fotografía 19. Nivel de magnetita.



Fotografía 20. Areniscas cruzadas de vetillas de cuarzo y teñidas de óxido férrico.



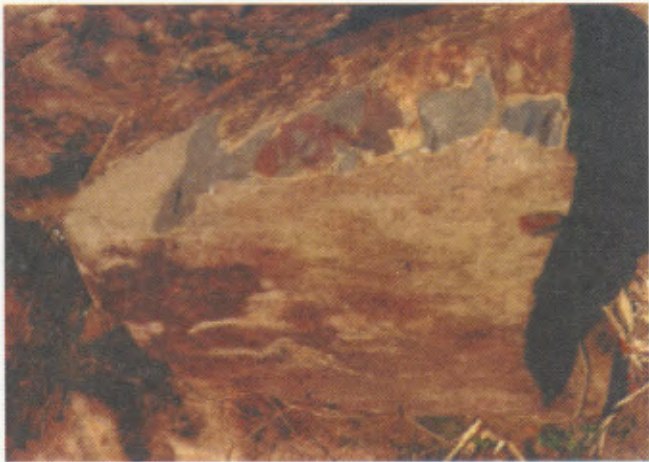
Fotografía 21. Hierro bandeado, obsérvese la alternancia de niveles silíceos y niveles ferrosos.



Fotografía 22. Mineral de hierro primario sin bandeamiento.



Fotografía 23. Mineral de hierro primario, zona de Mata de Aji.



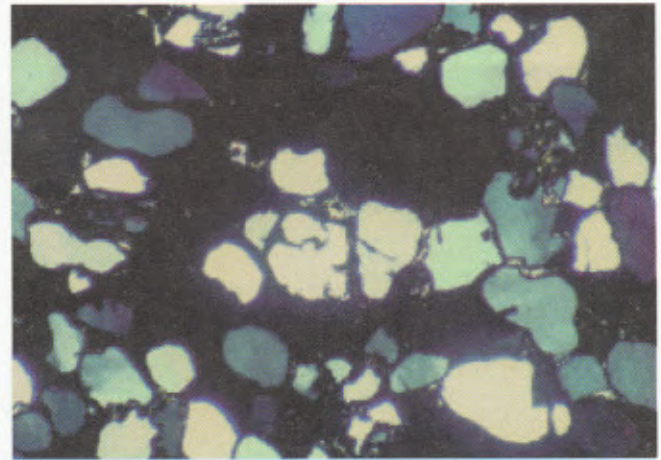
Fotografía 24. Facies porfírica de la intrusión sienítica.



Fotografía 27. Brecha de falla silicificada.



Fotografía 25. Microfotografía de la intrusión, obsérvese la textura gráfica (nicos cruzados) 4x.

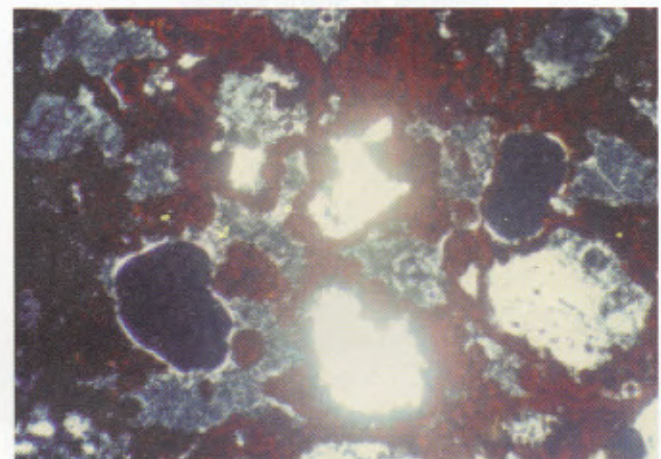


— 0.09 mm

Fotografía 28. Microfotografía de granos de cuarzo, rodeados de oligisto (nicos cruzados) 10x.

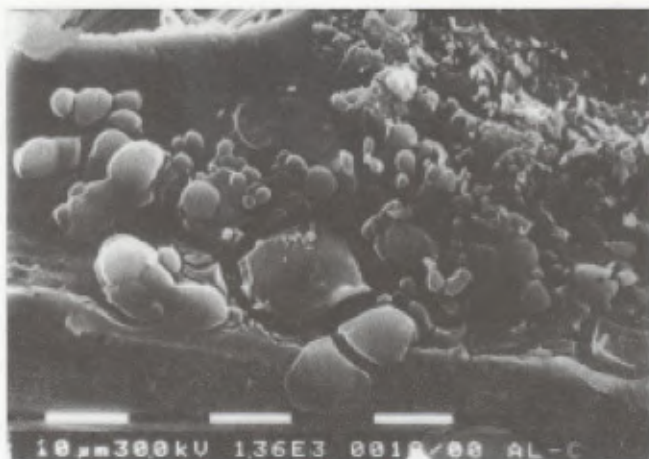


Fotografía 26. Xenolito de cuarcita en la intrusión.

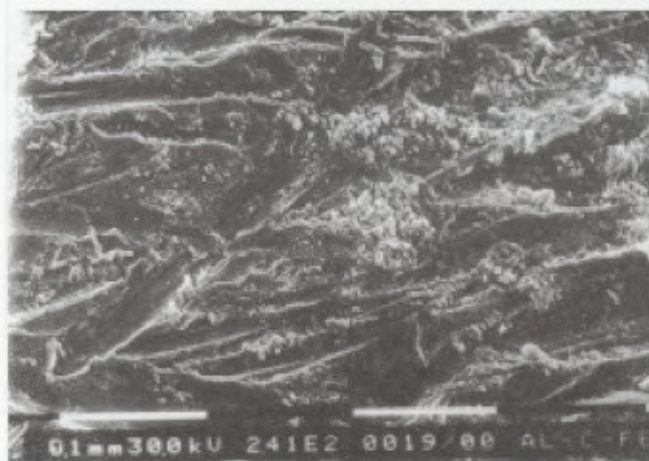


0 — 0.09 mm

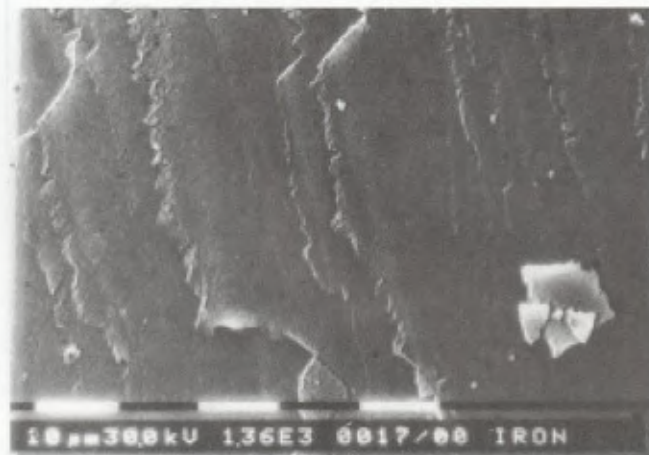
Fotografía 29. Microfotografía de sílice y óxido férrico en el estromatolito (nicos paralelos) 4x.



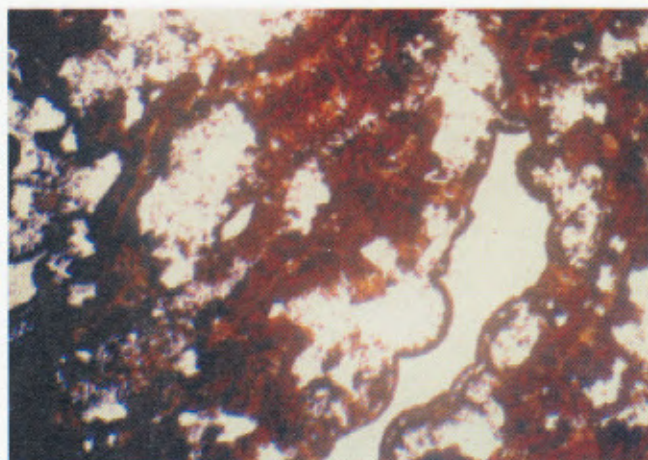
Fotografía 30. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



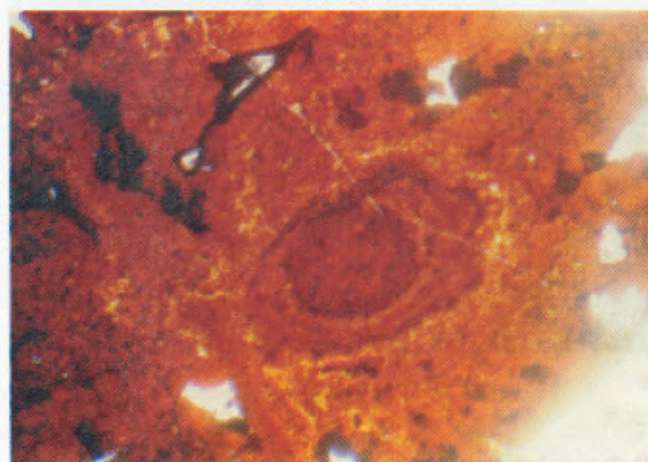
Fotografía 31. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



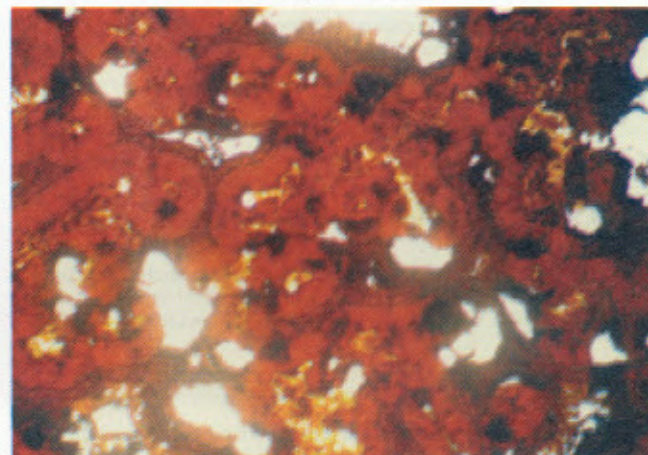
Fotografía 32. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



Fotografía 33. Microfotografía, formas globulares con una aureola reticular en las que se presenta reemplazamiento de grafito por óxido férrico (nicos paralelos) 4x.



Fotografía 34. Microfotografía, forma ameboide en óxido férrico (nicos paralelos) 10x.



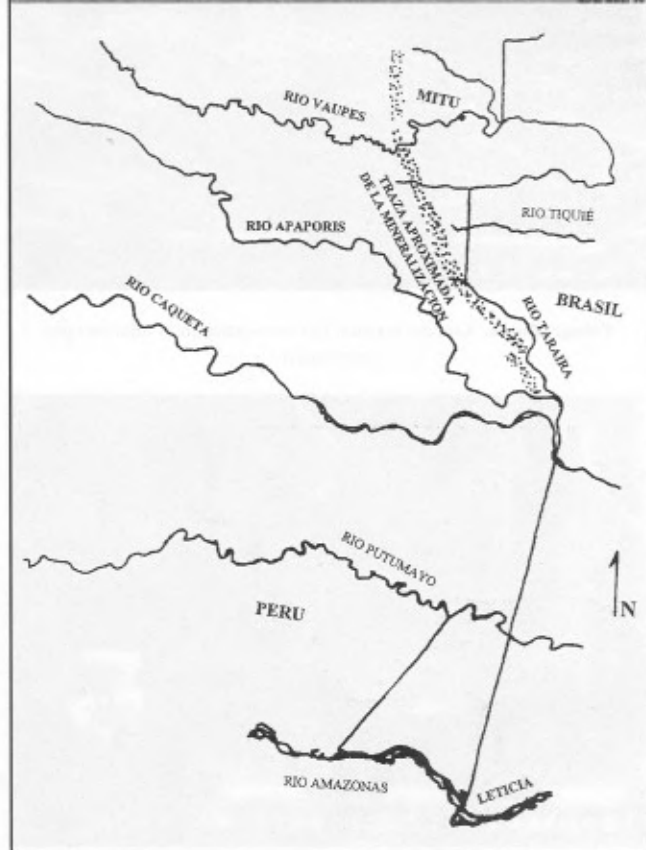
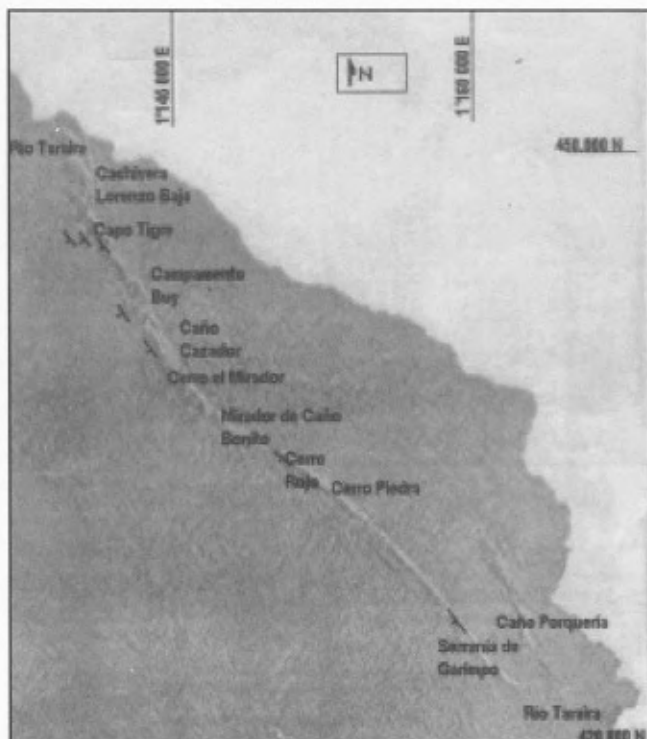
Fotografía 35. Microfotografía, formas globulares con aureola reticular en óxido férrico (nicos paralelos).



Fotografía 36. Mineral de hierro sin bandeamiento.

## Referencias Citadas

- Alexandrod, E. A. 1973. The Precambrian Banded Iron Formations of the Soviet Union, *Economic Geology*, **68**(7): 1035-1062.
- Awramik, S. M. 1977. Paleobiology of Stromatolites en *Chemical Evolution of the Early Precambrian* editado por Cyril Ponnamperna, Academic Press, p. p. 111-131.
- Barghoorn, E. S., & Tyler, S. A. 1965 – Microorganisms from the Gun Flint Chert, *Science*, vol. 147. p. p. 563-567.
- Bayley, R. W., & James, H. L., 1973 – Precambrian Iron Formations of the United States, *Econ. Geol.*, **68**(7): 934-959.
- Dorr, J. V. N., 1973 – Iron Formation in South America, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1005-1022.
- Galvis, J. Gómez L.S. 1997. Electron microscopy researches, the clue of a possible biological origin of Precambrian iron deposits. *Acta Microscópica*. Vol. 6. B. Sep. 1997. Interamerican Electron Microscopy Congres.
- Galvis, J., Huguet, A. & Ruge, P., 1979 – Estudio Geológico de la Amazonía Colombiana, *Bol. Geol.*, **22**(3): 3-86 Bogotá.
- Goldich, S. S., 1973 – Ages of the Precambrian Iron Formations, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1126-1134.
- Laberge, G.L., 1973 – Possible Biological Origin of Precambrian Iron Formations, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1098-1109.



Localización de los yacimientos descritos

# LOS NOTHROTHERIINAE (MEGATHERIIDAE, GRAVIGRADA) DEL MIOCENO DE LA VENTA (COLOMBIA). DESCRIPCION DE *HUILABRADYS MAGDALENIENSIS*, NUEVOS GENERO Y ESPECIE

por

Carlos Villarroel A.\*

## Resumen

Villarroel A., C.: Los Nothrotheriinae (Megatheriidae, Gravigrada) del Mioceno de La Venta (Colombia). Descripción de *Huilabradys magdaleniensis*, nuevos género y especie Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22**(85): 497-506. 1998. ISSN 0370-3908.

Se describen tres Nothrotheriinos de la Fauna de La Venta (Huila, Colombia); de ellos uno confirma la presencia de *Hapalops*, otro constituye el primer registro de *Eucholoeops* (*E. aff. E. fronto*), el tercero, *Huilabradys magdaleniensis*, se propone como nuevos género y especie. En cada caso se efectúan las correspondientes comparaciones con representantes argentinos y bolivianos; además, se consideran los caracteres morfoanatómicos y dentarios de *H. magdaleniensis* dentro del esquema evolutivo de los Nothrotheriinae.

**Palabras claves:** Megatheriidae, Nothrotheriinae, *Hapalops*, *Eucholoeops* aff. *E. fronto*, *Huilabradys magdaleniensis*, Fauna de La Venta, Argentina, Colombia.

## Abstract

Three Nothrotheres are described from the La Venta Fauna; one confirms the presence of *Hapalops*, the second is the first record of *Eucholoeops* (*E. aff. fronto*) and the third, *Huilabradys magdaleniensis*, is proposed as a new genus and species. The affinities of the three taxa are established after the comparison with Argentinian and Bolivian Nothrotheres. Morphological and dental features of *H. magdaleniensis* are considered within the evolutionary scheme of the Nothrotheriinae.

**Key words:** Megatheriidae, Nothrotheriinae, *Hapalops*, *Eucholoeops* aff. *E. fronto*, *Huilabradys magdaleniensis*, La Venta Fauna, Argentina, Colombia.

\* Universidad Nacional de Colombia, Depto. de Geociencias, A. A. 14490, Bogotá



## Introducción

Desde que en los años cuarenta se iniciaron las colecciones extensivas y sistemáticas en el "desierto" de La Tatacoa, muchos taxones de diferentes órdenes y familias se han descrito detalladamente. Al respecto, en un libro reciente, editado por Kay et al. (1997), se sintetiza el conocimiento que se ha alcanzado del yacimiento de La Venta, tanto en el campo de la paleontología como en el de la geología en general; de esta forma la Fauna de La Venta pasa a constituirse en la mejor conocida y más completamente estudiada de la parte septentrional de Sudamérica. No obstante, lo que se sabe de algunos grupos, caso de la familia Megatheriidae, aún permanece deficiente y el listado de taxones de síntesis anteriores (Stirton, 1953; Hirschfeld & Marshall, 1976; Marshall et al., 1983) no ha mejorado substancialmente, manteniéndose las referencias todavía en niveles familiares y subfamiliares, a excepción de la cita de cf. *Hapalops*. En realidad, gran parte del conocimiento que se tiene de los Megatheriidae se debe a Hirschfeld (1985) y a McDonald (1997), quienes caracterizan varios taxones, aunque no llevan las determinaciones a niveles genéricos y específicos en razón de lo fragmentario y carente de partes diagnósticas del material estudiado. Las bases están establecidas y se espera que futuros trabajos de campo, y estudios de laboratorio, permitan verificar, complementar y modificar las propuestas de dichos autores. El presente artículo se encuadra en este contexto, ya que en él se describen especímenes más completos y significativos que, por una parte, confirman y modifican algunas propuestas taxonómicas, y por otra, permiten establecer que en la Fauna de La Venta se encuentran por lo menos tres géneros diferentes de Nothrotheriinos, de los cuales uno, *Hapalops*, ya se conocía de Argentina y Bolivia, otro, *Eucholoeops*, sólo se reportó en Argentina, y el tercero, *Huilabradys magdaleniensis*, constituye una adición a la subfamilia, toda vez que se trata de una forma aún no descrita.

## Taxonomía

Superorden XENARTHRA Cope, 1889

Orden TARDIGRADA Latham & Davies, 1795

Superfamilia MEGATHERIOIDEA Owen, 1843

Familia MEGATHERIIDAE Owen, 1843

Subfamilia NOTHROTHERIINAE Ameghino, 1920

Género: *Huilabradys* n. gen.

Especie tipo: *Huilabradys magdaleniensis* n. sp.

**Diagnosis:** Es un Nothrotheriino de talla mediana, es decir, similar o algo mayor que *Pronothrotherium mirabilis* (Kragl., 1925). La rama horizontal mandibular es muy alta; la parte basal anterior del proceso coronoideo alcanza la separación de los dos últimos molariformes, de modo que en vista labial ella cubre íntegramente el último molariforme. No existe diastema entre m1 y m2; m1 es un poco más pequeño que m4, es de sección subtriangular; las secciones de m2 y m3 son subrectangulares y se disponen transversalmente al eje anteroposterior de la serie; los surcos longitudinales en las caras linguales de ambos molariformes, y en la labial de m2, son amplios y muy someros; m4 es de sección subtrapezoidal, su eje mayor se dispone oblicuamente, está débilmente bilobulado por la presencia de dos surcos someros en las caras anterolingual y posterolabial.

**Derivatio nominis:** De Huila, Departamento de Colombia, en el que se encuentra el yacimiento de La Venta, y *bradys*, voz griega que significa "lento"; hace referencia a los actuales gravígrados, que se conocen con el apelativo de "perezosos".

*Huilabradys magdaleniensis* n. sp.

**Holotipo:** LV-4-11: Colecciones paleontológicas, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Fragmento de rama horizontal mandibular y parte basal anterior del proceso coronoideo, lado derecho; los tres molariformes posteriores están muy bien preservados, a m1 le falta la corona (Lám. I: A y B).

Asociado al espécimen se encuentra un molariforme superior (M5) izquierdo (¿) aislado, al que le falta el extremo basal de la raíz; por el tamaño y el color pertenece sin duda al mismo individuo.

**Distribución geográfica:** El holotipo, único ejemplar conocido, fue colectado en el "desierto" de La Tatacoa, Departamento del Huila, Colombia, y hace parte de la denominada Fauna de La Venta.

**Posición estratigráfica y cronológica:** El espécimen fue colectado en la "Unidad de Los Monos" (Monkey Unit de Fields, 1959), de 12.5 M.a. (Flynn et al., 1997). Estratigráficamente la unidad se ubica en la base de la Formación Villavieja del Grupo Honda (Villarrol et al., 1996; Guerrero, 1997).

Las edades radiométricas de las dos unidades litoestratigráficas del Grupo Honda (Formaciones La Victoria y Villavieja), aflorantes en el "desierto" de La Tatacoa, oscilan entre 13.8 y 11.8 M.a. (Flynn et al., Op. Cit.), lo que hace posible referir el Grupo Honda, en su

totalidad, al Piso Serravaliense, es decir al Mioceno Medio Tardío, edad que está corroborada por magnetoestratigrafía.

**Madden et al. (1997)** proponen el Piso y la Edad Laventense con base en la Fauna de La Venta. El Laventense, en la Escala de Edades-Mamífero establecida para Sudamérica, sería más joven que el Colloncurensis, pero más viejo que el Mayoense, es decir, cabría dentro del llamado "Friasense", de acuerdo con **Flynn & Swisher (1995)** y **Madden et al. (Op. Cit.)**.

**Diagnosis: La misma del género por monotipia.**

**Derivatio nominis:** El nombre específico hace referencia al Río Magdalena, algunos de cuyos afluentes drenan el "desierto" de La Tatacoa.

**Descripción y comparación:** Por el fragmento de mandíbula se puede deducir que se trataba de un animal robusto, de talla mediana. A pesar de que sólo se conoce el holotipo, y que éste es bastante fragmentario, su buena preservación y la exposición de caracteres morfológicos importantes, permiten una adecuada comparación y subsecuente diferenciación de los géneros de Nothrotheriinos conocidos.

Entre los aspectos morfoanatómicos de la nueva especie resaltan la gran altura de la rama horizontal mandibular -comparable a la que se observa en *Nothropus tarijensis*-, la posición de la parte basal anterior del proceso coronoideo, que alcanza la separación de m3 y m4, de modo que, en vista labial, ella cubre el m4 (Lám. I: A). La cara labial de la mandíbula es convexa y el foramen externo del canal dental, grande, de sección subrectangular a ovalada, se ubica al nivel de la unión entre la rama horizontal y la base del proceso coronoideo, de modo que el foramen se abre sobre la cara externa a nivel del m4. De la cara lingual de la rama horizontal sólo se conservan algunos fragmentos y no puede distinguirse la línea milohyoidea; es poco convexa a plana; las fracturas dejan ver el canal mandibular que recorre la cara un poco por debajo de la mitad de las raíces de los dientes, y que se une, por detrás, a 1.2 cm, con el canal del foramen externo. La presencia de un fragmento del borde basal permite deducir que éste era convexo debajo de m2-m3 y cóncavo delante del ángulo mandibular.

La serie dentaria se dispone en hilera (Lám. I: B), y como es característico en la subfamilia, todos los dientes son euhypsodontes, es decir de raíz abierta permanentemente (véase **Mones, 1982**); en *Huilabradys magdaleniensis* ellos son excepcionalmente largos. Una capa

de cemento cubre uniformemente la capa de dentina dura, que a su vez, rodea la dentina blanda, que constituye la parte central del diente. El primero de estos, m1, está separado de m2 por un espacio similar a los que separan los otros dientes, de modo que no se puede hablar de la existencia de diastema, como ocurre -a excepción de *Schismotherium* Ameghino, 1887 y *Pelecycodon* Ameghino, 1891- en las especies de los otros géneros de la subfamilia.

En el espécimen, m1 ha perdido su corona por fractura, por lo que se desconocen las características de la superficie oclusal; sin embargo, considerando que se trata de un diente de igual sección en la raíz que en la corona, se puede observar que es más pequeño y más sencillo que los posteriores, a pesar de ello, por su posición y desarrollo, es posible que no se tratara de un diente caniniforme, como sucede en las especies de *Schismotherium* y *Pelecycodon*. Su sección transversal es vagamente triangular, pudiendo distinguirse una cara posterior suavemente convexa, otra anterolabial casi plana, y una tercera, anterolingual francamente convexa; las aristas que separan las caras son romas, siendo la posterolabial la más aguda. No se distingue surco longitudinal alguno. En la bibliografía pertinente no se ha encontrado ninguna especie con el grado de desarrollo de m1, carácter que, de acuerdo con las tendencias evolutivas señaladas por **Scillato-Yané et al. (1987:214)** puede considerarse como un carácter plesiomorfo dentro del grupo.

Los molariformes m2 y m3 son de sección subrectangular; son muy semejantes y sólo pequeñas diferencias permiten distinguir el uno del otro, por ejemplo, en m2 la cara lingual es apenas menor que la labial, en tanto que en m3 es esta última la mayor; en ambos molariformes las caras anteriores son levemente cóncavas; en tanto que las posteriores son débilmente convexas; en las caras linguales de los dos dientes, lo mismo que en la labial de m2 es posible distinguir amplios y someros surcos longitudinales en su parte media; la cara labial de m3 es plana. De las especies conocidas, sólo *Chasicobradys intermedius* Scillato-Yané, Carlini & Vizcaíno, 1987 posee el m3 subrectangular, aunque en ella los surcos longitudinales, labial y lingual, son profundos.

Las superficies oclusales de m2 y m3 presentan la dentina blanda fuertemente excavadas y formando profundos valles diagonales, que se inician en las aristas posterolinguales y desembocan un poco por detrás de las aristas anterolabiales respectivas; éstas son bajas en relación con las aristas posterolabiales, que son muy

prominentes y puntiagudas. Las dos aristas linguales de cada molariforme alcanzan alturas similares, aunque no son muy puntiagudas; ambas están unidas entre sí por una cresta algo cóncava en su parte central; en cada diente, una cresta cortante (como todas las crestas) conecta las aristas posteriores. Las crestas anteriores y labiales convergen hacia las aristas anterolabiales respectivas, que, como se dijo, son bajas en comparación con las otras tres.

El último molariforme (m4) es algo más pequeño que los dos que le preceden, aunque es un poco mayor que m1; su sección transversal es subtrapezoidal y vagamente bilobulada; su eje mayor se dispone oblicuamente a la dirección de la hilera molariforme. Las caras anterolingual y posterolabial están recorridas por amplios y someros surcos, ligeramente desplazados hacia el lado labial; son estos surcos los que le confieren el aspecto bilobulado; la cara labial es plana, en tanto que la posterolingual es convexa. En la superficie oclusal, el valle y la desembocadura mantienen las características de los dos molariformes precedentes, aunque su disposición es algo más oblicua. La arista anterolingual es prominente y alcanza una altura semejante a la posterolabial, en tanto que la anterolabial y la posterolingual son bajas.

El molariforme superior que acompaña al fragmento de mandíbula es cóncavo (hacia adelante) longitudinalmente, corresponde a un M5, posiblemente izquierdo. Es de sección triangular, con el ángulo agudo en posición lingual; la cara anterior es convexa y próximo a su arista anterolabial se encuentra un débil surco; la cara posterior es cóncava debido a que la recorre un amplio y somero surco longitudinal; la cara labial, la más corta de las tres, es plana y no presenta surco alguno.

#### Medidas:

Alto de la rama mandibular (debajo de m3) .....	46.4 mm
Espesor máximo de la mandíbula (a nivel del m3) .....	20.2 mm
Largo de la serie m1-m4 (sobre el borde alveolar) .....	49.2 mm
L x A de m1 .....	9.2 x 9.6 mm
L x A de m2 .....	9.0 x 12.2 mm
L x A de m3 .....	8.6 x 12.2 mm
L x A de m4 .....	9.1 x 11.8 mm
	(medidas máximas)

**Género** *Eucholoeops* **Ameghino, 1887**  
*Eucholoeops* aff. *E. fronto* **Ameghino, 1891: 322**

**Material estudiado:** 1-V-89-1, Colecciones paleontológicas, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Rama horizontal mandibular izquierda con m1 y m2; se han preservado los lados labiales de los alvéolos de m3 y m4. La pieza ha sido arrastrada por corrientes de agua, por lo que las aristas se encuentran algo desgastadas (Lám. I: C y D).

1-V-89-2, *Ibidem*. Rama horizontal mandibular derecha en la que se emplazan m1 (roto a nivel del borde alveolar) y los tres molariformes. Asociada a la pieza se encuentra un fragmento que podría corresponder a un maxilar izquierdo, en el que se encuentra implantado el m2 (¿) y la cara anterior del m3 (¿) (la asignación se basa, ante todo, en la curvatura del molariforme presente). Ambas piezas están cuarteadas y deformadas, sobre todo la última (Lám. I: E).

**Procedencia geográfica, ubicación estratigráfica y cronológica:** Los dos especímenes anteriores fueron encontrados al norte del Cerro Gordo, es decir, en los estratos más viejos de la Formación La Victoria que afloran en la región. La separación estratigráfica entre los niveles portadores de ambos fósiles es pequeña. Pertenecen a la Fauna de La Venta, por lo que son atribuidos al Mioceno Medio Tardío, Piso Serravaliense.

**Descripción:** Por los especímenes en estudio, se puede deducir que la especie alcanzaba las dimensiones de *Eucholoeops fronto* Ameghino, 1891.

La rama horizontal mandibular es corta, alta y gruesa. La cara externa es convexa a partir de m2 y da lugar a un abombamiento marcado. El foramen externo del canal dental, cuya parte anterior se conserva en el ejemplar 1-V-89-1, es grande y, a diferencia de las tres especies del género, se ubica más en la rama horizontal mandibular que en la base del proceso coronoideo. En este mismo espécimen se preservó parte del canal que desemboca en el foramen mentoniano, lo que permite establecer que éste se abría en una posición similar a la de *E. fronto*. Un largo diastema (12.3 mm) separa m1 de m2; la cara externa de la mandíbula, al lado del diastema, está comprimido. Como es habitual en el género, el primer diente (m1) se ubica exteriormente con respecto al alineamiento de la serie molariforme. En el ejemplar 1-V-89-2 los cuatro dientes están dispuestos en una sola hilera (Lám. II. ), pero esto se debe únicamente a la deformación del espécimen, como consecuencia de lo cual los molariformes posteriores están desplazados hacia el interior.

El primer diente (m1) se emplaza oblicuamente, de modo que la raíz se dirige hacia abajo y atrás; es robusto,



**Lámina I.** *Huilabradys magdaleniensis* n. gen. et sp (Holotipo). **A:** Vista labial de rama mandibular incompleta (LV-4-11). X 1.1. **B:** Vista oclusal del mismo espécimen (LV-4-11) donde se muestra la serie dentaria. X 1.1. *Eucholoeops* aff. *E. Fronto* Ameghino, 1891. **C:** Vista labial de rama mandibular incompleta (1-V-89-1), m1 y m2 están *in situ*. X 2. **D:** Vista oclusal del mismo espécimen (1-V-89-1). X 2. **E:** Vista oclusal de rama mandibular incompleta (1-V-89-2) donde se muestra la serie m2-m4. Los últimos dientes están desplazados hacia el lado lingual. X. 2. *Hapalops* sp. **F:** Vista lingual de rama mandibular (7-V-89-5), se observa la serie m1-m3. X 1.5. **G:** Vista oclusal del mismo espécimen (7-V-89-5). X 1.6

caniniforme y de sección triangular (Lám. I: C y D), con el ángulo labial obtuso y los otros dos agudos; la cara mayor del triángulo, plana, es lingual y en ella alcanzan a distinguirse dos tenues surcos longitudinales; la cara anterolabial es suavemente convexa y presenta un surco poco marcado, próximo al ángulo anterior, esta cara es ligeramente menor que la posterolabial, que es también algo convexa y presenta un débil surco cercano al ángulo posterior. La superficie oclusal forma una faceta triangular que mira hacia delante y ligeramente hacia afuera

El primer molariforme (m2) está mejor preservado en el espécimen 1-V-89-2 (Lám. I: E); es de sección subovalada, con el eje mayor transversal, tiene la cara anterior más convexa que la posterior, y la lingual más amplia que la labial, que es prácticamente indiferenciable. La superficie oclusal está profundamente excavada, sobre todo en su parte labial; de las crestas que la delimitan, la posterior está mejor desarrollada, y su arista posterolingual es la más alta y puntiaguda de todas. En los dos m2, de los especímenes que se estudian, las partes posterolabiales están fracturadas. La cresta anterior tiene la arista anterolabial más baja que la anterolingual, la cual se conecta con la posterolingual por medio de una corta cresta cóncava.

El m3 es de sección ovoidea, con el lado lingual más angosto que el labial; se dispone transversalmente. La cara posterior del diente forma una superficie plana en sus dos tercios internos. La cara lingual es indiferenciable, aunque en la superficie oclusal la arista anterolingual está expresada en forma de una pequeña punta ubicada delante de la posterolingual, que es la más prominente del diente. El valle de la superficie oclusal es profundo, presenta el mayor excavamiento en la parte central del diente.

El último molariforme (m4) es de sección ovalada a subrectangular, el eje mayor se dispone algo oblicuo con relación al alineamiento de la serie dentaria. A diferencia de los dos dientes anteriores, el surco central de la superficie oclusal da lugar a una mejor diferenciación de las crestas anterior y posterior, que alcanzan desarrollos y alturas semejantes. La cara anterior es algo convexa, mientras que la posterior es cóncava, debido a la presencia de un somero y amplio surco que la recorre (este detalle se observa mejor en la raíz del diente, ya que la corona está algo deformada y fracturada); las caras labial y lingual no están bien diferenciadas, son convexas e iguales.

#### Medidas:

Especímen 1-V-89-1:

Alto de la mandíbula (debajo de m3) ..... 29.9 mm

Alto de la mandíbula  
(debajo de m1) ..... 26.5 mm

Largo de la serie m1-m4  
(sobre el borde alveolar) ..... 44.0 mm (Aprox.)

Largo del diastema  
(sobre el borde alveolar) ..... 12.3 mm

L x A de m1 ..... 7.3 x 5.2 mm

L x A de m2 ..... 7.3 x 8.4 mm

Especímen 1-V-89-2 (el espécimen está deformado, las medidas son sólo aproximadas)

Largo del diastema  
(sobre el borde alveolar) ..... 11.2 mm

Largo de la serie m2-m4  
(sobre el borde alveolar) ..... 33.1 mm

L x A de m2 ..... 7.7 x 9.3 mm

L x A de m3 ..... 7.2 x 9.7 mm  
(aparentemente hay ligera  
compresión anteroposterior)

L x A de m4 ..... 7.7 x 9.5 mm  
(presenta deformación y  
fracturas)

Género *Hapalops* Ameghino, 1887

*Hapalops* sp.

**Material estudiado:** 7-V-89-5 : Colecciones paleontológicas, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Parte de hemimandíbula izquierda que comprende la sínfisis (le falta el extremo anterior del "pico") y la rama horizontal mandibular debajo de los tres dientes anteriores. Se han preservado el caniniforme y los dos primeros molariformes (Lám. I: F y G).

**Procedencia geográfica:** El único espécimen conocido fue encontrado en las cabeceras de la Quebrada Tatacoa, en el pequeño cerro situado unos 100 m al NW de la casa del señor Oidén Perdomo .

**Ubicación estratigráfica y cronológica:** Las rocas portadoras hacen parte de la Formación La Victoria. No se puede precisar la posición estratigráfica del nivel, aunque es posible que corresponda a la parte superior de la formación, un poco por debajo de las Gravas Cerbatana. De la misma forma que *Huilabradys* y *Eucholoeps* aff. *E. fronto*, hace parte de La Fauna de La Venta y corresponde al Piso Serravaliense del Mioceno Medio Tardío.

**Descripción:** El tamaño es semejante al de *H. longiceps* (*sensu* Scott, 1903), especie con la que mantiene las mayores similitudes.

La hemimandíbula disminuye gradualmente de altura desde la parte posterior de m3 hasta el límite con la sínfisis, es decir, un poco por delante de m1 (Lám. I: F); en *H. angustipalatus*, de Quebrada Honda, Bolivia (Frailey, 1988, Fig. 2A), los bordes inferior y alveolar son paralelos; en las especies argentinas (Scott, 1903) la base de la rama horizontal mandibular es comúnmente convexa, en tanto que en la forma colombiana es recta, lo que, sin embargo, podría ser aparente y debido a la falta de la parte posterior al m3 de la rama horizontal, ya que en UCMF 39956, que describe e ilustra Hirschfeld (1985, Fig. 30 A y B), y con la que posiblemente es coespecífica (véase más abajo), el borde inferior es convexo. El grosor de la rama horizontal mandibular aumenta progresivamente de adelante hacia atrás como consecuencia del incremento en la convexidad de la cara labial. Sobre la cara labial, al lado del diastema existe una pequeña y somera fosa alargada anteroposteriormente.

La sínfisis se prolonga hacia adelante en forma de "pico" desdentado (en el espécimen que se estudia hace falta el extremo anterior), cuyos bordes superiores son agudos, semejantes a los de las otras especies del género; no obstante, en la especie colombiana la parte posteroinferior de la sínfisis se sitúa más adelante del emplazamiento de m1. Por el largo y la forma del "pico", la especie de La Venta semeja a *H. longiceps*, aunque en la primera puede notarse un mayor adelgazamiento como consecuencia de una mayor disminución en el alto de la mandíbula. El foramen mentoniano es grande, se ubica cerca al borde superior del "pico" y a la altura del borde alveolar de la hilera de dientes.

De manera general, en la serie dentaria conservada es posible notar que m1 se halla ligeramente desplazado hacia fuera con respecto al alineamiento de m2-m3 (Lám. I: G). Resalta la presencia de un diastema (8.5 mm) entre m1 y m2, que es más corto que el de *H. longiceps*, pero que resulta siendo el doble del de *H. angustipalatus* de Quebrada Honda; 4.0 mm separan m2 de m3.

El primer diente (m1) se implanta oblicuamente, de modo que el eje del diente se dirige arriba y ligeramente hacia adelante y afuera. Es el más pequeño de la serie, es caniniforme y su sección es oval, con el diámetro mayor dispuesto anteroposteriormente y la parte más aguda anteriormente. No presenta surco longitudinal alguno. La superficie oclusal está desgastada según un plano cóncavo, suavemente inclinado hacia fuera y adelante.

El primer molariforme (m2) tiene una sección subtrapezoidal dispuesta transversalmente. La cara anterior es ligeramente más corta que la posterior, ambas son convexas; la cara labial es más corta que las anteriores, pero levemente más larga que la lingual; tanto la cara labial como la lingual presentan sutiles surcos longitudinales.

La superficie oclusal está excavada transversalmente, da lugar a un amplio y profundo valle que desemboca labialmente, inmediatamente por detrás de la arista anterolabial. El valle está delimitado por dos crestas cortantes transversales; los extremos de la cresta posterior sobresalen en forma de aristas puntiagudas; por el contrario, la cresta anterior descende hacia el lado labial y sus aristas son poco diferenciables. La desembocadura labial del valle forma una "V", con la vertiente anterior más corta que la posterior.

Como el anterior, m3 posee también una sección subtrapezoidal, dispuesta transversalmente, aunque con la cara labial claramente mayor que la lingual, hecho que da lugar a que las crestas anterior y posterior converjan labialmente. La cara labial es plana y no muestra surco longitudinal alguno, por su parte la cara lingual es convexa y no está bien definida. Lo mismo que en m2, las caras anterior y posterior son convexas, siendo también la primera ligeramente más corta que la segunda. Las características del valle oclusal, así como las de las crestas y sus correspondientes extremos labiales y linguales, son similares a las descritas para m2.

#### Medidas:

Alto de la mandíbula (debajo de m3) .....	33.3 mm
Alto de la mandíbula (debajo de m1) .....	24.0 mm
Espesor de la mandíbula (a nivel de m3) .....	21.8 mm
Largo de la serie m1-m3 (sobre el borde alveolar) .....	35.1 mm
Largo del diastema (sobre el borde alveolar) .....	8.5 mm
L x A de m1 .....	5.7 x 4.3 mm
L x A de m2 .....	8.5 x 10.1 mm
L x A de m3 .....	8.0 x 10.2 mm

**Discusión y conclusiones:** Los Tardigrada de La Venta han sido objeto de dos importantes trabajos (Hirschfeld, 1985; McDonald, 1997), gracias a los cuales se posee una

caracterización de las principales y mejor representadas formas. En estas síntesis, los representantes de la familia Megatheriidae han resultado los menos favorecidos, tanto por la poca variedad de formas identificadas como por la naturaleza de los especímenes registrados. Concretamente, de los Megatheriinae, tanto **Hirschfeld** como **McDonald**, sólo describen restos poscraneanos y dientes aislados de una sola especie o posiblemente dos; en cambio, de la subfamilia Nothrotheriinae dan a conocer más y mejor material, pero que, de todas maneras, según dichos autores, resulta insuficiente para aseverar la presencia de algún género, por ejemplo, **Hirschfeld** (1985) reconoce la presencia de tres formas diferentes, una de las cuales está representada por una rama horizontal mandibular izquierda incompleta (UCMP 39956; Fig. 30 A y B), que identifica como cf. *Hapalops*, por su parte **McDonald** (1997: 242) no aporta información adicional y comparte la incertidumbre en torno a la presencia de *Hapalops*. Ambos autores reconocen también la presencia de una segunda especie más pequeña que cf. *Hapalops*, que **Hirschfeld** (Op. Cit., Fig. 31) describe e ilustra como "Fragment of a small Nothrothere"; en nuestro criterio, el ejemplar seguramente no corresponde a un Nothrotheriino, ni siquiera a un Megatheriido, ya que el espécimen UCMP 39949 semeja a IGM-184297, que **McDonald** (1997, Fig. 15.2) atribuye a *Glossotheriopsis pascuali* Scillato-Yané, 1976, cuyo holotipo ilustra en la Fig. 15.3. Con relación a la presencia de esta especie cabe mencionar que en los últimos años se ha colectado un cráneo incompleto y su correspondiente mandíbula, cuyas series dentarias semejan a ambos ejemplares; una rápida comparación de los tres especímenes (UCMP 39949, IGM 184297 y el que se acaba de indicar) permite agruparlos dentro de la Subfamilia Mylodontinae, conclusión a la que llegó **McDonald** (1997) para IGM 184297. No obstante, por el momento, y hasta que se adelante el respectivo estudio detallado, se posterga la identificación genérica y específica.

El análisis comparativo de los rasgos de UCMP 39956, determinado por **Hirschfeld** (Op. Cit.) como cf. *Hapalops*, y los de 17-V-89-5, que se describe más arriba, permite resaltar numerosas concordancias, por ejemplo, el tamaño y la forma de la mandíbula, la posición de la parte posteroinferior de la sínfisis, el tamaño y el emplazamiento ligeramente externo del m1 (con relación a la hilera de molariformes) y las características de m2. En conjunto, todos ellos no sólo conducen a aceptar que ambos especímenes pertenecen a un mismo género (y probablemente a una misma especie), sino que éste corresponde a *Hapalops*, con lo que queda despejada la duda sobre la presencia del género en la Fauna de La Venta. Sin embargo, lo fragmentario del material

estudiado, unido a la insuficiente caracterización de las especies argentinas de *Hapalops* —que muestra una gran variabilidad (véase **Scott**, 1903 y **Perea**, 1988)— torna azarosa su atribución específica.

Las dos hemimandíbulas de *Eucholoeops* que se estudian son cortas, altas y gruesas, en ambas m1 mantiene una posición externa con relación al alineamiento de la serie molariforme; en 1-V-89-1 este diente se encuentra bien preservado, lo que permite observar su gran desarrollo y su implantación oblicua característica, además de la forma triangular de su faceta de desgaste, que mira más hacia delante que externamente. En conjunto, estos caracteres, más otros que se detallan en la descripción, como la talla de los individuos, resaltan la gran similitud de los caracteres de los especímenes de La Venta con los de *Eucholoeops fronto*, que hasta ahora sólo era conocida de Argentina. No obstante, la insuficiencia del material disponible no permite una comparación satisfactoria, lo que impide una identificación específica segura.

Sin duda alguna, la presencia de *Huilabradys magdaleniensis* confiere a los Nothrotheriinos de La Venta un sello diferencial en relación con los de norteamérica y los de la parte meridional del continente. La posición tan anterior de la raíz del proceso coronoideo (rasgo único entre los miembros de la subfamilia), la gran altura de la rama horizontal mandibular —a la que seguramente se asocia la acentuada euhipsodondia de los dientes—, la ausencia de diastema entre m1 y m2, la posible no-caninización de m1, las secciones subrectangulares de m2 y m3 (característica observable sobre todo en los Nothrotheriinos más recientes y en los representantes de la subfamilia Megatheriinae), conforman un mosaico de caracteres plesiomorfos y derivados que inducen a creer que *H. magdaleniensis* hace parte de una línea filética independiente, sin ancestros ni descendientes conocidos por el momento. En efecto, las tendencias evolutivas esbozadas para los Nothrotheriinos sudamericanos por **Ameghino** (1907) y **Kraglievich** (1925, 1925 a), y resumidas por **Scillato-Yané et al.** (1987), indican que al interior de la subfamilia, desde el Mioceno Medio (Santacrucense) hasta el Pleistoceno se produjo: a) un incremento progresivo en la talla, b) la reducción en la fórmula dentaria, pasando de 5/4 a 4/3, como consecuencia de la disminución en las dimensiones del primer diente hasta su desaparición en las formas pleistocénicas (*Nothrotherium* y *Nothrotheriopsis*), c) la "rectangularización" de las secciones de los molariformes, inicialmente subelípticas, d) la acentuación de la euhipsodondia y e) el alargamiento progresivo de la región sinfisaria.

**Scillato-Yané et al** (Op. Cit.: 214) llaman la atención sobre el hecho de que Nothrotheriinae y Megatheriinae comparten las tendencias evolutivas correspondientes a los literales a), c) y d); en el caso de *H. magdaleniensis* los tres aspectos se encuentran muy acentuados en comparación con el resto de Nothrotheriinos miocénicos. Eventualmente, este hecho podría conducir a pensar en la atribución de la especie mencionada a la subfamilia Megatheriinae, lo cual debe, sin embargo, descartarse por la indiscutible semejanza del conjunto de sus caracteres morfoanatómicos y dentarios con los Nothrotheriinié; además, una mandíbula bien preservada, aún no estudiada, de un Megatheriino procedente del yacimiento de La Venta y depositada en las colecciones paleontológicas del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, muestra que en el Laventense los Megatheriinos poseían ya características propias de los representantes de edades posteriores, y que, por tanto, podían diferenciarse claramente de los Nothrotheriinos coetáneos.

En conjunto, desde el punto de vista temporal la presencia de *Hapalops* y *Eucholoeops* en la Fauna de La Venta resulta sólo parcialmente novedosa, ya que el primero de los géneros ha sido reportado desde el Santacrucesense (Mioceno Medio Temprano) hasta el Chasiquense (Mioceno Superior) en Argentina. En cambio, *Eucholoeops* sólo se ha registrado en el Santacrucesense. A este respecto, algunos autores (**Flynn & Swisher**, 1995; **Madden et al.**, 1997) piensan en la posibilidad de una correlación temporal entre los yacimientos de Quebrada Honda y La Venta, propuesta que no concuerda, como lo señalan **Flynn & Swisher** (1995), con las características de los respectivos componentes faunísticos. En realidad, la Fauna de Quebrada Honda se conoce muy parcialmente (sólo han sido descritos con detalle unos pocos taxones), lo que, obviamente, dificulta cualquier biocorrelación.

Biogeográficamente, la presencia de los dos géneros mencionados en el "desierto" de La Tatacoa extiende las correspondientes distribuciones geográficas de manera considerable, toda vez que *Eucholoeops* había sido citado únicamente para Argentina, y que *Hapalops*, además de este último país había sido encontrado en el yacimiento de Quebrada Honda (Mioceno Medio), al sur de Bolivia.

## Referencias bibliográficas

- Ameghino, F.** 1907. Notas sobre una pequeña colección de huesos de mamíferos procedentes de las grutas calcáreas de Iporanga en el Estado de Sao Paulo-Brazil. *Rev. Mus. Paulista*. 7:59-124
- Fields, R., W.** 1959. Geology of the La Venta badlands, Colombia, South America. *Univ. California Publ., Geol. Scienc.* 32(6):405-444
- Flynn, J. J., Guerrero, J. & Swisher, C. C.** 1997. Geochronology of the Honda Group. In **Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L. & Flynn, J. J.** (edit.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press. P. 44-59
- Flynn, J. J. & Swisher, C. C.** 1995. Cenozoic South American land mammal ages: correlation to global geochronologies. In **Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M.-P. & Hardenbol, J.** (edit.). *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM Special Publ. No. 54, pp. 317-323
- Frailey, C. D.** 1988. The Miocene vertebrates of Quebrada Honda, Bolivia. Part II. Edentata. *Mus. Nat. Hist., Univ. of Kansas, Occasional Papers*. 123:1-13
- Guerrero, J.** 1997. Stratigraphy, sedimentary environments, and the Miocene uplift of the Colombian Andes. In **Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L. & Flynn, J. J.** (edit.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press. P. 15-43
- Hirschfeld, S. E.** 1985. Ground sloths from the Friasian La Venta fauna, with additions to the pre-Friasian Coyaima fauna of Colombia, South America. *Univ. California Publ., Geol. Scienc.* 128:1-91
- Hirschfeld, S. E. & Marshall, L. G.** 1976. Revised faunal list of the La Venta Fauna (Friasian-Miocene) of Colombia, South America. *Journ. Paleont.* 50(3):433-436
- Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L. & Flynn, J. J.** (edit.). 1997. *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press. P. 1-592.
- Kraglievich, L.** 1925. Un nuevo eslabón en la serie filogenética de la subfamilia Nothrotheriinae: *Senetia mirabilis*, nuevo género y especie de la formación entrerriana. *Anal. Mus. Nac. Hist. Natur. B. Rivadavia*. 33:177-193
- Kraglievich, L.** 1925 a. Cuatro nuevos gravigrados de la fauna araucana "Chapadmalense". *Anal. Mus. Nac. Hist. Natur. B. Rivadavia*. 33:215-235
- Madden, R. H., Guerrero, J., Kay, R. F., Flynn, J. J., Swisher, C. C. & Walton, A. H.** 1997. The Laventan Stage and Age. In **Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L. & Flynn, J. J.** (edit.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press. P. 499-519
- Marshall, L. G., Hoffstetter, R. & Pascual, R.** 1983. Mammals and stratigraphy: geochronology of the continental mammal-bearing Tertiary of South America. *Palaeovertebrata, Mém. Extr.* P. 1-93
- McDonald, H. G.** 1997. Xenarthrans: Pilosan. In **Kay, R. F., Madden, R. H., Cifelli, R. L. & Flynn, J. J.** (edit.). *Vertebrate Paleontology in the Neotropics. The Miocene Fauna of La Venta, Colombia*. Smithsonian Institution Press. P. 233-245
- Monés, A.** 1982. An equivocal nomenclature: What means Hypsodonty?. *Palaont. Z.*, 56:107-111
- Perea, D.** 1988. Dos Nothrotheriinae (Tardigrada, Megatheriidae) del Mioceno de Uruguay. *Ameghiniana*. 25(4):381-388



- Scillato-Yané, G. J., Carlini, A. A. & Vizcaino, S. F.** 1987. Nuevo Nothrotheriinae (Edentata, Tardigrada) de edad Chasiyuense (Mioceno Tardío) del sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Ameghiniana*. **24**(3-4):211-215
- Scott, W. B.** 1903-1904. Mammalia of the Santa Cruz Beds. Vol. 5, Paleontology. Pts. 1-3, Edentata. Reports Princeton Univ. Expeditions to Patagonia, 1896-1899. Stuttgart: Princeton Univ., E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nagele). P. 1-364
- Stirton, R. A.** 1953. Vertebrate paleontology and continental stratigraphy in Colombia. *Bull. Geol. Soc. Amer.* **64**:603-622
- Villaruel, C., Setoguchi, T., Brieva, J. & Macía, C.** 1996. Geology of the La Tatacoa "Desert" (Huila, Colombia): Precisions on the stratigraphy of the Honda Group, the evolution of the "Patá High" and the presence of the La Venta Fauna. *Mem. Faculty of Scienc., Kyoto Univ., Ser. Geol. & Mineral.* **58**(1-2):41-66

# DINÁMICA POBLACIONAL Y PESQUERÍA DE LA LISA, *MUGIL INCILIS*, EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

por

Claudia Sánchez Ramírez<sup>1</sup>, Mario Rueda<sup>1</sup> y Adriana Santos-Martínez<sup>2</sup>

## Resumen

**Sánchez, C., M. Rueda & A. Santos-Martínez:** Dinámica poblacional y pesquería de la lisa, *Mugil incilis*, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22**(85): 507-517. 1998. ISSN 0370-3908.

Debido a la importancia comercial de la lisa *Mugil incilis* en la pesquería artesanal de la Ciénaga Grande de Santa Marta se realizó este trabajo, el cual a partir de información de estadísticas y prospecciones pesqueras, analiza aspectos reproductivos, crecimiento, mortalidad, patrón de reclutamiento, rendimiento por recluta y biomasa. Se estableció que este recurso está sobreexplotado en la zona y que es necesario tomar medidas de manejo como la disminución del esfuerzo pesquero y aumento de la talla media de captura que permitan garantizar un aprovechamiento sostenible de la pesquería.

**Palabras claves:** *Mugil incilis*, Lagunas costeras, Dinámica de poblaciones, Pesca artesanal.

## Abstract

This paper was made due the commercial importance of the lisa *Mugil incilis* in the artisanal fishery of the Ciénaga Grande de Santa Marta. Using statistical information and fishing prospections, aspects such as reproductivity, growth, mortality, recruitment pattern, yield per recruit, and biomass are analyzed. It was established that this resource is overexploited in the area and that it is necessary to take management measures such as fishing effort reduction and increase in the minimum size capturable in order to assure a sustainable fishery exploitation.

**Key words:** *Mugil incilis*, Coastal lagoons, Population dynamics, Artisanal fishery.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta, Colombia. Dirección actual: CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, A.P. 73 Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, México. E-mail: [csanchez@kin.cieamer.conacyt.mx](mailto:csanchez@kin.cieamer.conacyt.mx) – [mrueda@kin.cieamer.conacyt.mx](mailto:mrueda@kin.cieamer.conacyt.mx)

<sup>2</sup> Instituto de Estudios Caribeños, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 968, San Andrés, Colombia

## Introducción

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es la laguna costera más extensa de Colombia (450 km<sup>2</sup>) ubicada a los 10°43' - 11°00'N y 74°15' - 35'O en la costa Caribe (Figura 1). Se caracteriza por su gran dinámica en cuanto al intercambio de materia y energía con el mar y las zonas continentales, además de poseer una gran productividad reflejada en la riqueza de sus recursos pesqueros que aprovisionan el mercado local y nacional. La CGSM se encuentra en una zona árida en donde las lluvias no superan los 1000 mm (IGAC, 1973), con un régimen de precipitación bimodal caracterizado por un periodo seco mayor (diciembre a abril) y una época lluviosa mayor (septiembre a noviembre); estas épocas están separadas por dos periodos de transición (lluvioso menor mayo a junio, y seco menor julio a agosto) (Bula-Meyer, 1989). Los promedios anuales de profundidad y temperatura del agua son 1.5 m y 30°C respectivamente, en tanto el rango de salinidad se encuentra entre 9 y 33. Una completa descripción del área de estudio se encuentra en Botero y Mancera (1996).

La pesca es de tipo artesanal y dependen de ella directamente 20000 personas (Viloria y Santos-Martínez, datos inéditos). La producción pesquera se basa en unas diez especies ícticas (*Eugerres plumieri*, *Mugil incilis*, *Cathorops spixii*, *Ariopsis bonillai*, *Micropogonias furnieri*, *Tarpon atlanticus*, *Elops saurus*, *Diapterus rhombeus*, *Bairdiella ronchus* y *Centropomus ensiferus*) de las 130 registradas para la CGSM (Santos-Martínez y Acero, 1991); en moluscos como la ostra (*Crassostrea rhizophorae*) y el caracol (*Melongena melongena*) y crustáceos como camarones (*Penaeus* spp.) y jaibas (*Callinectes* spp.). La especie *Mugil incilis* Hancock 1830, se distribuye desde el Mar Caribe y América central hasta el sureste del Brasil (Cervigón, 1993). Se encuentra en zonas estuarinas de aguas salobres, ocasionalmente en aguas marinas e hipersalinas, pero no en áreas insulares oceánicas (Cervigón et al., 1992).

En la CGSM *M. incilis* es la principal especie comercial por su abundancia y biomasa, representando aproximadamente el 47% de las capturas comerciales de los últimos años (SIPEIN, datos inéditos). Debido a su importancia como recurso pesquero ha sido objeto de varios estudios sobre sus aspectos biológicos, ecológicos y pesqueros (Perdomo, 1973; Blanco, 1980; Osorio, 1985; Santos-Martínez, 1989; Sánchez, 1997). El alto grado de deterioro ambiental que presenta la CGSM sumado a la carencia de manejo de la actividad pesquera, ha ocasionado un aparente descenso de este recurso en

las capturas comerciales. Como consecuencia, se plantea este trabajo el cual analiza algunos aspectos de la reproducción, así como la estimación de los parámetros de crecimiento y mortalidad, el reclutamiento, el rendimiento por recluta y la biomasa de *M. incilis*.

## Materiales y métodos

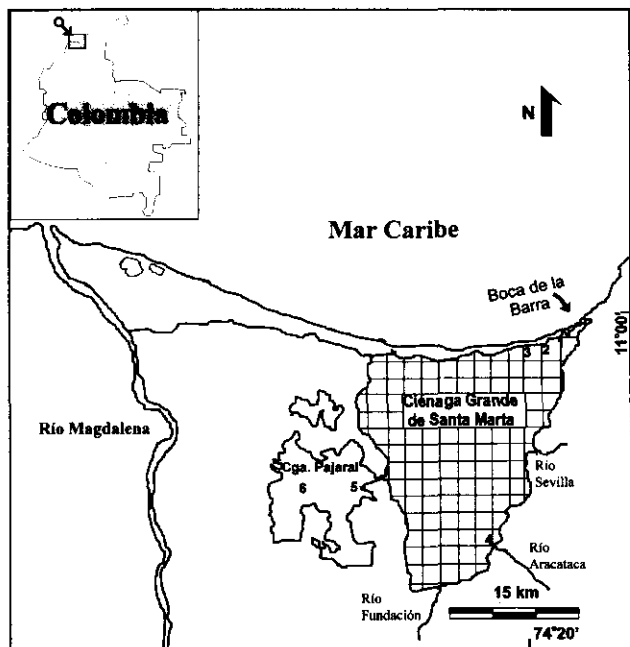
### Trabajo de campo

La información presentada en este trabajo proviene de dos muestreos: a) Estadísticas pesqueras y b) Prospecciones pesqueras, ambas actividades desarrolladas en el marco del Proyecto Evaluación de los Principales Recursos Pesqueros de la Ciénaga Grande de Santa Marta, realizado entre 1993 y 1996. La actividad a) consistió en un muestreo diario de la captura y el esfuerzo estratificado por zona (Figura 1), usando un tamaño muestral óptimo. Este estudio sólo toma en cuenta la información correspondiente a las frecuencias de longitud de las capturas comerciales de *M. incilis* para el periodo comprendido entre noviembre de 1994 y diciembre de 1995.

La actividad b) hace referencia a cuatro muestreos de prospección pesquera realizados en noviembre/93, marzo/94, junio/94 y agosto/94 respectivamente. En cada muestreo se aplicó el método de área barrida empleando el boliche (Rueda et al, 1997) en 115 estaciones (de 4 km<sup>2</sup> cada una, Figura 1) ubicadas en el área de estudio por medio de un geoposicionador GPS-NAV 5000D. En cada estación se hizo un lance, usando para cubrir el total de estaciones ocho boliches movilizados en canoas con motor fuera de borda; cada boliche encierra un área promedio igual a 0.005 km<sup>2</sup> dentro de la estación. El total de peces capturados por lance fue almacenado en bolsas plásticas para su posterior análisis en laboratorio, al mismo tiempo en cada muestreo se tomó la salinidad y temperatura superficial del agua. Para propósitos de este estudio se analiza la información relacionada con la abundancia relativa y aspectos biológicos de *M. incilis*.

### Reproducción

La variación de la proporción de los diferentes estados de madurez a lo largo del tiempo fue usada para identificar de manera general el comportamiento reproductivo de *M. incilis*. De los 793 individuos capturados en los muestreos de prospección pesquera, se realizó un submuestreo biológico de 136 peces procurando abarcar el rango de tallas obtenido. A cada individuo se le tomó la longitud total (al medio centímetro inferior), el peso total y por medio de observación macroscópica del material gonadal, se determinó el sexo y el estado de madurez usando la



**Figura 1.** Área de estudio Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Los números indican la ubicación de las zonas donde se tomaron las estadísticas pesqueras: 1. Isla del Rosario, 2. Palmira, 3. Tasajera, 4. Bocas de Aracataca, 5. Buenavista, 6. Nueva Venecia. El área cuadriculada corresponde a las 115 estaciones de los muestreos de prospección pesquera.

escala de Holden y Raitt (1975) modificada por Santos-Martínez (1989) la cual consta de cinco estados (I= Juveniles, II= Inmaduros, III= Madurando, IV= Maduros y V= Desovados). Igualmente los individuos maduros y desovados encontrados fueron tomados en cuenta para determinar la talla media de madurez sexual graficando la frecuencia acumulada relativa de las tallas.

### Crecimiento

De las estadísticas pesqueras (actividad a) se obtuvo información de frecuencias de longitud de un total de 12'033.901 individuos de *M. incilis* capturados entre noviembre de 1994 y octubre de 1995, usando diferentes artes de pesca. Las frecuencias de longitud fueron agrupadas mensualmente en intervalos de 2 cm (Tabla 1). Los parámetros de crecimiento fueron estimados empleando el paquete computacional FiSAT (Herramientas para la Evaluación de Stocks de FAO-ICLARM) (Gayanilo et al., 1993). El crecimiento se ajustó al descrito por la función estacionalizada de von Bertalanffy (VBGF), la cual expresa la talla en función de la edad (Sparre y Venema, 1995):

$$L_{(t)} = L_{\infty} \left( 1 - \exp(-k * (t - t_0)) - (ck / 2\pi) * \sin(2\pi * (t - ts)) \right) \quad (1)$$

donde  $L(t)$  es la longitud a la edad  $t$ ,  $L_{\infty}$  es la longitud asintótica,  $k$  es la constante de crecimiento,  $t_0$  es la edad hipotética a la longitud cero,  $c$  es el parámetro de amplitud de la oscilación del crecimiento y  $ts$  es la parte del año en que la tasa de crecimiento es máxima. Usando la rutina ELEFAN I (Pauly, 1987) se ajustó la curva de crecimiento a los datos de frecuencia de longitud reestructurados considerando oscilaciones estacionales a partir de combinaciones de  $L_{\infty}$  y  $k$ . El valor de  $t_0$  se estimó con el inverso de la VBGF:

$$t_0 = t + \frac{1}{k} \ln \left( 1 - \frac{L_t}{L_{\infty}} \right) \quad (2)$$

usando un promedio de longitud de 5 cm alcanzado en 2 meses según las observaciones hechas por Blanco (1980). El índice de desempeño del crecimiento ( $\phi'$ ) de Pauly y Munro (1984), utilizado como el mejor medio para comparar curvas de crecimiento de una especie, se estimó a partir de la ecuación:

$$\phi' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty} \quad (3)$$

### Mortalidad

Los parámetros de mortalidad fueron estimados usando la rutina de mortalidad del paquete computacional FiSAT a partir de las frecuencias de longitud de las capturas comerciales (actividad a) obtenidas entre enero y diciembre de 1995. La tasa de mortalidad total ( $Z$ ) fue estimada utilizando dos métodos alternativos: la curva de captura linealizada convertida a tallas (Pauly, 1984):

$$\ln \left( \frac{N_i}{\Delta t_i} \right) = a + b * t'_i \quad (4)$$

donde  $N_i$  es el número de individuos capturados pertenecientes a la clase de longitud  $i$ ;  $t'_i$  es la edad relativa de la clase de longitud  $i$  y  $Dt_i$  es el tiempo medio requerido por individuo para su crecimiento a través de la clase  $i$ ; y la ecuación de Beverton y Holt (1957)

$$Z = k * \left( \frac{L_{\infty} - \bar{L}}{\bar{L} - L'} \right) \quad (5)$$

**Tabla 1.** Datos de frecuencia de longitud de *Mugil incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, usados para la estimación de parámetros de crecimiento. Capturas comerciales entre noviembre de 1994 y octubre de 1995.

Clase de talla	Nov/94	Dic/94	Enc/95	Feb/95	Mar/95	Abr/95	May/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Oct/95
5		193										
7		4732										
9		3379								2390		
11		193										
13									9093			
15	34566	3156	147		33678			4463	45757	443	9110	
17	218918	178834	6591	3969	176285	47794		8309	60931	11490	24348	70578
19	189694	293077	66891	59363	175038	103613	80173	14812	50943	74809	66912	177478
21	163788	323943	71162	158492	179497	130092	79846	16384	49819	96074	165723	270548
23	342468	270225	86286	122547	109319	121801	63452	8626	72344	116298	230518	379798
25	432178	173966	84292	137780	185155	93544	60466	7255	66193	137730	330529	515131
27	350165	59465	72060	191335	124662	40195	55714	7944	46170	96229	282636	405857
29	53604	58872	36649	119137	64439	26269	7755	1178	28866	45348	185306	428310
31	4176	52150	17429	38123	11018	1500	7206	1586	11581	41009	121498	333042
33	1034	25420	1565	10218			515	363	2719	13717	24383	165923
35		10079	2150							13891	25510	90802
37			2687							217	2494	7294
39			1612							108		768

donde  $k$  y  $L_8$  son parámetros de la VBGF,  $\bar{L}$  es la talla media de los peces de longitud  $L'$  y más grandes en tanto  $L'$  es alguna talla en la que todos los peces de ese tamaño y más grandes están sometidos a plena explotación.

La tasa de mortalidad natural ( $M$ ), se estimó usando la ecuación empírica de Pauly (1984):

$$\log_{10} M = 0.0066 - 0.279 * \log_{10} L_8 + 0.6543 * \log_{10} k + 0.4634 * \log_{10} T \quad (6)$$

donde  $L_8$  y  $k$  son parámetros de la VBGF y  $T$  es la temperatura media anual del agua (30 °C para este estudio).

La mortalidad por pesca  $F$  (año-1) fue calculada por la Eq. 7, y la tasa de explotación

$E$  (año-1) fue calculada por la Eq. 8:

$$F = Z - M \quad (7)$$

$$E = F / Z \quad (8)$$

La talla media de captura fue estimada a partir de la curva de selección realizada con base en el lado izquierdo de la curva de captura linealizada convertida a tallas y en el estimado de  $M$ .

#### Patrón de reclutamiento

El patrón de reclutamiento fue obtenido por medio del paquete computacional FiSAT, a partir de la proyección de los datos de frecuencia de longitud hacia atrás en el eje temporal usando los parámetros de crecimiento.

#### Rendimiento por recluta ( $R'/R$ ) y biomasa por recluta ( $B'/R$ )

La predicción de los futuros rendimientos y niveles de biomasa del stock de *M. incilis* se hizo empleando el paquete computacional FiSAT. Se aplicó el modelo de rendimiento relativo y biomasa por recluta de Beverton y Holt (1957) usando la ojiva logística de selección. Además se determinó una estrategia de manejo buscando un punto óptimo del rendimiento de la pesquería, probando distintas combinaciones de  $E$  (medida del esfuerzo) y  $L_{50}$  (función de la selectividad) en las isopletras de rendimiento.

#### Biomasa

En cada muestreo de prospección pesquera (actividad  $b$ ) los individuos capturados de *M. incilis* se organizaron por estación y fueron contados, medidos (cm) y pesados (g). La captura en peso y número por unidad de área fue usada para estimar la biomasa instantánea en peso y el tamaño de la población en número de esta especie en la CGSM a partir de la Eq. (9) de área barrida (Sparre y Venema, 1995):

$$B = \left( \frac{A}{X1} \right) * \bar{C}a \quad (9)$$

donde:  $B$  es la biomasa en peso ó número,  $A$  el área total de estudio,  $X1$  la proporción de peces retenida por la red y  $\bar{C}a$  la captura promedio por unidad de área (en peso o número). Las estimaciones de biomasa obtenidas corresponden al stock pescable con boliche. La varianza fue estimada por la Eq. (10):

$$\text{VAR}(B) = \left[ \frac{a}{X1} \right]^2 * \frac{1}{n} * \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n [Ca_i - \bar{C}a]^2 \quad (10)$$

La estimación de biomasa mediante el método de área barrida requiere de la estimación de la proporción de peces retenida por la red ( $X1$ ). Esta varía entre 0 y 1 (Sparre y Venema, 1995) y depende de la reacción de los peces frente a la red durante el lance, además del efecto selectivo del tamaño de la malla del boliche. En el caso de redes de arrastre el valor de  $X1$  usado es 0.5, lo cual puede ser real (Pauly, 1979). No hay estimados de  $X1$  para boliche, sin embargo se podría asumir un valor de  $X1$  de 0.25 considerando que la reacción de los peces fuera del área barrida es motivada por el calado de la red y por el ruido causado por el motor durante el lance. El efecto selectivo en la retención del boliche para la especie *M. incilis* en la CGSM fue estimado experimentalmente en 0.16 (+/- 0.11) (Rueda et al., 1997). Combinando ambos factores que afectan  $X1$ , se usó un valor de 0.04 para la estimación de la biomasa de *M. incilis*.

#### Resultados y discusión

##### Reproducción

De los 136 individuos observados, el 69 % fueron hembras, el 25 % machos y un 6 % juveniles, siendo gran parte de la captura anual conformada por individuos

inmaduros. Durante la época lluviosa (noviembre), las descargas de los ríos traen consigo detritus que son la principal fuente de alimento de esta especie (Blanco, 1980, Osorio, 1985). Individuos de *M. incilis* se alimentan e inician su migración reproductiva saliendo al mar desde finales de octubre hasta finales de diciembre y regresando a la Ciénaga ya desovados a partir de enero hasta el mes de marzo donde se mantienen, desarrollan y protegen contra predadores hasta el nuevo suceso reproductivo al final de año. Este ciclo, descrito por Blanco (1980) explica la presencia de individuos maduros y desovados únicamente en el mes de noviembre de 1993 (Figuras 2A y 2B).

En la Figura 2C se muestran los cambios estacionales en la salinidad y la temperatura en los periodos muestreados. La salinidad varió de 15.6 en noviembre /93 (época lluviosa) a 30.9 en marzo y agosto /94 (época seca), de acuerdo a la acción de los ríos que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta y el Río Magdalena. Por el contrario la temperatura permaneció más o menos constante, oscilando entre 31.5 °C y 32.5 °C. Esta especie se encuentra en zonas con amplio rango de salinidad y temperatura (Cervigón, 1993), por lo que su permanencia, distribución y condición física no están restringidas a los cambios ambientales de la Ciénaga sino a la calidad y disponibilidad de alimento, las cuales si están fuertemente ligadas a estos cambios ambientales (Blanco, 1980). En conclusión, la CGSM es fundamental en el ciclo de vida de esta especie, ya que allí se le proporciona alimento y protección a los juveniles y adultos mientras están preparados para comenzar su período de reproducción en el mar el cual es unianual.

### Crecimiento

Los valores estimados de  $L_8$ ,  $k$  y  $t_0$  fueron 43 cm, 1 año<sup>-1</sup> y 0.042 años respectivamente. La Figura 3 muestra la curva de crecimiento superpuesta en los datos de frecuencia de longitud reestructurados de la Tabla 1. Una leve oscilación del crecimiento fue detectada ( $c = 0.2$ ), sin embargo, no se observó la parte del año en que el crecimiento fue máximo.

El valor de  $\phi'$  se estimó en 3.27. Algunos datos de crecimiento para las especies *M. incilis* y *M. curema* (especie cercana) en el área de distribución del recurso son suministrados en la Tabla 2. Se destaca el mejor desempeño del crecimiento mostrado por *M. incilis* en este estudio (mayor valor de  $\phi'$ ) en relación con especies de Cuba, México e incluso la CGSM en años anteriores. Aunque el estimado de  $L_8$  de este estudio (43 cm) es menor al dado por Perdomo (1973) en la CGSM (58.6 cm), y mayor a los registros de longitud máxima de Cervigón et al., (1992) y Cervigón (1993) (40 cm), éstas variaciones no afectan el desempeño del crecimiento debido a la correlación existente entre  $k$  y  $L_8$ . (Sparre y Venema, 1995). El rápido crecimiento puede estar relacionado con la alta productividad primaria de la CGSM calculada en 1690 g C m<sup>-3</sup> año<sup>-1</sup> (Hernández y Gocke, 1990) y la actual presión de pesca ejercida. Esta condición y los hábitos alimentarios, hacen de *M. incilis* una especie favorable para el cultivo en cautiverio (Blanco, 1980; Osorio, 1985).

**Tabla 2.** Parámetros de crecimiento de *Mugil incilis* y *Mugil curema* estimados en la Ciénaga Grande de Santa Marta y otros países.

Especie	$L_8$ (cm)	$k$ (año <sup>-1</sup> )	$\phi'$	País	Autor
<i>Mugil curema</i>	39.7	0.68	3.03	Cuba (Sureste)	Valle y García-Arteaga, en prensa
<i>M. curema</i>	53.2	0.10	2.45	Cuba (Noroeste)	Valle y García-Arteaga, en prensa
<i>M. curema</i>	34.5	0.11	2.23	México	Warburton, 1979
<i>M. incilis</i>	58.6	0.25	2.93	Colombia (CGSM)	Perdomo, 1973
<i>M. incilis</i>	40.0	1.00	3.27	Colombia (CGSM)	Este estudio

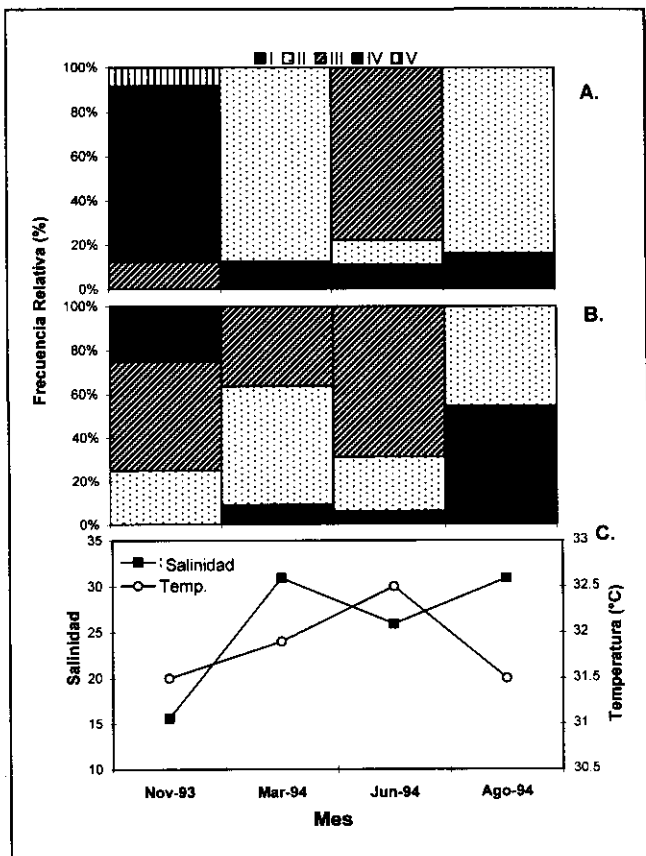


Figura 2. Proporción de estados de madurez sexual para hembras (A) y machos (B) de *M. incilis* durante cuatro muestreos de prospección pesquera en la CGSM entre noviembre de 1993 y agosto de 1994. Variación temporal de la salinidad y temperatura del agua (C). Mayores explicaciones en el texto.

### Mortalidad

Los estimados de la tasa de mortalidad total obtenidos por los dos métodos usados fueron  $Z = 5.78 \text{ año}^{-1}$  (pendiente de la regresión entre los puntos de la fase explotada en la curva de captura, Figura 4) y  $Z = 4.87 \text{ año}^{-1}$ , así fue tomado para este estudio un valor promedio de  $Z = 5.3 \text{ año}^{-1}$ . La tasa de mortalidad natural se estimó en  $M = 1.67$ , por tanto la mortalidad por pesca fue  $F = 3.66$  y la tasa de explotación  $E = 0.71$ . Tomando en cuenta que una aproximación para conocer el estado de explotación del stock es saber que el rendimiento óptimo se alcanza cuando  $F = M$ , o sea que la fracción de muertes causadas por la pesca sea  $E = 0.5$  (Gulland, 1971); se tiene que *M. incilis* estaría sobreexplotada.

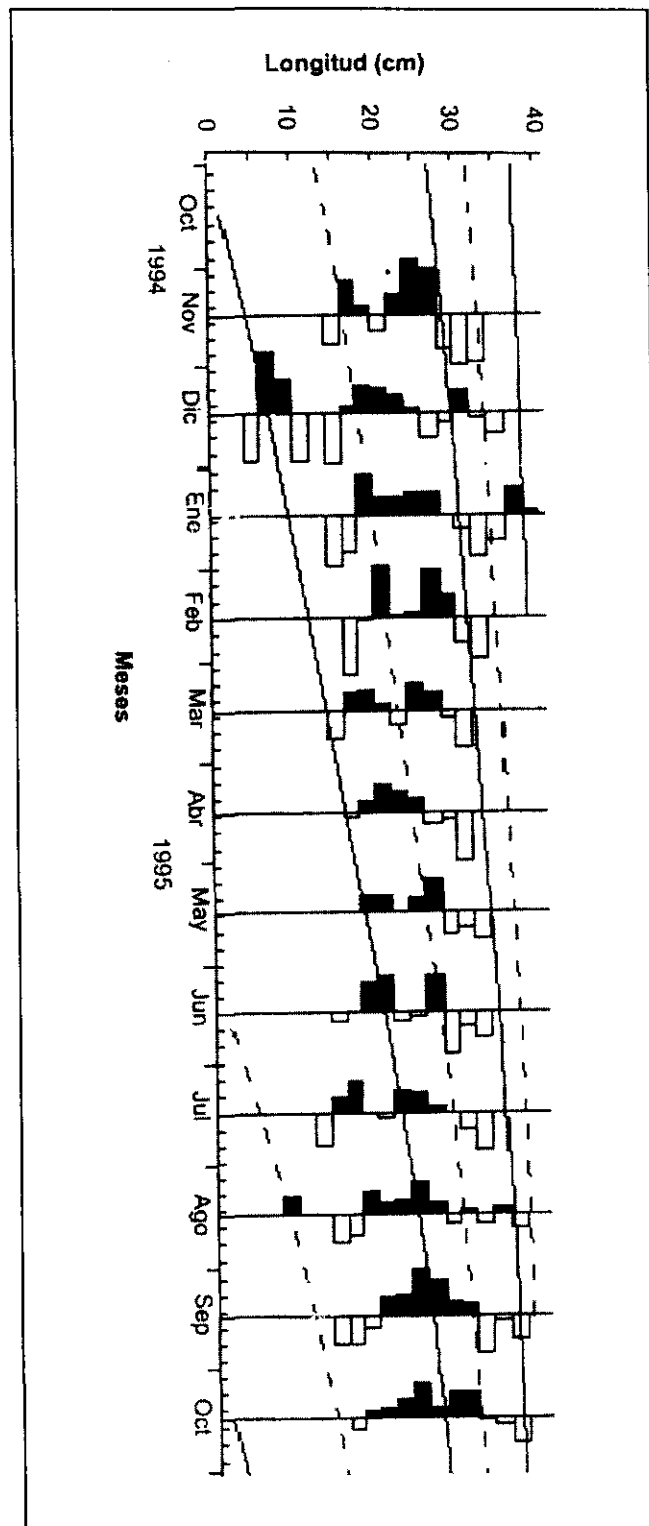


Figura 3. Curva de crecimiento estimada por la rutina ELEFAN I sobrepuesta a los datos de frecuencia de longitud reestructurados de la especie *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, noviembre de 1994 a octubre de 1995.



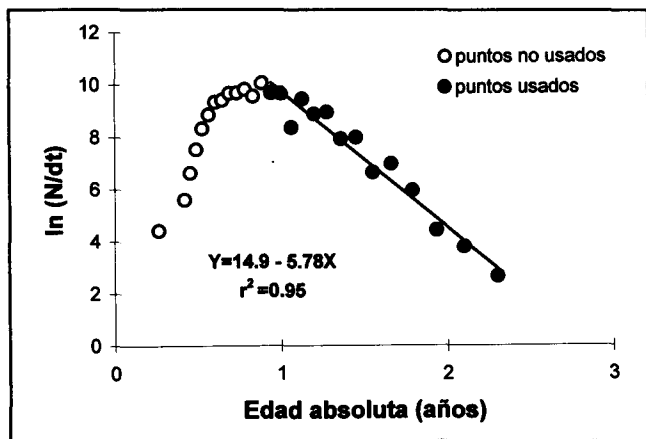


Figura 4. Curva de captura de *M. incilis* de la Ciénaga Grande de Santa Marta, enero de 1995 a diciembre de 1995.

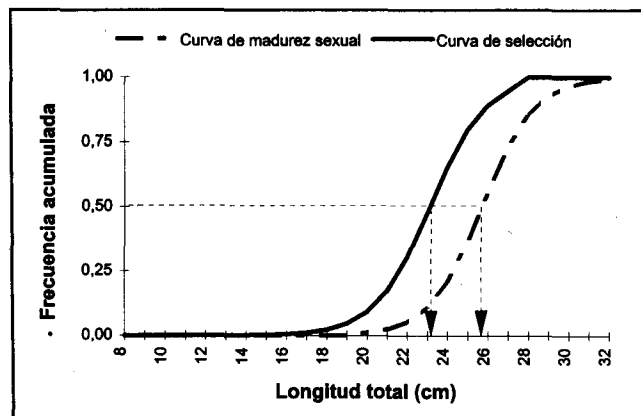


Figura 5. Curvas sobrepuestas de madurez sexual y de selección para *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta.  $L_{mad} = 25.7$  cm y  $L_{50} = 23.1$ .

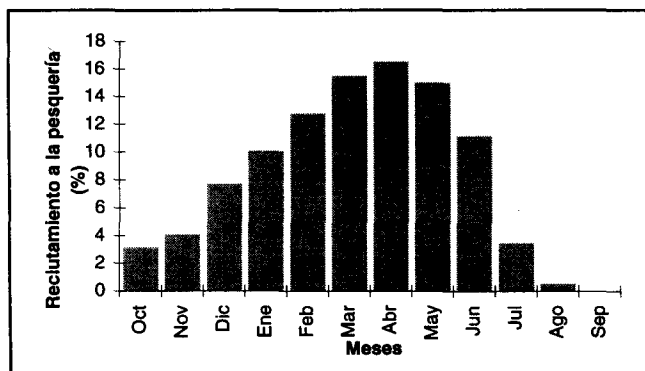


Figura 6. Patrón de reclutamiento de *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

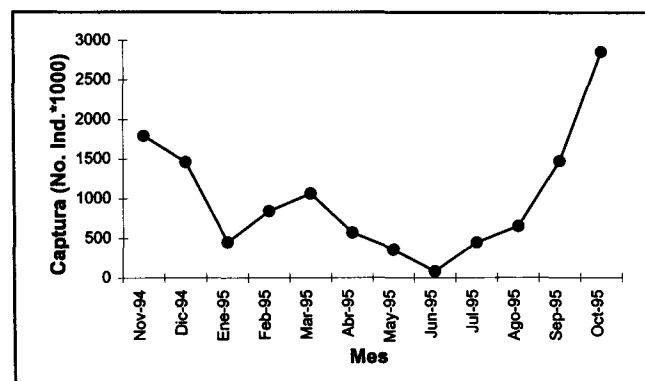


Figura 7. Variación mensual de las capturas comerciales de *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, noviembre de 1994 a octubre de 1995.

La Figura 5 sobrepone las curvas de selección y madurez sexual, lo cual permite determinar la proporción de tallas de la población capturadas por la pesquería. Se observa que *M. incilis* está siendo reclutada a la pesca desde una longitud de 14 cm, su talla media de captura ( $L_{50}$ ) es 23.1 cm, en tanto la talla media de madurez actual es de 25.7 cm. Lo anterior implica que se esté afectando la renovación natural del stock y que posiblemente se esté sobrepescando por crecimiento y reclutamiento al no dejar crecer a los peces e impedir que al menos el 50 % de la población alcance a desovar por primera vez.

#### Patrón de reclutamiento

Puesto que juveniles de *M. incilis* entran a la CGSM entre enero y marzo provenientes del mar, se encontró que de marzo a mayo ocurre el pulso estacional de reclutamiento (Fig. 6) guardando así relación con la migración reproductiva. Dado el rápido crecimiento de esta especie durante esta etapa de su vida, cinco meses después los individuos alcanzan la talla de primera captura, 14 cm en octubre, aportando a las altas capturas comerciales registradas (Fig. 7). Condiciones favorables que garantizan buenos reclutamientos se alcanzan en la

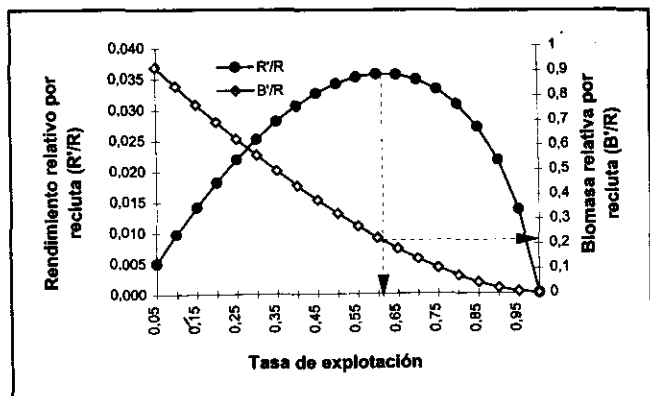


Figura 8. Rendimiento y biomasa relativos por recluta para *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, usando la curva logística de selección.

medida que las áreas de borde de manglar sean conservadas, ya que éstas proporcionan las zonas de refugio y alimentación para la especie en etapa juvenil.

#### Rendimiento por recluta ( $R'/R$ ) y biomasa por recluta ( $B'/R$ )

La Figura 8 muestra los resultados de los análisis de  $R'/R$  y  $B'/R$  realizados para *M. incilis* en la CGSM. Se

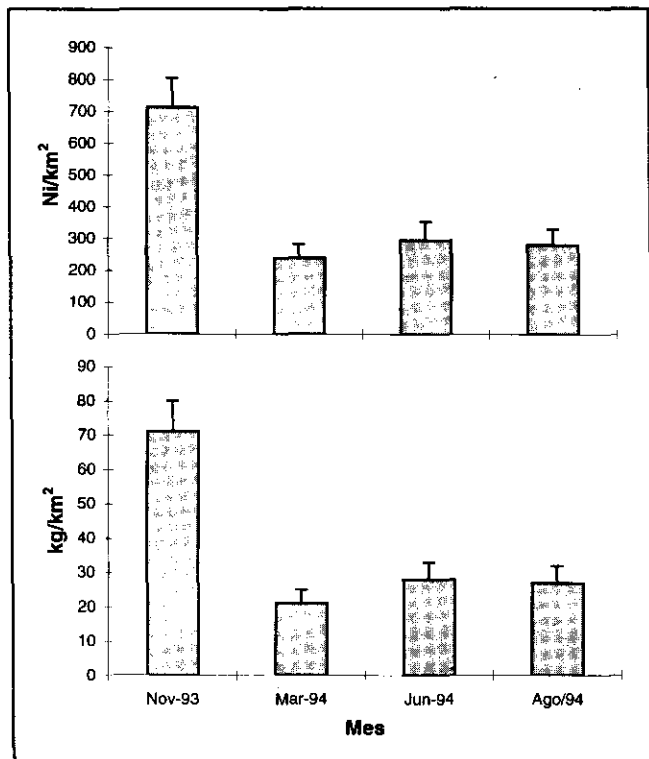
determinó que la tasa de explotación óptima ( $E_{max}$ ) que permite alcanzar el máximo rendimiento de la pesquería fue 0.61, la cual al compararse con la tasa de explotación actual ( $E = 0.71$ ) está por debajo; en consecuencia esta especie se encuentra sobreexplotada en términos de  $R'/R$  y  $B'/R$ . No obstante basar una estrategia de manejo del recurso en situarse en el punto  $E_{max}$  es bastante riesgoso, pues un aumento del esfuerzo de pesca provocaría la disminución brusca del rendimiento (Figura 8), en consecuencia se recomienda tomar un punto intermedio equivalente a un décimo de la pendiente de la curva de rendimiento al origen ( $E_{0.1} = 0.55$ ) lo cual es una medida precautoria o adversa al riesgo. Para alcanzar este punto se hace necesario disminuir el esfuerzo de pesca en un 20% ( $F = 2.9 \text{ año}^{-1}$ ) y aumentar  $L_{50}$  a 26 cm. De esta manera la especie podría tener un excedente de biomasa cercano al 30% que garantiza la producción del stock y genere mayores ingresos económicos al pescador.

#### Biomasa

Un total de 793 individuos de *M. incilis* fueron capturados en las diferentes prospecciones pesqueras así: en nov/93 = 357, mar/94 = 118, jun/94 = 102 y ago/94 = 146. En las Figuras 9A y 9B se muestra la variación de la captura promedio por unidad de área en peso y número de cada prospección. Estos valores estuvieron comprendidos entre  $71 \text{ kg/km}^2$  (713 individuos) en la época lluviosa

Tabla 3. Estimaciones de biomasa instantánea y tamaño de la población en número de *Mugil incilis* con su variabilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta, realizadas por el método de área barrida en prospecciones pesqueras entre noviembre de 1993 y agosto de 1994.

	Nov/93	Mar/94	Jun/94	Ago/94
Biomasa (t)	799	236	315	304
- Varianza	10631	1625	3618	2727
- Intervalo de confianza	19	7	11	10
Población en número ( $\times 10^3$ )	8021.2	2688.8	3330.0	3161.2
- Varianza	$1.05 \times 10^{12}$	$2.42 \times 10^{11}$	$4.19 \times 10^{11}$	$3.17 \times 10^{11}$
- Intervalo de confianza	193211	90720	119396	104815



**Figura 9.** Captura promedio por unidad de área de *M. incilis* en la Ciénaga Grande de Santa Marta obtenida en los cuatro muestreos de prospección pesquera realizados entre noviembre de 1993 y agosto de 1994. Captura en número de individuos (A) y en peso (B). Las barras indican error estándar.

mayor y 21 kg/km<sup>2</sup> (239 individuos) en época seca mayor. El patrón anual de biomasa muestra un fuerte descenso de nov/93 hacia el resto del año, lo cual podría explicarse por el desplazamiento de la especie hacia los canales que comunican la CGSM con el Río Magdalena, en busca de alimento luego del periodo de reproducción (Blanco, 1980). Este patrón concuerda con el comportamiento de las capturas comerciales (Figura 7), aunque esta información corresponde al año siguiente (nov/94-oct/95).

La Tabla 3 presenta los valores estimados de biomasa instantánea del stock pescable con boliche de *M. incilis* en la CGSM. La alta variabilidad encontrada es inherente a la abundancia y naturaleza del recurso. No existen en la literatura estimaciones de biomasa para esta especie en la CGSM, por tanto aunque puntuales los datos obtenidos en este estudio, proporcionan una idea de la magnitud del recurso y de su variación temporal, que aún sustenta la actividad pesquera comercial en este sistema lagunar.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (COLCIENCIAS) y al Proyecto Colombo-Alemán de Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta (PRO-CIENAGA), por el apoyo financiero y logístico suministrado para la realización del presente trabajo. Igualmente agradecemos al Dr. Jaime Mendo por la asesoría suministrada en el diseño muestral y el análisis de la información, a el Ing. Pesquero Efraín Viloría por sus comentarios y sugerencias y especialmente al señor Lorenzo Pérez y familia, pescadores nativos de la CGSM por su invaluable desempeño en las actividades de campo.

## Bibliografía

- Beverton, R.S.H. y S.J. Holt.** 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Ser., 2(19):1-533.
- Blanco, J.A.** 1980. Algunos aspectos ecológicos y biológico-pesqueros de la lisa *Mugil incilis* Hancock 1830, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. (Pisces: Mugilidae). Tesis Biol. Univ. Nal. Col. Bogotá. 60 p.
- Botero, L. y J.E. Mancera.** 1996. Síntesis de los cambios de origen antrópico ocurridos en los últimos 40 años en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 20(78): 465-474.
- Bula-Meyer, G.** 1989. Altas temperaturas estacionales del agua como condición disturbadora de las macroalgas del Parque Nacional Tayrona, Caribe colombiano: Una hipótesis. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betón. 19-20:9-21.
- Cervigón, F.** 1993. Los peces marinos de Venezuela. Segunda edición. Fundación Científica Los Roques. Caracas. Volumen II. 499 p.
- **R. Cipriani, W. Fischer, L. Garibaldi, M. Hendrickx, A.J. Lemus, R. Márquez, J.M. Poutiers, G. Robaina, y B. Rodríguez.** 1992. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Roma, FAO, 513 p.
- Gayanilo, F.C., P. Sparre y D. Pauly.** 1993. The FISAT User's Guide. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools. FAO Comput. Inf. Ser. Fish. 99, Roma.
- Gulland, J.A.** 1971. Fish Resources of the Ocean. Fishing News Books, London, 255pp.
- Hernández, C.A. y K. Gocke.** 1990. Productividad primaria en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Invest. Mar. Punta Betón. 19-20:101-119.

- Holden, M.J. y D.F.S. Raitt.** 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte II: Métodos para investigar los recursos pesqueros y su aplicación. Roma, FAO. Doc. Tec. de Pesca, 115:1-211.
- IGAC.** 1973. Monografía del Departamento del Magdalena. Inst. Geogr. Agustín Codazzi, Bogotá. 162p.
- Osorio, D.** 1985. Ecología trófica de *Mugil curema*, *M. incilis* y *M. liza* (Pisces: Mugilidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis Biol. Univ. Nal. Col. Bogotá. 108 p.
- Pauly, D.** 1979. Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. Ber. Inst. Meereskde, Kiel, 63:1-156.
- \_\_\_\_\_. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use for programmable calculators. ICLARM stud. Rev., 8: 325pp.
- \_\_\_\_\_. 1987. A review of the ELEFAN System for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. p 7-34. Pauly and G.R. Morgan (eds), Length-based methods in fisheries research ICLARM Conf. Proc. 13, 468 p.
- \_\_\_\_\_ & **J.L. Munro.** 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte, 2(1): 21.
- Perdomo, J. M.** 1973. Contribución al estudio biológico pesquero de la lisa *Mugil incilis* Hancock. Tesis Lic. Cienc. Mar. Fund. Univ. Bog. Jorge Tadeo Lozano. 93 p.
- Rueda, M., J.E. Mancera y J. Mendo.** 1997. Estimación del factor de retención de la red bolichera empleada en la pesquería de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 21(81):487-495.
- Sánchez, C.** 1997. Variación espacial y temporal de la ictiofauna de Ciénaga Grande de Santa Marta, Complejo Pajarales y ciénagas del costado occidental de la Isla de Salamanca, Caribe colombiano. Tesis Biol. Univ. Nal. Col. Santafé de Bogotá. 173 p.
- Santos-Martínez, A.** 1989. Estudio biológico y ecológico de la ictiofauna de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis M. Sc. Univ. Nal. Col. Bogotá, 178pp.
- \_\_\_\_\_ & **A. Acero.** 1991. Fish community of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): Composition and zoogeography. Ichthyol. Explor. Freshwaters, 2(3): 247 - 263.
- Sparre, P. y S.C. Venema.** 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros Tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. Valparaiso, Chile, 306(1): 420pp.
- Valle, S. V. y J.P. García.** (en prensa). Growth parameters of marine fishes in Cuban waters. In: Fish Base, Base de datos de peces del mundo. FAO - ICLARM.
- Warburton, K.** 1979. Growth and productions of some important species of fish in a Mexican coastal lagoon system. J. Fish Biol. 14: 449-464

# MOTIFS AS ELEMENTS IN PROTEIN STRUCTURE AND FUNCTION: A PROPOSAL

by

Carlos Corredor\*

## Resumen

**Corredor, C.:** Motifs as elements in protein structure and function: A proposal. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22** (85): 519-526. 1998. ISSN 0370-3908.

En este artículo pretendemos mostrar que los motivos en las proteínas se comportan como unidades individuales cargadas colocadas en forma muy precisa en un espacio acuoso de tal manera que para cualquier sistema proteína - agua de solvatación exista un máximo de atracciones y un mínimo de repulsiones entre los motivos que constituyen la proteína. Cualquier región en la superficie de una proteína formada por las porciones hidrofílicas de diferentes motivos genera un campo electromagnético no homogéneo que fija moléculas de agua. Un sustrato es cualquier molécula que genera un campo electromagnético complementario a la región activa de la proteína. La interacción entre una proteína y su sustrato se puede concebir como la neutralización de dos campos electromagnéticos que al reaccionar producen un nuevo sistema con una energía interna mayor que la de la proteína o de su sustrato. Al tratar de encontrar un nuevo mínimo de energía interna y, por consiguiente, un sistema estable tiene que ocurrir un cambio conformacional que simplemente implica una reacomodación de los motivos para obtener un máximo de atracciones y un mínimo de repulsiones entre motivos. Es este cambio conformacional lo que causa la actividad de las proteínas.

**Palabras claves:** Proteínas, estructura, función.

## Summary

In this article we propose that protein motifs behave as single charged entities precisely located in a water space in such a fashion that for a whole protein – solvating water system, there is a maximum of attractions and a minimum of repulsions between the motifs making up the protein. Any region of the surface of a protein made up of hydrophylic portions of different motifs generates an uneven electromagnetic field which fixes water molecules to it. A substrate

\* Miembro de Número, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Dirección actual: Decanato, Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana, Bogotá. E-mail: ccorredo@javercol.javeriana.edu.co

\* Current Address: Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

is a molecule that generates a complementary field to the active region of the protein. Protein – substrate interaction can be thought of as two electromagnetic fields neutralizing each other upon reaction to make a new system with a larger internal energy than either that of the protein or that of the substrate. In order to find a new minimum internal energy and therefore a stable system, there must be a conformational change which simply means that the motifs will rearrange in such a way that a new condition of maximum attractions and minimum repulsions is obtained. It is this conformational change that causes known protein actions.

**Key words:** Proteins, structure, function.

Secondary structure has long been accepted to be due mainly to two features of the primary or back-bone structure: a) the tetrahedral angles around the  $\alpha$ -carbon of the aminoacids which will change the direction of the axis of the chain in a precise fashion and b) the hydrogen bonds that are established between a carbonyl oxygen of a given peptide bond and a conveniently placed amino group of another peptide bond, thus located because of a). In this manner, two types of structures are possible:  $\alpha$  chains and beta pleated sheets. It could be argued that once a given type of secondary structure starts to form it could theoretically encompass the whole of a protein. This, however, has not been found in nature. Even the first protein whose tertiary structure was elucidated, myoglobin, which is made up of  $\alpha$  helices, is not a *single*  $\alpha$ -helix.

With the elucidation of more and more tertiary structures of proteins, it is now apparent that most native proteins are made up of successive  $\alpha$  helices,  $\beta$ -strands or mixtures of  $\alpha$ -helices and  $\beta$ -strands in a precisely determined sequence and three dimensional structure called motifs. It has also been recognized that motifs can group in larger structures, domains, having an organization, and some times a function, of their own.

There are now several recognized motifs and we now know how they are located in several proteins. In fact, in this paper we will argue that the actual building blocks from which functional proteins are made up are motifs, rather than aminoacids, even though the motifs are themselves made up of aminoacids.

The proposal that motifs are the basic building blocks is more than just a refinement of our knowledge of protein structure. We will argue that this notion can actually explain protein function in a rather simple and elegant way.

Let us consider the simplest of motifs: an  $\alpha$ -helix and a  $\beta$ -strand in a water milieu. Established knowledge allows us to predict that both the helix and the strand will maintain their structure in water at temperatures between

just above  $0^{\circ}\text{C}$  and less than  $60^{\circ}\text{C}$ , that is, at temperatures normally compatible with life. This means that, even though any hydrogen bond between a given carbonyl oxygen in a peptide bond and the amino nitrogen of another one breaks and reforms at a given rate at any given temperature, no new bonds will be established after each breaking instance with different peptide oxygens or nitrogens or with water in this temperature range. Therefore, aminoacids linked in an  $\alpha$ -helix or a  $\beta$ -strand will behave as a single structure, with little or no individual aminoacid mobility away from the secondary structure's axis, apart from limited rotation of the aminoacid residues and stretching of interatomic bonds.

Let us now remember a second concept: neither the  $\alpha$ -helix nor the  $\beta$ -strand are simple successions of peptide bonds. In fact, the  $\alpha$ -carbon that connects them is linked to a so-called aminoacid residue. And any one of the 20 residues which make up normal proteins occupy a given space determined by the van der Waals radii of the atoms that conform it, space that must project from the axis of the secondary structure.

A rapid inspection of space filling models of different amino acid residues shows that, even though generally speaking, the space which most of them occupy is roughly similar, each amino acid surface is different from that of other amino acids. Furthermore, there are a few which are quite bulky, while others have long hydrocarbon chains. If we now inspect a space filling model of a peptide, we can ascertain that its surface will be determined by the outermost atoms of the amino acid residues which make it up and will, for the most part, hide the backbone.

The van der Waals radii of atoms indicate the ground state outer orbits of the outermost electrons, i.e. the limits between individual atoms which can not be occupied by any other atom at normal temperatures. This limit can only be overcome when cooling a substance to a fraction of a degree above  $0^{\circ}\text{K}$  to give us a Bose-Einstein plasma, which, of course, is not the case with real life proteins. The van der Waals radii, then, allow us to construct a model of the topological surface of a peptide.

However, it is well known that both basic and acid amino acids carry charges in water soluble proteins at physiological pH's. This means that for a better approach to the understanding of protein interactions, two more elements must be taken into account: a) the protein's solvent and b) the electro magnetic field radiating from the topological surface of the atoms. For this discussion, we will only consider water as a solvent, but similar arguments can be used *mutis mutandi* when lipid is the solvent.

Let us now give our attention to the electromagnetic field radiating from the topological surface of the peptide. We are accustomed to think only of whole negative or positive charges such as the ones in acid or basic amino acids. However, it is well accepted that bonds between atoms of different electronegativity such as OH, SH, NH, CO are permanently polarized and carry a fractional negative charge,  $d^-$ , on the more electronegative atom and fractional positive charge,  $d^+$ , on the other one. This polarization will also generate an electromagnetic field, albeit smaller than the one originating in whole charges, which will also radiate from the topological surface of the peptide.

Quantum mechanical considerations will lead us to suppose that in any given bond between two atoms with a similar electronegativity the greatest probability of finding the binding electrons is at the center of the axis between the two atoms. However, there is a small, but finite, probability that the binding electrons may in a given instant be closer to one than to the other atom, thus producing a transient polarization. These covalent bond polarizations will, on the whole, cancel each other out, unless two chains are so close together that these very minute electromagnetic fields can actually interact and produce attractions. This is what happens in the case of hydrocarbons with chains above 6 carbon atoms which are liquid and, if long enough, solid at room temperature.

With these considerations in mind, we can then argue that, superimposed above the topological surface of any given peptide, there is an electromagnetic field generated by unit charges from the acid or basic amino acids, by the fractional charges due to polar amino acids and by the fractional, reversible, minute charges due to bond polarizations occurring near the surface. Such an electromagnetic field can be visualized as a map of contour force lines.

In order to draw such a map we must consider what force would a test charge moving parallel to the protein surface feel. According to Coulomb's law, the force be-

tween unit charges is directly proportional to the product of the charges and inversely proportional to the square of the distance. In the case of polar bonds the force is inversely proportional to the cube of the distances and in the case of reversible dipoles (London forces), it is inversely proportional to the fourth or even the fifth power of the distance. In figure 1 we show how forces felt by a test charge would decline with the distance from the protein surface, that is, from the van der Waals radii of its outermost atoms. For calculations we arbitrarily assumed charges to be 1 electron equivalent charge units (e.e.c.u.) for unit charges, 0.3 e.e.c.u. for polar bonds and 0.1 e.e.c.u. for reversible dipoles.

As can be observed, at a given distance only unit charges exert a significant force. However, as the distance decreases, the force due to dipoles and even that due to reversible dipoles become significant. What this means in terms of the protein surface considered is that there are attractive or repulsive forces of different magnitudes on that surface which will be able to affect any near-by molecules in different forms depending on the distance between the interacting surfaces.

The closest molecules to any given protein will, of course, be the solvent molecules. As initially indicated, we will only consider water molecules in this discussion. Water is a dipole with  $d^+$  and  $d^-$  fractional charges on both hydrogens and paired unshared electrons respectively. This means that water molecules will solvate both the unit charges of acid and basic amino acids and the OH or SH dipoles of polar ones. On the other hand, the force between water molecules is stronger than the one that could be exerted by the reversible dipoles of neutral amino acids. This means that water will not "wet" the non polar surfaces, and in fact, will tend to actually confine them closer to the peptide backbone.

We must now remember that the different types of amino acids are not evenly distributed along the primary chain. This means that, in any given motif, there is a preponderance of polar and charged amino acids on the surface closer to the water solvent which will be solvated, while most of the non polar ones will be located on the other surface which will interact preferentially with a similar surface of another motif. In this manner the protein tends to adopt a close packed tertiary structure with a hydrophobic core and a water solvated surface.

Now we must recall that the protein surface is actually made up of the amino acids which are in contact with the solvent, independently of the position a given amino acid occupies in the peptide chain sequence. This

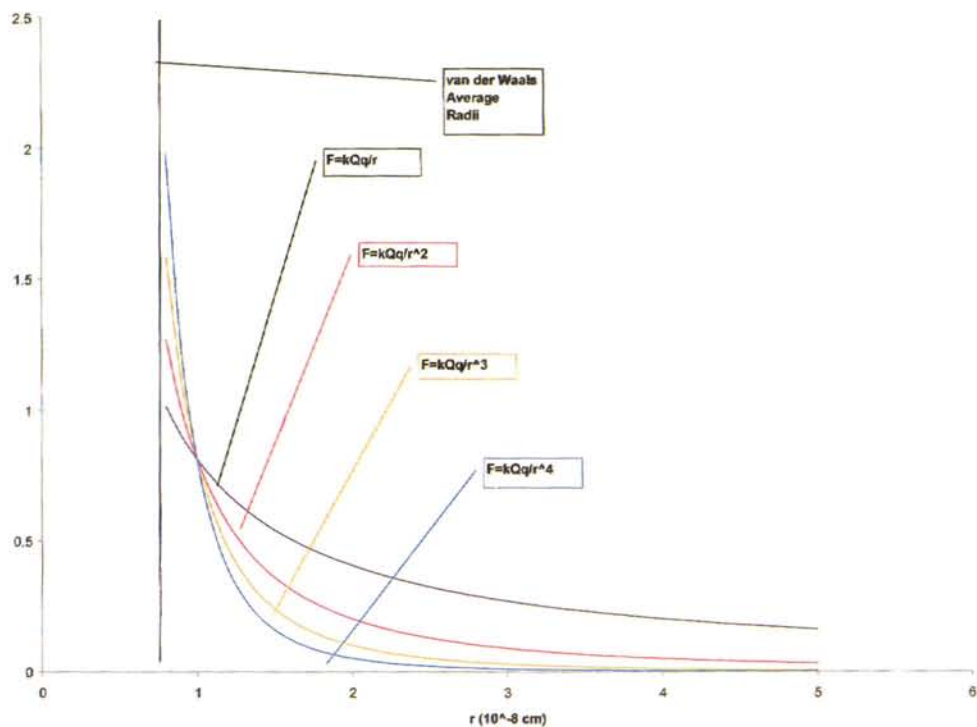


Figure 1. The force in electron-volts felt by a test charge at any distance,  $r$ , from a given point at the protein surface was calculated by the appropriate equation where  $k$  = electrostatic constant;  $Q$  and  $q$  = charge in electron charge equivalents and distance, Å.

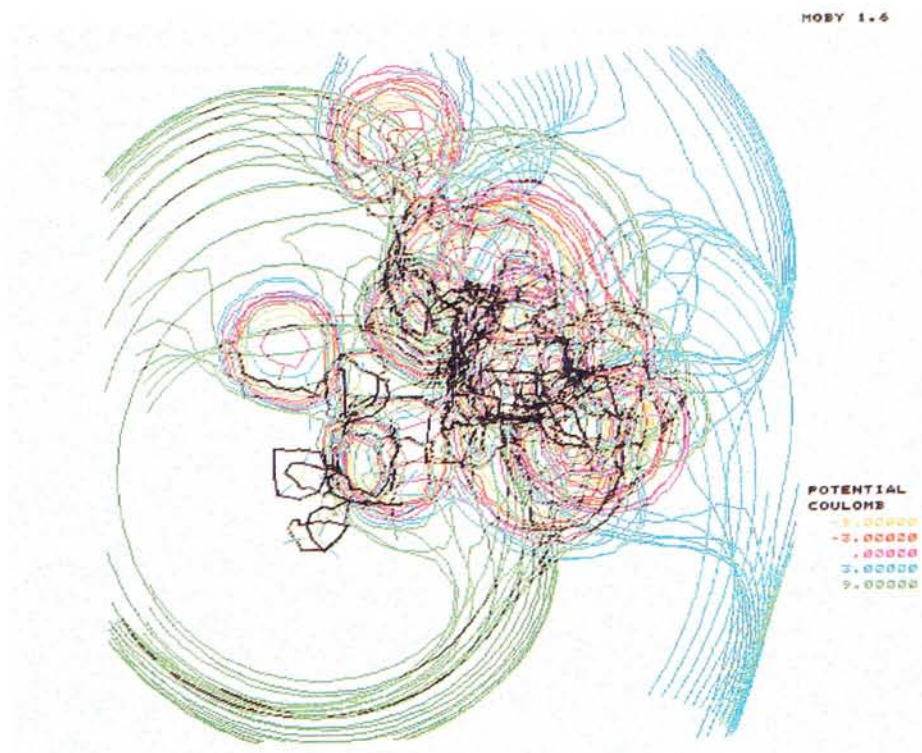


Figure 2. Isopotential map of the force field generated by the peptide GVPINVSCT in water solution using MOBY graphics program with AMBER potentials.



has two implications: 1) that amino acids which are adjacent on the surface may be quite apart in the backbone sequence and 2) that a change in protein conformation may result in a change of the amino acids occupying any given region of the surface. The latter also means that a new surface electromagnetic field will be generated at those sites at the surface where changes have occurred. We must emphasize that if, as we propose, the protein building blocks are motifs, the amino acids which will appear at or disappear from the surface pursuant to a conformational change will depend on the way motifs will rearrange themselves as a new internal energy minimum is sought. This conception also means that it is possible that any given chain of motifs might have more than one energy minimum and, therefore, spontaneously adopt more than one conformation.

Due to the nature of the water dipole, the orientation of the axis of the water molecules will change depending on whether it is interacting with a positive or a negative charge or a given fractional charge on the amino acid residues. This actually means that there is an uneven layer of fixed water that, due to the orientation of its molecules, grossly reproduces the electromagnetic field generated by the surface amino acids some distance into the body of undisturbed water.

We can now consider a functional protein made up of individual motifs connected by small unstructured amino acid chains that can be thought of as connecting pins. Let us further think of each motif as a rigid structure made up of a lot of minute magnets of different strengths attached around the axis of the motif. It can then be easily imagined that the motifs will try to accommodate in such a manner that most opposite pole magnets in different motifs will face each other. Let us change this rather naive picture for one in which instead of minute magnets we have a fairly rigid motif structure on whose surface there are whole or fractional charges of different strengths, each generating a radiating field. Again, it can be argued that motifs will so arrange themselves in space, that the system **protein-adsorbed water** will adopt a particular and unique conformation in which the alignment of positive in front of negative whole or fractional charges will be such that attractions will be maximized while same sign charges will tend to be as far apart as possible and therefore, the repulsive forces will be minimized.

We could, then, write that the internal energy of the system will be minimal when the summatory of all attractive forces is larger than the summatory of all repulsive forces.

$$E_{\min} = \frac{\sum \text{attractive forces}_{aa-aa+aa-water}}{\sum \text{repulsive forces}_{aa-aa+aa-water}} \gg \gg$$

where aa-aa and aa-water indicate aminoacid-aminoacid and aminoacid-water interactions.

Let us now consider the interaction between a protein and its natural substrate. Koshland argued that in the case of enzymes, the substrate and the active site fit each other like a lock and key, and that there must be at least three points of contact to account for differential union with estereoisomers. This concept has been extended to the proposal that rather than a lock and key fit, the interaction is more like that of a hand and glove, thus introducing the idea of fit between corresponding topological surfaces rather than between individual charge points.

We would now like to further extend the concept by suggesting that the interaction -and fit - occurs between complementary electromagnetic fields which are generated by the atoms at the topological surfaces of the protein and of its substrate. In this fashion, the interaction will not be limited to a few correctly placed aminoacids, but rather to a whole patch of electromagnetic attractive forces on a specific area of the surfaces of both the protein and the molecule, large or small, with which it will interact.

To better visualize this concept, let us consider a small arbitrary peptide. The electric field generated by the aminoacids can be calculated as shown in the appendix. We can then draw lines joining points of equal electric force to give us a map such as the one depicted in Fig 2. For all practical purposes, the force at any one point in any line drawn would be what a test charge located at that point away from the peptide would feel. As can be appreciated, rather than peaks of single charges, what we now have is a field of varying intensity over the whole surface of the peptide.

Let us now locate an appropriate motif with its own electromagnetic field near the depicted peptide and observe the manner in which the two fields interact. If the electromagnetic contours fit, that is if, for each positive field in one surface, there is a negative one on the other one and viceversa, the two surfaces will attract one another and the two molecules will get close enough at those surfaces, and only at those particular electromagnetically complementary surfaces. Of course, the fit can range from absolute to rather loose, and this will be reflected in different affinity constants of the reactants, from very large for the former to rather small for the latter.

Let us now consider a water system in which only those two types of molecules are present. We can argue that thermal motion will cause collisions between molecules and that if the collision occurs in such a fashion that it will involve the electromagnetically complementary surfaces, it will be a productive collision and the two molecules will now form a binary system whose behaviour we will explore below. On the other hand, if there is no electromagnetic complementarity between the fields above the reactant surfaces, there will be an elastic collision between the two and they will move apart.

If a binary system protein-substrate is formed, then we can expect neutralization of the interacting electromagnetic fields. Such neutralization will alter the internal energy balance in both the protein and the substrate. This will necessarily determine that a new minimal energy state will have to be achieved. To do so, the different motifs making up the protein will have to rearrange themselves in a new way and in so doing they will drag with them the substrate. We will then have a binary system in which the conformation of the parts will have suffered modification. Such modification will then explain the particular protein activity: catalysis, transport, recognition, movement, etc.

To explore this concept further, let us think of a protein in a physiological solution with its substrate at a given distance. Let us now assume that in their random thermal motion they approach each other. As they get closer, the larger charges on both protein and substrate orient and modify the direction of the approach. As the molecules get closer together, the electromagnetic fields due to the dipoles acquire importance and there is a rectification of the direction of approach until both complementary electromagnetic fields are aligned and the two molecules are joined by the neutralization of the complementary fields.

However, previous to actual interaction, intervening water molecules must get out of the way. This might occur if, at the same time when the complementary electromagnetic fields of protein and substrate begin to neutralize each other, the attraction of the protein surfaces for the water molecules diminishes, thus allowing them to incorporate themselves in the water structure and out of the way of the approaching interacting molecules. During the approach, both the protein and the substrate interacting surfaces maintain their relative topologies for a time, but as they get closer together there is an induced displacement of the fields that allows for a better fit between both surfaces

One important consequence of this conception is that it does not matter what amino acids make up the given motifs participating at the protein joining surface as long as the electromagnetic field they exert as a whole is approximately the same in all cases, thus conserving for the most part its complementarity with the appropriate substrate. For this to hold, it is of paramount importance that the internal energy of the system remains approximately constant when there are amino acid substitutions at any given point. Otherwise, a new energy minimum will be sought through a conformational change and the protein will exhibit a different or no activity.

Amino acid substitutions that do not alter significantly the internal energy of the protein or the surface electromagnetic field would account for what are known as mute mutations in which the affinity constant of the protein for the substrate will change slightly, but the reaction is otherwise unaffected.

The consideration of the protein-substrate interaction as the neutralization of two complementary electromagnetic fields can also explain why some proteins are rather unespecific in their interaction with certain related substrates. Such is the case with hexokinases which, even though they have a higher affinity for a given hexose, can actually ligate and catalyze the phosphorylation of most hexoses whose dipoles are similar but their location in space is different giving a similar electromagnetic field but with varying intensities as the dipoles change their disposition in space.

An interesting example of the meaning of this proposal can be seen in the way that neutrophils phagocytose different invading microorganisms but do not attack self cells. It can be assumed that neutrophils cannot have the possibility to recognize any eventual invader. However, we can also assume that they have receptors for an "activated" antibody, that is, one that has been attached to an antigenic determinant in, for instance, the surface of an invading bacteria. In this manner, the neutrophil will recognize and join a single electromagnetic field located in all "activated" antibodies and will recognize and phagocytose it - and anything attached to it - only when the antibody has been activated.

Let us illustrate this phenomenon by considering a bacterial infection by a non-encapsulated organism. No matter the strain of invading bacteria, there will be a particular clone of antibodies which will recognize the electromagnetic field generated by one or more of the bacterial surface antigenic determinants. The site of recognition of the antigenic determinant is the variable region

of the immunoglobulin which is composed of portions of both the light and heavy chains. This region generates an electromagnetic field which is exquisitely complementary to that of the antigenic determinant so that it will interact with it neutralizing the whole site of contact. As explained above, this will cause a change in the internal energy of the system which will now seek a minimum level through a change in conformation, that is, in the relations between individual motifs making up the antibody molecule. This change in conformation will result in bringing up to the surface a region previously buried in the Fc fragment, that is in the constant region of the immunoglobulin. This region, in turn, will generate a unique electromagnetic field which is complementary to a receptor site in the surface of the neutrophile. When these two fields interact neutralizing each other, the system will seek a new energy minimum through a conformational change that will result in pulling of the surface receptor protein of the neutrophile from the inside to form a phagosome, drawing with it the bacteria attached to the antibody bound to the surface receptor site.

If one proposes that all Fc fragments in any given class of antibodies are the same, any antibody-antigenic determinant electromagnetic fields neutralization will result in the same conformational change at the Fc part thus allowing neutrophiles to phagocyte any type of for-

eign body, as long as there is an antibody against it. Similar considerations can be made for hormone-receptor, transporter-transportee, enzyme-substrate or any other kind of interaction between a protein and its substrate leading to a particular action.

In conclusion, we propose that motifs are the individual secondary structure elements which behave as single charged entities precisely located in a water space in such a fashion that for the whole protein – solvating water system there is a maximum of attractions and a minimum of repulsions. Any region of the surface of the protein generates an electromagnetic field which fix water molecules to it and extends through them the field into the body of surrounding water. A substrate is a molecule that generates a complementary field to the active region of the protein. Protein – substrate interaction can then be thought of as two electromagnetic fields neutralizing each other upon reaction to make a new system with a larger internal energy than either that of the protein or that of the substrate. In order to find a new minimum internal energy and therefore a stable system, there must be a conformational change which simply means that the motifs will rearrange in such a way that a new condition of maximum attractions and minimum repulsions is obtained. It is this conformational change which causes any protein effect when in contact with its substrate.

## APPENDIX

*Leonardo Lareo\**

In order to calculate the electromagnetic contours of a motif as described in the present article it is to be noted that the complete mathematical description of a molecule includes relativistic quantum mechanics considerations. However, there is not a quantum mechanical theory for this particular purpose. Therefore, we will start with a non relativistic description of Schrödinger equation:

$$H\Psi(R,r) = E\Psi(R,r)$$

where  $H$  is the system hamiltonian and  $\Psi$  is the wave function which depends on the nucleus ( $R$ ) and electrons ( $r$ ) coordinates. This equation is far too complex for practical use, so one must make a series of approximations. The Born-Oppenheimer approximation, first proposed in

1927, separates the electrons movement from that of the nucleus through two independent equations. The first one describes the movement of the electron:

$$H\Psi(R;r) = E\Psi(R;r)$$

which depends only parametrically on the nucleus position.

This equation defines  $E(R)$  as a function of the nucleus coordinates. This energy is usually referred to as *surface potential energy*. The second equation describing the nucleus movement above the aforementioned potential energy,  $E(R)$ , is

$$H\Phi(R) = E\Phi(R)$$

This is the fundamental equation of quantum dynamics, but since the nuclei are relatively heavy objects, the quantum mechanical effects are quite small and the equation can be replaced by Newton's classical mechanics equation.

$$dV/dR = md^2R/dt^2$$

Solutions to this equations comprise what is now referred to as molecular dynamics.

Potential  $V$  is an expression of the surface energy potential and is called *force field* which can be empirically described. The coordinates of the actual atoms in a

molecule combined with the force field are an expression of the molecule's energy.

Energy values and graphs of the equipotential surface of a protein can be calculated from different models for the force field. Differences between different models are due to the number of factors taken into account. However, generally speaking, they consider energies due to oscillation of bond angles, bond length, dihedral angle oscillations, hydrogen bonds, van der Waals interactions, electrostatic coulombic interactions, etc. In this article we used the AMBER model of force field and the graph was made under MOBY.

# BUSQUEDA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS A PARTIR DE ORGANISMOS MARINOS DEL CARIBE COLOMBIANO

por

Carmenza Duque Beltrán\*

## Resumen

**Duque Beltrán, C.:** Búsqueda de compuestos bioactivos a partir de organismos marinos del caribe colombiano. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **22(85):** 527-537. 1998. ISSN 0370-3908.

Se presenta un breve resumen de los resultados de investigación mas significativos obtenidos por el autor y su grupo entre 1982 y 1998. De extractos orgánicos de organismos marinos recolectados en el Caribe Colombiano, tales como esponjas, estrellas, ofiuros y corales blandos, se lograron aislar e identificar por métodos cromatográficos, espectroscópicos y químicos cerca de 160 compuestos químicos, 21 de ellos nuevos en la naturaleza. De estos compuestos, los furanosesterterpenos (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina, (8E, 13Z, 18R, 20Z)-strobilina, (7E, 12E, 18R, 20Z)-felixinina, (8Z, 13Z, 18R, 20Z)-strobilina y (7Z, 12Z, 18R, 20Z)-felixinina presentaron excelente actividad analgésica, antimicrobiana, citotóxica y antitumoral. Adicionalmente el nuevo sesquiterpeno (+)-curcufenol presentó importante acción antimicrobiana, citotóxica y relajante muscular. Paralelamente a los estudios anteriores también se presentan aquí los primeros resultados de nuestras recientes investigaciones en ecología química marina.

**Palabras claves :** Productos naturales marinos, Bioactividad, Biodiversidad, Metabolitos marinos, Metabolitos bioactivos, Ecología química.

## Abstract

A brief summary of the most significant results obtained by the author and her research group during the period 1982-1998 is here presented. One hundred and sixty metabolites (21 being novel compounds) have been isolated and indentified by chromatographic, spectroscopic and chemical means, from bioactive organic extracts in marine organisms (sponges, sea stars,

\* Profesora Titular, Jefe del grupo de investigación de Productos Naturales Marinos del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, AA 14490, Santafé de Bogotá, Colombia. Fax : 571-3165220. Email : cduqueb@ciencias.ciencias.unal.edu.co

ophiuroids, soft corals) collected from the Caribbean coast of Colombia. Among them, the furanosesterterpene tetrone acids (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilin, (8E, 13Z, 18R, 20Z)-strobilin, (7E, 12E, 18R, 20Z)-felixinin, (8Z, 13Z, 18R, 20Z)-strobilin y (7Z, 12Z, 18R, 20Z)-felixinin, showed significant analgesic, antimicrobial, cytotoxic and antitumor activity. Furthermore, the new sesquiterpene (+)-curcuphenol exhibits important antimicrobial, cytotoxic and muscle relaxant activity. On the other side, our recent results on marine chemical ecology are also presented.

**Key words :** Marine natural products, Bioactivity, Biodiversity, Marine metabolites, Bioactive metabolites, Chemical ecology.

## Introducción

Aunque el mar y su biomasa es uno de los recursos naturales mas abundantes que tiene el planeta tierra, cubre aproximadamente el 70% de su superficie, su explotación se ha limitado casi exclusivamente a la pesca de especies animales y de algunas vegetales para consumo directo en alimentación. Tan solo puede citarse el ejemplo de los fenicios quienes desde el año 1600 AC descubrieron el modo de extraer de moluscos el colorante natural púrpura de tiro para comercializarlo luego entre los pueblos vecinos. Esta práctica se hizo continua hasta que declinó a finales de la edad media. Ha sido solo recientemente (1970-1998) que el hombre ha vuelto su mirada al mar para explorarlo, con el propósito de obtener compuestos naturales que puedan tener algún tipo de aplicación industrial.

Como resultado de las investigaciones mas exitosas realizadas en este campo (Rouhi, 1995; Bongiorno & Pietra, 1996), en este corto período de tiempo, se han encontrado numerosos productos naturales marinos que estan a punto de ser usados por la industria farmacéutica en la producción de drogas antitumorales, antivirales, antifúngicas, antihelmínticas, antiinflamatorias, analgésicas e inmunoreguladoras. También vale la pena tener en cuenta que ya existen compuestos extraídos del mar que estan siendo usados como aditivos en alimentos, como suplementos alimenticios, como materiales ortopédicos, como materiales adhesivos, como cosméticos...etc. Toda la investigación anteriormente mencionada ha sido registrada en cerca de 200 patentes (1969-1996), pertenecientes todas ellas a países desarrollados, por ejemplo ciento veinte hechas por Estados Unidos, cincuenta y cinco por Japón, diez por España, cinco por Francia y unas pocas por Australia, Canada, Italia, Suecia, Suiza, Dinamarca, Polonia y Rumania. Simultáneamente con el registro de estas patentes grandes compañías internacionales como American Cyanamid, Ajinomoto,

Sumitomo Metal, Bristol-Myers, Schering Plough, Fisons, Dupont, Glaxo, Syntex, Lederle, Biomar, Pharma Mar...etc. se han encargado de la producción, lanzamiento al mercado y comercialización de estas drogas o compuestos de uso industrial de origen marino.

En contraste con lo descrito anteriormente, los países en vía de desarrollo quienes generalmente son los poseedores de los mares tropicales con la mayor biodiversidad de especies de fauna y flora, con la mayor biodiversidad molecular, no están conscientes de la riqueza potencial que el mar representa para ellos. Esta fuente de riqueza está siendo ignorada, o peor aún, cedida a países desarrollados quienes si cuentan con el conocimiento y los medios de explotación necesarios para hacer del mar una fuente muy importante de productos químicos de importancia comercial.

Colombia país que posee dos océanos (Atlántico y Pacífico) no es la excepción. Aquí se utiliza el mar solo para la obtención de productos alimenticios tradicionales como sardinas, atún, langostinos, almejas, y otras clases de pescados, pero la explotación de productos químicos de origen marino con miras a su utilización en la industria, es inexistente.

Por esta razón el grupo de investigación de Productos Naturales Marinos del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia bajo la dirección del autor de esta publicación, está haciendo un tremendo esfuerzo desde la década pasada organizando los laboratorios de investigación, equipos y materiales, aglutinando un grupo de investigadores de caracter interdisciplinario (químicos, farmacéuticos, biólogos y físicos) y consiguiendo la financiación necesaria para realizar los estudios tendientes a efectuar la búsqueda y evaluación de compuestos químicos de origen marino que puedan ser usados como antitumorales, antibióticos, antiinflamatorios, y antifúngicos. Esta búsqueda de compuestos es la primera etapa que debe sortearse en

una investigación a largo plazo para registrar y explotar una patente y comprende el aislamiento, purificación y elucidación estructural de los metabolitos (biodiversidad molecular) presentes en organismos marinos. La segunda etapa comprende la evaluación biológica de los compuestos aislados para determinar si ellos poseen propiedades biológicas que permitan su uso como drogas o si ellos tienen alguna característica especial que los haga buenos candidatos para uso industrial. Es en este punto donde se hace el registro de la patente. La tercera etapa involucra la conversión de los compuestos en drogas (fases preclínica y clínica) o en otros productos industriales. La cuarta y última etapa que podemos denominar producción para uso industrial y comercialización le corresponde realizarla a la industria interesada en el producto químico en cuestión.

Dentro del contexto anterior se ha desarrollado el trabajo que se presentará en el presente artículo y que comprende la búsqueda sistemática de compuestos bioactivos en organismos marinos (principalmente en corales blandos, esponjas, ofiuros y estrellas de mar) recolectados en el Caribe Colombiano y la determinación de cuáles de estos metabolitos podrían estar siendo empleados por estos animales en su relación con el medio que los circunda.

### Ensayos preliminares de bioactividad

Los organismos marinos recolectados fueron sometidos a extracción con solventes, particularmente con agua, metanol y cloroformo. Los extractos fueron luego evaporados para eliminar el solvente y el residuo sólido sometido a ensayos de actividad biológica: bioensayo de *Artemia salina* (Dey & Harborne, 1991), bioensayo de citotoxicidad utilizando huevos fertilizados de erizo de mar (Duque, Zea, De Silvestri, Calderón & Medina, 1988), ensayo antimicrobiano contra bacterias Gram (+), Gram (-) y hongos (Sánchez, Pinzón, Gupta & Del Barrio, 1995) y ensayos de toxicidad contra peces (Duque, Zea, De Silvestri, Calderón & Medina, 1988).

### Aislamiento e identificación de compuestos bioactivos

Los extractos orgánicos que en los ensayos preliminares presentaron actividad biológica interesante fueron sometidos al proceso de fraccionamiento por métodos cromatográficos (CC, CCD, CLAE) con el objeto de obtener compuestos puros o fracciones enriquecidas que permitan la determinación estructural de las sustancias allí presentes. Los compuestos así aislados

fueron luego identificados por la combinación de métodos espectrales (IR, UV, EM con impacto electrónico y/o ionización suave, RMN-<sup>1</sup>H y de <sup>13</sup>C en modo mono y bidimensional, CGAR y CGAR-EM) y métodos químicos (hidrólisis ácida, enzimática, formación de derivados, oxidaciones...etc.).

Como resultado de estas investigaciones se han logrado identificar cerca de 160 compuestos químicos, 21 de ellos nuevos en la naturaleza (Figura 1): (24S)-saringosterol **1** extraído de la esponja marina *Xestospongia muta* (Catalan, Kokke, Duque & Djerassi, 1983), 3'-O-sulfato del 24-O-(a-arabinofuranosil)-5-a-colestan-3b-6a, 8, 15a, 24-pentol **2** aislado de la estrella de mar *Oreaster reticulatus* (Segura de Correa, Riccio, Minale & Duque, 1985), (+)-curcufenol **3** obtenido de la esponja marina *Didiscus oxeata* (Duque, Zea, De Silvestri, Calderón & Medina, 1988), 1-sulfato de 4,8-dimetil-3-noneno **4** encontrado en el ofiuro marino *Ophiocoma echinata* (Roccatagliata, Maier, Seldes, Zea & Duque, 1997) los ácidos (5Z, 9Z)-22-metiltricosadienoico **5**, 2, 11-dimetiloctadecanoico **6** identificados en la esponja marina *Ircinia felix* (Martínez, Duque & Fujimoto, 1997) y los ácidos 13, 15-dimetilnonadecanoico **7**, 8, 12, 16-trimetilheptadecanoico **8** encontrados en la esponja marina *Agelas schmidtii* (González, 1994). También de la esponja marina *Ircinia felix* (Martínez, Duque, Sato, Tanaka & Fujimoto, 1995; Martínez, Duque, Sato & Fujimoto, 1999; A. Martínez, 1996) se aislaron e identificaron los nuevos furanosesterterpenos (8Z, 13Z, 18R, 20Z)-strobilina **9**, (7Z, 13Z, 18R, 20Z)-felixinina **10**, y (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **11**, y los ésteres variabilínicos de ácidos grasos (Martínez, Duque & Fujimoto, 1997; Martínez, Duque, Hara & Fujimoto, 1995); Martínez, 1996) (5Z, 9Z)-22-metiltricosadienoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **12**, (5Z, 9Z)-tetracosadienoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **13**, n-hexadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **14**, 10-metilhexadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **15**, 15-metilhexadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **16**, 14-metilhexadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **17**, 9-octadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **18**, n-octadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **19**, 11-metiloctadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **20** y 2,11-dimetiloctadecanoato de (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina **21**. De estos compuestos, los nuevos furanosesterterpenos (compuestos **9-11**), y los compuestos conocidos (8E, 13Z, 18R, 20Z)-strobilina y (7E, 13Z, 18R, 20Z)-felixinina también aislados por nosotros (Martínez, Duque, Sato & Fujimoto, 1997), presentaron actividad antimicrobiana contra las bacterias Gram (+): *M. luteus*, *S. aureus*, *B.*

*subtilis* y contra organismos Gram (-): *P. sp.*, *E. aerogenes* y *E. coli*, destacándose la actividad crítica de estos compuestos contra *B. subtilis* (0.06 mg/ml) y contra *P. sp.* (0.13 mg/ml) (Gamboa & Pinzón, 1997). También estos compuestos fueron activos en el test de citotoxicidad contra huevos fertilizados de erizo de mar, en los ensayos antitumorales en discos de zanahoria (concentración inhibitoria 124 mg/ml) y en líneas celulares de cáncer humano. Así mismo estos compuestos resultaron activos como analgésicos (Del Valle & Vargas, 1997) con una actividad comparable a la del ácido acetil salicílico. De forma similar el sesquiterpeno (+)-curcufenol (compuesto 3) también presentó importante acción antimicrobiana y citotóxica (Calderón, 1997). En concentraciones del 0.01% este último compuesto presentó actividad relajante sobre el músculo recto abdominal del sapo (Del Valle & Vargas, 1997).

Con el propósito de intentar el camino de desarrollo de drogas a partir de los compuestos que presentaron importante acción biológica se realizó la síntesis del (+)-curcufenol 3 (Figura 2) y modificaciones estructurales (diferencias en la quiralidad del C-1', modificaciones de la cadena lateral, p. ej., introducción de un grupo hidroxilo adicional, epoxidación del doble enlace y disminución de la cadena lateral a dos átomos de carbono y bloqueo del grupo hidroxilo fenólico) tendientes a conocer alguna relación entre la estructura química y la acción antimicrobiana detectada (Duque & Calderón, 1998). Estos estudios permitieron establecer que la actividad antimicrobiana se favorece ligeramente con la estereoquímica del C-1' que permita una conformación tal de la molécula que ésta aparezca doblada por la atracción que ejerce el hidrógeno del hidroxilo fenólico sobre la nube electrónica del doble enlace de los carbonos 4' y 5' y se favorece definitivamente con la hibridación  $sp^2$  de los C-4' y C-5', con la presencia del grupo hidroxilo fenólico libre y con una longitud de cadena lateral de seis átomos de carbono. Sin embargo desde el punto de vista práctico, como la actividad antimicrobiana no varía mucho al cambiar la estereoquímica del C-1' se puede recomendar la síntesis sencilla que se ilustra en la Figura 2, para obtener las cantidades de compuesto que se necesitan para los ensayos tendientes a la conversión de un compuesto químico en un medicamento. Si se llegare a necesitar el producto enantioméricamente puro se puede realizar la separación de los enantiómeros por CLAE quiral.

En el caso de los furanosesterterpenos bioactivos se decidió realizar un convenio con una empresa farmacéutica (Biomar) para asegurar que los resultados

de esta investigación pudieran ser transferidos al sector productivo.

## Ecología Química

Paralelamente a los estudios mencionados, se han llevado a cabo investigaciones con el fin de establecer por qué son producidas estas sustancias tóxicas por los organismos marinos estudiados, particularmente en las esponjas. Una hipótesis razonable y con alguna evidencia experimental que la soporta, es que estos animales producen este tipo de sustancias como un mecanismo de defensa contra depredadores, parásitos o epibiontes, ya que carecen de movimiento (viven toda su vida adheridos a una roca o a un material sólido). Sin embargo, esta evidencia experimental está restringida solo a unas cuantas especies de esponjas, principalmente porque los modelos experimentales con que se cuenta para determinar la validez de dicha hipótesis han presentado limitaciones, especialmente la dificultad para realizar experimentos con esponjas vivas *in situ* y en acuario. Por otro lado, la variación en el tipo de metabolitos de una especie a otra, muy posiblemente esté asociada a diferentes funciones biológicas para tales metabolitos, lo cual se traduce en la necesidad de diseñar modelos experimentales que se ajusten a cada caso particular.

Recientemente para dar inicio a las investigaciones en Ecología Química y conociendo por los resultados de nuestros estudios anteriores que en la esponja *Ircinia felix* estaba presente el compuesto bioactivo (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina (Martínez, Duque, Sato, Tanaka & Fujimoto, 1995), se estableció también la identidad de otros 59 compuestos volátiles presentes en dicha esponja (Duque, Bautista, Bonilla & Zea, 1998), entre los cuales sobresalieron por su actividad antimicrobiana, el tiobismetano, el isocianuro de metilo y el isotiocianato de metilo.

Conociendo que las sustancias anteriormente mencionadas tenían actividad biológica se programaron los experimentos en *Ircinia felix* tendientes a establecer algún tipo de función para estos compuestos. Así, se hicieron experimentos *in situ* de la variación de la (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina en función de la exposición lumínica (a diferentes profundidades y en esponjas sombreadas en forma natural o en forma artificial, y en especímenes bien expuestos al sol), de la clase de tejido y a causa de lesiones (Zea, Parra, Martínez, & Duque, 1998). Los resultados de estos experimentos permitieron concluir que el compuesto (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina posee efectos alomonaes de tipo supresor o antibiótico



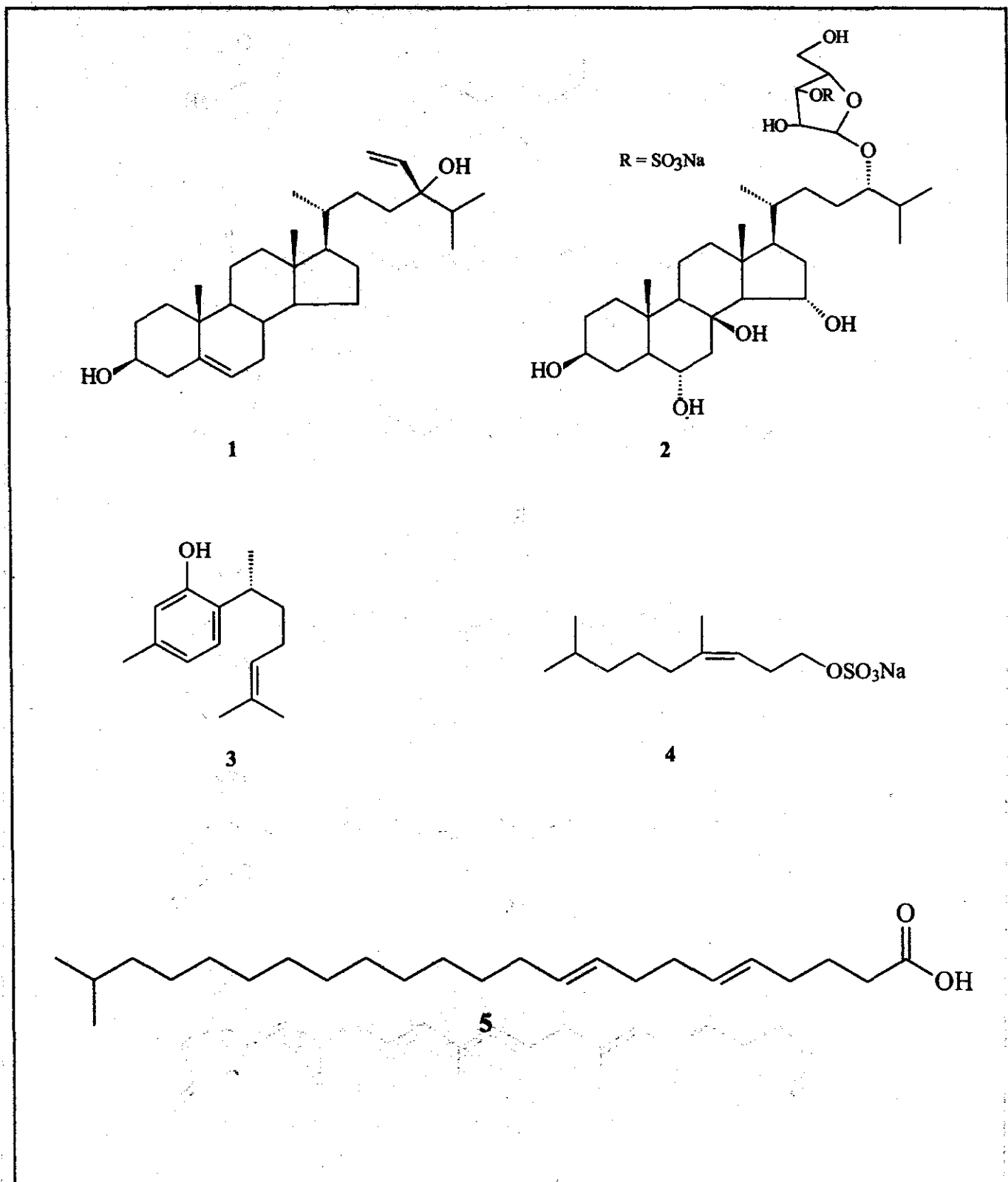
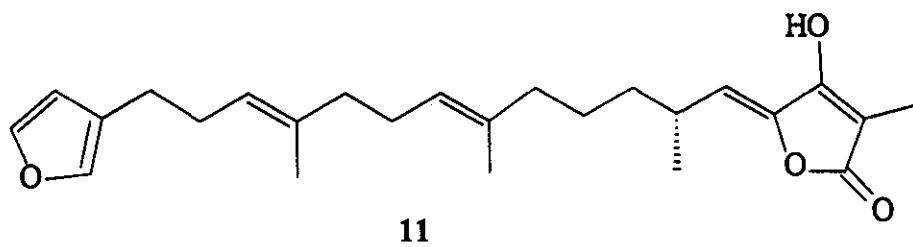
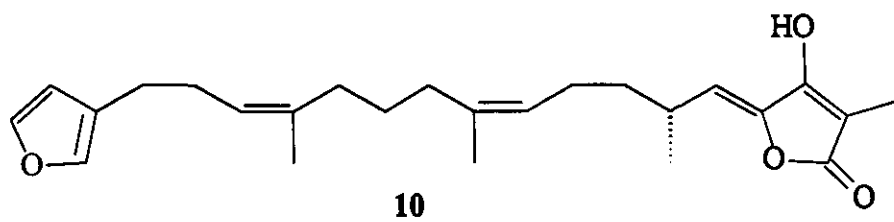
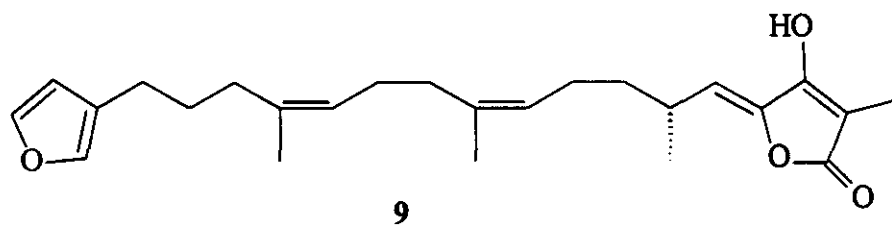
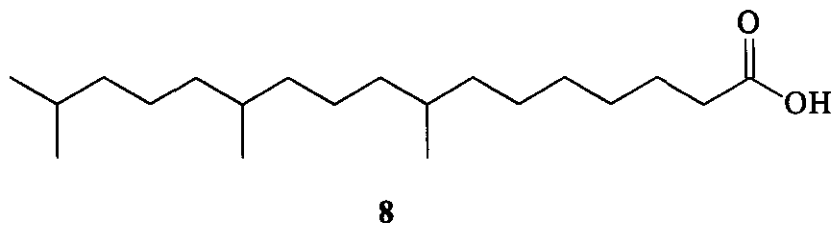
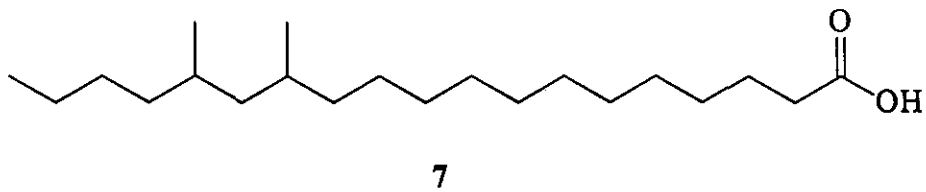
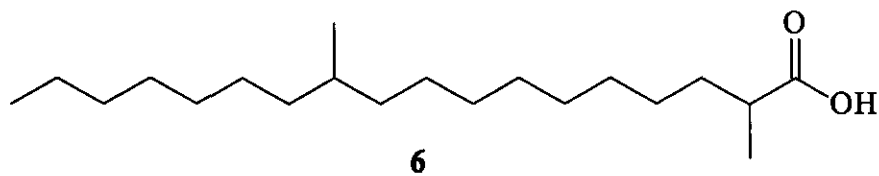
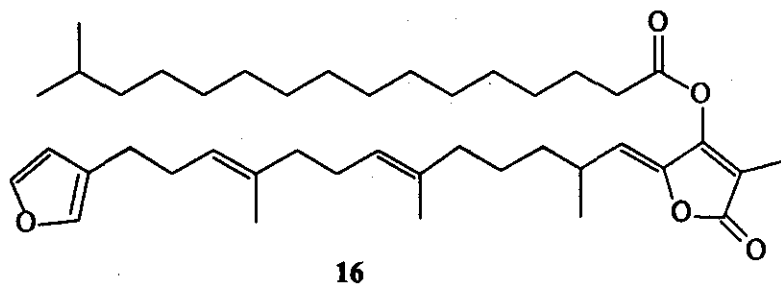
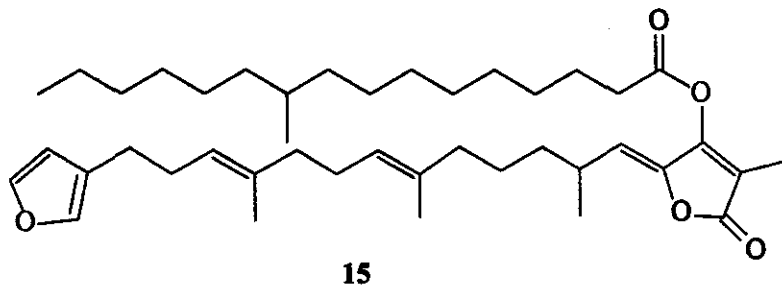
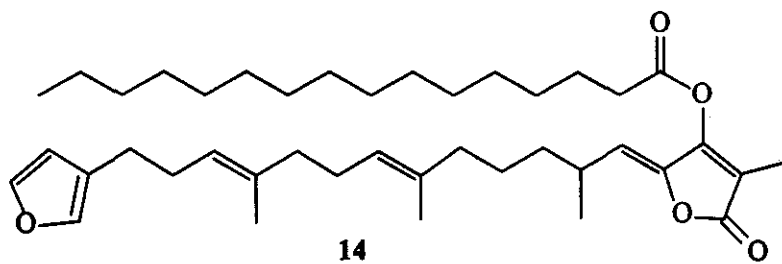
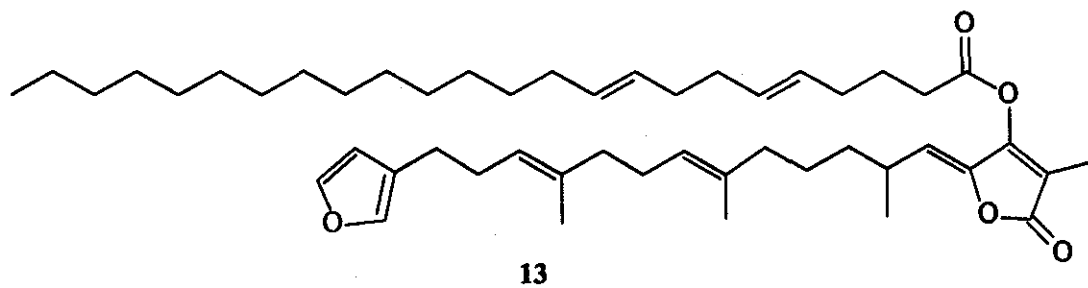
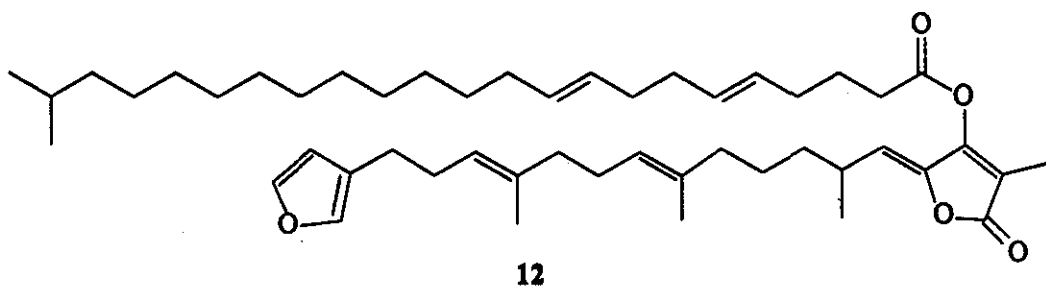
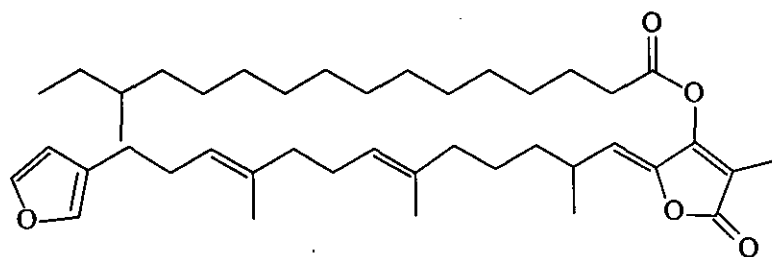


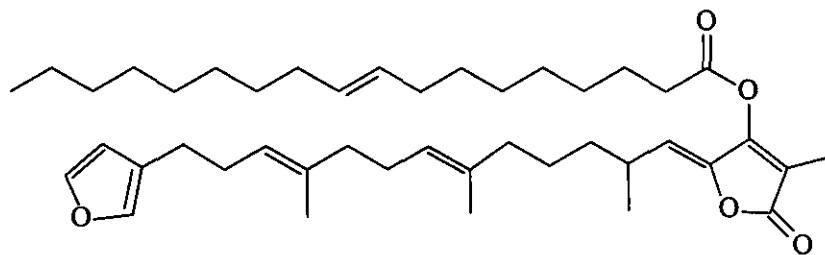
Figura 1. Compuestos con estructura novedosa aislados a partir de organismos marinos del Caribe Colombiano



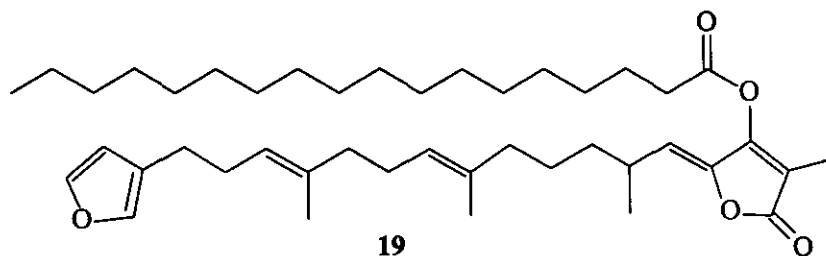




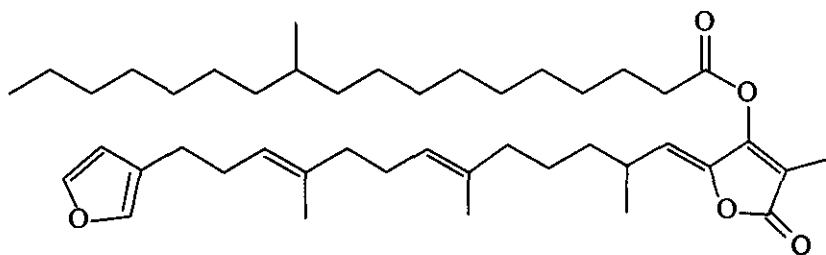
17



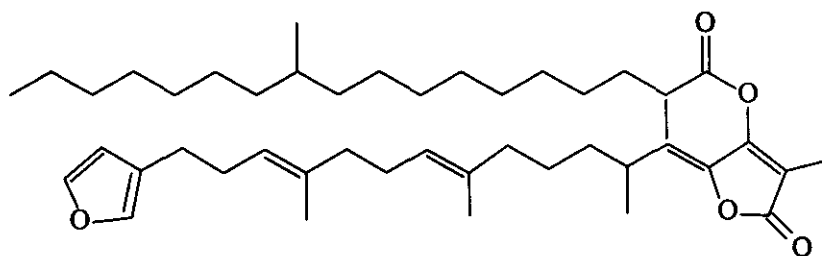
18



19



20



21

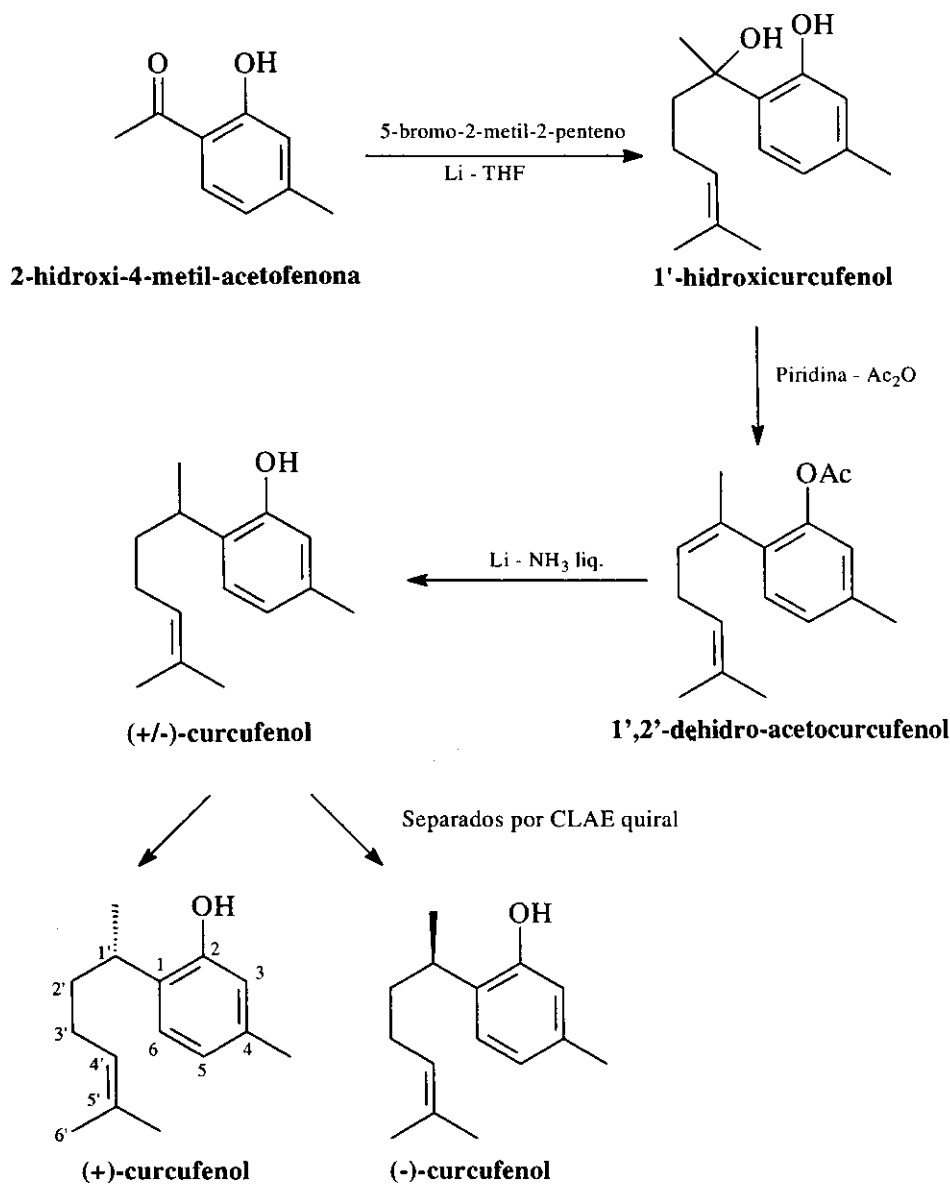


Figura 2. Síntesis del (+)-Curcufenol

interno, formando parte del mecanismo de control de endobiontes. También fue posible sugerir que la variabilina previene parasitosis por parte de la bacteria endosimbiótica *Aphanocapsa feldmani*. Adicionalmente, se hicieron experimentos de exudación *in situ* y en acuario para determinar sobre esponjas heridas e intactas, si los compuestos (7E, 12E, 18R, 20Z)-variabilina, tiobismetano,

isocianuro de metilo e isotiocianato de metilo eran liberados al medio externo (Duque, Bautista, Bonilla & Zea, 1998). Los resultados obtenidos no proporcionaron ninguna evidencia concreta de que la variabilina sea exudada al medio. En contraste con lo anterior, se encontró que los compuestos tiobismetano, isocianuro de metilo e isotiocianato de metilo son exudados continuamente por

la esponja (Tabla 1) formando una especie de barrera química protectora (sistema defensivo primario) que buscaría alejar o disuadir depredadores, pero en situaciones de peligro inminente la concentración exudada de estos volátiles aumenta como parte de un mecanismo de defensa activa de la esponja.

### Agradecimientos

El autor agradece a su grupo de investigación particularmente a los Profesores S. Zea, A. Salama y E. Bautista, al estudiante de doctorado A. Martínez, al estudiante de Maestría L. A. Calderón y a los estudiantes de grado F. Parra, A. Bonilla, M. Gamboa, M. Pinzón, O. L. González, M. Del Valle y E. Vargas quienes realizaron bajo nuestra dirección gran parte del trabajo aquí expuesto. El autor también expresa su agradecimiento al grupo de investigación del Instituto tecnológico de Tokio dirigido por el Prof. Dr. Y. Fujimoto por su interés y constante asesoría en la toma de espectros y a COLCIENCIAS por la financiación de los diferentes proyectos de investigación que han permitido que nuestro país posea un grupo de trabajo en estudio y aprovechamiento de la biodiversidad marina.

### Bibliografía

- Bongiorni, L. & F. Pietra** 1996. Marine natural products for industrial applications. *Chem & Ind.* January 15. 54-58.
- Calderón, L. A.** 1997. Modificaciones de la estructura química del (+)-curcufenol y su influencia en la actividad antimicrobiana. Tesis de Maestría en Química, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
- Catalan, C., W. C. M. C. Kokke, C. Duque & C. Djerassi** 1983. Synthesis of (24R)- and (24S)-5,28-stigmastadien-3 $\beta$ -ol and determination

of the stereochemistry of their 24-hydroxy analogues, the saringosterols. *J. Org. Chem.* **48**(26): 5207-5214.

- Del Valle, M. P. & E. Vargas** 1997. Determinación de la actividad analgésica y antiinflamatoria del (+)-curcufenol y la variabilina aislados de esponjas marinas. Trabajo de grado en Química Farmacéutica, Santafé de Bogotá, Colombia. Manuscrito inédito.
- Dey, P. M. & J. B. Harborne** 1991. *Methods in plant biochemistry*. K. Hostettmann (ed). Academic Press, London.
- Duque, C., E. Bautista, A. Bonilla & S. Zea** 1998. Chemical defense in the marine sponge *Ircinia felix*. *Biochem. Syst. Ecol.* Submitted to.
- \_\_\_\_\_, & **L. A. Calderón** 1998. Síntesis y modificaciones a la estructura química del (+)-curcufenol y su influencia en la actividad antimicrobiana. 1998, Manuscrito en preparación.
- \_\_\_\_\_, **S. Zea, J. De Silvestri, A. Calderón & A. Medina** 1988. Actividad biológica vs. Composición química del extracto clorofórmico de la esponja marina *Didiscus oxeata*. *Rev. Col. Química* **17**(1,2): 39-46.
- Gamboa, M. & M. Pinzón** 1997. Citotoxicidad, actividad antimicrobiana y antitumoral de la variabilina aislada de la esponja marina *Ircinia felix*. Trabajo de grado en Química Farmacéutica, Santafé de Bogotá, Colombia. Manuscrito inédito.
- González O. L.** 1994. Aislamiento y caracterización por CGAR-EM de ácidos grasos de fosfolípidos en la esponja marina *Agelas schmidtii*. Tesis de grado de Química Farmacéutica. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá. Manuscrito inédito.
- Martínez, A.** 1996. Estudio químico y de actividad biológica de esponjas marinas del género *Ircinia*. Tesis de doctorado en Ciencias-Química, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_, **C. Duque & Y. Fujimoto** 1997. Novel fatty acid esters of (7E, 12E, 18R, 20Z)- variabilin from the marine sponge *Ircinia felix*. *Lipids* **32**(5): 565-569.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, **N. Hara & Y. Fujimoto** 1995. Variabilin 11-methyloctadecanoate, a branched-chain fatty acid ester of furanosesterterpene tetrone acid, from the sponge *Ircinia felix*. *Nat. Prod. Lett.* **6** : 281-284.

**Tabla 1.** Exudación de metabolitos volátiles (tiobismetano, isocianuro de metilo e isotiocianato de metilo) por la esponja marina *I. felix*, identificados y cuantificados por SIM.

	Tiobismetano m/z : 62	Isocianuro de metilo m/z : 4	Isotiocianato de metilo m/z : 73
<b>Experimentos <i>in situ</i></b>			
Esponja intacta	+	-	-
Esponja herida	++	++	+
<b>Experimentos en acuario</b>			
Esponja intacta	+	++	+
Esponja herida	+++	++	++

\* Cuantificación realizada por SIM y expresada en ng/g de esponja seca libre de cenizas. - = No detectado. + = < 1 ng. ++ = 1-5 ng. +++ = 6-10 ng.

- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, **N. Sato & Y. Fujimoto** 1997. (8Z, 13Z, 20Z)-strobilin and (7Z, 13Z, 20Z)-felinin : New furanosesterterpene tetronic acid from marine sponges of the genus *Ircinia*. Chem. Pharm. Bull. **45**(1): 181-184.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, **R. Tanaka & Y. Fujimoto** 1995. (18R)-Variabilin from the sponge *Ircinia felix*. Nat. Prod. Lett. **6** : 1-6.
- Roccatagliata, A. J., M. Maier, A. M. Seldes, S. Zea & C. Duque** 1997. A new sulphated alkene from the ophiuroid *Ophiocoma echinata*. J. Nat. Prod. **60**(3): 285-286.
- Rouhi, M. A.** 1995. Supply issues complicate track of chemicals from sea to market. Chem. & Eng. News, November 20: 42-44.
- Sánchez, C. R., R. Pinzón, M. Gupta & L. Del Barrio** 1995. Manual de técnicas de investigación. CYTED (ed).
- Zea, S., F. Parra, A. Martínez & C. Duque** 1998. Production of bioactive furanosesterterpene tetronic acids as possible internal chemical defense mechanism in the sponge *Ircinia felix* (Porifera: Demospongiae). Memoirs of the Queensland Museum-Australia. In press.

# THE DINOFLAGELLATES OF THE GENERA *CERATIUM* AND *ORNITHOCERCUS* COLLECTED IN THE GOLFO DE SALAMANCA, COLOMBIAN CARIBBEAN SEA

by

Carlos E. Fernández M.\* and Camilo B. García\*\*

## Resumen

**Fernández, C.E. & C.B. García:** The Dinoflagellates of the genera *Ceratium* and *Ornithocercus* collected in the golfo de Salamanca, Colombian Caribbean sea. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22** (85): 539-559, 1998 ISSN 0370-3908.

Un estudio morfológico de los Dinoflagelados pertenecientes a los géneros *Ceratium* y *Ornithocercus* del material recolectado en el Golfo de Salamanca, Mar Caribe colombiano, durante 1996, fué realizado. Un total de 30 especies y tres morfotipos del primer género, y tres especies del segundo género, son complementariamente descritas.

**Palabras claves:** Morfología, *Ceratium*, *Ornithocercus*, Colombia, Mar Caribe

## Abstract

A morphological study was done of the Dinoflagellates belonging to the genera *Ceratium* and *Ornithocercus* found on the samples collected in 1996 the Gulf of Salamanca, Colombian Caribbean Sea. A total of 30 species and three morphotypes of the first genus, and three species of the second one, are described complementarily .

**Key words:** Morphology, *Ceratium*, *Ornithocercus*, Colombia, Caribbean Sea.

## Introduction

In general, within a planktonic patch; there are more species of diatoms than of dinoflagellates in open waters,

the phytoplankton is dispersed over large extensions of water, while in confined areas, like estuaries, bays or gulfs, these assemblages can occur at greater concentrations and diversity of these organisms. The dinoflagellate species compo-

\* Permanent Address: Apartado Aereo 7194, Cali, Colombia. INVEMAR, AA 1016, Santa Marta, Colombia

\*\* INVEMAR, AA 1016, Santa Marta, Colombia. e-mail: cgarcia@200.25.13.3



sition within the Colombian Caribbean Sea neritic and oceanic areas are poorly studied, no species of dinoflagellates, including the genera *Ceratium* and *Ornithocercus*, have been reported for the region of Santa Marta, Colombian Caribbean Sea. One region of the Colombian Caribbean coast, the Golfo de Salamanca, was net sampled and studied during 1996 for both dinoflagellates and diatoms. The Golfo de Salamanca is located within the central Colombian Caribbean Sea between the cities of Santa Marta (74° 11' W, 11° 18' N) and Barranquilla (74° 51' W, 11° 6' N). Two nearby areas to the zone of study had been studied: Nenguange Bay (Caycedo, 1977) and Cartagena Bay (Vidal and Carbonell, 1977). There is an increasing interest among scientists to know the structure of planktonic community within large and small-scale geographical areas, as a basis to understand its biodiversity.

This study pretends to give a complementary morphological description of the dinoflagellates species of the genera *Ceratium* and *Ornithocercus*, found in the Gulf of Salamanca during 1996.

### Materials and methods

A total of 40 phytoplankton samples was collected during four cruises from eight stations visited during the Cruise 9600 on the Dardanus in March of 1996, followed by 10 stations during the Cruise 9601 on the ARC Malpelo in April on 1996, 11 stations during the Cruise 9602 on the ARC Malpelo in August of 1996, and 11 stations during the Cruise 9603 on La Tutu in December of 1996. The stations were located at depths between 15 and 200 meters over the continental shelf of the Gulf of Salamanca. The semi-vertical hauls were done from a specific depth above a maximum depth of 150 meters, depending on the station's depth, to the surface. The horizontal tows were performed at the surface. A standard nylon plankton net with a 105 micron mesh was used in the Cruise 9600; for the rest of the cruises, a 55 micron mesh was utilized. One to three aliquots of 0.063 ml, from each one of the samples, were examined under a high magnification power (40X) of a NIKON Alphaphot-2 light microscope and photographed with a MC-80 camera adapted to a Zeiss AXIOLAB binocular microscope. The cells were individually identified to the species, when possible. The length of the cells was measured from the distal end of the apical horn to the base of the hypothecum. The height of the body was measured from the base of the apical horn to the base of the hypothecum, in a perpendicular direction to the girdle. In the genus *Ornithocercus*, the size of the cell is measured between the outer edge of the anterior and posterior lists.

### Results and discussion

From the 40 samples of phytoplankton collected during four cruises in 1996, 33 species and three morphotypes belonging to two genera (*Ceratium* and *Ornithocercus*) were identified, described, and illustrated. The genus *Ceratium* is represented by 18 species, four forms and eight varieties, and three morphotypes to genus level. The genus *Ornithocercus* is represented by three species.

### Order GONYAULACALES

#### Genus CERATIUM Schrank

**Description** - This genus has the body armored. Its overall cell size ranges from small to large dimensions, sometimes over 1 mm in length. The body is more or less dorsoventrally compressed. It usually has two or three horns, only one of them apical raises upwardly from the epithecum and is called apical and the other two emerge in a down or upwardly direction from the hypothecum, depending on the group to which the species belongs, and are called antapicals. The apical horn is formed by apical plaques. The right antapical horn is formed by the postcingular plaques and the left one is formed by the antapical ones. The right antapical horn is frequently present; sometimes it is observed only as a rudiment. All the horns are of similar width. The surface of the cell lacks of any obvious ornamentation, except for some pores and reticulated patterns. The plaque formula of the body is: Po, cp, 4', 6'', 5c, 2+s, 6''', 2'''''. On the ventral face of the body, there is a relatively large hollow or depressed area. It occupies most of the body face hypotheca, going deep into the epitheca. It has three hyaline plaques; 6'', 5c and 6'''. The epithecum is formed by 4 apical plaques and 5 precingular ones, besides a small Po. The hypothecum is formed by 5 postcingular plaques and 2 antapical ones. The cingulum has 4 plaques in the marine species. The sulcus is located on the left side of the ventral surface. The surface of the body and horns exhibit a variety of shallow markings and pores.

**Remarks** - There are fewer than 120 living species. They are differentiated by the presence or absence, and by the sizes of the apical and antapical horns; the presence of an inflated epithecum; the development, orientation, and degree of curvature of the horns; the relationship between the left and right antapical horns; the presence of open or closed ends of the antapical horns; the size or length of the whole cell; the shape and the size of the body cell; the relationship between the epithecum and the hypothecum; and the markings over the body surface.

*Ceratium macroceros* var. *macroceros* Balech, 1988 (Figure 1)

Sournia, 1967, p. 461, fig. 84; Balech, 1988, p. 146, pl. 64, fig. 4.

**Description.** - This solitary form has the body robust. The apical horn emerges almost from the middle of the epithecum. The apical horn length is 5.9 times the height of the body. Both antapical horns are larger. They start projecting upwardly well below the straight base of the hypothecum. The right antapical horn forms a sharp angle and it is almost straight when oriented upwardly. The left one is curved on all its extension ending in a extreme parallel to the apical horn. In temperate areas, the horns are short and massive with crests; in tropical waters, the horns are delicate, long and narrow, and the cells are smaller and delicate. The length of the right antapical horn is 4.6 times the height of the body and the left one is 6.6 times. The curvature of the antapical horns is smoother than in *C. m.* var. *gallicum*. The length of the cell is about 300  $\mu$ .

**Remarks** - Eight specimens were examined.

**Distribution.** - Neritic and oceanic. Temperate to tropical waters. SW Atlantic Ocean (Balech, 1988); Cartagena Bay (Vidal and Carbonell, 1977).

*Ceratium tripos* var. *tripodioides* Jorgensen, 1920 (Figure 2)

Halim, 1967, p. 726, fig. 27; Sournia, 1967, p. 419; Balech, 1988, p. 139, pl. 59, figs. 3 & 4.

**Description.** - The body of this solitary variety is high, regular. The apical horn is relatively large and thin. Apical horn length is 2.5 times the height of the body. The two antapical horns are very dissimilar. The right horn is considerably shorter. The length of the right antapical horn is 1.2 times the height of the body and the left one is 1.5 times. The cells can reach lengths of 280 to 410  $\mu$  (Balech, 1988).

**Remarks.** One specimen examined.

**Distribution.** - Neritic. Temperate to tropical waters. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ceratium bigelowi* Kofoid, 1907 (Figure 3)

Balech, 1988, pp. 135-136, pl. 55, figs. 14-15.

**Description.** - This species has a large body. It is a solitary form that looks like two pins joined together. The hypothecum is low, while the epitheca is slightly

higher and conical with an irregular form in the frontal view. There is a constriction in the area where the precingular plates unite with the apical plate. In side view, there is a noticeable engrossment above the mentioned constriction. The long and narrow apical horn, which is slightly curved toward the right side at the distal end, emerges and projects upwardly from the hypothecum. Its length is about 1.85 times the height of the body. The antapical horns start projecting upwardly below the concave basal area of the hypotheca. The right antapical horn is extremely short, sometimes almost non-observable; the left one is strongly curved at the end of the horn. The length of the left antapical horn is 1.8 times the height of the body. All the horns are very narrow. The cell can reach lengths of 1000 to 1120  $\mu$  (Balech, 1988).

**Remarks** - One specimen examined.

**Distribution.** - Neritic and oceanic from temperate to tropical waters. SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ceratium longirostrum* Gourret, 1883 (Figure 4)

Halim, 1967, p. 722, fig. 40; Sournia, 1967, p. 413, fig. 37; Ferguson-Wood, 1968, p. 35, fig. 75; Balech, 1988, p. 134, pl. 55, figs. 10 & 11.

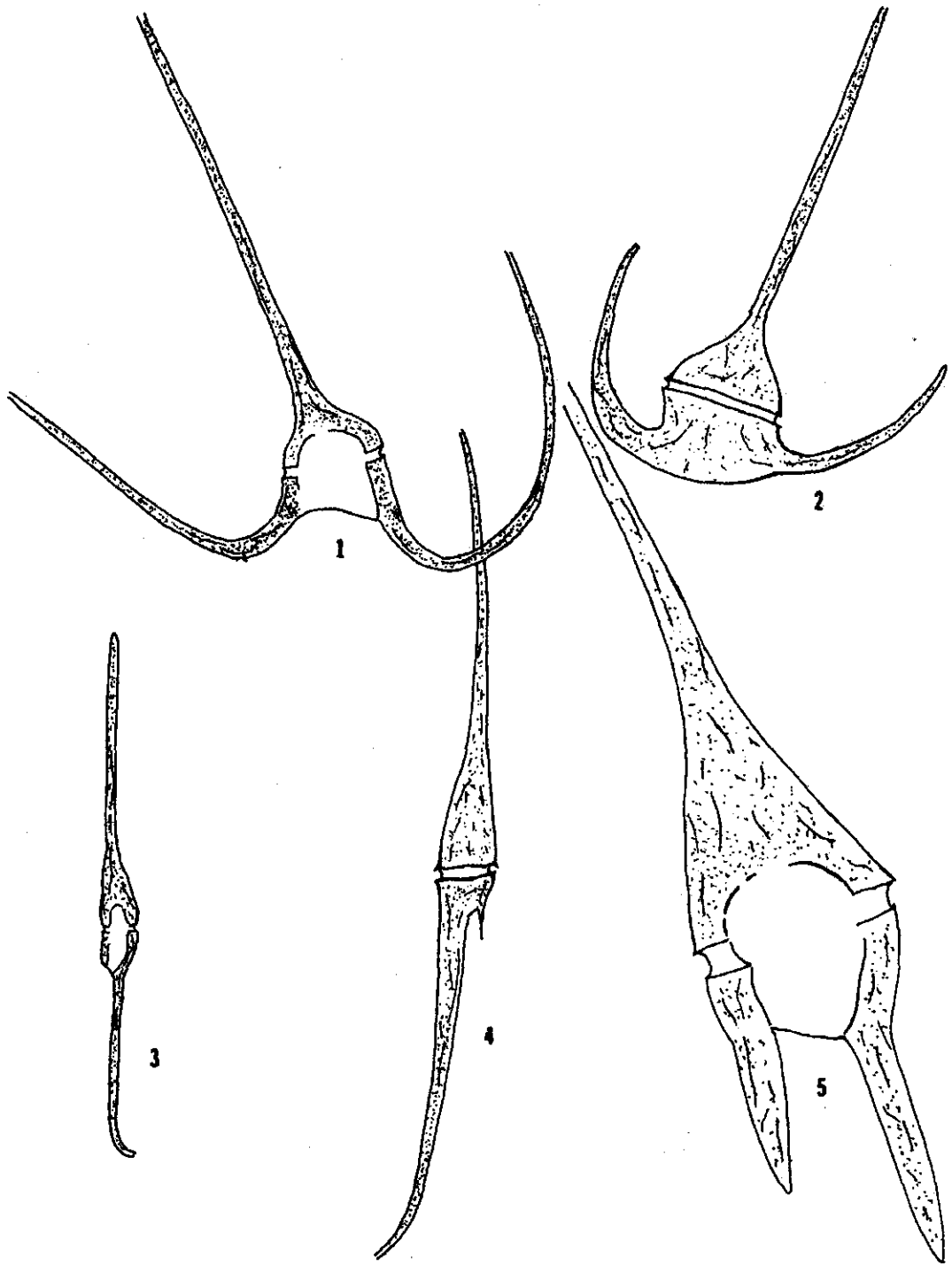
**Description.** - This species, with resembles *C. bigelowi*, is found solitary in plankton communities. The hypotheca is always shorter than the epitheca and the cell is smaller than *C. bigelowi*. A bent apical horn is projected from it. The apical horn is slightly curved toward the left side of the body. The apical horn length is 2.16 times the height of the body. The antapical horns start projecting themselves below the base of the hypotheca. The left antapical horn is long, curved, blunt and widen over the concave side. The right antapical horn is very short and needle-like. The length of the right antapical horn is 0.16 times the height of the body and the left one is 2.2 times. The cell has a size of about 500  $\mu$ .

**Remarks** - Three specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic. Tropical and subtropical waters. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Santaren Channel, Traits of Florida, Benguela Current, Caribbean Sea (Ferguson-Wood, 1968); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ceratium lineatum* (Ehrenberg) Cleve, 1899 (Figure 5)

Halim, 1967, p. 722, fig. 37; Sournia, 1967, p. 404, figs. 25-26; Ferguson-Wood, 1968, p. 34, fig. 72; Balech, 1988, pp. 130-31, pl. 56, figs. 10-13.



Figures 1-5. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*, 1. *Ceratium macroceros* var. *macroceros*, 2. *Ceratium tripos* var. *tripodioides*, 3. *Ceratium bigelowi*, 4. *Ceratium longirostrum*, 5. *Ceratium lineatum*.

**Description.** - The cells, which are similar to those of *C. furca*, have a medium to small size body. The body is shaped like a pentagon. The species is solitary. The blunt apical horn that is oriented slightly toward the right side, is projected from a triangular epitheca. The apical horn length is 1.2 times the height of the body. The hypotheca has a quadrate formation in frontal view. The straight and close antapical horns have a divergent orientation to the apical horn and to one other; they are directed posteriorly, further away from the posterior margin of the body. The length of the right antapical horn is 0.4 times the height of the body and the left one is 0.8 times. The ends of the antapical horns are blunt. The surface of the body exhibits numerous linear markings and pores. The body has a length of 30 to 40  $\mu$  and the cell is about 100  $\mu$ .

**Remarks** - This species can be confused with *C. pentagonium*, which is larger and broader in nine specimens examined.

**Distribution.** - Neritic and oceanic. Temperate to tropical waters. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Caribbean Sea (Ferguson-Wood, 1968); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ceratium buceros* form *tenue* (Ostenfeld & Schmidt) Schiller, 1937 (Figure 6)

Sournia, 1967, p. 477

**Description.** - This is a solitary species. The body is of medium size, slightly wider than high. The epitheca is always smaller than the hypotheca. The left side of the epitheca is slightly convex, and the right side is concave to nearly straight. A long, narrow apical horn (4.4 times the height of the body) emerges from the epitheca; it bends in an angle to the right and tends to curve toward the right side over the distal closed end. The base of the hypotheca is convex to nearly straight. The antapical horns start projecting upwardly slightly below the concave basal area of the hypotheca. They are spinulated and as narrow as the apical horn. The right antapical horn shows a small and wide curvature near its base before it projects itself straight outward diagonal to the side; it is strongly divergent from the body axis. The left horn curves smoothly from the base outwardly; it is somewhat divergent to the body axis and tends to be in an almost perpendicular orientation to the girdle. The length of the right antapical horn is 2.25 times the height of the body and the left one is 2.33 times. The distal ends of both horns reach the first  $\frac{1}{4}$  distance of the apical horn over a line parallel to the girdle. The length of the cell varies between 50 and 100  $\mu$ .

**Remarks** - Many different forms had been described. One specimen examined.

**Distribution.** - Oceanic, neritic and estuarine form present in temperate and tropical waters. Cosmopolitan. SE Caribbean Sea (Halim, 1967).

*Ceratium longinum* Karsten, 1906 (Figure 7)

Sournia, 1967, p. 444, fig. 68; Ferguson-Wood, 1968, p. 34, fig. 73.

**Description.** - This solitary species is quite similar to *C. contortum*. The epitheca is slightly shorter than the hypotheca. Both margins of the epitheca are slightly convex, the right margin being larger than the left. Throughout most of its extension, the long apical horn is straight to slightly curved with its distal end bend perpendicular to the body axis. The apical horn length is 5.9 times the height of the body. The base of the hypotheca is straight or slightly convex. The antapical horns start projecting upward at the same level of the base of the hypotheca. They are slender, serrated and bent forward and ventrally. They are straight to somewhat curved. The bend of the left horn is more pronounced and wider than the right one. The base of the right antapical horn is placed slightly below the girdle. Both horns are relatively parallel to the vertical body axis. The right antapical horn is about 3.5 times the height of the body and the left one is 4.6 times. The length of this species is about 600  $\mu$ .

**Remarks** - Four specimens examined.

**Distribution.** - Marine neritic and coastal areas. Atlantic and Indian Oceans, rare in the Pacific Ocean. Straits of Florida (Ferguson-Wood, 1968).

*Ceratium contortum* (Gourret) Cleve, 1900 = *C. arcuatum* (Gourret) Cleve (Figure 8)

Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 18; Ferguson-Wood, 1968, p. 26, fig. 48; Sournia, 1967, pp. 441-446, figs. 67-72; Balech, 1988, p. 145, pl. 62, fig. 4 & pl. 63, fig. 2.

**Description.** - This solitary species is slightly similar to *C. tripos*. The posterior margin of the relatively large body is straight or roundish. The epitheca is smaller than the hypotheca. The left side margin of the epitheca is shorter, convex, and more pronounced than the right margin, which is slightly convex to straight. The apical horn is long, usually 6.15 times the height of the body, and strongly bent toward the left side of the cell near its base. Most of the length of the apical horn is perpendicular to the girdle with a slight curvature toward the

right side. This horn arises from a point on the epitheca perpendicular to the base of the left antapical horn. The apical horn and the right side of the body are almost on the same vertical line. The epitheca is almost rectangular in a frontal view. The contour of the hypotheca base is slightly convex. The antapical horns start projecting themselves from the concave basal area of the hypotheca. The antapical horns are of medium size and oriented upward. The right horn is 2.8 times the height of the body and the left one is 3.7 times. The distal extremes of these horns reaches the proximal 1/8 part of the apical horn, along a projected horizontal axis, parallel to the girdle. The right antapical horn curves smoothly outwardly until reaching the middle of the horn where it sharply bends almost horizontally toward the apical horn; the distal portion of the horn bends slightly upwardly. In some individuals, the tip of the right antapical horn is projected beyond the apical horn. The extremes of both horns are closed. The length of the cell varies between 300 - 500 $\mu$ .

**Remarks** - Several varieties of this species are recognized, based on the general dimensions of the cell, diameter and length of the horns and orientation of the antapical horns. Five specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic and coastal species from warm temperate to tropical waters. Cosmopolitan and worldwide distribution. Straits of Florida (**Ferguson-Wood**, 1968); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium tripos* (O.F. Muller) Nitzsch, 1817 (Figure 9)

Jorgensen, 1920, figs.33-39; Bohm, 1931, p. 5, fig. 12; Nie, 1936, p. 48, fig. 17; Schiller, 1937, fig. 4021; Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 13; Halim, 1967, p. 725, figs. 26-27; Ferguson-Wood, 1968, p. 41, fig. 92; Sournia, 1967, pp. 416-25, figs. 40-43; Steindinger & Williams, 1970, pl. XIV, fig. 37 & pl. XV, fig. 38; Carbonell, 1979, p. 31-32, fig. 9; Balech, 1988, p. 138

**Description.** - The large and strong cell of this solitary species presents a triangular to roundish epitheca. Both sides of the epitheca edge are slightly convex to almost straight. A straight, long to short, apical horn emerges from it. Sometimes the apical horn is bent toward the left near its base. Its length is 1.5 times the height of the body. The margins of the epitheca are nearly straight to convex. The posterior contour of the body is roundish and continuous with the two antapical horns which are directed upward and are somewhat curved. The base of the hypotheca is nearly straight to concave. When the two antapical horns are completely formed, they are almost parallel with the apical horn over most of their distal length. The antapical horns start projecting them-

selves upwardly almost above the base of the hypotheca. The length of the right antapical horn is 1.52 times the height of the body and the left one is 1.65 times. In some individuals, the right antapical horn is directed toward the right and the left antapical horn is oriented toward the left, away from the apical horn. The surface of the body presents many linear markings. The body is about 75 to 90  $\mu$  in length and the cell reaches 150 to 180  $\mu$ .

**Remarks** - This species has many varieties reported. Eight specimens examined.

**Distribution.** - Marine coastal and oceanic waters from cold temperate to tropical areas. Worldwide distribution. Straits of Florida, Benguela Current, Gulf of Mexico, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); Cartagena Bay (**Vidal and Carbonell**, 1977; **Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium macroceros* var. *gallicum* (Kofoid) Sournia, 1966 (Figure 10)

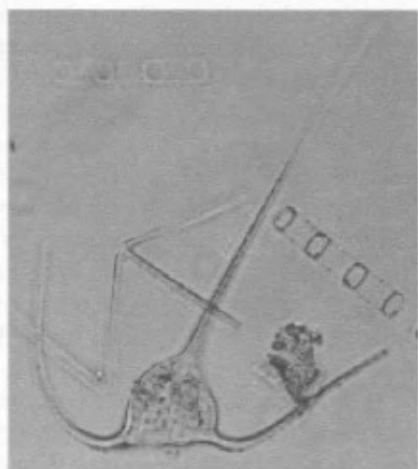
Sournia, 1967, p. 462, fig. 85; Balech, 1988, pp. 146-147, pl. 64, fig. 1.

**Description.** - This variety of the species is solitary and has a smaller body than *C. trichoceros* and is more delicate with slender and shorter horns. The body is more triangular, and the epitheca is slightly larger than the hypotheca. Both margins of the epitheca are slightly convex to almost straight; the one on the right side is less pronounced. The apical horn is long, slender and straight to slightly curved. It presents a length of 4.2 times the height of the body. The antapical horns start projecting upwardly below the straight basal area of the hypotheca. The antapical horns are divergent and oriented outwardly from the apical horn. The right antapical horn length is about 3.3 times the height of the body and the left one is 3.1 times. The basal portion of the two horns form a pair of obtuse angles that looks like a wide and shallow "W". These horns are quite open, almost horizontal. Crests and spines on the cell are reduced or are absent. The length of the body ranges between 40 and 50  $\mu$  and the cell is about 360  $\mu$  in length.

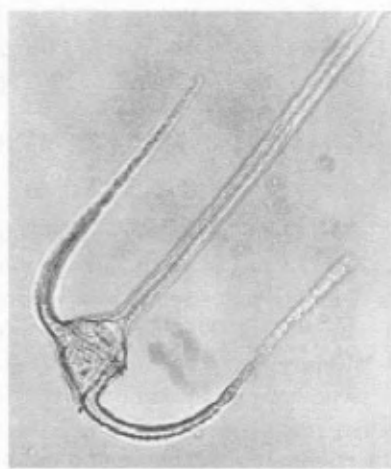
**Remarks** - Two specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic distribution in subtropical and tropical areas. Strait of Florida, Northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

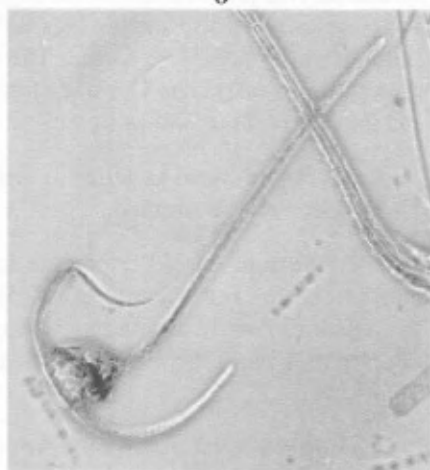
*Ceratium macroceros* n.d. (Ehrenberg) Cleve, 1900 (Figure 11)



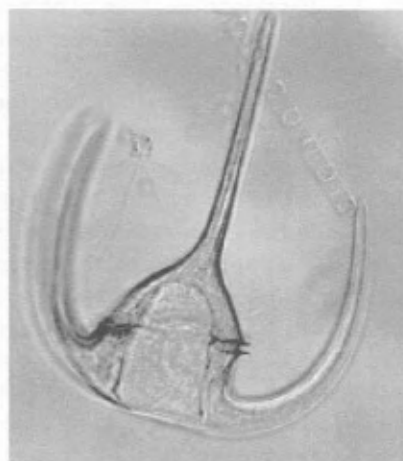
6



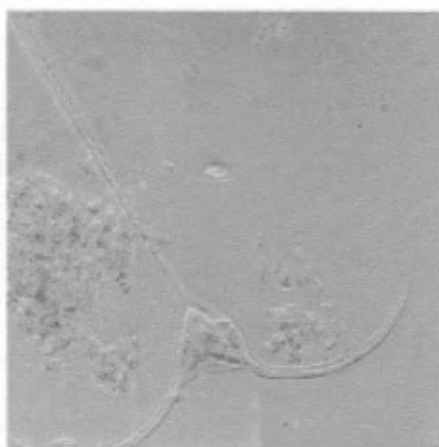
7



8



9



10



11

Figures 6-11. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*, 6. *Ceratium buceros* form *tenuis*, 7. *Ceratium longinum*, 8. *Ceratium contortum* (= *C. arcuatum*), 9. *Ceratium tripos*, 10. *Ceratium macroceros* var. *gallicum*, 11. *Ceratium macroceros*.

Jorgensen, 1920, p. 88, fig. 77; Bohm, 1931, p. 39, fig. 35; Graham & Bronikovsky, 1944, p. 177, fig. 21; Ferguson-Wood, 1968, p. 36, fig. 77; Sournia, 1967, pp. 460-464, figs. 83-85; Steindinger & Williams, 1970, p. 145, pl. XI, fig. 29; Carbonell, 1979, p. 34-35, fig. 12; Balech, 1988, p. 146.

**Description.** - This is a large and solitary species that resembles *C. massiliense*. It has a small angular body that resembles a box. A long slender apical horn emerges from the left half of the epitheca. This straight to somewhat curved horn is slightly bent toward the left side. The epitheca and the hypotheca are of similar size. Both apical margins, on either side of the apical horn base, are convex; the one on the right side is larger and more pronounced than the other. The apical horn length is 5.8 times the height of the body. The basal margin of the hypotheca is straight. Both antapical horns are slender. These horns extend themselves beyond the straight posterior margin of the cell's body almost the same length before they curve or bend outwardly; after the bent zone, the horn is straight or nearly so. The antapical horns start projecting upwardly well below the base of the hypotheca. The left horn bends anteriorly, while the right one does it to the right. The bending of both antapical horns is strongly angular. The right antapical horn is almost diagonal outwardly to the apical horn; the left one is more divergent. The left antapical horn is 3.4 times the height of the body and the right one is 2.4 times. Both antapical horns are finely serrated basally. The right antapical horn base is attached to the body a distance equal to 1-1.3 times the width of the proximal area of the horn below the girdle. The body has a length of about 50 to 60  $\mu$  and the cell is about 270  $\mu$ .

**Remarks** - Five specimens examined.

**Distribution.** - Worldwide distribution in cold temperate to tropical waters of marine coastal and oceanic areas. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Gulf of Mexico, Amazon delta, Straits of Florida (Ferguson-Wood, 1968); Cartagena Bay (Carbonell, 1979).

*Ceratium horridum* (Cleve) Gran, 1902 (Figure 12)

Jorgensen, 1920, p. 96, figs. 86-92; Bohm, 1931, fig. 36; Graham & Bronikovsky, 1944, figs. 23-25; Halim, 1967, p. 720, figs. 11, 36 & 153; Ferguson-Wood, 1968, p. 32, fig. 65; Sournia, 1967, pp. 474-480, figs. 91-96; Balech, 1988, p. 148, pl. 65, fig. 3.

**Description.** - This solitary species has a large to medium size body. It presents a triangular epitheca from which

a straight, relatively broad and short, apical horn emerges from the third section of the epitheca on the left side. Both epitheca edges are convex; the right side margin is less prominent than the left one. The apical horn bends slightly toward the right side. The length of the apical horn is 3.6 times the height of the body. The epitheca and the hypotheca are of similar size. The hypotheca base is flat or slightly convex. The antapical horns start projecting upwardly slightly below the base of the hypotheca. Both horns are level with the posterior margin of the body. These horns are projected outwardly with some forward curvature. The distal portion of the right antapical horn is almost parallel with the apical horn; the left one shows a slight divergence toward the left. The right and left antapical horns are both 2.5 times the height of the body. The base of the right antapical horn is located just over the lower edge of the girdle. Both antapical horns present small wings and fine serrations. The ends of all the horns are closed. The surface of the cells shows various markings. The size of the body is about 50  $\mu$  and the cell is about 150  $\mu$ .

**Remarks** - Several varieties of this species are known. Three specimens examined.

**Distribution.** - Cold temperate to tropical waters of marine coastal and oceanic areas. Wide distribution in the Atlantic, Pacific and Indian oceans. Bahamas Banks, Santaren Channel, Straits of Florida (Ferguson-Wood, 1968).

*Ceratium horridum* var. *burceros* (Zacharias) Sournia, 1966 (Figure 13)

Sournia, 1967, p. 477, fig. 95; Ferguson-Wood, 1968, p. 24, fig. 43; Sournia, 1967, p. 480, fig. 92; Carbonell, 1979, p. 38, fig. 17b.

**Description.** - The cell is fragile, solitary and relatively smaller than *C. horridum*, but is morphological similar to *C. horridum*. The right margin of the epitheca is flat or slightly convex; the left margin is strongly convex. The horns are narrower than in *C. horridum*. The apical horn is straight and sometimes it bends slightly toward the right side of the body. The horn length is 3.2 times the height of the body. The antapical horns start projecting upwardly slightly below the straight basal area of the hypotheca. The right antapical horn is slightly divergent outwardly to the apical horn; the left one shows a much more pronounced divergence toward the left. The right antapical horn is 1.4 times the height of the body and the left one is 2.85 times. The antapical horns are open and present some fine spines basally. The cell can reach lengths between 50 and 200  $\mu$ .

**Remarks** - Twelve specimens examined.

**Distribution.** - Tropical waters in oceanic and neritic areas. Strait of Florida, Benguela Current, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); Cartagena Bay (**Vidal and Carbonell**, 1977; **Carbonell**, 1979).

*Ceratium tenue* var. *tenue* Balech, 1988 (Figure 14)

Balech, 1988, p. 149, pl. 66, fig. 1.

**Description.** - This solitary form is similar to *C. horridum*. The body is almost irregularly pentagonal and of medium size. The epitheca and hypotheca are of similar sizes. The edges of the epitheca are convex to slightly straight; they are both of similar length. The apical horn is long and thin; it is relatively straight except on the basal section, where it is conspicuously bent toward the left. Its length is about 7.9 times the height of the body. The base of the hypotheca is slightly convex. The antapical horns start projecting themselves outward and upwardly slightly below the basal area of the hypotheca. They diverge strongly from one other and from the apical horn. The right antapical horn emerges from a point very close to the girdle. It strongly bends outwardly to continue relatively straight upwardly. Near the distal extreme of the horn, a smooth bending toward the apical horn is observed. The left antapical horn presents a smoother bending in an outwardly direction. The length of the right antapical horn is about 5.2 times the height of the body and the left one is 5.6 times. All the horns are thin and only the apical horn is large in relation to the other two horns. The base of the body is straight or slightly convex. It can reach a length of 112 to 300  $\mu$  (**Balech**, 1988).

**Remarks** - One specimen examined.

**Distribution.** - SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid, 1908 (Figures 15-16)

Jorgensen, 1920, p. 88, fig. 85; Nie, 1936, fig. 33; Graham & Bronikovsky, 1944, p. 179, fig. 22; Halim, 1967, p. 725, fig. 25; Sournia, 1967, pp. 472-473, fig. 89; Ferguson-Wood, 1968, p. 40, fig. 21; Steindinger & Williams, 1970, p. 151, pl. XIV, fig. 36; Carbonell, 1979, p. 37, fig. 16; Balech, 1988, pp. 150-151, pl. 66, fig. 4.

**Description.** - This is a delicate species of large to medium size, and that resembles *C. massiliense*. This soli-

tary species has an U-like configuration. The epitheca and the hypotheca are triangular and of similar sizes. The edges of the epitheca are slightly concave to straight with a bending near the girdle. A long, delicate, straight to slightly curved horn emerges from the epitheca. Its length is 5.1 times the height of the body. The base of the hypotheca is nearly straight to convex. The antapical horns are parallel to the girdle on their proximal ends. The posterior curvature of the antapical horns is symmetrical, smooth and relatively wide, after which it takes an upward and parallel orientation to the apical horn. The length of the right horn is 6.6 times the height of the body and the left one is 7.13 times. The antapical horns are serrated basally. The apical and antapical horns are very large and have a parallel plane orientation to each other over the same body plane. The antapical horns start projecting themselves upwardly below the base of the hypotheca. All the horns are of similar width; they are straight or slightly curved. The cells have a length of 300 to 500  $\mu$ .

**Remarks** - A specimen (Figure 16) that looks like *C. trichoceros* was observed. The apical horn is almost straight and long. Its length is 5.5 times the height of the body. The curvature of the antapical horns is more pronounced. The length of the right antapical horn is 4.3 times the height of the body and the left one is 4.35 times. It presents a similar size as *C. trichoceros*. Six specimens examined.

**Distribution.** - Marine coastal, neritic and oceanic species from warm temperate to tropical waters. World-wide distribution. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); Straits of Florida, Benguela Current, Gulf of Mexico, Sargasso Sea, Gulf Stream, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); Cartagena Bay (**Vidal and Carbonell**, 1977; **Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium massiliense* var. *massiliense* Balech, 1988 (Figure 17)

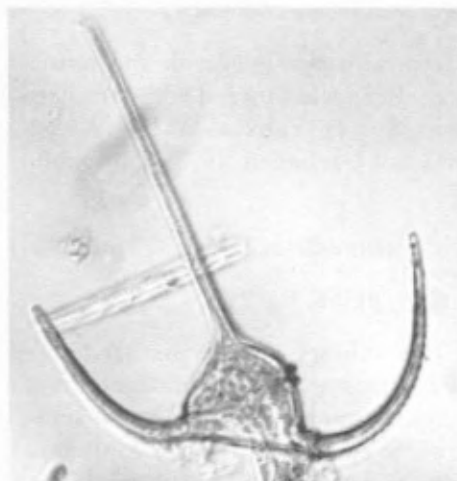
Jorgensen, 1920, figs. 78-79; Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 22; Sournia, 1967, p. 465-469, figs. 87-88; Ferguson-Wood, 1968, p. 36, fig. 78; Steindinger & Williams, 1970, p. 145, pl. XI, fig. 30; Balech, 1988, p. 147, pl. 64, figs. 2, 3 & 5.

**Description.** - This is a solitary species of large size. It is very similar to *C. massiliense* var. *macroceroides*, but the apical straight horn is much shorter than the two antapical horns in this variety. It shows a delicate appearance. Both the apical and antapical horns are nar-





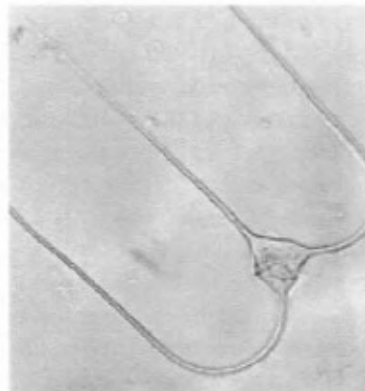
12



13



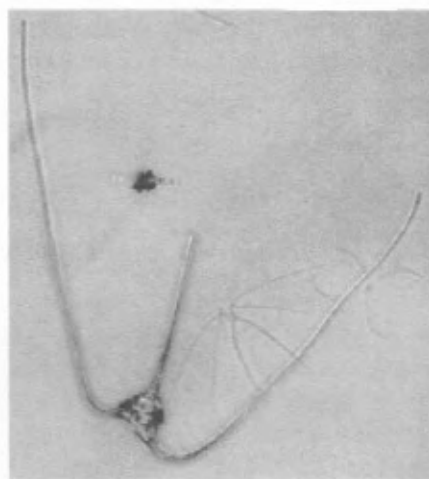
14



15



16



17

Figures 12-17. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*, 12. *Ceratium horridum*, 13. *Ceratium horridum* var. *burceros*, 14. *Ceratium tenue* var. *tenue*, 15-16. *Ceratium trichoceros*, 17 *Ceratium massiliense* var. *massiliense*.

row; the apical horn is almost half the length of the size of the antapical horns. The body has a triangular configuration. The right margin of the epitheca is slightly curved, and the left one is more pronounced. The short apical horn is perpendicular to the girdle and it projects itself from the middle of the epitheca. Its length is about 3.9 times the height of the body. It presents a diagonal straight posterior margin, which allows the proximal extreme of the left antapical horn to be wider than that of the right side. The hypotheca base is concave or nearly straight. The antapical horns start projecting themselves upwardly slightly below the concave basal area of the hypotheca. The length of the right antapical horn is about 10 times the height of the body and the left one is 9.3 times. The left antapical horn curves just before directing itself anteriorly, the right one has a proximal bending and then it bends to the right side of the body. The antapical horns are not straight but waving over all their extension. The antapical horns have the distal extremes open. The basal sections of the antapical horns lack teeth or they are very inconspicuous. The length of the body is 50 to 80  $\mu$  and the cell is 300-360  $\mu$  long.

**Remarks** - Nine specimens examined.

**Distribution** - Marine coastal and oceanic areas. Warm temperate to tropical waters. Cosmopolitan. SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium massiliense form macroceroides* (Karsten) Jorgensen, 1920 (Figures 18-19).

Jorgensen, 1920, figs. 78 & 79; Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 22; Halim, 1967, p. 723, figs. 22, 23 & 41; Ferguson-Wood, 1968, p. 36, fig. 78; Sournia, 1967, pp. 465-469, figs. 87 & 88; Steindinger & Williams, 1970, p. 145, pl. XI, fig. 30.

**Description** - It differs from *C. macroceros* in its larger size and because the bases of the antapical horns lack a rearward direction. The body of this solitary form is small with large and straight horns. The epitheca is triangular and smaller than the hypotheca, which is relatively rectangular. The margins of the epitheca are straight or relatively convex. The left one is steeper. The apical horn is straight, perpendicular to the girdle, projecting itself from the middle or slightly to the left of the epitheca. Its length is 5.9 times the height of the body. The antapical horns start projecting upwardly below the concave basal area of the hypotheca. Both antapical horns present a strong bending; the rest of the extension of the horns is straight to the closed end. The right horn length is about 7 times the height of the body and the left one is 5.6 times. The right horn is displaced further away to the

apical horn. The distal extremes of the two antapical horns reach, over an horizontal line, the proximal second half section of the apical horn. The insertion of the right antapical horn is at a distance equal to 1-1.5 times the width of the basal part of the horns. Over the bending of the antapical horns, some conspicuous serration is observed on the basal section. It shows a body length of about 60  $\mu$  and the cell is 460  $\mu$ .

**Remarks** - Eight specimens examined.

**Distribution** - Marine neritic and coastal. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967).

*Ceratium vultur* var. *japonicum* (Schroder) Wood, 1954 (Figure 20).

Sournia, 1967, p. 481, fig. 96; Ferguson-Wood, 1968, p. 41, fig. 94; Balech, 1988, pp. 151-152.

**Description** - This robust species can be found solitary or forming chains. The epitheca is low and wide, and the hypotheca is almost triangular. The margins of the epitheca are nearly straight to slightly convex. A straight apical horn emerges from the triangular epitheca. The apical horn is long on the cell located on the distal end of the chain, 8.5 times the height of the body; the rest of the cells have a shorter apical horns, 2 times the height of the body. The base of the hypotheca is almost straight. Both antapical horns are well developed and have closed ends. The antapical horns start projecting themselves upwardly slightly below the base of the hypotheca. The left antapical horn starts projecting at a right angle with respect to the apical horn and turns forward; it diverges away from the apical horn. This horn is curved further away from the posterior margin of the cell body. The right antapical horn is parallel to this margin and either bends upward and to the right, or bends beyond the posterior margin of the body and orients itself outwardly; after its elbow, it turns forward to be parallel to the apical horn. The length of the right horn is 5.75 times the height of the body (on the cells with large apical horns) and 6.8 times (on those with shorter apical horns); the left horns are about 4.2 times the height of the body for all the cells in the chain. The size of the cells varies greatly. The body has a height about 80  $\mu$  and the cell ranges between 120 and 396  $\mu$ .

**Remarks** - Eight specimens examined.

**Distribution** - Oceanic areas of warm temperate and tropical waters. Worldwide distribution. Mediterranean Sea, Straits of Florida, northern coast of Brazil. SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium vultur* var. *sumatranum* (Karsten) Sournia, 1967 (Figures 21)

Sournia, 1967, p. 482; Balech, 1988, p. 198, pl. 68, figs. 1.

**Description.** - This variety of the species is found in straight to slightly curving chains. It is quite similar to *C. vultur*. The width of the body is much greater than its height. The epitheca and the hypotheca are of the same height. Both the margins of the epitheca are straight to slightly convex. The apical horn of the distal extreme cell of the chain is a shallow sigmoid; the rest of the cells' horns are straight. The length of the apical horn on the distal extreme of the chain is 9.75 times the height of the body; the length of the rest of the cells are about 1.45 times the height of the body. The antapical horns start projecting themselves upward slightly below the base of the hypotheca. The left antapical horn has a stronger bending at its base, before it projects itself upwardly. The right antapical horn is bent smoothly bend, projecting itself almost diagonally to the girdle. The length of the right horn is 6.0 to 7.75 times the height of the body and the left one is 5.25 to 3.75 times. The height of the body varies between 60 and 80  $\mu$  and the length of the cell is around 54 and 420  $\mu$ .

**Remarks** - Six specimens examined.

**Distribution.** - Neritic. Warm temperate to tropical waters. SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ceratium contrarium* (Gourret) Pavillard, 1905 (Figure 22)

Sournia, 1967, p. 473, fig. 90; Ferguson-Wood, 1968, p. 26, fig. 49; Balech, 1988, p. 151, pl. 66, fig. 5.

**Description.** This species resembles at *C. trichoceros*. It is a solitary form. The body is small. The epitheca and the hypotheca show similar size with triangular-shapes. The right epitheca edge is somewhat convex to nearly straight; the left one is much more pronounced. The apical horn is long, about 6.4 times the height of the body; it is straight, slender and perpendicular to the girdle. The antapical horns start rising upwardly below the base of the hypotheca; they first direct themselves toward a transverse body axis and then the horns are oriented forward, outward, and upwardly. The antapical horns curve themselves outward halfway to the tips and in some cases they curve forward again. Both of them are parallel and as narrow as the apical horn and very long. The right antapical horn is about 6.4 times the height of the body and the left one is 7.6 times. The antapical horns are slightly divergent from the apical horn and from each

other. The distal extreme of both horns reaches almost the last third distal section of the apical horn. The length of the cell ranges between 200 and 400  $\mu$ .

**Remarks** - Four specimens examined.

**Distribution.** - Present in all the oceans with warm waters. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Straits of Florida, Caribbean Sea (Ferguson-Wood, 1968); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

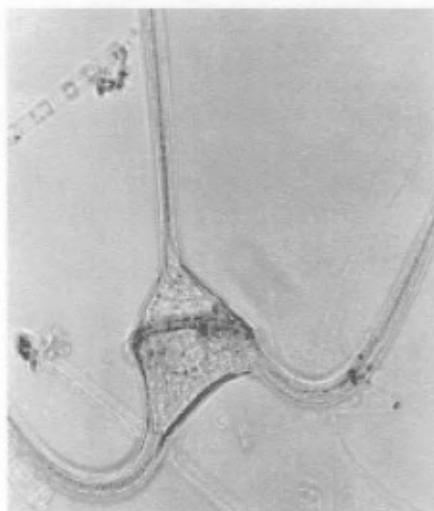
*Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede & Lachmann, 1858-1861 (Figures 23-25)

Jorgensen, 1920, p. 21, figs. 7-12; Bohm, 1931, pp. 8-12, figs. 4-7; Schiller, 1937, pp. 367-368, figs. 404-405; Graham & Bronikovsky, 1944, p. 167, fig. 7; Halim, 1967, p. 716, figs. 7, 8, 19 & 32; Ferguson-Wood, 1968, p. 30, fig. 57; Sournia, 1967, pp. 395-399, figs. 18-22; Steindinger & Williams, 1970, p. 137, pl. VII, fig. 20; Carbonell, 1979, p. 25-26, fig. 2; Balech, 1988, p. 131, pl. 56, figs. 4 & 6.

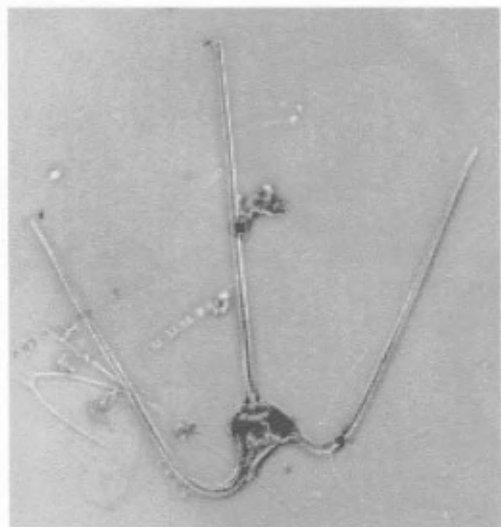
**Description.** - This large solitary species is often confused with *Ceratium hircus* (= *C. furca* var. *hircus*). The antapical horns are not of the same length, and are parallel or slightly divergent to each other. The body is not too robust. The epitheca is higher than the hypotheca. The margins of the epitheca are straight or slightly convex. From it, the apical horn, which can be short or large, merges gradually, oriented slightly away from the vertical central body axis toward the right side. The length of the apical horn is about 1.1 times the height of the body. The base of the hypotheca is slightly concave to flat. Both antapical horns are oriented downwardly from the hypotheca base. The right antapical horn is 2.8 times the height of the body. The length of the left antapical horn is about 0.8 times the height of the body. Both horns are serrated, strong and pointed. Cell length varies between 70 and 160  $\mu$ .

**Remarks** - Some specimens (Figures 24 & 25) which are very similar to *C. furca* were observed. The apical horn is curved slightly toward the right. Two forms are observed, with distinguishable apical and antapical horns. The length of the apical horn is 0.8 times the height of the body on one form and for the other one, it is 1.0 times. The left antapical horn of the first form is 0.75 times the height of the body and for the second form it is about 0.85 times; the right horn is 0.55 and 0.7 times, respectively. Thirty five specimens examined.

**Distribution.** - Coastal areas, estuarine and oceanic waters. Cosmopolitan from cold temperate to tropical waters; absent in the Arctic and Subarctic zones. SE Car-



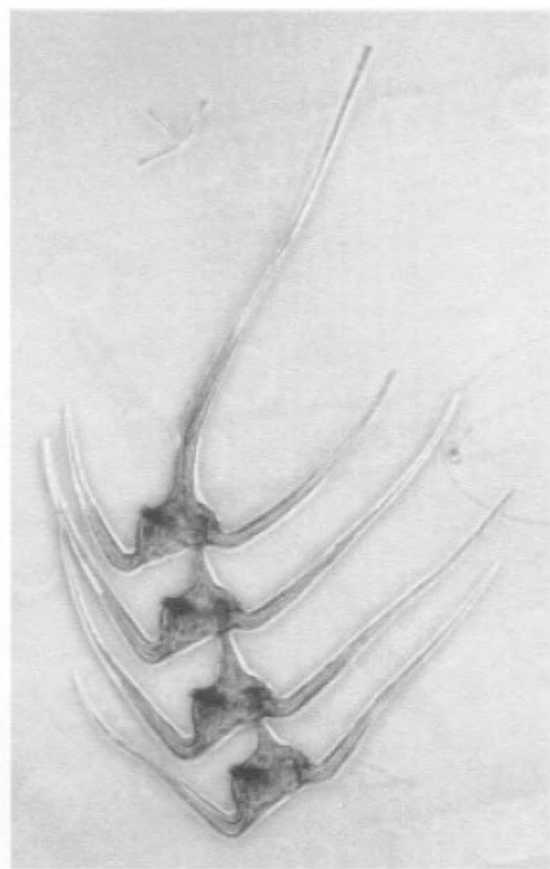
18



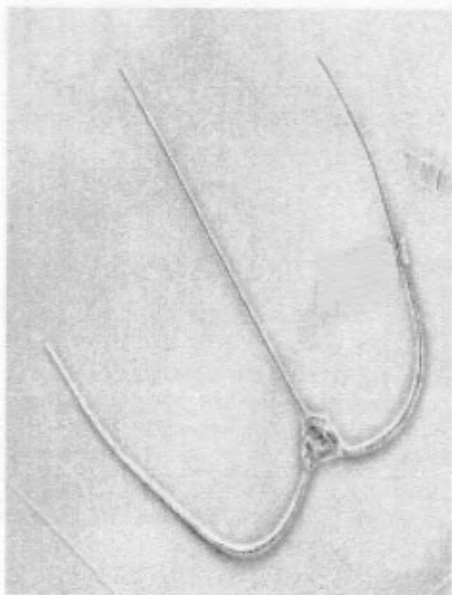
19



20



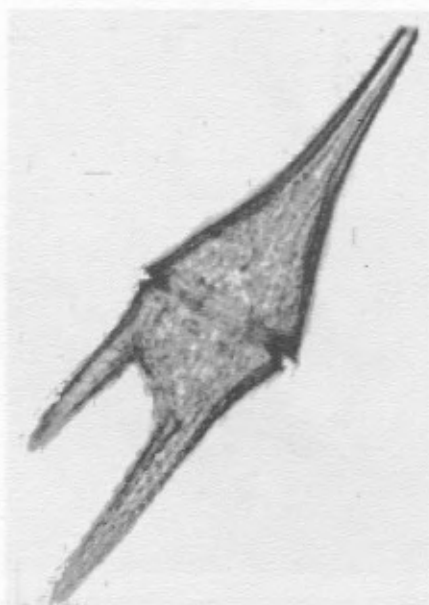
21



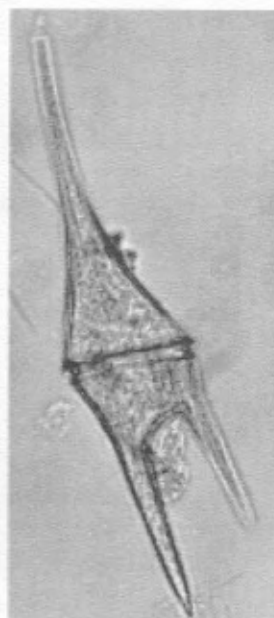
22



23



24



25

Figures 22-25. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*, 22. *Ceratium contrarium*, 23-25. *Ceratium furca*.

ibbean Sea (**Halim**, 1967); Gulf Stream, Gulf of Mexico, Santaren Channel, Strait of Florida, Benguela Current, northern coast of Brazil, Florida Everglades, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); two varieties of the species (var. *furca* and var. *eugranium*) have been reported for the Cartagena Bay (**Vidal and Carbonell**, 1977; **Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

***Ceratium hircus*** Schroder, 1909

= *Ceratium furca* var. *hircus* (Schroder) Margalef ex Sournia (Figure 26)

Nie, 1936, pp. 34-35, fig. 5; Schiller, 1937, p. 369, figs. 404-405; Steindinger & Williams, 1970, p. 141, pl. IX, fig. 24; Carbonell, 1979, pp. 26-27, fig. 3; Balech, 1988, p. 196, pl. 69, fig. 6.

**Description.** - This species is very much like *C. furca* but is larger with a less robust body. It is found solitary in plankton samples. The straight apical horn emerges perpendicular to the girdle from the epitheca. It is 0.7 times the height of the body. Both antapical horns are similar in length. The left antapical horn is 0.7 times larger than the height of the body; the right one is 0.6 times. The antapical horns are toothless, slightly divergent from each other, and directed downwardly from the body. The body has a dark brown to brown-yellow color when alive. The cell length is about 130  $\mu$ .

**Remarks** - Nine specimens examined.

**Distribution.** - SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); Cartagena Bay (**Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean and the neritic areas of the Caribbean Sea (**Balech**, 1988).

***Ceratium pentagonum*** Gouret, 1883 (Figure 28)

Jorgensen, 1920, p. 28, figs. 15-18; Bohm, 1931, p. 13, fig. 9b; Schiller, 1937, p. 371, fig. 408; Graham & Bronikovsky, 1944, p. 169, fig. 10; Curl, 1959, p. 306, fig. 120; Halim, 1967, p. 724, figs. 24 & 60; Ferguson-Wood, 1968, p. 37, fig. 82; Sournia, 1967, pp. 400-404, figs. 23-24; Balech, 1988, p. 128.

**Description.** - The cell, similar to *C. furca*, is large and has a wider the central body area. The body of this solitary species is clearly pentagonal. The sides of the epitheca are straight or slightly convex. A short, straight and relatively broad apical horn emerges from the center of the epitheca. It is perpendicular to the girdle or slightly bent toward the right side. The apical horn length is 0.65 times the height of the body. Both the epitheca and the hypotheca are of similar size. The antapical horns are slightly divergent to each other; they extend further away

from the posterior margin of the body. These horns are short, thick and different in form. The length of the left antapical horn is 0.4 times the height of the body and the right one is 0.25 times. The surface of the body has several prominent ornaments. The body length can vary from 50 to 150  $\mu$  and the cell is about 250  $\mu$  long.

**Remarks** - This species has a very diverse morphology, presenting various forms. One specimen examined.

**Distribution.** - Wide distribution, from eurithermic, between warm temperate and tropical zones, and eurihaline areas of oceanic and neritic waters. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); Bahamas Banks, Santaren Channel, Straits of Florida, Tongue of the Ocean, Benguela Current, Gulf of Mexico, Gulf Stream, Sargasso Sea, northern coast of Florida, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

***Ceratium candelabrum*** (Ehrenberg) Stein, 1883 (Figure 29)

Jorgensen, 1920, p. 11, figs. 5-6; Bohm, 1931, p. 8, fig. 3; Nie, 1936, p. 30, figs. 1-2; Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 6; Halim, 1967, pp. 713-714, fig. 18; Ferguson-Wood, 1968, p. 25, fig. 44; Sournia, 1967, p. 390, figs. 14-17; Balech, 1988, p. 128, pl. 56, figs. 17-18 & pl. 57, figs. 4-5.

**Description.** - The cell looks like *C. furca*, but its body is wider than high. This species is solitary or forms short straight chains. Both the epitheca and hypotheca show similar dimensions; they are relatively flat. The epitheca is obliquely conical and it is tapered in an angle into a short straight apical horn, which is bent slightly to the right from a perpendicular line to the girdle. Both sides of the epitheca are nearly straight or slightly concave; the right side is larger than the left one, which has a more pronounced slope. The length of the apical horn is at least 1.3 times the height of the body. The hypotheca is irregularly triangular and shallow. The antapical horns are divergent laterally from each other and is directed posteriorly far from the posterior margin of the cell. Neither of these horns are parallel to the apical horn and they are oriented outward and downward from the hypotheca base. The length of the right antapical horn is 0.8 times the height of the body and the left one is 1.3 times. Both antapical horns are serrated over the inner side; they are usually thick, straight or slightly curved. The left horn is broader and stronger than the right one. The length of the cell ranges between 100 and 200  $\mu$ .

**Remarks** - Several varieties have been described. Three specimens examined.

**Distribution.** - Marine neritic and oceanic waters from warm temperate and tropical areas. Worldwide distribution. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); Straits of Florida, Benguela Current, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium teres* Kofoid, 1907 (Figures 27-30)

Jorgensen, 1920, p. 28, fig. 18; Nie, 1936, pp. 36-37, fig. 7; Schiller, 1937, p. 372, fig. 409; Graham & Bronikovsky, 1944, fig. 11; Sournia, 1967, p. 405, fig. 28; Ferguson-Wood, 1968, p. 40, fig. 90; Steindinger & Williams, 1970, pl. XIII, fig. 35; Carbonell, 1979, p. 28, fig. 5; Balech, 1988, p. 131, pl. 56, fig. 7.

**Description.** - The body of this solitary species is small with slightly convex sides. The species resembles *C. pentagonium*. The epitheca is conical, larger than the hypotheca, and the hypotheca looks trapezoidal. The apical horn is long, slender and relatively straight. Its length is about 2.3 times the height of the body. The antapical horns are thick and pointed but not sharp. The length of the right antapical horn is about 0.1 times the height of the body and the left one is 0.25 times. Both of these horns are oriented down and outwardly, slightly divergent. The body size ranges between 30 and 50  $\mu$  and the cell varies between 120 and 150  $\mu$ . A specimen (Figure 27) showing a much shorter apical horn, about 0.5 times the height of the body, was observed. Both antapical horns are thicker and stronger in appearance. The length of the right horn is 0.18 times the height of the body and the left one is 0.32 times. The body length varies between 30 and 50  $\mu$ , and the cell reaches 200-300  $\mu$ .

**Remarks** - Nine specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic in subtropical and tropical waters. Bahamas Banks, Santaren Channel, West Channel, Straits of Florida, Benguela Current, Sargasso Sea, Bermuda, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); Cartagena Bay (**Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin, 1841 (Figures 31-32)

Bohm, 1931, p. 14, fig. 10; Graham & Bronikovsky, 1944, p. 169, fig. 12; Curl, 1959, p. 320, fig. 116; Halim, 1967, p. 718, fig. 33; Ferguson-Wood, 1968, p. 29, fig. 58; Sournia, 1967, pp. 408-411, figs. 32-34; Steindinger & Williams, 1970, p. 139, pl. VIII, fig. 21; Carbonell, 1979, p. 29-30, fig. 6; Balech, 1988, pp. 132-133, pl. 54, figs. 5, 6 & 8.

**Description.** - This solitary species is similar to *C. extensus*, but is smaller in size and has a long and slightly curved left antapical horn. It presents a medium to small fusiform cell, is small to medium-sized. The epitheca is 2.2 times higher than the hypotheca. The epitheca merges into a long, and a slightly bent or straight apical horn. This horn is 2.6 times the height of the body. The apical and left tapering antapical horns are fully formed, while the right antapical horn is rudimentary or completely absent. The left antapical horn is long, straight or slightly curved, and about 2.2 times the height of the body. Both the apical and antapical horns are of similar length. The surface of the cell presents various linear markings. The length of the cells vary between 200 and 300  $\mu$ .

**Remarks** - Eleven specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic, coastal and estuarine areas in cold temperate to tropical waters. Cosmopolitan distribution; absent from the Antarctic and sub-Antarctic regions. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); Sargasso Sea, Gulf Stream, Gulf of Mexico, Benguela Current, Pigeon Key, Santaren Channel, West Channel, Straits of Florida, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); Cartagena Bay (**Vidal and Carbonell**, 1977; **Carbonell**, 1979); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

*Ceratium candelabrum* form *commune* Bohm, 1931 (Figure 33)

Bohm, 1931, p. 1, figs. 1-2

**Description.** - This form is solitary and has a larger apical horn, 1.6 times the height of the body. The apical horn is almost perpendicular to the girdle, with a slight curvature along its length and bends toward the right side. The length of the right antapical horn is 0.7 times the height of the body and the left one is 1.4 times. The saw-like teeth are absent from the antapical horns; their sides are smooth. The length of the cell is about 250  $\mu$ .

**Remarks** - Three specimens examined.

**Distribution.** - There are no reports for the Caribbean Sea region.

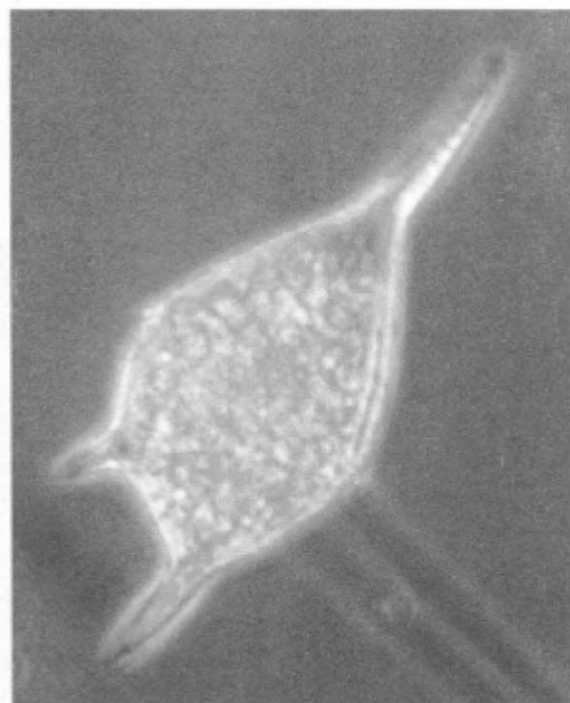
*Ceratium candelabrum* form *curvatulum* Jorgensen, 1920 (Figure 34)

Jorgensen, 1920, p. 15, fig. 6

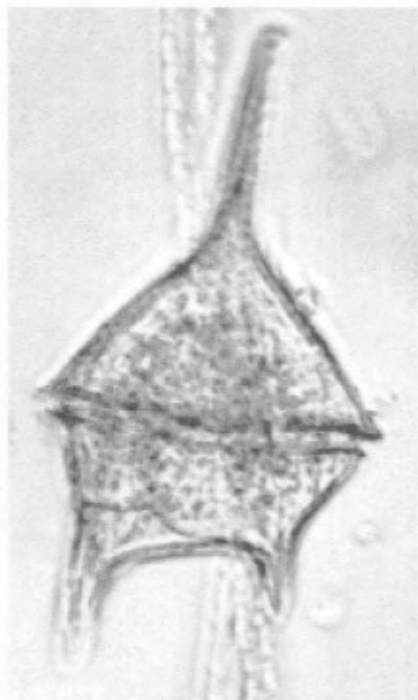
**Description.** - This solitary species is very similar to *C. c.* form *commune*. It presents a very elongated apical horn, usually 3.1 times the height of the body. This horn is slightly curved toward the right side but it is more perpendicular to the girdle than in *C. c.* form *commune*.



26



27



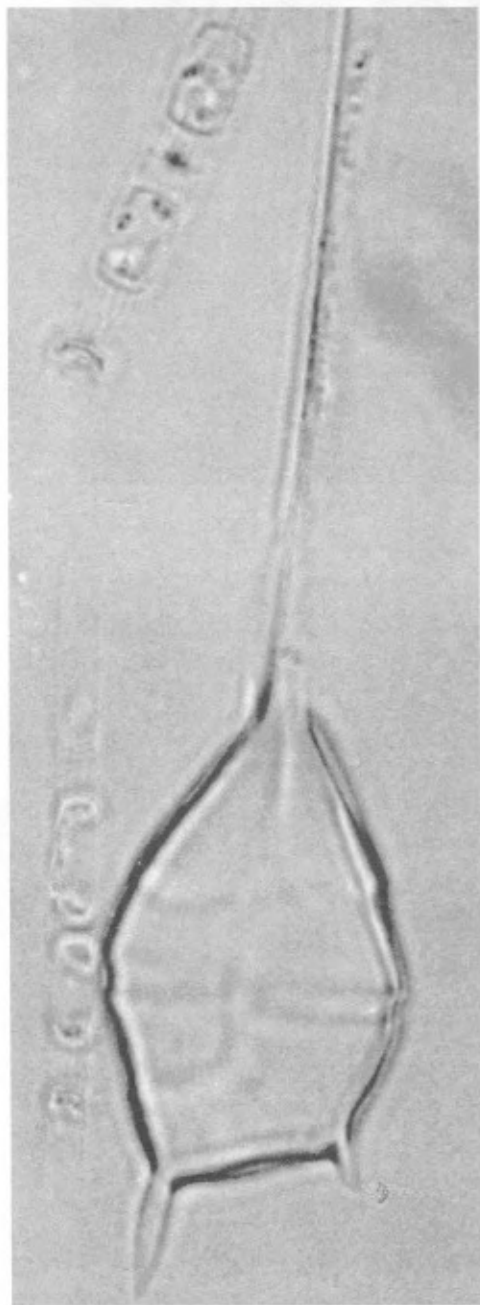
28



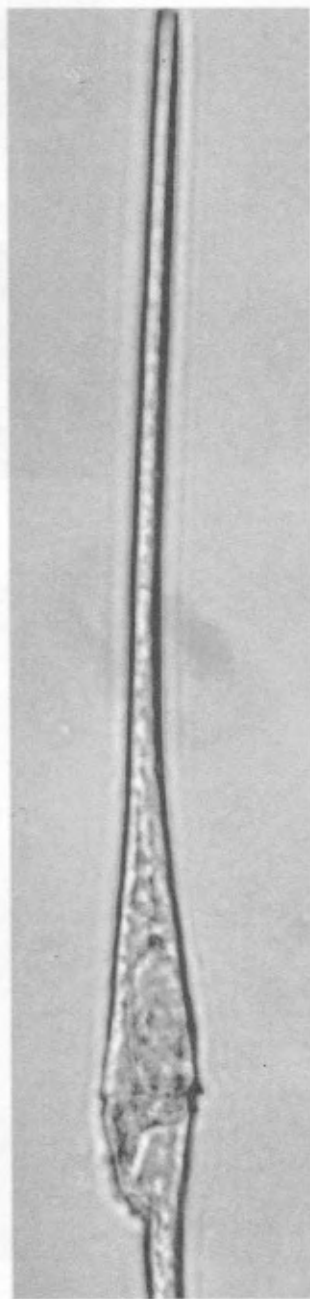
29

Figures 26-29. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*, 26. *Ceratium hircus* (= *Ceratium furca* var. *hircus*), 27. *Ceratium teres*, 28. *Ceratium pentagonium*, 29. *Ceratium candelabrum*.





30



31



32

Figures 30-32. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium*. 30. *Ceratium teres*, 31-32. *Ceratium fusus*.

The length of the right antapical horn is about 0.9 times the height of the body and the left one is 1.6 times. The surface of the antapical horns is smooth, without serrations. The cell length is almost 250  $\mu$ .

**Remarks** - Two specimens examined.

**Distribution.** - There are no reports for the Caribbean Sea region.

*Ceratium extensum* (Gourret) Cleve, 1901 (Figures 35)

Jorgensen, 1920, p. 40, fig. 31; Nie, 1936, p. 40, fig. 11; Halim, 1967, p. 716; Sournia, 1967, p. 412; Ferguson-Wood, 1968, p. 28, fig. 54; Steindinger & Williams, 1970, p. 137, pl. VII, fig. 19; Carbonell, 1979, p. 30, fig. 7; Balech, 1988, p. 133, pl. 55, figs. 1-2.

**Description.** - This is a large species that looks like *C. fusus* (Figs. 31-32). This solitary species looks like two pins joined together. The epitheca is long and conical from which a medium size, straight and narrow apical horn emerges. The apical horn is 1.5 times the height of the body. The hypotheca is almost half the height of the epitheca. The left antapical horn is long, narrow and almost straight. It is about 2.6 times the height of the body. This horn is projected over a parallel line to the apical horn, directed downwardly to the body. The right antapical horn is absent or is needle-like and extremely small. The apical horn is always shorter than the antapical one. The length ranges from 500 to 1.200  $\mu$ .

**Remarks** - Eight specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic areas from tropical waters. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Sargasso Sea, West Channel, Straits of Florida, Benguela Current, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (Ferguson-Wood, 1968); Cartagena Bay (Carbonell, 1979); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

### Genus *ORNITHOCERCUS*

**Description.** - The body of the genus is subcircular to subovate and is compressed laterally. The epitheca is low and looks like a disk. The girdle is broad and bears some large and funnel-like lists, which extend forward from the body. The lists are usually ribbed or reticulated. The left ribbed or reticulated sulcal list is large and resembles a sail extended dorsally to the antapex.

*Ornithocercus quadratus* Schutt, 1900 (Figure 36)

Ferguson-Wood, 1968, p. 86, fig. 242; Balech, 1988, p. 60, pl. 14, fig 10.

**Description.** - The body is rounded. Its girdle is broader over the dorsal side. The epitheca is flattened. Both the anterior and posterior girdle lists have a funnel-shape with many ribs supporting them. The left sulcal list is quadrate; it ends almost parallel to the dorsal plane, with a submarginal rib. The posterior edge of the left list is wide and almost straight, without marked lobes. The anterior list has no appreciable ornaments, but a few radii of varying sizes. The length of the body ranges between 50 and 75  $\mu$ .

**Remarks** - Three specimens examined.

**Distribution.** - Mainly oceanic. Temperate to tropical species from all the oceans. Worldwide distribution. Straits of Florida, Benguela Current (Ferguson-Wood, 1968); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

*Ornithocercus steini* Schutt, 1900 (Figure 37)

Halim, 1967, p. 731, fig. 65; Ferguson-Wood, 1968, p. 86, fig. 244; Balech, 1988, p. 61, pl. 15, fig. 1.

**Description.** - The body is subspheric. The girdle is broader dorsally than ventrally. The epitheca is flattened or oblique. The anterior girdle funnel-like list is supported by a few strong ribs. The posterior list is also supported by numerous ribs. The left sulcal list is wide with its margins rounded and oriented parallel to the body; it ends dorsally. This left list shows four posterior lobes with relatively weak rib. The ribs are uniformly distributed. The last rib reaches the edge of the ventral side of the wing. The cell has a size that ranges between 50 and 70  $\mu$ .

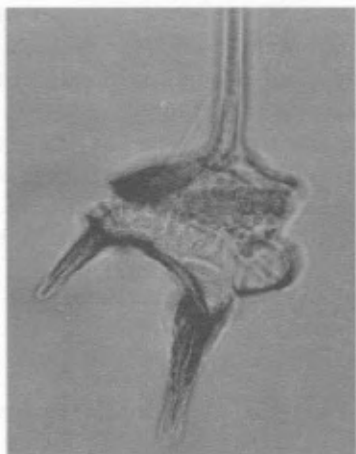
**Remarks** - One specimen examined.

**Distribution.** - Oceanic. Temperate and tropical waters. Cosmopolitan distribution. SE Caribbean Sea (Halim, 1967); Straits of Florida, Benguela Current, Caribbean Sea (Ferguson-Wood, 1968); SW Atlantic Ocean (Balech, 1988).

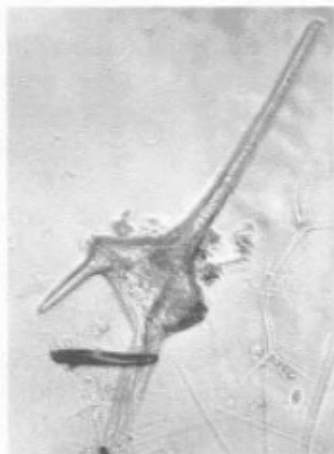
*Ornithocercus magnificus* Stein, 1883 (Figure 38)

Halim, 1967, p. 731; Ferguson-Wood, 1968, p. 86, fig. 241; Balech, 1988, p. 61, pl. 14, figs. 7-8.

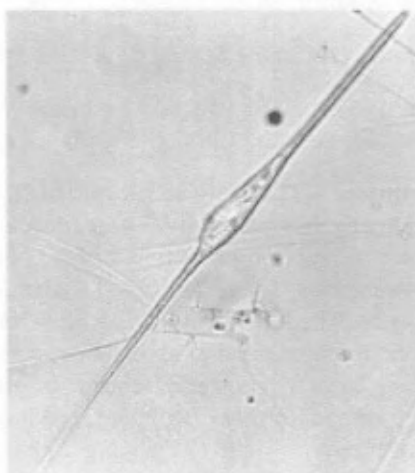
**Description.** - The body is subcircular. The epitheca is flattened or somewhat convex. The girdle list is relatively large, funnel-like and ribbed. The anterior list shows some rays, with a diffuse ornamentation over its surface. The left sulcal list ends over the dorsal side with two or three lobes. The central lobe is held by two or three ribs. The length of the cell ranges between 40 and 100  $\mu$ .



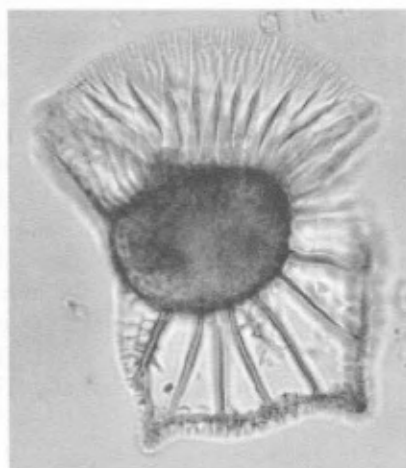
33



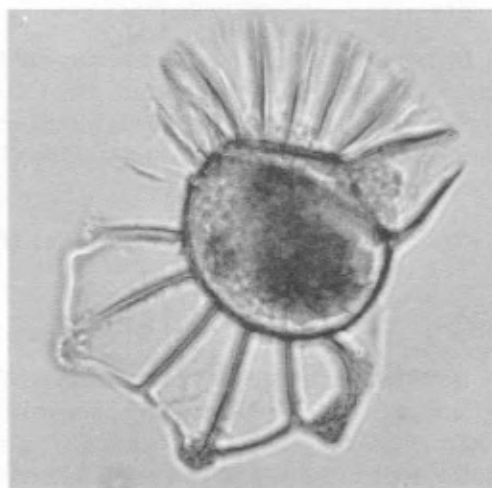
34



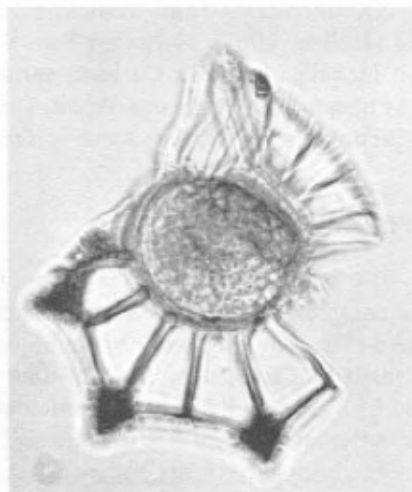
35



36



37



38

Figures 33-38. Dinoflagellates species of the genus *Ceratium* and *Ornithocercus*, 33. *Ceratium candelabrum* form *commune*, 34. *Ceratium candelabrum* form *curvatulum*, 35. *Ceratium extensum*, 36. *Ornithocercus quadratus*, 37. *Ornithocercus steini*, 38. *Ornithocercus magnificus*.

**Remarks** - Two specimens examined.

**Distribution.** - Oceanic. Tropical waters. Cosmopolitan. SE Caribbean Sea (**Halim**, 1967); West Channel, Straits of Florida, Benguela Current, northern coast of Brazil, Caribbean Sea (**Ferguson-Wood**, 1968); SW Atlantic Ocean (**Balech**, 1988).

### Discussion

All of these species and morphotypes are new records for the Gulf of Salamanca. These dinoflagellates belong to the pelagic zone of the water column of neritic and oceanic areas of the Gulf of Salamanca. Most of them have a cosmopolitan or wide distribution reported in the literature, except in polar or very cold waters. Several specimens of dinoflagellates, such as *Ceratium lineatum*, *C. macroceros*, *C. trichoceros*, did not agree completely with either the description or the illustrations of different taxonomic works, which makes the categorization of the species difficult. The first author thinks that there is an urgent need to make exhaustive samplings, analysis and revisions of most of the phytoplanktonic dinoflagellates genera.

### Acknowledgments

This work was made possible by a COLCIENCIAS Grant No. 2105-04-176-94 for the project "Estudio Ecológico-Pesquero del Golfo de Salamanca, Caribe Colombiano. Estimación de la Variabilidad de los Componentes del Sistema". A sincere appreciation is given to Mr. Alfonso Vidal for lending literature and useful advice and to the crews of the ships ARC MALPELO, DARDANUS, B/I ANCON and LA TUTU that assisted in the collection of the samples. Additional thanks are given to two anonymous persons for the revision and critical reading of the manuscript.

### Literature cited

- Balech, E.** 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Especiales Inst. Español de Oceanografía, No. 1.
- Bohm, A.** 1931. Distribution and variability of *Ceratium* in the northern and western Pacific. Bull. Bishop Mus., Honolulu, 87:3-46.
- Carbonell, M.C.** 1979. *Ceratium* Schrank (Peridinales) en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico (CIOH) (2):21-53
- Caycedo, Ivan Enrique.** 1977. Fitoplancton de la Bahía de Nenguange (Parque Nacional Tayrona), Mar Caribe, Colombia. An. Inst. Inv. Mar., Punta Betín (9) :17-44.
- Ferguson-Wood, E.J.F.** 1968. Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas. Univ. Miami Press, 143 pp.
- Graham, H.W. and N. Bronikovsky.** 1944. The genus *Ceratium* in the Pacific and North Atlantic Oceans. Carnegie Inst. Wash. Publ. (565):1-209.
- Halim, Y.** 1967. Dinoflagellates of the South-East Caribbean Sea (East-Venezuela). Int. Revue ges. Hydrobiol. 52(5): 701-755.
- Jorgensen, E.** 1920. Mediterranean Ceratia. Rep. Dan. Oceanogr. Exped. Medietr. 2(Biol. J.1):1-110.
- Nie, D.** 1936. Dinoflagellata of the Hainan region, I. *Ceratium*. Contr. Biol. Lab. Sci. Soc. of China, Zool. Ser., XII(3): 29-73.
- Schiller, J.** 1937. Dinoflagellata (Peridineae) in monographischer Behandlung. (I & II). Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, Leipzig, I (1937): 10(3). Teil 2, pp. 1-589.
- Sournia, A.** 1967. Le genre *Ceratium* (Peridiniens planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une revision mondiale. Vie et Milieu, 18(2-3 A): 375-500.
- Steidinger, K.A. and J. Williams.** 1970. Dinoflagellates. Mem. Hourglass Cruises Mar. Res. Lab., II:1-251.
- Vidal, L.A. and M.C. Carbonell.** 1977. Diatomeas y Dinoflagelados de la Bahía de Cartagena. Fundacion Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, Thesis, 387 pp. 56 plates.

# NEW FROGS OF THE GENUS *ELEUTHERODACTYLUS* FROM THE EASTERN FLANK OF THE NORTHERN CORDILLERA CENTRAL OF COLOMBIA

por

John D. Lynch & José Vicente Rueda-Almonacid<sup>1</sup>

## Resumen

**Lynch, J. D. & J. V. Rueda-Almonacid.** New frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the eastern flank of the northern Cordillera Central of Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cien. 22(85): 561-570, 1998. ISSN 0370-3908.

Se describen cuatro nuevas especies de *Eleutherodactylus* propias de la franja de bosques andinos comprendida entre los 1800 y 2650 m.s.n.m. en Pensilvania y Samaná, departamento de Caldas, y se registra por primera vez para la región a *E. boulengeri*. Con estos nuevos registros, el número de especies de *Eleutherodactylus* para esta pequeña área aumenta a 23. El trabajo de campo más intenso se realizó en las manchas de bosque ubicadas 6 km al SW de Florencia, Caldas, donde se encontraron 17 especies.

**Palabras claves:** Amphibia, Leptodactylidae, especies nuevas, taxonomía, patrón de distribución.

## Abstract

Four additional species of *Eleutherodactylus* are described from the andean forests between 1800 and 2650 meters elevation in the municipios of Pensilvania and Samaná, Departamento de Caldas, on the eastern flanks of the Cordillera Central. Additionally, *E. boulengeri* is reported for the first time from the region. With these reports, 23 species of *Eleutherodactylus* are recorded from this small area. The most detailed field work was carried out in forest patches 6 km SW Florencia, Caldas, where 17 species of the genus were found sympatrically.

**Key words:** Amphibia, Leptodactylidae, new species, taxonomy, distribution pattern

## Introduction

Previously, we (Lynch, 1997, Lynch & Rueda-A, 1997, 1998) have reported 18 species of *Eleutherodac-*

*tylus* from the cloud forests (bosque andino) of eastern Departamento de Caldas (municipios de Pensilvania and Samaná). To these, we add five species in this paper. The *Eleutherodactylus* fauna of the forests of Florencia (Caldas) includes the following described species with their ranges of distribution (along the Caldas transect) indicated in parentheses: *E. actinolaimus* (1850-2000),

<sup>1</sup> Laboratorio de Anfibios, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

*E. babax* (1950), *E. boulengeri* (1850-1940), *E. cabrerai* (1800-2150), *E. dorsopictus* (1800-2650), *E. erythropleura* (1850-2150), *E. factiosus* (1350-2150), *E. fetosus* (1800-2650), *E. lichenoides* (2000-2600), *E. maculosus* (2000-2650), *E. mantipus* (1750-1950), *E. necopinus* (1800-2150), *E. permixtus* (2000-2600), *E. thectopternus* (1800-1950), *E. torrenticola* (1800-2650), *E. tribulosus* (1950-2450), *E. uranobates* (2000-2450), *E. velitis* (1850-2150), and *E. w-nigrum* (1950-2650). This list includes the first report of *E. boulengeri* Lynch for the region, known on the basis of only one adult and one juvenile female (ICN 32291, 41663) from El Estadero. The rarity of this species probably reflects the fact that the collections were made in the lower part of its expected distribution (Lynch, 1981).

Although some additional species remain to be described from lower strata of this transect, we provide here the descriptions of four more species from the upper part of the transect (1800-2650 m), completing the descriptive phase from the *Eleutherodactylus* of this stratum. In the lower part of the transect, one finds four described species not found at higher elevations (*E. bufoniformis*, *E. gaigei*, *E. raniformis*, and *E. taeniatus*).

## Materials and Methods

Terminology and methods follow Lynch & Duellman (1997). The following abbreviations are used in species accounts: E-N (eye to nostril distance), HW (greatest width of head), IOD (interorbital distance), and SVL (snout to vent length). Means are reported as  $\pm 1$  standard error of the mean when sample sizes are adequate. All specimens identified as ICN are housed in the amphibian collection of the Instituto de Ciencias Naturales.

## Accounts of Species

### *Eleutherodactylus helvolus* sp. nov.

**Holotype.** ICN 41664, an adult female collected 6 January 1998 by Taran Grant (original field number, JDL 21372).

**Type-locality.** COLOMBIA, Departamento de Antioquia: municipio de Guatapé, vereda Santa Rita, Hacienda Montepinar, 1840-1890 m.s.n.m. 6° 18' 16" N, 75° 08' 06" W.

**Paratopotype.** ICN 41665, an adult male collected with the holotype by John D. Lynch.

**Paratypes.** ICN 41666 (adult male), 41667-68 (young and juvenile females) collected at "El Estadero", approximately 6 km SW Florencia, municipio de Samaná, Depto.

Caldas, 1800-2000 m between 9 November 1993 and 9 June 1994 by J. Vicente Rueda et al.

**Etymology.** Latin, meaning pale yellow, used in reference to the coloration of the concealed surfaces of the hindlimb in life.

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum smooth except for scattered, flattened, warts, that of venter areolate; no dorso-lateral folds; (2) tympanum prominent, round, 23-31 % eye length; (3) snout subovoid in dorsal view, rounded in lateral profile, short; (4) upper eyelid bearing nonconical tubercle, about as broad as IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores small; (6) males with vocal slits, lacking nuptial pads; (7) first finger shorter than second, fingers bearing round disks, relatively narrow; (8) fingers lacking lateral fringes; (9) ulnar tubercles very low, forming row; (10) no tubercles on heel or tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, about 8 times size of outer; few supernumerary plantar tubercles; (12) toes lacking lateral fringes or webbing; toe disks as large as those of fingers; fifth toe very long; (13) dorsum gray with dark brown markings; no canthal stripe; subocular black spot edged with white anteriorly; posterior surfaces of thighs very lightly pigmented, pale yellow in life; (14) adults small, two males 18.8-19.9 mm, one adult female 25.6 mm SVL.

*Eleutherodactylus helvolus* is thought to be the nearest relative of *E. juanchoi* from which it differs in having yellow rather than carmen flash colors on the concealed surfaces of the limbs and in lacking black hands and feet. Additionally the two can be distinguished in that the canthus rostralis is sharper in *E. juanchoi* and *E. juanchoi* has lateral keels on the digits and nonconical tubercles on the heel. Additionally, *E. helvolus* has inguinal glands, not seen in *E. juanchoi*.

**Description.** Head as broad as body, longer than wide; HW 37.8-38.8 % SVL in males, 37.1-40.1 % in females; snout subovoid in dorsal view, rounded in lateral profile, short, E-N 66.7-80.0 % eye length in males, 72.2-76.0 % in females; nostrils protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis not sharp, concave; loreal region weakly concave, sloping abruptly to lip; lips not flared; no cranial crests; small, nonconical tubercle on posterior part of upper eyelid; upper eyelid width 76.0-87.0 % IOD in males, 70.0-105.3 % in females; supratympanic fold ill-defined; tympanum round, prominent, its length 23.3-24.0 % eye length in males, 25.8-30.6 % in two adult and subadult females, its upper edge obscured by supratympanic fold, separated from eye by its own diameter (in two juvenile females, tympanum length is 13.9-16.0 % eye

length); postrictal tubercles small; choanae round, well median of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, small, elevated, separated medially by distance equal to choanal diameter, bearing 1-2 teeth per odontophore; tongue longer than wide, posterior edge with feeble notch, posterior 3/5 not adherent to floor of mouth; long vocal slits lateral to tongue; subgular vocal sac.

Dorsum smooth except for scattered, flattened warts; no dorsolateral folds; venter areolate; discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath; prominent yellow inguinal gland; arm slender; white flecks denote low ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; subarticular tubercles round, nonconical; fingers lacking lateral fringes; fingers bearing round disks (cerca 1.5 times width of digit below disk on fingers III-IV), least expanded on finger I (Fig. 1); first finger shorter than second; no nuptial pad.

No tubercles or folds on tarsus or heel; inner metatarsal tubercle twice as long as wide, cerca 8 times size of subconical outer; plantar tubercles low, basal and forming row proximal to toe IV; disks of toes as large as those of fingers, round; toes lacking lateral fringes or webbing (however, fleshy tissue encloses basal subarticular tubercle of toe V); toes IV-V fused at base (about 1/2 way between subarticular tubercles of toe V); tip of toe V reaching to distal border of distal subarticular tubercle of toe IV; heels overlapping when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane; shank 46.7-53.2 % SVL in males, 49.6-53.2 % in females.

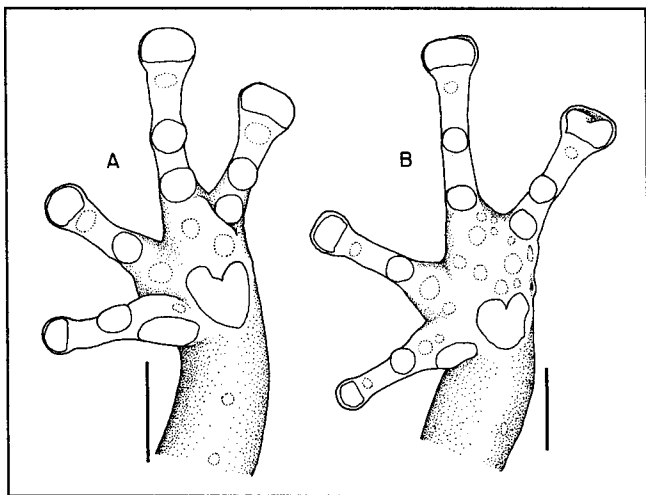


Figure 1. Hands of (A) *Eleutherodactylus helvolus* (ICN 41664) and (B) *E. parectatus* (ICN 41688). Scales equal 2 mm.

**Coloration in ethanol.** Dorsum gray with dark brown spots/blotches forming scapular and sacral chevrons, suprainguinal spots, interorbital bar; limb bars prominent on forearm, shanks, tarsi, broader than interspaces, slightly oblique on shank; no canthal stripe; subocular black spot edged anteriorly by white; anal triangle dark brown; groin, anterior and posterior surfaces of thighs, underside of shank bearing very light stippling of brown; 1-2 small brown spots atop thighs; ventral surfaces stippled with brown, having some tendency to form blotches.

**Coloration in life.** Dorsum pale brown with dark brown marks; cream preorbital bar; venter dull cream mottled with brown; groin, concealed surfaces of thighs and shanks pale yellow; iris with touch of blue dorsally, gray ventrally, with black horizontal band.

**Measurements of holotype in mm.** SVL 25.6, shank 12.7, HW 9.5, head length 9.7, chord of head length 10.4, upper eyelid width 2.0, IOD 1.9, tympanum length 1.1, eye length 3.6, E-N 2.6; width of disk of finger III 1.0.

**Natural history.** This species remains curiously rare (as is true for *E. juanchoi* at all but one locality). The two juvenile females are peculiar in that their tympani are so small relative to other specimens. ICN 41667 is a female just becoming mature (22.2 mm SVL) whereas females 13.2-17.2 mm SVL are juveniles. The two specimens taken at the type-locality were sitting on vegetation within 0.5 m of the ground in a dense forest on a steep hillside. No calling was heard and frog activity was very low when we visited the site during the dry period of El Niño in January 1998. Limited field work at this locality by Dr. Vivian Paez in 1997 did not result in collection of this species. The specimens from El Estadero were collected during a time frame when frog activity was very pronounced but only four individuals were found in three visits; one was found on a leaf beside a stream about 1 m above the forest floor.

**Referred specimen.** ICN 41669, juvenile female from El Estadero.

*Eleutherodactylus lemur* sp. nov.

**Holotype.** ICN 40786, an adult male collected 10 June 1994 by Jose Vicente Rueda (original number PR 15940).

**Type-locality.** COLOMBIA, Departamento de Caldas, Municipio de Samaná, corregimiento de Florencia, El Estadero, ca 6 km SW Florencia, 1850-1950 m.s.n.m.

**Paratopotypes.** ICN 40787-88 (males), 40789-90 (females) collected 7-8 November 1993 and 10 June 1994 by J. V. Rueda et al.

**Paratypes.** CSJ 2321, 2328, 2613, 2620 (males), 2320, 2327, 2329-30, 2618-19 (females) collected at Antadó, Municipio de Ituango, Antioquia, 1600 m.s.n.m. 27-28 May 1989 by John Betancur & Marco Antonio Serna. ICN 40791, male from Hda. Montepinar, vereda Santa Rita, Municipio de Guatapé, Antioquia, 1860 m.s.n.m.

**Etymology.** Latin, meaning "ghost of the departed", used in reference to the pale coloration of the frog in life.

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum finely shagreen with scattered low tubercles, that of venter areolate; no dorsolateral folds; (2) tympanum evident, round; (3) snout acuminate in dorsal view, pointed in lateral profile, very long; (4) upper eyelid with low tubercle, narrower than IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores oval; (6) males with vocal slits, no nuptial pads; (7) first finger shorter than second, outer fingers bearing round disks; (8) fingers bearing narrow lateral keels; (9) ulnar tubercles forming low series; (10) elongate conical tubercle on heel, subconical tubercles along outer edge of tarsus; low inner tarsal fold; (11) inner metatarsal tubercle oval, outer, if present, lost among numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes with lateral fringes, no webbing; toe disks as large as those of outer fingers; fifth toe very long; (13) dorsum cream to pale brown with indistinct pattern including dorsal X-shaped figure; venter cream with white spots; (14) adults small, males 19.3-22.7 ( $\bar{x}$  = 21.5, N = 6) mm SVL, females 24.7-27.8 ( $\bar{x}$  = 26.1, N = 6) mm SVL.

*Eleutherodactylus lemur* is most similar to and probably most closely related to *E. caryophyllaceus* (Barbour) but differs from it in having a prominent calcar on the heel and in having a less prominent tubercle on the upper eyelid.

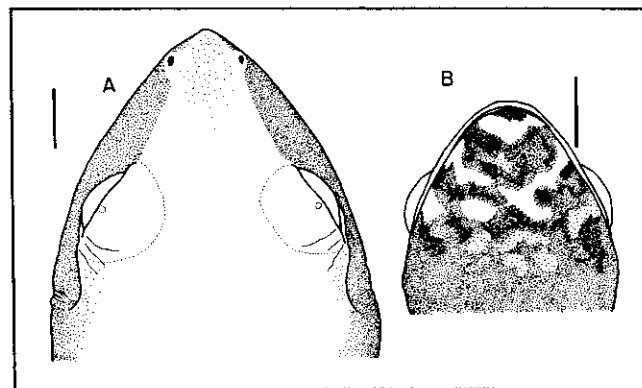
**Description** (for proportions, see table 1). Head large, wide than body; head longer than wide; snout acuminate in dorsal view (Fig. 2), pointed in lateral profile; nostrils weakly protuberant, directed laterally with slight posterodorsal vector; canthus rostralis sharp, weakly concave; loreal region flat, sloping abruptly to lips; lips not flared; upper eyelids narrow, bearing one low tubercle near lateral margin; no cranial crests; supratympanic fold thickened, arching above tympanum; tympanum evident, round, separated from eye by 1.5 times its diameter; postrictal tubercles nonconical; choanae longer than wide, large, well median to maxillary arch; vomerine odontophores oval, median and posterior to choanae, separated by a distance equal an odontophore width, each about size of a choana, bearing slanted row of 2-3 teeth;

tongue longer than wide, posterior 3/5 not adherent to floor of mouth, posterior border notched; short vocal slits posterolateral to tongue.

Dorsum very fine shagreen except slightly coarser on upper eyelids, with scattered slightly elevated black warts; no dorsolateral folds; skin of venter coarsely areolate; discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath; skin of upper surfaces of limbs slightly more coarse than that of dorsum; ulnar tubercles present but very low, antibrachial largest; palmar tubercle bifid, twice size of oval thenar tubercle; supernumerary tubercles numerous, small; subarticular tubercles nonconical, round; fingers bearing round disks, those of outer fingers about twice width of digit below disk, that of thumb scarcely expanded; all disks bear broad ventral pads with complete circumferential grooves; fingers bearing narrow lateral keels; similar keel along outer edge of palm and postaxial surface of finger IV; first finger shorter than second; nuptial pad not evident in males.

Heel bearing long conical tubercle; series of low subconical tubercles along outer edge of tarsus; inner edge of tarsus bearing low fold on distal 1/6; inner metatarsal tubercle twice as long as wide; outer metatarsal tubercle difficult to see amidst areolations on plantar surface; some evidence of crenulations along outer edge of plantar surface; subarticular tubercles round, nonconical; toes bearing lateral fringes, no webbing; toe disks round, expanded, as large as those of outer fingers; tip of toe III reaching middle of penultimate subarticular tubercle of toe IV, that of V reaching to distal 1/2 of distal subarticular tubercle of toe IV; heels broadly overlapping when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane.

**Variation.** Frogs from the Cordillera Occidental have shorter snouts and smaller tympani in each sex (Table 1).



**Figure 2.** (A) Dorsal view of head of *Eleutherodactylus lemur* (ICN 40790) and (B) ventral view of head of *E. parectatus* (ICN 41691).



**Table 1.** Proportions in *Eleutherodactylus lemur*. First line reports range of values, second line the mean (sample size given in parenthesis). For females the Cordillera Occidental, the means are reported as  $\pm 1$  standard error of the mean.

	Tibia/SVL	HW/SVL	Eyelid/IOD	Tymp/eye	E-N/eye
Males C. Central	50.3-56.2	36.9-41.4	54.2-77.3	28.6-35.7	123.1-133.3
	52.9 (4)	39.4 (4)	65.8 (4)	33.1 (4)	130.5 (4)
Males C. Occidental	49.1-53.5	36.7-40.8	52.0-87.5	26.7-30.8	100.0-111.5
	51.3 (5)	38.4 (5)	68.2 (3)	28.9 (4)	105.6 (4)
Females C. Central	52.1-55.2	40.2-43.0	68.8-77.4	36.7	126.7-136.7
	54.0 (3)	41.4 (3)	73.1 (2)	36.7 (2)	131.7 (2)
Females C. Occidental	46.5-56.8	37.3-40.6	67.9-92.9	26.5-31.0	102.9-112.5
	52.1 $\pm$ 1.5 (7)	38.8 $\pm$ 0.4 (7)	82.4 (5)	28.7 $\pm$ 0.6 (7)	108.2 $\pm$ 1.3 (7)

**Coloration in ethanol.** Cream with fine melanophores and small black spots forming Y on snout, interorbital bar, dorsal X-shaped figure, and limb bars. Labial bars and canthal-supratympanic stripe ill-defined, formed by same small black spots. Venter cream with white spots. Some individuals have slight brown vermiculation on throat. Concealed surfaces of limbs lacking pattern (fine stipple of melanophores visible with microscope).

**Coloration in life.** Cream, yellow, or pale brown above with gray, black, or green spots forming dorsal markings; venter white with cream spots. Iris yellow to orange.

**Measurements of holotype in mm.** SVL 22.7, shank 12.3, HW 9.4, head length 9.6, chord of head length 10.4, upper eyelid width 2.0, IOD 3.2, tympanum length 1.0, eye length 2.8, E-N 3.7.

**Natural history.** Male *E. lemur* less than 19 mm SVL are juveniles (no vocal slits) and females 17.1-24.1 mm SVL are immature (straight, thin oviducts and only minute ovarian eggs). In two nights of collecting at Antadó (Antioquia), the late Marco Antonio Serna obtained the majority of individuals known (14) whereas material from Guatapé (Antioquia) and Samaná (Caldas) was obtained very sporadically.

**Referred specimens.** CSJ 2322, 2331, 2335, 2337 (Antioquia, Ituango, Antadó); MHUA 183 (Antioquia, Guatapé, Hda. Montepinar); ICN 32290 (topotype).

*Eleutherodactylus parectatus* sp. nov.

**Holotype.** ICN 9248, an adult female collected by Vicente Rueda 8-9 June 1981 (original number JDL 13202).

**Type-locality.** COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio de Sonsón, 8 km (by road) E Sonsón, on divide, 2780 m.s.n.m.

**Paratypes.** ICN 9247 (female), Antioquia, Mpio. Bello; Serranía de las Valdías, 6.6-8.1 km WSW San Felix, 2850 m.s.n.m.; ICN 41687-90 (females), 41691-93 (males), Caldas, Mpio. Pensilvania, transecto altitudinal entre Km 18, por carretera y Km 28 de la carretera Pensilvania-Arboleda, 2450-2600 m, ICN 41694-95 (males), 2000-2650 m.s.n.m.

**Etymology.** Latin, meaning grown-up or mature; used in reference to our waiting 18 years for adequate materials with which to describe the species.

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum finely shagreen, that of venter areolate; dorsolateral folds to level of sacrum; (2) tympanum round,  $\frac{1}{4}$  to  $\frac{2}{5}$  eye length; (3) snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile, short; (4) upper eyelid bearing short conical tubercle, narrower than IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores oval, low, rarely evident in males; (6) males with vocal slits, subgular vocal sac, lacking nuptial pads; (7) first finger shorter than second, outer fingers with round disks; (8) no lateral fringes on fingers; (9) series

of subconical ulnar tubercles; (10) subconical tubercles on heel, outer edge of tarsus; short inner tarsal fold; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, about 4 times size of outer; numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes with round disks, smaller than those of outer fingers; toes lacking lateral fringes, webbing; fifth toe very long; (13) females brown with little evidence of pattern; males pale brown with darker brown markings; chin bearing brown bands, separated by cream in males; (14) adults small, five males 14.2-16.0 ( $\bar{x}$  = 15.0, N = 5) mm SVL, five females 22.5-27.0 ( $\bar{x}$  = 24.7, N = 5) mm SVL.

*Eleutherodactylus parectatus* is similar to *E. uranobates* but is readily distinguished because it lacks nuptial pads and lateral fringes on the digits. Males of the two are most likely to be confused based on the arrangements of tubercles and the color patterns whereas female *E. parectatus* are very distinctive owing to the near absence of a color pattern.

**Description** (Proportions based of five males and six females). Head narrower than body, as wide as long; HW 36.6-39.4 ( $\bar{x}$  = 37.7) % SVL in males, 36.8-40.4 ( $\bar{x}$  = 38.2) % in females; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile, short, E-N 68.0-73.7 ( $\bar{x}$  = 71.8) % eye length in males, 79.4-93.9 ( $\bar{x}$  = 85.5) % in females; nostrils weakly protuberant, directed laterally; canthus rostralis not sharp, weakly concave; loreal region concave, sloping to lips; lips not flared; upper eyelid bearing short conical tubercle on posterior half (terminis of dorsolateral fold); upper eyelid width 76.5-81.2 ( $\bar{x}$  = 80.0) % IOD in males, 64.3-91.7 ( $\bar{x}$  = 81.0) % in females; no cranial crests; supratympanic fold obsolete, evident only above tympanum; tympanum round, its length 26.3-42.1 ( $\bar{x}$  = 31.4) % eye length in males, 28.0-41.4 ( $\bar{x}$  = 36.2) % in females, superficial, separated from eye by distance equal its own length; two subconical postrectal tubercles; row of subconical tubercles along edge of low lip; choanae small, round, well medial of maxillary arch; vomerine odontophores scarcely evident in males, in females median and posterior to choanae, oval, separated medially by distance equal width of an odontophore, bearing 2-3 teeth in slanted row; tongue longer than wide to nearly round, posterior 2/5 not adherent to floor of mouth, posterior edge not notched; vocal slits short, posterolateral to tongue.

Skin of dorsum finely shagreen with dorsolateral (or paravertebral) folds extending from eye to region of sacrum; folds bearing subconical tubercles; lateral to dorsolateral folds, skin of flanks bears numerous subconical tubercles but none in inguinal region; upper

surfaces of limbs with scattered subconical warts; side of head bearing flattened warts just anterior to tympanum and in loreal region; skin of venter areolate (somewhat more coarse on throat); discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath; pair of enlarged subanal warts; three subconical ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; palm covered with low supernumerary tubercles; subarticular tubercles round, nonconical; fingers slender (lacking lateral fringes or keels), bearing round disks (Fig. 1); disk of thumb not expanded in males, expanded but markedly smaller than other disks in females; outer fingers bear disks larger than tympanum; ventral pad, broader than long, on all disks; first finger shorter than second; thumb of males swollen, lacking nuptial pad.

Subconical tubercle on heel, two subconical tubercles along outer margin of tarsus; inner edge of tarsus bearing short distal fold (1/5 length of tarsus); inner metatarsal tubercle twice as long as wide, about four times size of subconical outer metatarsal tubercle; entire plantar surface covered with low supernumerary tubercles; basal subarticular tubercles round, nonconical, distal tubercles of toes III-IV longer than wide; toes lack lateral fringes (at best, faint keels present) and webbing; disks of toes expanded, smaller than those of outer fingers, round, with broad ventral pads; tip of toe V reaches to middle or proximal third of distal subarticular tubercle of toe IV, tip of III reaches to distal border of penultimate subarticular tubercle of toe IV; heels broadly overlapping when flexed hindlimbs perpendicular to sagittal plane; shank 49.3-53.8 ( $\bar{x}$  = 51.1) % SVL in males, 49.2-55.5 ( $\bar{x}$  = 53.2) % in females.

**Coloration in ethanol.** Females: dark brown with diffuse black mottling dorsally; facial markings, limb bars and anal triangle scarcely distinguishable; ventral surfaces dark brown with nearly black V-shaped marks on anterior part of chin. Males: facial markings, interorbital triangle, scapular and sacral chevrons brown on paler brown ground color; dorsolateral folds cream; venter dirty cream with brown mottling; throat darker brown with even darker V-shaped marks separated by cream areas (Fig. 2); limb bars narrower than interspaces, oblique on shanks.

**Coloration in life.** Brown above with darker brown markings (hardly visible in females); venter brown in females with scattered white tubercles, cream mottled with brown in males; posterior surfaces of thighs dark brown, with rose cast; throat barred with dark brown outline by dull cream; iris gray-brown to chocolate.

**Measurements of holotype in mm.** SVL 24.7, shank 13.7, HW 9.3, head length 9.3, chord of head length 10.0, upper eyelid width 1.8, IOD 2.8, tympanum 1.2, eye length 3.0, E-N 2.5.

**Natural history.** *Eleutherodactylus parectatus* is a rare frog. Single specimens were found during our explorations of the "paramo" de Sonsón and the Serranía Las Valdías in 1981 and in several trips to the forests in the Florencia region, the species was found only at higher sites. A female 20.4 mm SVL shows evidence of oviductal convolutions but has only small ovarian eggs and another (vr 4919) is a juvenile female 19.2 mm SVL.

**Distribution.** The failure of collectors to find this species in the vicinity of El Estadero suggests to us that the species occupies an elevational stratum above that site. Using the records for which we have precise altitudinal data, we place the species in the 2450-2850 m stratum of the forests in the northern part of the Cordillera Central. As such, its distribution is discontinuous.

**Referred specimens.** ICN vr 4919. Depto. Caldas, Pensilvania, Km 24 carretera Pensilvania-Arbolela, sitio Puerto Suárez, 2000-2150 m.s.n.m.

**Remarks.** Our initial impression is that this species is a member of the *E. leptolophus* group as identified by Lynch (1991). As such, it is sympatric with two other species of the group (*E. maculosus* and *E. uranobates*).

*Eleutherodactylus suetus* sp. nov.

**Holotype.** ICN 41726, an adult female, one of a series collected by J. Vicente Rueda and others 9 June 1994 (original field number VR 4500).

**Type-locality.** COLOMBIA, Departamento de Caldas, municipio de Samaná, corregimiento de Florencia, sitio El Estadero, 1850-1950 m.s.n.m. (approximately 6 km SE Florencia).

**Paratopotypes.** Males, ICN 41702-14 (6-11 Nov., 1993), 41723-25, 41727-35, 41747 (June 1994), females, ICN 41698, 41715 (Nov. 1993), 41722, 41736-40 (June 1994).

**Paratype.** ICN 10002 (female), Departamento de Antioquia, municipio de Sonsón, 8 km E (by road) Sonsón, 2780 m.s.n.m.

**Etymology.** Latin, *suetus*, meaning customary. This small frog matches the expectations of most herpetologists that frogs of the genus *Eleutherodactylus* are small drab brown frogs.

**Diagnosis.** (1) Skin of dorsum finely shagreen, that of venter areolate; dorsolateral folds poorly developed; (2) tympanum round, its length 18-41% eye length; (3) snout round in dorsal view, rounded in lateral profile, short; (4) upper eyelid narrower than IOD, bearing low tubercles; no cranial crests; (5) vomerine odontophores low, usually not visible in males; (6) males with vocal slits, nuptial pads; (7) first finger shorter than second, fingers bearing expanded, round disks; (8) fingers bearing lateral keels; (9) ulnar tubercles low; (10) nonconical tubercles on heel, outer edge of tarsus, inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, ca 6 times size of subconical outer; numerous supernumerary plantar tubercles; (12) toes bearing lateral keels, no webbing; toe disks as large as those of fingers; fifth toe very long; (13) dorsum pale brown with darker markings; venter brown; posterior surfaces of thighs brown; (14) adults small, males 13.9-18.2 ( $\bar{x}$  = 16.5  $\pm$  0.2, N = 26) mm SVL, females 20.7-23.0 ( $\bar{x}$  = 21.9  $\pm$  0.3, N = 9) mm SVL.

*Eleutherodactylus suetus* is smaller than all other species of the group except *E. incomptus* and *E. ptochus*. It differs from each of these in having smaller digital disks. It differs from *E. ptochus* in having the disk of the thumb expanded, low dorsolateral folds, ulnar and outer tarsal tubercles, lateral keels on the fingers, and uniform brown posterior surfaces of the thighs (flecked with cream in *E. ptochus*). In life, the two differ by iris color (yellowish in *E. ptochus*, brown in *E. suetus*).

**Description** (proportions based on 19 males and 11 females). Head as wide as body in males, wider than body in gravid females; head slightly longer than wide; HW 34.8-39.8 ( $\bar{x}$  = 37.1  $\pm$  0.3) % SVL in males, 37.3-40.6 ( $\bar{x}$  = 38.8  $\pm$  0.3) % in females; snout round in dorsal view, rounded in lateral profile, short, E-N 65.4-86.4 ( $\bar{x}$  = 75.8  $\pm$  1.1) % eye length in males, 65.6-92.3 ( $\bar{x}$  = 80.5  $\pm$  2.1) % in females; nostrils weakly protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis rounded but evident, concave; loreal region concave, sloping abruptly to lips; lips not flared; upper eyelid bearing on small tubercles, upper eyelid width 75.0-100.0 ( $\bar{x}$  = 88.2  $\pm$  1.6) % IOD in males, 78.3-100.0 ( $\bar{x}$  = 89.4  $\pm$  2.4) % in females; no cranial crests; supratympanic fold low; tympanum round, its length 18.2-33.3 ( $\bar{x}$  = 27.4  $\pm$  1.1) % eye length in males, 26.1-40.6 ( $\bar{x}$  = 34.0  $\pm$  1.1) % in females, separated from eye by distance equal its length; postrectal tubercles nonconical; choanae round, well median of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, very low, each bearing a clump of 3-4 teeth, about size of a choana, seldom visible in males; tongue longer than wide, bearing a shallow notch on its

posterior edge, posterior 2/5 not adherent to floor of mouth; short vocal slits posterolateral to tongue.

Skin of dorsum finely shagreen, with scattered low tubercles (snout, shoulders, above pelvis) in males, nearly smooth in females; dorsolateral folds indicated as low fold evident only along midbody; skin of venter areolate; discoidal folds evident, well anterior to groin; no anal sheath or perianal tubercles; ulnar tubercles low, forming row, antebrachial largest; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles numerous; subarticular tubercles round, nonconical; fingers bearing lateral keels and round disks; disks present on all fingers but smallest on inner fingers (Fig. 3); first finger shorter than second; males have a white nuptial pad on each thumb.

Nonconical tubercle on heel and series along outer edge of tarsus; inner edge of tarsus bearing one tubercle on distal 1/6 of tarsus; inner metatarsal tubercle 2.5 times as long as wide, about six times size of subconical outer metatarsal tubercle; supernumerary plantar tubercles numerous, most prominent at bases of toes; subarticular tubercles round, nonconical; toes bearing lateral keels but no webbing; tip of toe V reaches to distal edge of distal subarticular tubercle of toe IV, that of toe III to distal edge of penultimate subarticular tubercle of toe IV; heels broadly overlapping when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane; shank 47.5-54.0 ( $\bar{x}$  = 49.8  $\pm$  0.4) % SVL in males, 47.3-55.3 ( $\bar{x}$  = 49.9  $\pm$  0.7) % in females.

**Coloration in ethanol.** Dorsum cream, pale brown, or gray with little evidence of slightly darker dorsal pat-

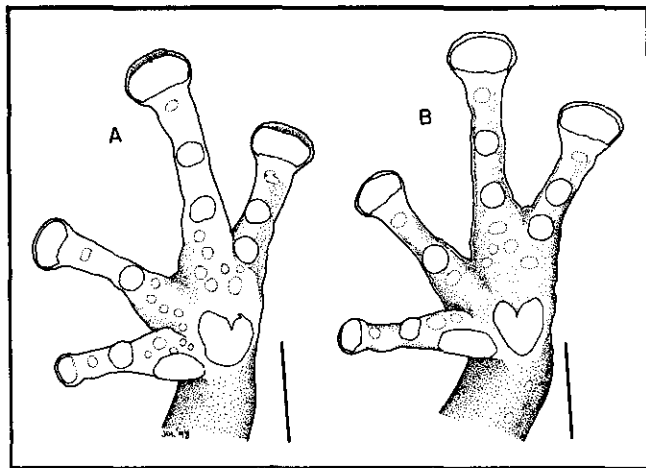


Figure 3. (A) Hands of *Eleutherodactylus ptochus* (ICN 39780) and (B) *E. suetus* sp. nov. (ICN 41737). Scales equal 2 mm.

tern (interorbital bar, occipital W, sacral chevron, suprainguinal spots); flanks barred with with pale to darker brown; limb bars oblique on shanks, slightly narrower than interspaces; brown markings on face (two subocular spots, supratympanic blotch, black spot at anterior corner of eye); posterior surfaces of thighs brown; anal triangle dark brown, bordered above by cream line; venter brown.

**Coloration in life.** Dorsum pale reddish-brown with dark brown markings; limb bars very dark brown to black; anal triangle black; ventral surfaces pale gray; iris brown with reddish horizontal stripe (J. V. Rueda fieldnotes, 6 November 1993).

**Measurements of holotype in mm.** SVL 22.5, shank 11.2, HW 8.8, head length 8.8, chord of head length 9.2, upper eyelid width 2.5, IOD 2.5, tympanum 1.3, eye length 3.2, E-N 2.1, width of disk of finger III 1.1.

**Natural history.** These frogs were found at night, perched atop leaves 0.3-1.0 meters above the forest floor. The holotype was found in amplexus with ICN 41725, a male 16.6 mm SVL. A single juvenile male (ICN 41749) was found (13.2 mm SVL) whereas juvenile females (straight, thin oviducts) are 14.1-17.0 mm SVL.

**Referred specimens (juveniles).** Topotypes. ICN 41699-701, 41716-21, 41741-46, 41749. Caldas, Pensilvania, transecto altitudinal desde Km 18 hacia Km 28 de la carretera Pensilvania - Arboleda, 2000-2650 m.s.n.m, ICN 41748.

**Remarks.** Only limited pattern polymorphism is observed in this species. Fifteen individuals (ten males and five females) have broad cream dorsolateral bands. There may be a male bias to this pattern (27 males and 27 females are available).

Although we cannot point to concrete characters to support our opinion, we think that *E. suetus* is the sister species of the recently described *E. ptochus* (Lynch, 1998) from the Cordillera Occidental.

## Discussion

The "eastern Caldas" transect covers an altitudinal range from 620 to 2650 m and includes records of 27 described species of *Eleutherodactylus* (and four additional species currently without names). Such a level of diversity is comparable to the very rich faunas of the Pacific lowlands and adjacent highlands (Lynch, 1998, Lynch & Duellman, 1997) in spite of the poor contribution of the lowlands of the Middle Magdalena (four spe-

cies). The difficulty in finding suitable habitat (and frogs) in the lower reaches of the transect causes us to be circumspect in claiming that we have done sufficient sampling of the transect. At least one other highland species, *E. piceus* (Lynch et al., 1996) is expected based on its occurrence to the north and south of the transect.

The Caldas transect is best contrasted with those from the Cordillera Occidental in part because we think we have identified a series of sister species shared by these two areas: *E. deinops* and *E. torrenticola*; Pacific versant species of the *E. diaphonus* group (*E. albericoi*, *E. diaphonus*, *E. diogenes*) and *E. lichenoides*; *E. juanchoi* and *E. helvolus*; and *E. ptochus* and *E. suetus*. The fifth pair of elements of this pattern (*E. ruizi* and *E. necopinus*) is more diffuse because *E. necopinus* is widely distributed across the northern part of the Cordillera Central. To these putative pairs of sister species, one might also add the wide-spread taxa shared by the Cordillera Occidental and the northern part of the Cordillera Central (*E. babax*, *E. cabrerai*, *E. erythropleura*, *E. mantipus*, and *E. thectopternus*) although such wide-spread taxa are not biogeographically informative (except in phenetic biogeography).

Using the approach of Lynch & Duellman (1997:172), the fauna of the Caldas transect is peculiar in two ways: (1) it is exceptionally rich in comparison with the entire Amazonian flanks of the Andes of Ecuador and (2) the species poverty below 1800 m. The poverty below 1800 meters may reflect nothing less than the impact of the *zona cafetera* upon a once even richer biota (Fig. 4). Unfortunately, the *zona cafetera* has been the equivalent of an ecological association for much longer than there have been biologists investigating the small vertebrate fauna of the Colombian Andes and we will never know what has been lost. We surmise that the cleaning activity of *cafetales* has rendered reproductive activity moot for organisms that depend on a nearly permanently moist leaf litter (such as frogs of the genus *Eleutherodactylus*).

### Acknowledgments

Brian Bock, John Estrada, Taran Grant, and Vivian Paez accompanied JDL in the field in January 1998. During various trips to the forests in the Pensilvania-Samaná region, JVR was aided by Cesar Barbosa, Alirio Fajardo, Humberto Piñeros, Favio Quevedo, Juan Renjifo, and Nicolas Rueda during fieldwork. Dr. Jorge Hernández and Señor Segundo Zuluaga provided logistic support to JVR. Material was loaned by Alberto Zamudio (Colegio San Jose) and Vivian Paez permitted JDL to study material in

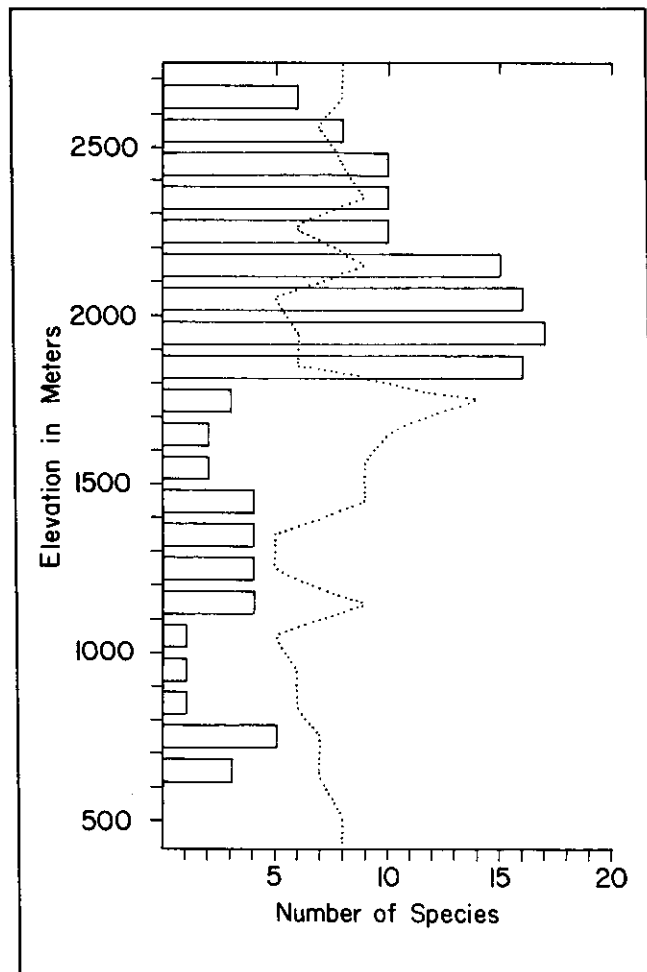


Figure 4. Number of species of *Eleutherodactylus* at 100-m increments along the transect in eastern Departamento de Caldas (open bars) contrasted with the number of species for a transect (Guamaní-Santa Cecilia) on the eastern slopes of the Andes in Ecuador (dotted lines).

her care (Museo Herpetologico Universidad de Antioquia, MHUA).

### Bibliografía

- Lynch, J. D. 1981. Two new species of *Eleutherodactylus* from western Colombia (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). Occasional Papers Museum of Zoology of the University of Michigan (697): 1-12.
- \_\_\_\_\_. 1991. New diminutive *Eleutherodactylus* from the Cordillera Central of Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). Journal of Herpetology 25: 344-352.
- \_\_\_\_\_. 1997. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* II. A review of the *Eleutherodactylus sulcatus* group. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 21 (80): 353-372.

\_\_\_\_\_. 1998. New species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of western Colombia with a synopsis of the distributions of species in western Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22 (82): 117-148.

\_\_\_\_\_. & W. E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology and biogeography. *Natural History Museum of the University of Kansas, Special Publication* (23): ii + 1-236 p.

\_\_\_\_\_. & J. V. Rueda-Almonacid. 1997. Three new species of frogs (*Eleutherodactylus*) from cloud forests in eastern Departamento de

Caldas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21 (79): 131-142.

\_\_\_\_\_. 1998. Additional new species of frogs (genus *Eleutherodactylus*) from cloud forests of eastern Departamento de Caldas, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22 (83): 287-298.

\_\_\_\_\_. P. M. Ruiz-Carranza & M. C. Ardila-Robayo. 1996. Three new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from high elevations of the Cordillera Central of Colombia. *Caldasia* 18: 329-342.

# RANAS CENTROLENIDAE DE COLOMBIA XI. NUEVAS ESPECIES DE RANAS CRISTAL DEL GÉNERO *HYALINOBATRACHIUM*

por

Pedro M. Ruiz-Carranza\* & John D. Lynch\*\*

## Resumen

**Ruiz-Carranza, P.M., & J.D. Lynch:** Ranas Centrolenidae de Colombia XI. Nuevas especies de ranas cristal del género *Hyalinobatrachium*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22**(85): 571-586, 1998 ISSN 0370-3908.

Se reconocen doce especies del género *Hyalinobatrachium* en Colombia. Tres especies nuevas se nominan incluyendo dos de los flancos de la Cordillera Oriental y una de las mesetas de Chiribiquete, amazonia colombiana. Se proporciona una evaluación de los caracteres utilizados en la sistemática y taxonomía de las especies de *Hyalinobatrachium*.

**Palabras claves:** Amphibia, Anura, Centrolenidae, *Hyalinobatrachium*, Taxonomía, Sistemática, ranitas de vidrio, nuevas especies, Colombia.

## Abstract

Twelve species are recognized of the genus *Hyalinobatrachium* in Colombia. Three new species are named including two from the slopes of the Cordillera Oriental and one from the Serranía de Chiribiquete in the colombian Amazon. A review of the characters used in the systematics and taxonomy of species of *Hyalinobatrachium* is provided.

**Key words:** Amphibia, Anura, Centrolenidae, *Hyalinobatrachium*, Taxonomy, Systematics, glass frogs, new species, Colombia.

\* Profesor Especial del Instituto de Ciencias Naturales, fallecido en Bogotá el 12 de septiembre de 1998

\*\* Profesor Asociado, Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

## Introducción

En nuestro trabajo sobre la extraordinaria fauna controlénida de Colombia, tenemos casi relegadas (Barrera & Ruiz-C., 1989) a las ranas de vidrio del género *Hyalinobatrachium*. Estas ranitas son especialmente atractivas en vida porque la transparencia de las paredes de su cuerpo permite ver fácilmente sus intestinos y su estómago blancos, la vesícula biliar verde, el rojo de los vasos y a veces el latido de su corazón. En un trabajo anterior (Ruiz-C. et al., 1996) reconocemos registros colombianos de siete especies (*H. aureoguttatum*, *H. chirripoi*, *H. colymbiphyllum*, *H. fleischmanni*, *H. orientalis*, *H. pulveratum*, *H. valerioi*), con algún escepticismo nos reservamos el registro de *H. orientalis* hecho por Cannatella & Lamar (1986). El estudio de las ranas del género *Hyalinobatrachium* presenta dificultades especialmente cuando se trata de especímenes preservados porque las características que ostentan son muy sutiles (Starrett & Savage, 1973). No obstante, un buen número de especies ha sido asignado a las ranas de este género, principalmente en Centroamérica (Starrett & Savage, 1973), en Venezuela (Rivero, 1985) y en el SE del Brasil (revisión de Heyer, 1985). Los análisis de Heyer, 1985 y Starrett & Savage (op.cit.) dan como resultado una considerable reducción del número de especies reconocidas en cada una de estas áreas. Hasta la fecha, las especies de Venezuela no han sido revisadas.

Ruiz-C. & Lynch (1991a) propusieron el género *Hyalinobatrachium* para una serie de ranas usualmente referidas como *Centrolenella* del grupo *fleischmanni* y reconocieron tres grupos de especies dentro del género, uno con tres especies que se encuentran en el SE del escudo brasileño (grupo *parvulum*), otro para un par de especies de la América Central y NO de Sur América (grupo *pulveratum*) y el tercero (grupo *fleischmanni*) para 19 especies nominales distribuidas desde el S y O de México hasta Bolivia y las Guyanas. Las diferencias mencionadas en estos grupos se refieren al color de los huesos en vida (blancos o verde pálido), a la presencia o ausencia de dientes vomerinos y a la presencia o ausencia de guanóforos en el pericardio, tracto digestivo y vejiga urinaria. Las ranas del grupo *pulveratum* tienen en vida huesos verde pálido, dientes vomerinos y guanóforos sobre el pericardio y tracto digestivo (pero no sobre la vejiga urinaria), mientras que las ranas del grupo *parvulum* varían en el color de los huesos y la dentición vomerina pero tienen guanóforos en el pericardio y vejiga urinaria (pero no sobre el tracto digestivo) y aunque hay ambigüedad en los nombres de las formas de Venezuela, las ranas del grupo *fleischmanni* fueron caracterizadas

por tener huesos blancos, guanóforos sobre el tracto digestivo (pero no sobre la vejiga urinaria), una expresión variable de guanóforos sobre el pericardio y por la falta de dentición vomerina. Posteriormente Ayarzagüena (1992), Duellman & Schulte (1993), McCranie & Wilson (1997) y Señaris & Ayarzagüena (1993) nominaron y adicionaron cinco especies, de las cuales cuatro son del grupo *fleischmanni* y una posiblemente del grupo *pulveratum*. Nuestro estudio del material colombiano de *Hyalinobatrachium* da como resultado el reconocimiento de doce especies: *H. aureoguttatum* (Barrera & Ruiz-C.), *H. chirripoi* (Taylor), *H. colymbiphyllum* (Taylor) *H. fleischmanni* (Boettger), *H. munozorum* (Lynch & Duellman), *H. petersi* (Goin) comb. nov., *H. pulveratum* (Peters), *H. valerioi* (Dunn), tres especies indescritas y una probablemente descrita por Rivero (1985). Dos de éstas se registran por primera vez en Colombia: *H. munozorum* (ICN 5031-34; 39503) conocida del piedemonte llanero en el Departamento del Meta: municipio de Restrepo a 3Km.N de Restrepo, Salinas de Upín, quebrada La Salina 740m.s.n.m., vereda Santa Lucía, quebrada del Ortez, 920-980m.s.n.m.; municipio Acacias, vereda Alto de San Juan, Km 18 carretera alterna al Llano, y *H. petersi* (ICN 36889, 36990-97, 40686) conocida de dos localidades en el Departamento de Nariño, municipio Barbaças, corregimiento Altaquer, ca bocatoma, quebrada La Carbonera, 1020-1400m.s.n.m.; municipio Ricaurte, Km. 15 carretera Ricaurte-Altaquer, 1240m.s.n.m.

## Revisión de caracteres

**PERICARDIUM:** Starrett & Savage (1973) llamaron la atención sobre un carácter que raramente es considerado sistemáticamente como importante, la transparencia del pericardio o su opacidad. Además de McCranie & Wilson (1997) otros estudiosos de las ranas de este género (o grupo antes de 1991) no reconocieron la hipótesis de lo que parece ciertamente obvio, que la transparencia del pericardio represente un carácter derivado (apomorfía). Así mismo es de importancia revisar el conocimiento y conceptos que estén relacionados con las ranas del género. Todos los *Centrolene* y *Cochranella*, basados en nuestra experiencia, tienen el corazón oculto como ocurre en todos los hílidos y leptodactílidos que son familiares. Esto sugiere que la opacidad de la pared corporal que cubre el corazón representa una condición plesiomórfica (no informativa). Entre los *Hyalinobatrachium* se obtienen dos condiciones: la plesiomórfica que parece ser el caso de todas las especies de los grupos *parvulum* y *pulveratum*, mientras que algunos miembros del grupo



*fleischmanni* exhiben la apomórfica y otros la plesiomórfica. De las once especies del grupo *fleischmanni* encontradas en Colombia, seis (*H.aureoguttatum*, *H.fleischmanni*, *H.ibama*, *H.ruedai*, *H.valerioi* y «*Perijá*») exhiben la condición plesiomórfica mientras que las otras cinco tienen el corazón visible en vida (*H.chirripoi*, *H.colymbiphyllum*, *H.esmeralda*, *H.munozorum*, *H.petersi*). La condición derivada la presentan las cuatro especies endémicas centroamericanas (*H.cardiacalyptum*, *H.crybetes*, *H.talamancae*, *H.vireovittatum*) así como también las dos especies no endémicas (*H.chirripoi* y *H.colymbiphyllum*). En Centro América las únicas especies con la pared del cuerpo opaca (de este grupo) son *H.fleischmanni* y *H.valerioi* (ninguna endémica). En el lado oeste de la Cuenca amazónica, las únicas cuatro especies conocidas de *Hyalinobatrachium* (*H.bergeri*, *H.lemur*, *H.munozorum*, *H.pellucidum*) tienen el corazón visible en vida. En paréntesis mencionamos que **Lynch & Duellman** (1973) registraron *H.fleischmanni* en el oeste del Ecuador anotando que presentaba el corazón visible. Aquí nosotros pensamos que ellos erraron al asignar *Centrolenella petersi* como sinónimo de *H.fleischmanni* y reconocemos a ésta como *H.petersi* (ver atrás).

En Venezuela la situación es mucho más compleja porque algunos autores (**Rivero**, 1985) proporcionan datos derivados del color en vida, además (**Ayarzagüena**, 1992, **Señaris & Ayarzagüena**, 1993) no tienen tales datos y en realidad determinan la pigmentación del peritoneo en material preservado. Para ocho especies nominadas, **Rivero** (1985) es explícito y tiene datos de los materiales en vida. El corazón es visible en *fragilis*, *orientalis* y *pallidum*, mientras que el peritoneo es opaco en *durantii*, *loreocarinatum*, *ostracodermoides*, *pleurolineatum* y *revocata*. **Rivero** (1985) también considera todas estas especies como miembros del grupo *fleischmanni* (y por tanto *Hyalinobatrachium* según nuestra clasificación), pero creemos hay error en el caso de *revocata*, una especie que nosotros asignamos aquí a *Cochranella* (las otras siete especies nominales las reconocemos como *Hyalinobatrachium*). **Rivero** (1985) dio tres indicaciones referentes a *C.revocata* que son consistentes con una *Cochranella* y resultan inconsistentes para asignar la especie a *Hyalinobatrachium*: huesos verdes (carácter no conocido en las especies del grupo *fleischmanni* pero válido de otra parte en *Hyalinobatrachium*), hígado bilobado (pensamos que esto significa que el hígado exhibe la condición plesiomórfica trilobulado, mejor que la condición apomórfica característica de *Hyalinobatrachium*) y el peritoneo visceral translúcido (esta condición es plesiomórfica y común entre las especies de los géneros

*Centrolene* y *Cochranella*, pero por otra parte es desconocido en *Hyalinobatrachium*, excepto como artificio de preservación (ver comentarios abajo).

Sobre las especies descritas por **Ayarzagüena** (1992) como *Centrolenella* y asignadas por él al grupo *fleischmanni*, nosotros pensamos que *iaspidiensis*, *orientalis* y «sp» son especies de *Hyalinobatrachium* (y posiblemente *taylori* también) pero creemos que *duidaeana*, *helenae*, *riveroi* son especies de *Cochranella* a pesar de la anotación que *duidaeana* tiene «pericardio transparente». Posteriormente **Señaris & Ayarzagüena** (1993) describieron *ayantepuiana* y concluyen que podría ser una *Cochranella* aplicando el criterio de Ruiz & Lynch pero anotaron que también tiene un pericardio transparente. La información de pericardios transparentes nos parece representa una afirmación sin homología con lo referido como corazones visibles de otros autores (**Cannatella & Lamar**, 1986, **Duellman & Schulte** 1993, **Lynch & Duellman**, 1973, **McCranie & Wilson**, 1997, **Rivero**, 1985, **Starrett & Savage**, 1973), posteriormente **Ayarzagüena & Señaris** (1997) asignaron *ayantepuiana* a *Hyalinobatrachium* y *duidaeana*, *helenae* y *riveroi* a *Cochranella*. Lo que **Ayarzagüena** (1992) llama somatopleura, es llamado peritoneo parietal por otros autores. Parece que su registro de guanóforos sobre el hígado (y talvez algunos otros órganos) representa extrapolaciones de la distribución de guanóforos como se ve a través de la pared del cuerpo (en varios sitios él es ambigüo al referirse a la pigmentación porque la pared corporal es opaca (lo que sugiere que no hizo disecciones que respalden sus aseveraciones). Nosotros creemos que cuando Ayarzagüena registra «pericardio transparente» no ha podido ver una cubierta de guanóforos a través de la piel (como lo describieron **Duellman & Tulecke**, 1960). Este tratamiento no es homólogo comparado con el estado informado por otros autores. Infortunadamente cuando Ayarzagüena da datos sobre colores en vida de *duidaeana*, *helenae*, *taylori* son muy limitadas (dorso-iris) y se nota que no se registró la visibilidad del corazón o el blanco de las vísceras. Estamos inclinados a aceptar el registro de las vísceras blancas cuando indican la condición vista en *Hyalinobatrachium* y varios *Centrolene* y *Cochranella* (**Ruiz-c. & Lynch**, 1991a, 1995a), pero no creemos que esas observaciones sean suficientes para asignar especies de centrolénidos al género *Hyalinobatrachium*. En vista de estas dudas, nosotros tentativamente asignamos la condición plesiomórfica del pericardio a *H.iaspidiensis*.

Especímenes preservados con pericardio blanco ocasionalmente han perdido la densa capa de guanóforos. **Cannatella & Lamar** (1986) y **Starrett & Savage** (1973)

discutieron este problema en el contexto de la ausencia de guanóforos sobre la «cubierta» del ojo y notaron que cuando ésto ocurre, los guanóforos del tracto digestivo y las líneas pálidas localizadas a lo largo del antebrazo también tienden a perderse. En una serie de *Hyalinobatrachium ibama* (ICN 18189-92), en la cual normalmente el pericardio, el peritoneo visceral, la «cubierta» del ojo son blancas en preservativo, estas ranas tienen la cubierta del ojo negra, el corazón visible a través de la pared corporal y el peritoneo visceral es transparente. Estas ranas fueron coleccionadas el 16 de mayo de 1987 y las notas de campo (PR 10192-95) registran los siguientes datos relevantes: «pericardio blanco, peritoneo visceral blanco, línea ulnar blanquecina». Los guanóforos se han perdido por alguna razón desconocida por nosotros. Estas ranas fueron depositadas en el mismo frasco con otra serie pequeña (ICN 19542-45, PR 8672-74, 8678) coleccionadas casi ó un año antes (27 de octubre de 1986) y los ejemplares ICN 19542-45 aún retienen sus guanóforos en la «cubierta» del ojo, vísceras y a lo largo del borde ventrolateral externo del antebrazo.

La condición plesiomórfica (pericardio opaco) se observa en ocho especies nominales del grupo *fleischmanni* de *Hyalinobatrachium*: *H. aureoguttatum*, *H. duranti*, *H. fleischmanni*, *H. iaspidiensis*, *H. loreocarinatum*, *H. ostracodermoides*, *H. taylori* y *H. valerioi*. Las siguientes catorce especies nominales del grupo *fleischmanni* tienen el corazón visible en vida: *H. bergeri*, *H. cardiacalyptum*, *H. chirripoi*, *H. colymbiphyllum*, *H. crybetes*, *H. fragilis*, *H. lemur*, *H. munozorum*, *H. orientalis*, *H. pallidum*, *H. pellucidum*, *H. petersi*, *H. talamancae*, y *H. vireovittatum*.

### Palmeaduras

**Savage & Heyer** (1967) en su estudio sobre las Phyllomedusinos de Centroamérica, propusieron una fórmula muy útil para cuantificar las palmeaduras evitando ambigüedades al describirlas (ejm. a la mitad), para lo cual tienen en cuenta el número de falanges libres de palmeadura dando un valor al nivel a donde llega ésta, así: «0» cuando alcanza la base del disco terminal, «2» cuando alcanza el tubérculo subarticular distal. **Myers & Duellman** (1982) modificaron el sistema de **Savage & Heyer** *op. cit.* al restringir el valor «0» para las ranas sin discos en las cuales la palmeadura alcanza el extremo del dedo y «1» para las ranas con discos en las cuales la palmeadura llega a la base del disco y «0» cuando no existe disco. **Myers & Duellman** (1982:6, fig.4) sugirieron que el «1» (inmediatamente arriba descrito) era válido, nosotros no aceptamos esta idea porque en

«most frogs lack ... *Phyllomedusa*». Basados en nuestra experiencia con centrolénidos y eleutherodactylinos no concordamos con los planteamientos de **Myers & Duellman** porque siempre se puede detectar el tubérculo subarticular poco desarrollado que corresponde a la ariculación de la falange distal (terminal con penúltima). En los centrolénidos e hílidos el tubérculo es más prominente porque hay un par de articulaciones yuxtapuestas asociadas a él (la falange intercalar) En publicaciones previas hemos indicado esta falange con líneas de puntos (Fig.1).

Hay ambigüedad en las fórmula para las ranas que tienen falanges intercalares, porque el sistema como lo aplican los autores arriba señalados, ignoran esas falanges y cuentan sólo las falanges «usuales». En uno de nuestros trabajos previos (**Ruiz-C & Lynch**, 1997) tenemos en cuenta las falanges intercalares y establecemos fórmula propia considerando que es un carácter que se debe mantener sin hacerlo subjetivo, el uso que hacemos de la fórmula no incluye los cartílagos intercalares como falanges así este conteo no sea racional, sino tradicional.

**Starrett & Savage** (1973), **Haynes & Starrett** (1980), **McCranie & Wilson** (1997) pusieron de presente otro carácter estructural obvio que separa las ranas de este género. En *H. chirripoi* y *H. pulveratum* hay una palmeadura extensa entre los dedos manuales II y III casi tan grande como la que hay entre los dedos manuales externos (en *H. cardiacalyptum* es considerable la membrana entre los dedos manuales II y III con una palmeadura comparativamente no tan grande entre los dedos III y IV). **Starrett & Savage** (1973) talvez para indicar cuán distintiva es la palmeadura de *H. chirripoi*, la escogieron para indicar la palmeadura manual de las otras especies del grupo *fleischmanni* de Costa Rica como sigue: I 3-3 II 3-3 III  $1_{3,4}$ -2 IV y puede ser el caso que la palmeadura de las cinco especies del grupo *fleischmanni* (salvo *chirripoi*) de Costa Rica y que no es variable (nosotros vemos pequeñas diferencias entre las tres especies de aquel conjunto distribuido en Colombia). Sin embargo dado que Costa Rica está más hacia el lado de la distribución de la familia, y porque detectamos una moderada cantidad de variación entre las especies de Sur América, encontramos este carácter particularmente útil y enfatizamos más (**Ruiz & Lynch** 1991c, 1995b) sobre la extensión de la palmeadura entre los dedos manuales externos para separar grupos fenéticos de *Centrolene* y *Cochranella*. Creemos que **Starrett & Savage** (1973) subvaloraron la palmeadura digital como carácter. Las ranas del género *Hyalinobatrachium* son más similares a las del género *Centrolene* que a las de *Cochranella* en

términos de la palmeadura de los dedos manuales externos (siempre apreciable, nunca reducida a una cantidad basal como en muchas *Cochranella*). Sin embargo encontramos conveniente reconocer cuatro modos de palmeaduras manuales en las ranas del género *Hyalinobatrachium* (Fig.1). Al menos tres de éstos (combinando las dos divisiones medias) pueden ser reconocidas realmente usando especímenes preservados con sólo un mínimo de cuidado (y con dificultad en especímenes pobremente preservados). Así, aunque nosotros dudamos que éste (o éstos) carácter (es) tiene (n) valor sistemático, nosotros creemos que es muy útil en trabajos taxonómicos y como base parcial para una clave de especies (cuando se usan los especímenes preservados) La menor extensión de la palmeadura digital manual de las especies de *Hyalinobatrachium* se presenta en *H.bergeri*, basado en los dibujos de **Cannatella** (1980), no en su descripción («III 2<sub>1/4</sub>-2+ IV»). Esta descripción sugiere una condición de la palmeadura encontrada en muchas de las especies que **Rivero** (1985) nominó como especies del grupo *fleischmanni* de Venezuela.

Sólo tres especies tienen palmeadura extensa entre los dedos manuales II y III: *H.cardiacalyptum*, *H.chirripoi* (Fig.1D), *H.pulveratum*. Nueve especies tienen la palmeadura reducida entre los dedos manuales externos: *H.bergeri*, *H.duranti*, *H.esmeralda*, *H.fragilis*, *H.ibama*, *H.loreocarinatum*, *H.ostracodermoides*, *H.pallidum*, *H.pleurolineatum*. La 11 especies restantes tienen palmeadura extensa entre los dedos manuales externos y mínima entre los dedos manuales II y III. Por lo tanto nosotros aceptamos dos extremos (mencionados por **Cannatella**, 1980) contrastantes con *H.munozorum* y *H.pellucidum*.

### Manos de *Hyalinobatrachium*

Como se mencionó antes, nosotros creemos que la caracterización de **Starrett & Savage** (1973) de las palmeaduras manuales de *Hyalinobatrachium* como: I 3-3 II 3-3 III 1<sub>3/4</sub>-2 IV es una exageración. También pensamos que las anotaciones de **Rivero** (1985) (ver arriba otros caracteres) y las de **McCranie & Wilson** (1997) concernientes a *H.pulveratum* en el sentido que algunas especies tienen el dedo manual I no más largo que el II son apreciaciones equivocadas. Es nuestro punto de vista que todos los *Hyalinobatrachium* tienen el dedo manual I más largo que el II cuando están adpresos (ver Fig. 1 así como también las figuras en **Haynes & Starrett** [1980] de *H.chirripoi* y *H.pulveratum*). Cuando se comparan las caracterizaciones de **Starrett & Savage** *op.cit* con las afirmaciones de **Rivero** (1985) que no hay

palmeadura entre los dedos manuales I - III (excepto en *H.chirripoi* y *H.pulveratum*) nosotros aceptamos que cualquier palmeadura es usualmente muy reducida en contraste con la que hay entre los dedos manuales III y IV. Las aplicaciones de «3» en **Savage & Starrett** en la fórmula de los dedos manuales I y II es claramente una exageración (no hay suficientes falanges para satisfacer el valor de 3). Cuando se considera la palmeadura de *H.chirripoi* (Fig.1) lo que es aparente inmediatamente y es que la palmeadura a lo largo de la superficie postaxial del dedo manual II es más extensa que a lo largo de las superficies preaxiales del dedo manual III. Esto es también aparente al examinar los *Hyalinobatrachium* más «típicos» (Fig.1) donde hay evidencia de palmeadura postaxial del dedo manual II (este aspecto fue enfatizado en las ilustraciones de **Ayarzagüena**, 1992). La asimetría de la palmeadura entre los dedos II y III es algo exagerada por la diferencia en el número de las falanges. Con la posible excepción de *H.chirripoi* donde parece ser algo mínima la palmeadura entre los dedos I y II, pensamos que el registro de palmeadura entre estos dedos internos representa artificio de preservación.

### Forma de cabeza/rostro

**Starrett & Savage** (1973) y **Haynes & Starrett** (1980) comentaron otros caracteres relativos a la forma del rostro, el grado de protuberancia de las narinas externas, la depresión entre éstas, el desarrollo de la plataforma cantal y la protuberancia de los ojos con relación al margen del labio. Aceptamos que varias especies pueden ser separadas usando más bien estos caracteres sutiles si se dispone de especímenes bien preservados, pero nótese que estos caracteres sutiles son mucho más sujetos a la distorción cuando los materiales no están bien preservados. Estamos indecisos en cuanto al tratamiento a dar a muchos caracteres que se relacionan con el rostro porque la mayor parte de ellos parecen ser necesariamente interdependientes. Nosotros dudamos que ellos puedan servir para propósitos distintos a los de la taxonomía y las descripciones, en parte, a causa de la interdependencia, pero lo más importante porque no nos parece de ninguna manera la vía racional para polarizar los estados (si son discontinuos). La condición «loreal larga» (=ojo-narina > ó = distancia interorbital) se presenta en *H.aureoguttatum*, *H.chirripoi*, *H.colymbiphyllum*, *H.iaspidiensis*, *H.loreocarinatum*, *H.munozorum*, *H.orientalis*, *H.ostracodermoides*, *H.pleurolineatum*, *H.valerioi* y *H.vireovittatum*, mientras que la «loreal corta» (ojo-narina < distancia interorbital) es el caso de *H.duranti*, *H.fleischmanni*, *H.fragilis*, *H.talamancae* y las tres especies descritas como nuevas aquí.

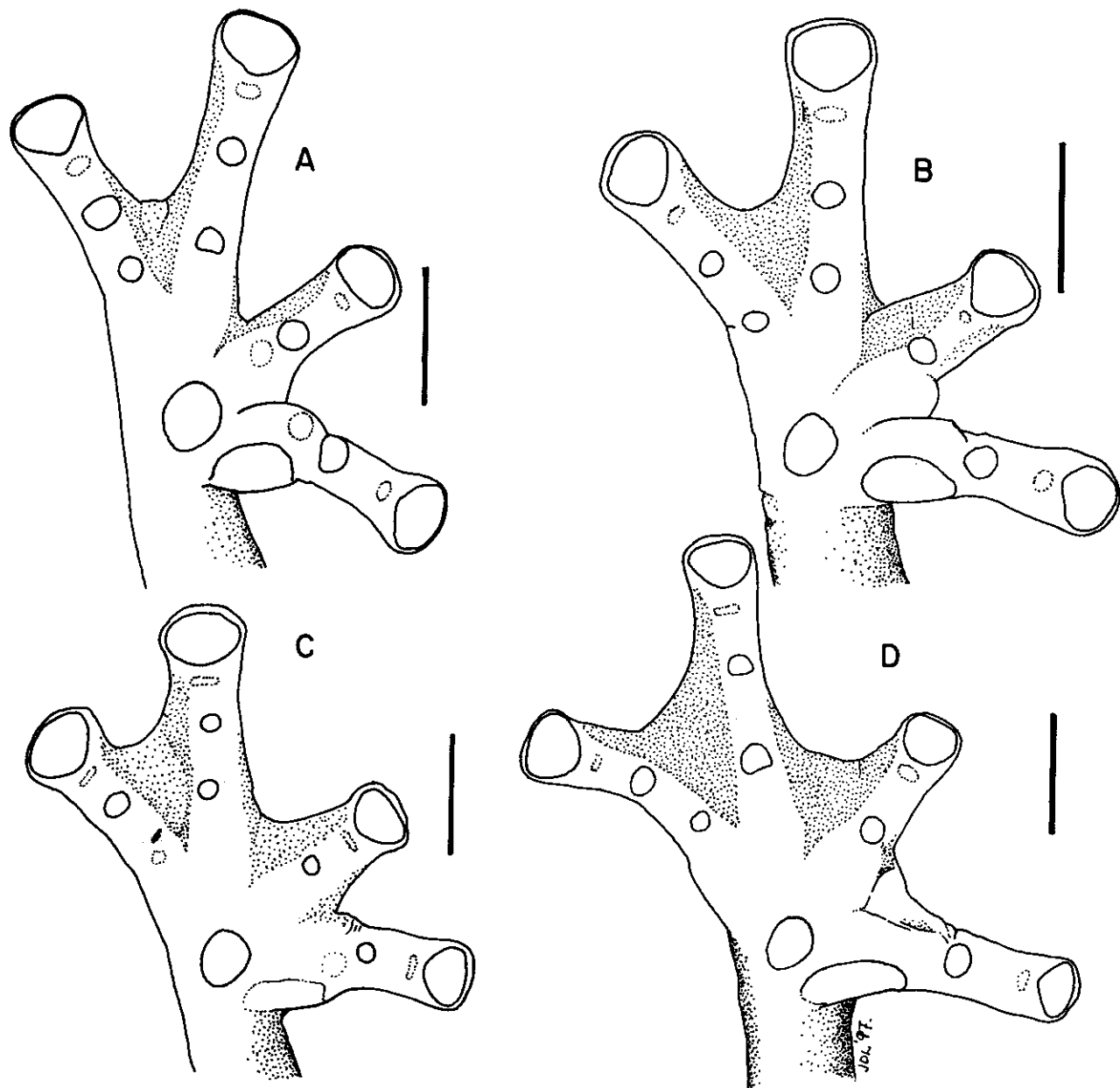
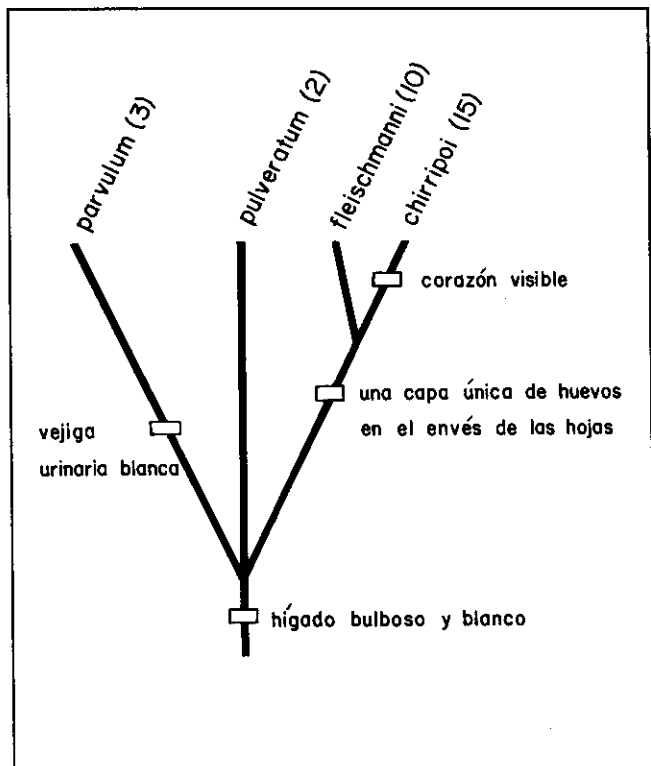


Figura 1.-Manos de *Hyalinobatrachium*: A) *H. ibama* ICN 10220, B) *H. munozorum* ICN 17310, C) *H. aureoguttatum* ICN 32126, D) *H. chirripoi* ICN 40306. Escalas= 2mm.



**Figura 2.**-Hipótesis de parentescos dentro del género *Hyalinobatrachium* con las cuatro sinapomorfías identificadas. Reconocemos tres grupos de especies: *fleischmanni* con dos subgrupos, *parvulum* y *pulveratum*.

A causa de que cada estado se encuentra en otros centrolénidos como en hílidos y leptodactílidos, el carácter no puede ser polarizado con confianza.

### Tímpano

Como muchos otros autores, **Starrett & Savage** (1973) usaron la expresión del tímpano como un medio para separar algunos *Hyalinobatrachium* pero previnieron sobre el uso casual del carácter. Con especímenes secos, deshidratados, la piel está adherida a los tejidos subyacentes de la cabeza, y como todos los *Hyalianobatrachium* tienen un anillo timpánico bien desarrollado, orientado muy dorsolateralmente (casi horizontalmente) aún en especímenes ligeramente secos, el margen inferior (o lateral) del anillo timpánico se hace marcadamente definido. Aun en especies con un tímpano «bien definido», el tímpano de *Hyalianobatrachium* no es tan prominente como en la mayoría de las especies de centrolénidos.

### Patrones de color

**Savage & Starrett** (1973) también usaron los patrones de color para separar especies. La mayoría de las especies tienen un patrón dorsal de puntos amarillos de pequeño a moderado tamaño sobre un color verde de fondo (en todos los de América Central exceptuando *H.valerioi* y *H.vireovittatum*). Este también es un patrón de color común en las especies del occidente suramericano aparte de *H.aureoguttatum* que es similar a *H.valerioi* excepto por tener adicionalmente puntos amarillos algo elevados en el dorso (basados en guanóforos retenidos en preservativo). Como lo puntualizan **Savage & Starrett op.cit.**, el pigmento verde en las ranas del grupo *fleischmanni* es soluble en formol y etanol y desaparece rápidamente en especímenes preservados dejándolos crema o blanco. Melanóforos diminutos están diseminados sobre el dorso (algunas veces dispersos, otras condensados); en *H.aureoguttatum* y *H.valerioi* hay una segunda clase de melanóforos (que **Starrett & Savage** 1973:65 llamaron «dark punctuations» ilustradas en su patrón de color D,p. 62). Esto no es claro si tan sólo representa extremos de un *continuum* en tamaño de los melanóforos (sin embargo ver abajo) y uno de los caracteres relativamente conspicuos en *Hyalinobatrachium* de la costa y el oriente de Venezuela es la presencia de melanóforos grandes (o agrupaciones de melanóforos) dispersos, entre diminutos melanóforos de distribución más generalizada (ver figura en **Cannatella & Lamar** 1986:308). En la argumentación de su caso para coespecificidad de *Centrolenella orientalis* y *C. orocostalis*, **Cannatella & Lamar** (1986:312) anotan que el holótipo de *orientalis* tiene «varios flecos grandes púrpura... que aparecen en todos los especímenes del Estado Bolívar de Venezuela». Igualmente en la página 310 puntualizan que los especímenes de Tobago y el Estado de Aragua exhiben un límite de variación de carencia a presencia de varios, grandes flecos púrpura. Ellos informan que el holótipo de *C.orientalis* representa el extremo visto en 57 ejemplares examinados, pero la fotografía de AMNH 87347 pudiera ser, al menos, fuertemente punteada.

Infortunadamente ellos no revelan la frecuencia o variación en el número de los flecos grandes oscuros. En su cita de las notas de campo de Charles W. Myers para una serie de 10 especímenes («son casi unicolor o (generalmente) con salpicado de puntos negros...») de ranas de Tobago contrastan con las pretensiones de **Hardy** (1984) en el sentido que solamente una de 30 ranas era punteada. Otros datos de variación son para ranas de Aragua donde **Cannatella & Lamar** (1986: 312) informan que unas pocas

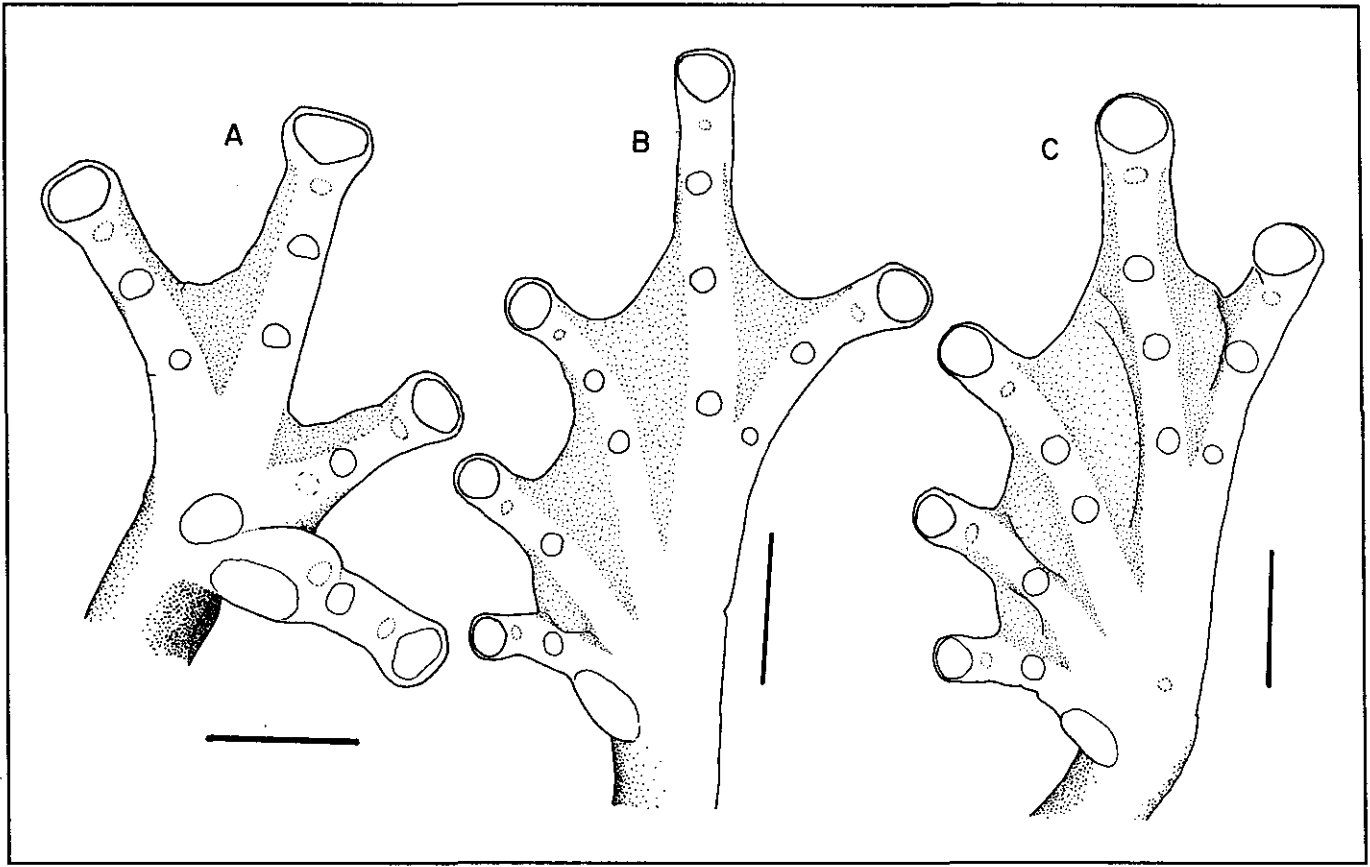


Figura 3.-A) mano de *Hyalinobatrachium esmeralda* ICN 19612, B) pie de *H. esmeralda* ICN 10236, C) pie de *H. munozorum* ICN 36354. Escalas= 2mm.

ranas en la serie KU 167360-69 tienen flecos púrpura grandes...». Esta última serie está cerca de la localidad típica de *H. orocostalis*, de la cual dos especímenes no presentaban los flecos grandes púrpura al ser coleccionados; Cannatella & Lamar (1986:313) afirman que es «evidente que hay dos clases de tamaños de puntos púrpura», sugiriendo que la variación es discontinua. Rivero (1985) ilustra los holótipos de *Centrolenella loreocarinata*, *C. pallida* y *C. pleurolineata* con 1 a 24 grandes puntos oscuros pero en su descripción de *C. pallida* no hace referencia al punto sencillo ilustrado mientras que la descripción de los otros dos especímenes están acordes con la ilustración. Sin embargo en su discusión de la variación de *C. pallida* él menciona un ejemplar no parátipo (Estado de Cojedes) asignado con desconfianza a la especie en la cual «hay algunas motitas oscuras en el dorso». Las manchas grandes púrpura son visibles también en el único ejemplar de *H. iaspdiensis* (Ayarzagüena, 1992). Aparentemente, los melanóforos grandes están invariablemente presentes en dos especies

*H. aureoguttatum* y *H. valerioi*, donde ellos pueden representar una consecuencia de la presencia de los grandes puntos amarillo pálido del patrón dorsal. En lo que Cannatella & Lamar (1986) llamaron *H. orientalis* de Venezuela, puntos grandes son característicos e invariables en poblaciones de Guyana (Venezuela) pero se presentan con poca frecuencia en poblaciones de Tobago y la costa de Venezuela. Dos clases de tamaños de melanóforos también están presentes en una de las especies indescritas de Colombia (*H. esmeralda*) pero son de ocurrencia variable.

#### Morfología de la postura

Cannatella (1980) y varios autores subsiguientes enfatizaron en la anatomía de la masa de huevos como una característica de *Hyalinobatrachium*. El carácter es descrito como una única capa de huevos localizada en las superficies inferiores de las hojas (envés) en contraste con las masas globulares o grupos de huevos colgantes (al menos de dos capas) colocadas en la superficie superior (haz) de las hojas

como se ve en la mayoría de *Centrolene* y todas las *Cochranella* (nuestras observaciones de campo para centrolénidos) y varias *Hyla* (véase **Duellman**, 1970, 1978). Al menos dos especies de *Centrolene*, *C.geckoideum* y *C.petrophyllum*, depositan los huevos en una capa con el centro no ocupado (**Lynch et al.**, 1983) pero estas dos especies depositan sus huevos sobre la superficie de las rocas y usualmente en posición vertical. El hábito descrito por **Cannatella** (1980) es conocido en *H.aureoguttatum*, *H.bergeri*, *H.chirripoi*, *H.colymbiphylum*, *H.fleischmanni*, *H.munozorum*, *H.orientalis*, *H.petersi*, *H.taylori*, *H.valerioi*, *H.vireovittatum* y las tres especies colombianas indescritas.

*Hyalinobatrachium pulveratum* coloca una masa globular en la haz de la hojas (J.M.Savage, com.pers.) así como *H.uranoscopum* (J.Pombal, com.pers.). Si nos atenemos a la morfología y el comportamiento observado en *Centrolene geckoideum* y *C.petrophyllum* no es homólogo, la presencia del carácter (una capa en el envés de las hojas) sería mejor interpretada como una sinapomorfia del grupo *fleischmanni* pero no para el género *Hyalinobatrachium*.

### Otros caracteres

**Rivero** (1985) introdujo varios caracteres adicionales. Nosotros continuamos siendo incrédulos respecto a su confianza sobre una constricción postcefálica, un carácter que nosotros pensamos representa un obvio artefacto de preservación. La cresta loreal de *H.loreocarinatum* también nos parece claramente un artefacto de preservación producido por la «adpresión» del arco maxilar (débilmente ensanchado) contra la piel. Esta explicación puede considerarse simultáneamente por **Rivero** 1985:357 «ojos más oblucos» en *H.loreocarinatum*. Él midió la palmeadura de los dedos manuales por dos vías (número de falanges libres o la palmeadura de los dedos II - III y III - IV interceptado el extremo y disco del dedo II). Él también dio gran relevancia a la longitud relativa de los dedos manuales I y II y parece ser que las especies nominales tienen el dedo I más largo que el II o los dos son subiguales en longitud. Examinando las descripciones y especialmente las figuras nos sugiere que el carácter de longitud de los dedos no es homólogo con aquellos usados generalmente.

**Rivero** también usó la presencia y ausencia de palmeadura entre los dedos manuales I y II para distinguir especies (véase antes palmeadura).

**Starrett & Savage** (1973) describieron y publicaron sonogramas de los cantos de cuatro especies de Costa Rica,

anotando que ranas que son muy similares en preservativo tienen cantos muy diferentes. **Ayarzagüena** (1992) da algunas descripciones de cantos, lo mismo **Cannatella & Lamar** (1986) pero de ésta última presentación hemos sido escépticos desde entonces para el caso de *H.orientalis* de la Cordillera Oriental entre Bogotá y Villavicencio, en parte porque los datos disponibles del canto sugieren que ellos confundieron las dos especies. El canto de los especímenes del Estado de Aragua y Tobago puede ser lo mismo («high single-note, bell like tink» y «sound, single, high-pitched, drawn-out peep» respectivamente) pero el canto de la rana del Departamento del Meta en Colombia («weak prolonged beep») es obviamente diferente. **Rivero** (1968) describe el canto del holótipo de *H.orientalis* («biiip, biiiip, biip») que concuerda mejor con las descripciones del Estado Aragua y Tobago.

### Los parentescos de *Hyalinobatrachium*

Las vísceras blancas es un carácter común en las ranas del género *Hyalinobatrachium*, sin embargo el grupo *parvulum* contrasta porque son traslúcidas. Esto es sólo como informativo porque algunos *Centrolene* tienen guanóforos sobre estómago e intestinos, al igual que las especies del grupo *granulosa* del género *Cochranella*; igualmente aceptamos el hígado bulboso y blanco como una sinapomorfia de *Hyalinobatrachium* y la pigmentación blanca de la vejiga urinaria como una sinapomorfia del grupo *parvulum* (Ruiz-C & Lynch, 1991a). Acá proponemos otras dos sinapomorfias, las posturas del grupo *fleischmanni* y el corazón visible para un subgrupo de éste último (Fig. 2)

*Hyalinobatrachium esmeralda* sp. nov. (Figs 3A-B, 4B)

**Holótipo.**- Hembra adulta depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, número ICN 9598 (número de campo PR 6005), una de una serie coleccionada en septiembre 10 de 1981 por Pedro M. Ruiz-C. et al.

**Localidad Típica.**- Departamento de Boyacá, municipio de Pajarito, Inspección Policía Corinto, finca «El Descanso», quebrada «La Limonita», 1600-1650m.

**Paratopótipos.**- Ejemplares adultos: machos ICN 9593-4, 9596, 9603, hembras ICN 9592, 9602 coleccionados con el holótipo.

**Parátipos.**- Ejemplares adultos: Departamento de Boyacá, municipio de Pajarito, Inspección Policía Corinto, Hacienda Comojoque, 1700m., machos ICN

19607-8, 19611-12; quebrada «La Colонера», 1750 m., machos IND-AN 4483-4, 4488-503, hembras IND-AN 4485-7, col., col. V. Rueda, 24 septiembre 1976.

**Material referido.** Departamento de Boyacá, municipio de Pajarito, inspección policía Corinto, quebrada Las Jotas, 1700m., macho ICN 5173; 5202-6, 5256, 5267, 5330; quebrada «La Limonita», 1600-1650m., machos ICN 9599, 9601; Hacienda Comijoque, 1700m. postmetamórficos ICN 19609-10.

**Etimología.**- Español, utilizado como un sustantivo en aposición. Desde hace tiempo hemos pensado que estas ranas son «gemas vivientes» del color de las piedras preciosas que se encuentran en las montañas donde vive la especie.

**Diagnosis.**- Una especie del género *Hyalinobatrachium* grupo *fleischmanni* diferenciable por la siguiente combinación de caracteres: 1) procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; 2) huesos blanco en vida; 3) peritoneo parietal, pericardio translúcidos, peritoneo visceral blanco; 4) dorso en vida verde claro con punteaduras amarillentas; en etanol 70% crema con diminutos y abundantes cromatóforos púrpura que dejan diminutos espacios claros; 5) fórmula modal de la palmeadura manual: III 2<sup>+</sup> - 2<sup>+</sup> IV; 6) fórmula modal de la palmeadura pedial: I 1<sub>3/4</sub> - 2<sup>+</sup> II 1<sub>1/4</sub> - 2<sub>1/4</sub> III 1<sub>1/2</sub> - 2<sub>3/4</sub> IV 2<sub>3/4</sub> - 1<sub>1/2</sub> V; 7) cabeza redonda, extremo rostral no protuberante, lateralmente el rostro es redondo, narinas redondeadas, protuberantes de extremo no sobresaliente, sin depresión medial entre ellas, loreal corta; 8) piel dorsal muy finamente granular, casi lisa, vientre areolado, sin tubérculos subcloacales; 9) pliegues dérmicos ulnares y tarsales ausentes; 10) espina humeral ausente; 11) tímpano apenas visible, de mediano tamaño, fuertemente inclinado dorsolateralmente; 12) adultos de tamaño mediano, 21.2-22.4 mm en 8 hembras, 18.4-22.3mm en 18 machos; 13) excrescencias nupciales no evidenciables.

*Hyalinobatrachium esmeralda* se distingue de otras especies exceptuando *H.bergeri*, *H.duranti*, *H.fragilis*, *H.loreocarinatum*, *H.ostracodermoides*, *H.pallidum* y *H.pleurolineatum* porque tiene palmeadura reducida entre los dedos manuales III y IV (no incluye el tubérculo subarticular distal) mientras que otras especies de *Hyalinobatrachium* tienen palmeadura más extensa. El corazón está cubierto por guanóforos en éstas, exceptuando *H.bergeri*, *H.fragilis* y *H.pallidum*. En *H.fragilis* y *H.pallidum* el rostro es protuberante con una depresión internasal, además en éstas la palmeadura pedial apenas alcanza el penúltimo tubérculo del dedo IV. *H.bergeri* tiene menos palmeadura que las otras especies y una piel más granulada que en *H.esmeralda*.

**Descripción.**- Adultos de tamaño moderado, longitud rostro-cloacal 21.2-22.4mm ( $\bar{x}$  = 21.7mm, S= 0.467, N= 8) en las hembras y 18.4-22.3mm ( $\bar{x}$  = 20.5mm, S= 1.031, N= 18) en los machos; cabeza de contorno redondo, semi-circular en vista dorsal, tan ancha como el cuerpo anteriormente, más ancha que larga, anchura cefálica equivalente al 37.5-41.5% ( $\bar{x}$  = 38.6%, S= 1.377, N= 8) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 34.6-41.7% ( $\bar{x}$  = 38.4%, S= 1.919, N= 18) en machos, longitud cefálica equivalente al 78.4-94.0% ( $\bar{x}$  = 84.2%, S= 4.625, N= 8) de la anchura cefálica en hembras y al 73.8-91.8% ( $\bar{x}$  = 81.3%, S= 6.305, N= 18) en machos, rostro redondo en vistas dorsal y lateral; región loreal corta; narinas redondeadas, protuberantes, de extremos sin depresión medial, no salientes por delante del extremo cefálico; distancia ojo-narina equivalente al 60.0-80.0% ( $\bar{x}$  = 71.4%, S= 7.828, N= 8) del diámetro anteroposterior del ojo en hembras y al 60.0-83.3% ( $\bar{x}$  = 69.9%, S= 6.305, N= 18) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 57.7-81.8% ( $\bar{x}$  = 70.7%, S= 7.905, N= 7) de la distancia interorbital en hembras y al 64.0-87.0% ( $\bar{x}$  = 72.7%, S= 5.667, N= 17) en machos; *canthi rostrales* indefinidos; ojos pequeños, apenas protuberantes, dirigidos anterolateralmente, no sobrepasa el borde externo del labio superior cuando la cabeza se observa en vista ventral, labio superior algo prominente, diámetro antero posterior de la órbita equivalente al 29.5-41.2% ( $\bar{x}$  = 35.0%, S= 3.693, N= 8) de la longitud cefálica en hembras y al 34.6-41.9% ( $\bar{x}$  = 38.4%, S= 2.121, N= 17) en machos; anchura del párpado superior equivalente al 57.7-81.2% ( $\bar{x}$  = 66.4%, S= 8.126, N= 7) de la distancia interorbital en hembras y al 55.6-77.3% ( $\bar{x}$  = 64.5%, S= 5.516, N= 16) en machos, tímpano de moderado tamaño, muy poco visible, visible sólo en el 1/4 inferior (en individuos algo disecados), con inclinación dorsolateral; aberturas nasales internas de tamaño pequeño, ovaladas; procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; lengua redondeada con muy leve escotadura en el borde posterior, márgenes posterior y laterales libres, no adherentes al piso de la boca; hendiduras vocales cortas, dirigidas de la parte posterior de la lengua hacia la articulación mandibular, saco vocal medial externo, subglar distensible.

Espina humeral ausente; brazo y antebrazo delgados sin mostrar dimorfismo sexual por ensanchamiento en los machos; dedos manuales cortos, longitud relativa, adpresos, III>IV>I>II, de extremo distal redondeado; diámetro transversal del disco del dedo III manual equivalente al 38.5-56.5% ( $\bar{x}$  = 52.0%, S= 7.820, N= 5) del diámetro ocular en hembras y al 44.4-50.0% ( $\bar{x}$  = 47.5%, S= 2.814, N= 3) en machos; diámetro transversal del dedo III manual algo mayor que la anchura del dedo



a nivel de la articulación de la última y penúltima falanges; palmeadura manual (Fig. 3A) bastante reducida con fórmula: III (2 - 2<sup>+</sup>) - (2<sup>-</sup> - 2<sup>+</sup>) IV; tubérculos subarticulares de los dedos manuales pequeños, bajos, redondos, enteros, supernumerarios palmares abundantes, granulares muy pequeños; tubérculo palmar más bien pequeño, ovalado, plano, *thenar* elíptico, bajo, poco definido, excrescencias nupciales ausentes.

Extremidades posteriores delgadas; longitud tibial equivalente al 49.1-55.9% ( $\bar{x}$  = 52.9%, S= 2.370, N= 8) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 49.5-56.5% ( $\bar{x}$  = 52.5%, S= 2.083, N= 18) en machos; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón llega al nivel de ojo; cuando los miembros posteriores se hallan flexados hacia adelante y los anteriores hacia atrás, las rodillas y los codos se sobreponen en corta longitud, cuando los muslos se hallan perpendiculares al plano sagital del cuerpo y con las piernas flexadas hacia atrás, los talones casi entran en contacto; pliegue tarsal ausente; tubérculo metatarsal interno ovalado; tubérculo metatarsal externo no evidenciable; tubérculos subarticulares de los dedos pediales redondos, algo levantados, de tamaño pequeño; tubérculos supernumerarios muy pequeños, granulares; discos digitales de contorno distal redondeado, más pequeños que los manuales, su diámetro transversal I=II, de menor diámetro que III=IV, fórmula de la palmeadura pedial: I (1<sub>1/2</sub> - 2<sub>3/4</sub>) - (2 - 2<sup>+</sup>) II (1 - 1<sub>1/3</sub>) - (2<sub>1/2</sub> - 2<sup>+</sup>) III (1 - 1<sub>1/2</sub>) - (2<sub>1/2</sub> - 3<sup>-</sup>) IV (3<sup>-</sup> - 2<sub>2/3</sub>) - (1<sub>1/2</sub> - 2<sup>-</sup>)V.

Piel dorsal muy finamente granular; abdomen y superficies ventrales de los miembros granulares; pliegue cloacal corto, horizontal, dirigido posteriormente, situado a nivel anterior de los muslos.

**Coloración *in vivo*.**- Superficies expuestas verde claro amarillento con puntos gruesos amarillos y algunos diminutos negros. Gula crema verdoso. Membranas amarillas. Huesos blancos. Peritoneo parietal y pericardio claros, visceral blanco. Iris dorado con puntos café.

**Coloración en etanol 70%.**- Superficies dorsales crema con cromatóforos diminutos y abundantes lila, de distribución uniforme; párpados superiores blanquecinos. Ventralmente crema translúcidos deja ver el peritoneo visceral blanco. Iris nacarado con puntos lila.

**Dimensiones del holótipo.**- Longitud rostro-cloacal 21.3, longitud cefálica 7.0, anchura cefálica 8.3, diámetro orbital 2.5, distancia ojo-narina 1.7, anchura del párpado superior 1.7, distancia interorbital 2.4, diámetro del disco del dedo III manual 1.5, longitud de la tibia 11.4 mm.

**Distribución.**- *Hyalinobatrachium esmeralda* es conocida del flanco occidental de la Cordillera Oriental, en el Departamento de Boyacá (municipio de Pajarito), entre los 1600 y los 1750m.

**Dimorfismo sexual.**- Diferenciable sólo por el saco vocal en los machos. En tamaño, coloración, proporciones, y textura del piel, hembras y machos son iguales, exceptuando las hembras que son algo más grandes que los machos.

**Aspectos ecológicos y reproductivos.**- Los machos adultos cuidan las posturas, con ca.35-45 huevos de color crema viscoso, colocadas en el envés de hojas y pecíolos de vegetación (algo deforestada) en los bordes de quebradas entre los 2.5-3.0mts.

*Hyalinobatrachium ibama* sp. nov. (Figs. 1A,4B)

**Holótipo.**- Hembra adulta depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, número ICN 12602 (número de campo PR 8101), uno de una serie coleccionada el 26 de abril de 1983 por Pedro M. Ruiz *et al.*

**Localidad típica.**- Departamento de Santander, municipio de Gámbita, Inspección de Policía El Taladro, Km.57-58 carretera Duitama a Charalá, 2400m.

**Paratopótipo.**- Macho adulto 12601, coleccionado con el holótipo.

**Parátipos.**- Ejemplares adultos: Departamento de Santander, municipio de Charalá, Inspección Policía Cañaverales (= Virolín), Río Cañaverales, 1750m, machos ICN 6033-4, hembra ICN 6035, cols. P.M.Ruiz-C. *et al.*, enero 31 de 1980; cabeceras Río Luisito, 1750m, machos ICN 11081-2, cols., P.M.Ruiz-C., M.C.Ardila-R., P.Bernal, V.Rueda, diciembre 3 de 1981; municipio Tona, La Corcova, finca «El Diviso», Km. 2 carretera Bucaramanga a Pamplona, 1890-2050m, machos ICN 10215-17, 10219-23, 14887-9, 14927, hembra ICN 10218, 14886 cols. P.M.Ruiz-C., M.C.Ardila-R., P.Bernal, V.Rueda, J.D.Lynch, D.Lynch, abril 18 de 1981, agosto 14 de 1986.

**Material referido.** Departamento de Santander, municipio Santa Bárbara, sitio «Pozo Bravo», 2200m (ICN 40606-19).

**Etimología.**- Español, un sustantivo en aposición que se refiere al nombre de la princesa Íbama, hija del cacique Itoco, quien fuera arrestada y torturada por los españoles para que revelara dónde se encontraban las

esmeraldas, nombre que asociamos a las ranas verdes del género *Hyalinobatrachium* que viven en el flanco occidental de la Cordillera Oriental.

**Diagnosis.**- Una especie del género *Hyalinobatrachium* grupo *fleischmanni* diferenciable por la siguiente combinación de caracteres: 1) procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; 2) huesos blancos en vida; 3) peritoneo parietal translúcido, peritoneo visceral y pericárdico blancos; 4) dorso en vida verde claro amarillento con pecas amarillo y finas puntuaciones negras; en etanol 70% crema con abundantes cromatóforos (de dos tamaños) lila distribuidos regularmente con pequeños espacios claros; 5) fórmula modal de la palmadura manual: III 2<sup>+</sup> - 2<sup>+</sup> IV; 6) fórmula modal de la palmeadura pedial: I 1<sub>3,4</sub> - 2<sup>+</sup> II 1<sub>1,2</sub> - 2<sub>1,2</sub> III 1<sub>1,3</sub> - 3<sup>+</sup> IV 2<sub>2,3</sub> - 1<sub>1,2</sub> V; 7) en vista dorsal rostro redondo, en vista lateral truncado, narinas protuberantes de extremo sobresaliente, algo proyectadas por delante del extremo cefálico, sin depresión internarial, loreal corta; 8) piel dorsal muy finamente granular, vientre areolada, sin tubérculos subcloacales; 9) pliegues dérmicos ulnares y tarsales ausentes; 10) espina humeral ausente; 11) tímpano poco visible, de pequeño tamaño; 12) adultos de tamaño mediano, 21.3-23.5 mm en 4 hembras, 19.9-23.4mm en 24 machos; 13) excrecencias nupciales muy reducida, con pocas glándulas sobre el margen preaxilar.

*Hyalinobatrachium ibama* se podría comparar con *H. durantei*, *H. loreocarinatum*, *H. ostracodermoides* y *H. pleurolineatum* que tienen las palmaduras manuales reducidas; *H. ibama* tiene el rostro corto, mientras que las especies venezolanas tienen una depresión entre las narinas que no tiene *H. ibama*. *H. durantei* y *H. ostracodermoides* carecen de dos tamaños de melanóforos que sí tiene *H. ibama*, *H. loreocarinatum* y probablemente *H. pleurolineatum*.

**Descripción.**- Adultos de tamaño moderado, longitud rostro-cloacal 21.3-23.5mm ( $\bar{x}$  = 22.6mm, S= 0.942, N= 4) en las hembras y 19.9-23.4mm ( $\bar{x}$  = 21.3mm, S= 0.790, N= 24) en los machos; cabeza subcircular en vista dorsal, tan ancha como el cuerpo, anteriormente, más ancha que larga, anchura cefálica equivalente al 36.7-40.8% ( $\bar{x}$  = 39.1%, S= 1.782, N= 4) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 34.6-41.7% ( $\bar{x}$  = 38.5%, S= 1.906, N= 24) en machos, longitud cefálica equivalente al 81.2-92.7% ( $\bar{x}$  = 87.5%, S= 4.833, N= 4) de la anchura cefálica en hembras y al 75.9-97.5% ( $\bar{x}$  = 85.9%, S= 5.097, N= 24) en machos, rostro redondo en vista dorsal y truncado en vista lateral; región loreal corta; narinas protuberantes de extremos sobresalientes, sin depresión medial entre

ellas, no proyectadas por delante del extremo cefálico; distancia ojo-narina equivalente al 74.1-88.5% ( $\bar{x}$  = 79.6%, S= 6.382, N= 4) del diámetro anteroposterior del ojo en hembras y al 60.0-95.4% ( $\bar{x}$  = 75.7%, S= 10.382, N= 23) en machos; distancia ojo-narina equivalente al 70.4-92.0% ( $\bar{x}$  = 80.2%, S= 10.931, N= 4) de la distancia interorbital en hembras y al 60.0-95.4% ( $\bar{x}$  = 75.9%, S= 9.881, N= 23); *canthi rostrales* indefinidos; ojos pequeños, apenas sobresalientes, dirigidos anterodorsalmente, no sobrepasa el borde externo del labio superior cuando la cabeza se observa en vista ventral, labio superior algo prominente, diámetro antero posterior de la órbita equivalente al 31.7-35.1% ( $\bar{x}$  = 33.4%, S= 1.752, N= 4) de la longitud cefálica en hembras y al 28.4-41.8% ( $\bar{x}$  = 34.2%, S= 3.309, N= 24) en machos; anchura del párpado superior equivalente al 59.3-82.6% ( $\bar{x}$  = 71.3%, S= 9.546, N= 4) de la distancia interorbital en hembras y al 53.6-100.0% ( $\bar{x}$  = 66.5%, S= 11.408, N= 24) en machos, tímpano pequeño, de visibilidad variable sólo en el 1/4 inferior, con inclinación dorsolateral; aberturas nasales internas ovaladas, pequeñas; procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; lengua redondeada con leve escotadura en el borde posterior, márgenes posteriores y laterales libres, no adherentes al piso de la boca; hendiduras vocales más bien largas, dirigidas de la parte posterior de la lengua hacia la articulación mandibular, saco vocal medial externo, subgular.

Espina humeral ausente; miembro anterior delgado, sin diferencia entre machos y hembras adultos; dedos manuales más bien cortos, de extremo distal redondeado, I ligeramente más largo que el II cuando están adpresos; palmeadura manual (Fig. 1A) bastante reducida entre I-II, II-III con fórmula: III (2<sub>1,3</sub> - 2) - (2 - 2<sup>+</sup>) IV; tubérculos subarticulares de los dedos manuales redondos, levantados, de tamaño moderado, supernumerarios abundantes, granulares muy pequeños; tubérculo palmar más bien pequeño, ovalado, plano, *thenar* elíptico, poco definido, diámetro transverso del disco del dedo III manual algo mayor que la anchura del dedo a nivel de la articulación de la última y penúltima falanges; diámetro transverso del disco del dedo III manual equivalente al 40.0-60.0% ( $\bar{x}$  = 50.0%, N= 2) del diámetro ocular en hembras y al 46.0-59.1% ( $\bar{x}$  = 51.3%, S= 6.415, N= 4) en machos; excrecencias nupciales muy reducidas, con algunas glándulas sobre el margen preaxilar.

Extremidades posteriores delgadas; longitud tibial equivalente al 55.3-56.6% ( $\bar{x}$  = 56.1%, S= 0.613, N= 4) de la longitud rostro-cloacal en hembras y al 44.3-57.5% ( $\bar{x}$  = 53.9%, S= 2.616, N= 24) en machos; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón llega al nivel anterior del ojo; cuando los miembros

posteriores se hallan flexados hacia adelante y los anteriores hacia atrás, las rodillas y los codos se sobrepone en corta distancia, cuando los muslos se hallan perpendiculares al plano sagital del cuerpo y con las piernas flexadas hacia atrás, los talones casi entran en contacto; pliegue tarsal ausente; tubérculo metatarsal interno elíptico, ca 2 veces más largo que ancho; tubérculo metatarsal externo poco definido; tubérculos subarticulares de los dedos pediales redondos, bien definidos, de tamaño moderado; tubérculos supernumerarios granulares, abundantes; discos digitales de contorno distal redondeado a truncado, ligeramente más ancho que los artejos distales correspondientes, fórmula de la palmeadura pedial: I ( $1_{1/2} - 2^-$ ) - ( $2^- - 2^+$ ) II ( $1 - 1_{1/2}$ ) - ( $2^+ - 3^-$ ) III ( $1 - 1_{2/3}$ ) - ( $2_{1/2} - 3^-$ ) IV ( $2_{2/3} - 3^+$ ) - ( $1 - 1_{2/3}$ )V.

Piel dorsal muy finamente granular; abdomen y superficies ventrales de los muslos granulares.

**Coloración in vivo.**- Superficies expuestas verde claro amarillento con finas puntuaciones negras en cabeza, y manchitas difusas a manera de pecas amarillas; manos y pies amarillo. Huesos blancos. Peritoneo parietal claro, visceral y pericardio blancos. Iris dorado con finas puntuaciones café.

**Coloración en etanol 70%.**- Superficies dorsales crema con cromatóforos lila algo separados muy abundantes, de menor cantidad en los miembros, de distribución uniforme, unas puntuaciones más grandes que las del tamaño común, de variación continua; párpados superiores blanquecinos. Ventralmente crema transparente, dejan ver el peritoneo visceral blanco y la musculatura de los miembros, gula opaca. Iris blanco con puntos lila.

**Dimensiones del holótipo.**- Longitud rostro-cloacal 22.6, longitud cefálica 7.7, anchura cefálica 8.3, diámetro orbital 2.7, distancia ojo-narina 2.0, anchura del párpado superior 2.0, distancia interorbital 2.8, diámetro del disco del dedo III manual 1.3, longitud de la tibia 12.8 mm.

**Distribución.**- *Hyalinobatrachium ibama* es conocida de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de Colombia en el Departamento de Santander (municipios de Charalá, Gámbita, Tona), entre los 1600 y los 2050m.

**Dimorfismo sexual.**- Diferenciable sólo por el saco vocal de los machos. En coloración, proporciones, y textura del piel, hembras y machos son iguales pero los machos son ligeramente más pequeños que las hembras.

**Aspectos ecológicos y reproductivos.**- Los adultos cantan sobre la vegetación al borde de las quebradas a

más o menos 2-3m.; los machos cubren completamente las posturas con ca 12-19 embriones de color verde crema pálido, que se encontraron en el envés de ciclantáceas (= *Dicranopygium*) en los bordes de quebradas.

*Hyalinobatrachium ruedai* sp. nov. (Fig.4E)

**Holótipo.**- Macho adulto depositado en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, número ICN 40409 (número de campo VR 3803), uno de una serie coleccionada el 19 de noviembre de 1992 por José Vicente Rueda-A.

**Localidad típica.**- Departamento de Caquetá, municipio de Miraflores, Parque Nacional Natural de Chiribiquete, campamento base, 530 m.

**Paratopótipos.**- Machos adultos ICN 40411, IND-AN 5448-52, coleccionados con el holótipo.

**Parátipos.**- Macho adulto ICN 40410, IND-AN 5448-52, coleccionados en el «Hoyo Soplador» ca 10 minutos (en helicóptero) al S del campamento base, 320m, col. V. Rueda, noviembre 20 de 1992.

**Etimología.**- Dedicamos esta especie a nuestro amigo José Vicente Rueda Almonacid quien coleccionó la serie típica y además ha contribuido con otros controlénidos utilizados en nuestros estudios.

**Diagnosis.**- Una especie del género *Hyalinobatrachium* grupo *fleischmanni* diferenciable por la siguiente combinación de caracteres: **1)** procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; **2)** huesos blancos en vida; **3)** en vida, peritoneo parietal claro, peritoneo visceral y pericardio blancos; **4)** dorso en vida verde claro con puntuaciones difusas amarillo, sin reborde blancos, sobre el brazo, antebrazo, pierna y pie; en etanol 70% todas las superficies expuestas crema con cromatóforos pequeños lila, densa y uniformemente distribuidos en cabeza y tronco, manos y pies crema; **5)** fórmula modal de la palmeadura manual: III 2 -  $1_{3/4}$  IV; **6)** fórmula modal de la palmeadura pedial: I 1 -  $1_{2/3}$  - II 1 - 2 - III 1 - 2<sup>+</sup> IV 2 - 1 V; **7)** rostro arriba redondo con ligero truncamiento en vista lateral, corto, redondeado, narinas protuberantes de extremos no sobresalientes, sin indentación, redondeadas, loreal corta; **8)** piel dorsal muy finamente granular (bajo el estereomicroscopio), vientre granular; **9)** pliegues dérmicos ulnares y tarsales ausentes; **10)** espina humeral ausente; **11)** tímpano no evidenciable; **12)** adultos de tamaño mediano, 20.2-22.6mm en 8 machos; **13)** excrecencias nupciales no evidenciables.

Dado que no conocemos la polarización de caracteres aparte de (3) y que *Hyalinobatrachium ruedai* es plesiomórfica para este carácter no estamos en capacidad de hacer una diagnosis informativa de la especie, sin embargo sólo otras 8 especies nominales del grupo *fleischmanni* tienen un corazón oculto. Se distingue de *H.fleischmanni*, *H.talamancae*, *H.valerioi*, por tener palmeaduras más extensas.

**Descripción.**- Adultos de tamaño moderado, longitud rostro-cloacal 20.2-22.6mm ( $\bar{x}$  = 21.4mm, S= 0.924, N= 8) en machos; loreal corta, rostro arriba redondo con ligero truncamiento en vista lateral, corto, redondeado, sin plataforma entre los *canthi rostrales*, cabeza tan ancha como el cuerpo anteriormente, más ancha que larga, anchura cefálica equivalente al 37.6-41.8% ( $\bar{x}$  = 40.4%, S= 1.603, N= 8) de la longitud rostro-cloacal en los machos, longitud cefálica equivalente al 73.8-81.1% ( $\bar{x}$  = 78.0%, S= 2.672, N= 7) de la anchura cefálica en machos, rostro redondo, ligeramente truncado, narinas redondeadas, protuberantes, de extremos no sobresalientes, sin depresión entre ellas; región loreal vertical, corta; narinas poco protuberantes sin depresión entre sí; distancia ojo-narina equivalente al 56.7-68.0% ( $\bar{x}$  = 62.7%, S= 4.490, N= 8) del diámetro anteroposterior del ojo en los machos; distancia ojo-narina equivalente al 84.2-95.0% ( $\bar{x}$  = 89.0%, S= 4.608, N= 7) de la distancia interorbital en machos, *canthi rostrales* indefinidos; ojos pequeños, prominentes, dirigidos anterolateralmente, no sobrepasan el borde externo del labio superior cuando la cabeza se observa en vista ventral, labio superior algo engrosado, diámetro antero posterior de la órbita equivalente al 36.8-43.7% ( $\bar{x}$  = 41.0%, S= 2.503, N= 7) de la longitud cefálica en los machos; anchura del párpado superior equivalente al 85.0-105.3% ( $\bar{x}$  = 98.6%, S= 7.578, N= 7) de la distancia interorbital en machos, tímpano no evidenciable en la piel finamente granular; aberturas nasales internas de tamaño pequeño, ovaladas; procesos dentígeros y dientes vomerinos ausentes; lengua redondeada con muy leve escotadura en el borde posterior, márgenes posterior y laterales libres, no adherentes al piso de la boca; hendiduras vocales cortas, dirigidas de la parte posterior de la lengua hacia la articulación mandibular, saco vocal medial externo, subgular.

Espina humeral ausente; brazo delgado, antebrazo algo robusto; dedos manuales más bien cortos, amplios, de extremo distal circular a truncado, I de igual tamaño al II (que es de menor diámetro que el III), el III y IV son subiguales, cuando están adpresos; palmeadura manual bastante reducida con fórmula: III (2 - 2') - ( $1_{3/4}$  - 2') IV; tubérculos subarticulares de los dedos

manuales redondos, levantados, de tamaño pequeño, supernumerarios poco abundantes, granulares pequeños; tubérculo palmar oval, levantado, pequeño, *thenar* elíptico, poco definido, de forma y tamaño, diámetro transversal del disco del dedo III manual algo mayor que la anchura del dedo a nivel de la articulación de la última y penúltima falanges; diámetro transversal del disco del dedo III manual equivalente al 38.3-46.5% ( $\bar{x}$  = 42.3%, S= 3.462, N= 4) del diámetro ocular en machos; excrecencias nupciales ausentes.

Extremidades posteriores delgadas; longitud tibial equivalente al 51.8-56.9% ( $\bar{x}$  = 53.7%, S= 1.830, N= 8) en machos; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón llega al ángulo anterior del ojo; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón llega al ángulo anterior del ojo; cuando los miembros posteriores se hallan flexados hacia adelante y los anteriores hacia atrás, las rodillas y los codos se sobreponen bien, cuando los muslos se hallan perpendiculares al plano sagital del cuerpo y con las piernas flexadas hacia atrás, los talones se sobreponen en corta distancia; pliegue tarsal ausente; tubérculo metatarsal interno elíptico, ca 2 veces más largo que ancho; tubérculo metatarsal externo redondeado o poco evidenciable; tubérculos subarticulares de los dedos pediales redondos, bien definidos, prominentes, de menor diámetro que los subarticulares manuales; tubérculos supernumerarios muy pequeños, granulares; discos digitales de contorno distal redondeado, ligeramente más ancho que los artejos distales correspondientes, fórmula de la palmeadura pedial: I 1 - ( $1_{1,2}$  -  $1_{2,3}$ ) II 1 - ( $1_{1,2}$  - 2') - III 1 - (2' - 2') IV (2' - 2') - ( $1_{1,4}$  - 1)V.

Piel dorsal de las superficies expuestas muy finamente granular a lisa; gula, abdomen y superficies ventrales de los muslos granulares; pliegue cloacal corto, horizontal, dirigido posteriormente, situado a nivel anterior de los muslos.

**Coloración *in vivo*.**- Superficies expuestas verde claro con difusas punteaduras amarillo, vientre verde crema muy pálido; manos y pies amarillo. Huesos blancos. Peritoneo parietal y visceral blanco. Iris amarillo. Huevos crema verdoso.

**Coloración en etanol 70%.**- Superficies dorsales crema con gran densidad de cromatóforos lila, de distribución y tamaño uniforme; párpados superiores, por transparencia del globo ocular, blanquecinos. Ventralmente crema, transparente en abdomen y miembros, no así en gula y pecho. Iris crema lila con puntos y línea lavanda.



A



B



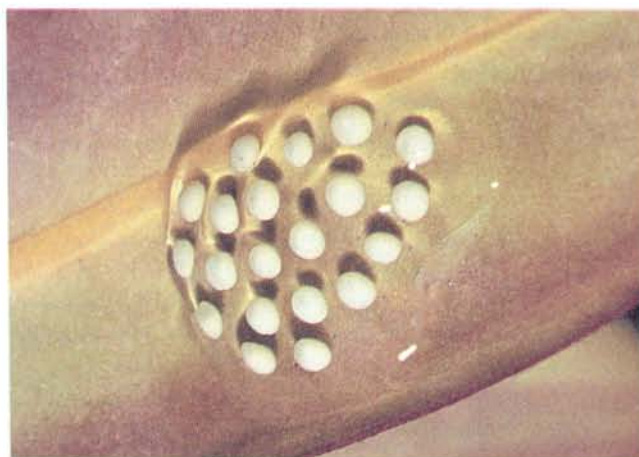
C



D



E



F

**Figura 4.-** A) *Hyalinobatrachium esmeralda* ICN 9592 (hembra adulta LRC=21.2mm) B) *Hibama* ICN 19545 (macho LRC=21.7mm), C) vista ventral con corazón oculto de *H.esmeralda* ICN 9592, D) vista ventral con corazón visible de *H.colymbiophyllum* ICN 27738 (macho LRC=21.2mm), E) *H.ruedai* ICN 40409 (macho LRC=21.8mm), F) *H.ruedai* ICN 40412, postura en envés de hoja. Fotos A-D (Pedro M. Ruiz-C.), E-F (Juan Manuel Renjifo)

**Dimensiones del holótipo.**- Longitud rostro-cloacal 20.5, longitud cefálica 6.8, anchura cefálica 8.5, diámetro orbital 2.5, distancia ojo-narina 1.7, anchura del párpado superior 2.0, distancia interorbital 1.9, longitud de la tibia 11.2 mm.

**Distribución.**- *Hyalinobatrachium ruedai* es conocida de la localidad típica.

**Aspectos ecológicos y reproductivos.**- Los adultos se encontraron sobre haz de *Bonetia*, en los borde de quebradas, ca a bosque ripario de *Bonetia*. El macho cuidaba postura de 20 huevos.

### Agradecimientos

Los Biólogos José Vicente Rueda-A., Juan Manuel Renjifo, permitieron reportar materiales coleccionados por ellos. También en trabajo de campo participaron los Biólogos José Vicente Rueda y María Cristina Ardila así como el señor Pablo Bernal (q.e.p.d), igualmente estudiantes de las carrera de Biología del curso práctico de campo de la Asignatura Sistemática Animal. La profesora María Cristina Ardila-R. contribuyó con la edición del manuscrito.

### Biobiografía

**Ayarzagüena, J.** 1992. Los centrolenidos de la Guayana Venezolana. Publ. Asoc. Amigos de Doñana, (1): 1-48.

\_\_\_\_\_. & **J. C. Señaris.** 1997 (1996). Dos nuevas especies de *Cochranella* (Anura: Centrolenidae) para Venezuela. Publ. Asoc. Amigos de Doñana (8):1-16.

**Barrera-R., M. & P. M. Ruiz-C.** 1989. Una nueva especie del género *Centrolenella* Noble 1920 (Amphibia: Anura: Centrolenidae) de la Cordillera Occidental de Colombia. Trianea (3):77-84.

**Cannatella, D. C.** 1980. Two new species of *Centrolenella* from Bolivia (Anura: Centrolenidae). Proc. Biol. Soc. Washington 93:714-724.

\_\_\_\_\_. & **W. W. Lamar.** 1986. Synonymy and distribution of *Centrolenella orientalis* with notes on its life history (Anura: Centrolenidae). J. Herpetol. 20:307-317.

**Duellman, W. E.** 1970. The hylid frogs of Middle America. 2 vols. Mus. Nat. Hist., Univ. Kansas Monogr. (1):1-753.

\_\_\_\_\_. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. Univ. Kansas Mus. Nat. Hist. Misc. Publ. (65):1-352.

\_\_\_\_\_. & **R. Schulte.** 1993. New species of centrolenid frogs from northern Peru. Occas. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas (155):1-33.

\_\_\_\_\_. & **J. B. Tulecke.** 1960. The distribution, variation, and life history of the frog *Cochranella viridissima* in Mexico. Amer. Midl. Nat. 63:392-397.

**Hardy, J. D., Jr.** 1984. A new subspecies of *Centrolenella orientalis* (Anura: Centrolenidae) from Tobago, West Indies. Bull. Maryland Herp. Soc. 20:165-173.

**Haynes, M. P. & P. H. Starrett.** 1980. Notes on a collection of centrolenid frogs from the Colombian Chocó. Bull. Southern California Acad. Sci. 79:89-96.

**Heyer, W. R.** 1985. Taxonomic and natural history notes on frogs of the genus *Centrolenella* (Amphibia: Centrolenidae) from southeastern Brasil and adjacent Argentina. Papeis Avulsos Zool. 36:1.21.

**Lynch, J. D. & W. E. Duellman.** 1973. A review of the centrolenid frogs of Ecuador, with descriptions of new species. Occas. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas (16):1-66.

\_\_\_\_\_. & **P. M. Ruiz-Carranza.** 1996. A remarkable new centrolenid frog from Colombia with a review of nuptial excrescences in the family. Herpetologica 52:525-535.

\_\_\_\_\_. **P. M. Ruiz, & J. V. Rueda.** 1983. Notes on the distribution and reproductive biology of *Centrolene geckoideum* Jiménez de la Espada in Colombia and Ecuador (Amphibia: Centrolenidae). Stud. Neotrop. Fauna Environ. 18:230-243.

**McCranie, J. R. & L. D. Wilson.** 1997. Two new species of centrolenid frogs of the genus *Hyalinobatrachium* from eastern Honduras. J. Herpetol. 31:10-16.

**Rivero, J. A.** 1968. Los centrolenidos de Venezuela. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle 28:301-334.

\_\_\_\_\_. 1985. Nuevos centrolenidos de Colombia y Venezuela. Brenesia 23:335-373.

**Ruiz-Carranza, P. M., M. C. Ardila-Robayo, & J. D. Lynch.** 1996. Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex., Fis. Nat. 20(77):365-415.

\_\_\_\_\_. & **J. D. Lynch.** 1991a. Ranas Centrolenidae de Colombia I: Propuesta de una nueva clasificación genérica. Lozania (57):1-30.

\_\_\_\_\_. 1991b. Ranas Centrolenidae de Colombia III: Nuevas especies de *Cochranella* del grupo *granulosa*. Lozania (59):1-18.

\_\_\_\_\_. 1991c. Ranas Centrolenidae de Colombia IV: Nuevas especies de *Cochranella* del grupo *ocellata* de la Cordillera Oriental. Lozania (60):1-13.

\_\_\_\_\_. 1995a. Ranas Centrolenidae de Colombia VIII: Cuatro nuevas especies de *Centrolene* de la Cordillera Central. Lozania (65):1-16.

\_\_\_\_\_. 1995b. Ranas Centrolenidae de Colombia V: Cuatro nuevas especies de *Cochranella* de la Cordillera Central. Lozania (62):1-24.

**Señaris, J. C. & J. Ayarzagüena.** 1993. Una nueva especie de *Centrolenella* (Anura: Centrolenidae) del Auyan-Tepui, Edo. Bolívar, Venezuela. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle 53:121-126.

**Starrett, P. H. & 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. 72:57-78.

# A FALTA DE UNA ICONOGRAFÍA DE AIMÉ BERGERON

por

Víctor Albis González\*

## Resumen

**Albis-González, V.:** A falta de una iconografía de Aimé Bergeron. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22(85): 587-590, 1998. ISSN 0370-3908.

En el proceso de recuperación del patrimonio matemático colombiano, una parte importante la constituye la memoria iconográfica, representada por retratos al óleo, daguerrotipos, etc. Entre los pocos actores de la historia de la matemática en Colombia que carecen hasta ahora de representación iconográfica, se encuentra **Aimé Bergeron**, matemático francés, quien fuera profesor del *Colegio Militar* de 1848 a 1856. A falta de esta representación transcribimos un pasaje de las *Reminiscencias de Santafé y Bogotá* de **J. Ma. Cordovez Moure**, donde aparece no sólo un vívido retrato físico sino además algunas facetas anecdóticas de la personalidad de este influyente profesor del *Colegio Militar*. Esta descripción inspiró al autor la caricatura conjetural que aparece en el escrito.

**Palabras claves:** Matemáticas, historia, iconografía, Colombia, siglo XIX.

## Abstract

The recovery of the iconographical memory, made of pictures, drawings, daguerreotypes, etc., is a fundamental task in the recovery of the Colombian mathematical heritage. Among the few actors in Colombian mathematical history lacking up to now an iconographical representation, we find the French mathematician **Aimé Bergeron**, who taught Differential Calculus, among other subjects, at the *Colegio Militar* at the beginning of the second half of the 19<sup>th</sup> century. A written physical and somewhat anecdotal character description of him, found in **J. Ma. Cordovez Moure's** *Reminiscencias de Santafé y Bogotá*, is here reproduced, together with a conjectural caricature by the author of this note.

**Key words:** Mathematics, history, iconography, Colombia, 19<sup>th</sup> century.

\* Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, Apartado aéreo 91480. Email: valbis@accefyn.org.co. El levantamiento de este texto se hizo usando el paquete T<sub>E</sub>X de la AMS.

Hace poco tiempo tuvimos la oportunidad de presentar, en la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, una conferencia sobre los textos matemáticos escritos por los profesores del *Colejio Militar*, institución en la cual se formaron los primeros ingenieros civiles del país. Esta conferencia procuraba mostrar los derroteros y el *status artis* de una investigación destinada, entre otras cosas, a la recuperación del patrimonio matemático colombiano.<sup>1</sup> Durante la conferencia mostramos retratos de la mayoría de las personas que actuaron, de una u otra manera, en la breve historia del *Colejio*, pero debimos reconocer que no poseíamos uno de AIMÉ BERGERON, personaje sobre quien finalmente se centró la conferencia. De hecho, en ella analizamos con algún detalle un manuscrito continente de las notas de clase tomadas por SIXTO BARRIGA del curso de cálculo diferencial dictado por primera vez en el *Colejio* por BERGERON [ALBIS & SÁNCHEZ, 1998].

Afortunadamente y de manera casual, encontramos en un gracioso pasaje de las *Reminiscencias de Santafé y Bogotá*, escritas en el siglo pasado y a principios de éste por JOSÉ MARÍA CORDOVEZ MOURE [1957, págs. 458-460], una descripción no sólo del aspecto físico de BERGERON sino también de algunas facetas de su carácter. A continuación transcribimos este pasaje, del cual son actores tanto el matemático francés como el narrador. Pero hacemos algo más: con atrevimiento y mucho de conjetura, nos permitimos incluir una caricatura del personaje (Figura 1), basada en dicha descripción física, descripción por demás divertida y queremos creer bastante exacta.<sup>24</sup>

He aquí la transcripción:

“Se refiere en las antiguas crónicas que un soldado español, después de cometer un homicidio en Santafé, huyó hacia la cordillera y pernoctó en una cueva en cuyo recinto había un venado de oro macizo, de tamaño natural, con enorme cornamenta, “porque era macho el animalito”. Volver a la ciudad habría sido un despropósito, porque lo ahorcarían, según todas las probabilidades, y no podía permanecer oculto en la cueva sin morirse de hambre y sed. En tan dura alternativa,

<sup>1</sup>Este programa de investigación lo llevamos a cabo con la profesora Da. CLARA H. SÁNCHEZ.

<sup>2</sup>Los datos biográficos que poseemos sobre BERGERON son todavía muy escasos.

<sup>4</sup>Para ambientar la caricatura, hemos colocado en ella un tablero en el cual aparece la tercera figura que se encuentra en el manuscrito de SIXTO BARRIGA, acompañada de la ecuación que representa,  $y = \frac{1}{3}x^3 - 2x^2 + 3x + 1$ , su derivada,  $x^2 - 4x + 3 = (x-1)(x-3)$ , y las coordenadas de sus puntos críticos, correspondientes a las abscisas  $x = 1, x = 3$ .

resolvió el homicida llevar consigo una parte de la cornamenta; cubrió con tierra y maleza la entrada de la cueva que encerraba el venado, y como segura señal para no extraviarse al volver por su tesoro, clavó en el sitio hasta la empuñadura la espada que tenía al cinto; luego trazó una línea imaginaria que, partiendo de la cima de la cordillera, pasara por la espada enterrada y terminara en el ojo de la cerradura de la puerta de la Capilla de Jesús Nazareno en la iglesia de San Agustín, según unos, y de Guadalupe, al ojo del cerrojo de La Veracruz, según otros; pues parece que el tal soldado debía de llevar muy buen anteojo de larga vista, que lo ponía en capacidad de señalar uno de los ojos citados. Después de transcurridos muchos años volvió el soldado, pero no dio con la cueva, como suele acontecer con los ratones arsenicados, porque alguien debió tropezar con la empuñadura de la espada y llevársela, razón por la cual quedó perdido el venado de oro.

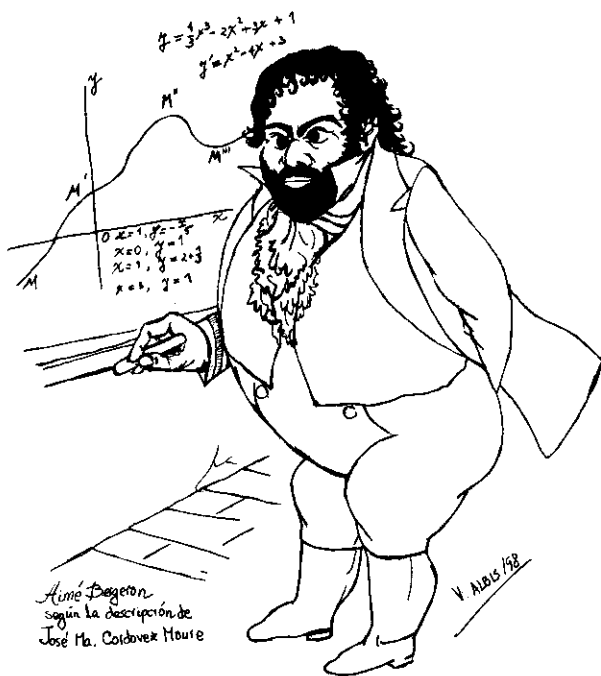
Somos del número de los muchos gznápiros que han perdido su tiempo en busca del *Hoyo del venado*. En el año de 1848 vino a Bogotá el renombrado matemático francés AIMÉ BERGERON, contratado por el gobierno para que enseñara Ciencias exactas en unión de don LINO DE POMBO, en el único colegio Militar que hemos tenido, y en donde se educaron, entre otros, MANUEL PONCE DE LEÓN, RAFAEL POMBO, INDALECIO LIÉVANO, JOAQUÍN BARRIGA, JUAN E. ZAMARRA y NEPOMUCENO SANTAMARÍA.

Desde que un individuo emigra de su país, suele acripiar el ideal de hacerse rico en poco tiempo, mediante el menor trabajo posible; y como nada hay más económico que hallarse un *santuario*, este viene a ser el *desiderátum* casi universal, de cuyo influjo no pudo sustraerse el profesor BERGERON.

Alguien que supo la inclinación del matemático francés por buscar tesoros escondidos, le estafó 100 francos por la copia de la *escritura reservada* que aseguraba existía en la antigua escribanía de JOAQUÍN ZAPATA Y PORRAS, en donde constaba la historia del *Hoyo del venado* que dejamos referida.

Aguijoneada la codicia de BERGERON al considerarse poseedor del secreto que debía hacerlo inmensamente rico, se dedicó afanoso a levantar el plano del terreno que debía explorar. Dió principio planteando el correspondiente teorema científico por medio de un plano geométrico de grande aliento, en que todo era triángulos, catetos, tangentes e hipotenusas, a fin de hallar con precisión matemática el punto en donde el soldado enterró la espada como señal infalible de la línea que, partiendo del ojo de la precitada capilla de Jesús, terminaba en el oriente de la cordillera. El resultado





**Figura 1: Caricatura de AIMÉ BERGERON basada en la descripción de CORDOVEZ MOURE**

de tantos desvelos fue resolver el problema propuesto, señalando la ubicación del hoyo apetecido en el farallón de forma cónica que existe arriba de la iglesia de la Peña, el mismo sobre el cual se ve hoy colocada una gran cruz de piedra.

Plenamente satisfecho el sabio con su importante descubrimiento, invitó a cuatro jóvenes, discípulos suyos, a pasar un día domingo por los lados de la Peña, sin decirnos el verdadero objeto de la excursión; mas al llegar al pie de la roca que nos cerraba el paso, nos salieron al encuentro tres peones provistos de comestibles, cuerdas, grandes clavos de hierro y bastones ferrados de distintas formas. BERGERON nos llamó aparte de éstos, y con ademán solemne y expresión de profeta, alzó el brazo, señalándonos un agujero practicado en la parte superior de la roca y, parodiando a Bonaparte en las Pirámides, exclamó en castellano afrancesado:

—¡Compañeros! En la cima de esta mole de granito encontraremos algo que nos hará millonarios. ¡Viva la Francia!

Al oír a nuestro maestro creíamos que se le había trastornado la chaveta; pero el buen gabacho nos tranquilizó al comunicarnos sus fantásticos proyectos, a tiempo que, como hombre de conciencia, hizo la dis-

tribución del venado de oro en las siguientes proporciones: las cuatro patas, para los cuatro estudiantes, el cuerpo para él, como actor principal, y la cola para los tres peones. Aunque el reparto parecía hecho por el león de la fábula, aceptamos la parte que se nos adjudicó, y dimos principio a la faena quitándonos el calzado y la levita, a fin de quedar más expeditos.

No dejaba de inquietarnos el procedimiento que nos indicó el matemático para subir a una roca cuasi perpendicular; pero la juventud se atreve a todo. En pie sobre los hombros de uno de los peones, empezamos a vanguardia el atrevido escalamiento por introducir el primer clavo en una grieta que tenía el peñasco, con el propósito de hacerlo servir de peldaño y atarle una cuerda o maroma para seguridad de los ascensores; el último de la cuasi aérea caravana era el insigne BERGERON, *de constitución pletórica, abultado abdomen, piernas cortas, barba negra de zapador, ojos bizcos y abundante cabellera rizada*,<sup>3</sup> no muy listo para avanzar en aquella ruta apropiada para presentar examen de acróbata, por lo cual no pudo subir sino hasta el segundo clavo, a contar de abajo hacia arriba.

Los estudiantes continuamos trepando, uno en pos de otro, asidos a las raíces que encontrábamos y a la cuerda que íbamos atando a los clavos que introducíamos en las grietas que presentaba la roca; los peones permanecían al pie del farallón, listos a recibir al expedicionario que se desprendiera de aquella peligrosa ruta, en que parecíamos moscas prendidas a una pared.

Un esfuerzo más y el buen éxito habría coronado nuestro temerario escalamiento; pero desgraciadamente no teníamos los clavos suficientes para continuar subiendo, y, lo que fue más desalentador, el famoso hoyo que buscábamos es un agujero circular que tendrá menos de un metro de diámetro y cincuenta centímetros de profundidad, labrado casi en la cima de las rocas y probablemente formado en los tiempos primitivos de la edad volcánica.

Hasta entonces habíamos tenido fijos los ojos hacia arriba, sin darnos cuenta del punto de partida; mas al recibir de BERGERON la orden de descenso volvimos la cara y vimos con espanto la altura a que nos hallábamos, como quien dice del atrio de la Catedral a la cruz que remata una de sus torres, doblando la altura. Si la subida había sido penosa y difícil, el descenso fué peli-

<sup>3</sup>Las itálicas son nuestras

grosísimo: en ocasiones bajábamos de espaldas contra las rocas, asidos a las cuerdas, dejando a trechos rastros del vestido y de las desgarraduras *in utroque*, percance que nos impidió *sentarnos bien* durante una semana. El primero que llegó a tierra firme fué el malaventurado matemático, que a cada contusión o rasguño que sufría soltaba un ...*cré nom!* que hacía estremecerse la montaña. Para completar el chasco, el maestro cayó de espaldas cuando quiso asentar el pie sin advertir que el farallón arrancaba de una rampa formada por el terreno que le servía de base.

—*Dis, donc, monsieur de Bergeron*— preguntamos al matemático cuando despachándonos a dos carrillos el apetitoso fiambre con que nos obsequió—: ¿por dónde

y cómo subió y bajó el soldado que descubrió el venado de oro entre el hoyo?

—*Ah, mon ami, cela est très fort!* Lo preguntaré al canalla que me engañó con la escritura del Zapata de Porras— nos contestó el chasqueado francés.”

### Bibliografía

1998 Víctor S. Albis & Clara H. Sánchez, *descripción del curso de cálculo diferencial de Aimé Bergeron en el Colegio Militar*: Manuscrito.

1957 José María Cordovez Moure, *Reminiscencias de Santafé y Bogotá*: Madrid: Aguilar.

# SOBRE LA IDENTIDAD DE *AEGIPHILA RETICULATA* MOLD. (“VERBENACEAE”) Y *RONDELETIA PUBESCENS* H. B. K. (RUBIACEAE)

por

José Luis Fernández-Alonso\*

## Resumen

**Fernández-Alonso, J. L.** (1998). Sobre la identidad de *Aegiphila reticulata* Mold. (“Verbenaceae”) y de *Rondeletia pubescens* H.B.K. (Rubiaceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 22(85): 591-593. ISSN 0370-3908.

Se rechaza el binomio *Aegiphila reticulata* Mold. para el género *Aegiphila* (Verbenaceae), sustentado en una colección estéril del Herbario de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reyno de Granada. Se establece la identidad *A. reticulata* con la especie *Rondeletia pubescens* H.B.K. (Rubiaceae).

**Palabras claves:** Verbenaceae *Aegiphila*, Rubiaceae, *Rondeletia* Nomenclatura, Colombia.

## Abstract

The name *Aegiphila reticulata* Mold., based on sterile specimens from the Herbarium of the Royal Botanical Expedition of the New Kingdom of Granada, is excluded from the genus *Aegiphila*. The identity of *A. reticulata* Mold. with the species *Rondeletia pubescens* H.B.K. (Rubiaceae) is established.

**Key words:** Verbenaceae *Aegiphila*, Rubiaceae, *Rondeletia* Nomenclature, Colombia

## Introducción

Como parte del trabajo de revisión de las colecciones de la familia Verbenaceae en el Herbario de la Real Ex-

pedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (MA-MUT), para el tratamiento de esta familia en la Flora de Mutis, se revisó el material tipo de algunas especies del género *Aegiphila*, basado en pliegos de la Expedición Botánica depositados en MA-MUT.

El género *Aegiphila* esta representado en la colección iconográfica de la Expedición Botánica por cuatro espe-

\* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia. E-Mail: jlfern@ciencias.ciencias.unal.edu.co

cies: *A. bogotensis* (Spr.) Mold., *A. grandis* Mold., *A. integrifolia* (Jacq.) Jacq. y *A. quidiuensis* (H. B. K.) Mold. En el Herbario MA-MUT se conserva material asignable a seis especies de *Aegiphila*, las cuatro iconografiadas y además *A. mollis* H.B.K., y de *A. truncata* Mold.

Con base en colecciones de la Expedición Botánica fueron descritas cinco especies de *Aegiphila*, encontrándose isotipos de todas ellas en el herbario MA-MUT (Blanco, 1991). Tres fueron publicadas en el siglo pasado (Humboldt, Bonpland & Kunth, 1818). De ellas dos se describieron en el género *Aegiphila*: *Aegiphila mollis* H. B. K. y *Aegiphila mutisii* H. B. K., esta última es hoy tratada como sinónimo de la primera. Además, una tercera especie, se describió en el género *Ehretia* (*E. tomentosa* H. B. K.). Por tratarse de un nombre ilegítimo, ya utilizado por Lamarck en 1791 para otra especie de *Ehretia*, en años posteriores se le asignó un nombre nuevo basado en el mismo material tipo, para ser transferido después al género *Aegiphila*, como *A. bogotensis* (Spreng.) Mold. (Moldenke, 1933; López-Palacios, 1977).

La cuarta y quinta especies: *A. truncata* Mold. y *A. reticulata* Mold., se describieron más tarde con base en una serie de las colecciones de Mutis, depositadas en el Herbario Smithsoniano (Moldenke, 1933). *A. truncata*, es difícilmente separable de *A. bogotensis*, siendo su posición taxonómica incierta en la actualidad.

#### "*Aegiphila reticulata* Mold."

Con respecto a *A. reticulata* Mold., a diferencia de las cuatro especies comentadas anteriormente, que cuentan con colecciones tipo fértiles, esta última fué publicada a partir de material desprovisto de flores, como se concluye del estudio de las colecciones típicas y de la diagnosis que aparece en el protólogo (Moldenke, 1933).

La indicación del material tipo es como sigue: "Type collected by José Celestino Mutis (N° 985, originally labelled "857») somewhere in Colombia (probably in the vicinity of Bogotá) (U.S. Nat. Herb.)»

Esta especie, solo conocida por la colección (serie) típica y que no fué referida con posterioridad de otras localidades nuevas (Moldenke, 1959), aparece recogida en trabajos recientes referentes al Herbario de Mutis (Blanco, 1991; Blanco & del Valle 1991).

Como se desprende de la escueta información del protólogo, esta especie fué descrita con base en muestras provista de inflorescencias incipientes, siendo la única información referida a partes fértiles "floribus jam immaturis". Por otra parte, las inflorescencias, descritas en detalle:

"cymis axillaribus ut videtur paucis (in axillis summis) pedunculatis subpaucifloris saepe paniculatis; panicula terminali longe pedunculata angusta 2-bracteata ubique cinereo-pubescente, sympodiiis paucis brevibus; bracteis foliaceis paucis, foliis consimilibus sed parvioribus, 1,5-2,5 cm longis et 10-12 mm latis; bracteolis parvis oblongis 3-6 mm longis et 2-3 mm latis; pedicellis (ante anthesin) subobsoletis", concuerdan plenamente con el material tipo de *A. reticulata* estudiado en MA-MUT y con otras colecciones de *Rondeletia pubescens*, conservadas en el herbario MA-MUT.

Con respecto a la localidad de donde procede la colección tipo de *Aegiphila reticulata*, a diferencia de lo indicado por Moldenke (1933), su procedencia serían las zonas medias o bajas de Cundinamarca o Tolima (entre La Mesa y Mariquita), de donde hay numerosos registros de herbario posteriores.

*Rondeletia pubescens* H.B.K., Nov. Gen. Sp. 3: 396, pl. 291. 1820. Rubiaceae

= *Aegiphila reticulata* Mold., Rep. Spec. Nov. Regn. Veg. 33 (12): 138. **Syn. nov.** Typus: *Mutis* 985 Holotypus (US), Isotypus MA-MUT (dos pliegos);

En el Herbario de la Expedición Botánica, se encuentran, aparte del material tipo, varios pliegos más que corresponden a esta especie.

#### Otro material revisado:

**COLOMBIA.** Sin localidad (Probablemente zonas de Cundinamarca o Tolima), *J. C. Mutis* 99 (MA-MUT), *J. C. Mutis* 1627 (5 pliegos, MA-MUT), *J. C. Mutis* 2509 (5 pliegos MA-MUT), *J. C. Mutis* 3490 (5 pliegos, MA-MUT); *J. C. Mutis* 3806 (5 pliegos MA-MUT), *C. Mutis* 4006, *J. C. Mutis* 4336 (2 pliegos MA-MUT); *J. J. Triana* 109 (COL). CALDAS. La Dorada, 200-400 m, ene 1937, *O. Haugh* 2142 (COL). CUNDINAMARCA. Silvania, 1450 m, jun 1972, A.S. Barclay 3485, (COL); Guaduas, 1100 m, ago 1952, *L. Uribe* 2345 (COL). HUILA. Algeciras, 1200 m, may 1944, *E. little* 7462 (COL); San Antonio, may 1944, *E. Little* 7908 (COL); Campoalegre, mar 1940, *E. Perez-Arbeláez* 8314 (COL). TOLIMA. Chicoral, 250 m, *O. Haugh* 6273 (MA); Ibagué, jul 1939 *E. Perez-Arbeláez* 6492 (COL); Mariquita, ene 1854, *J.J. Triana* 3258.1 (COL).

#### Agradecimientos

Mi agradecimiento a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia y al Real Jardín Bo-

tánico de Madrid, por el apoyo recibido para la realización del trabajo.

### Bibliografía

**Blanco Fernández de C., P.** 1991. *Plantae Mutisiana*. *Fontqueria* 31: 153-216.

\_\_\_\_\_ & **A. del Valle Stervinou.** 1991. *Herbarium Mutisianum seu catalogus plantarum a Novagranatensi Regia Legatione, sub Iosephi Caelestini Mutis auctoritate lectarum, Adduntur aliae ab ipso lectae.* *Fontqueria* 32: 1-173.

**Humboldt, H. A., A. Bonpland & C. S. Kunth** (1818-1820). *Nova Genera et Species Plantarum...* 3. París.

**López Palacios, S.** 1977. *Verbenaceae*. *Flora de Venezuela*. Univers. de los Andes. Mérida. Venezuela.

**Moldenke, H. N.** 1933. *Novitates in Aegiphila et Callicarpa*, *Verbenacearum generibus, ex America tropica.* *Repert. Spec. Nov. Regni Veg.* 33 (12): 113-143.

**Moldenke, N. H.** 1959. *A Resume of the Verbenaceae, Avicenniaceae, Stilbaceae, Symphoremataceae and Eriocaulaceae of the World as to valid taxa, geographic distribution and synonymy.* Mountainside, New Jersey.

# POSIBILIDADES DE UN CONTROL BOTÁNICO ANALÍTICO DE LA UÑA DE GATO *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC.

por

Raúl C. Peña \*, Barbara T. Timmermann<sup>2</sup>, Liliana Iturriaga<sup>1</sup>, Luis González<sup>1</sup> y  
Gloria Montenegro<sup>1</sup>

## Resumen

Peña, R. C., Timmermann, B. T., Iturriaga, L., González, L. & G. Montenegro: Posibilidades de un control botánico analítico de la uña de gato. *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. Rev. Acad. Comb. Cienc. 22(85): 595-600, 1998. ISSN 0370-3908.

*Uncaria* es un género que consta de 34 especies, distribuidas en África, América y Asia. Sólo algunas especies tienen interés etnobotánico y sólo una ha llegado a la farmacopea *U. gambir* (Hunter)Roxb. que da un tanino conocido como gambir o pale catechu, y que contiene (+)-catequina. Una especie de *Uncaria* probablemente *U. guianensis* (Aubl.)Gmel. es empleada por los indios Campa en el Perú contra tumores. De igual modo se ha informado recientemente que la "uña de gato" a base de la corteza de *U. tomentosa* tiene un uso afín, y que además se emplea en úlceras y diversas inflamaciones. *Uncaria tomentosa* (Willd.)DC. es la otra especie americana que posee mucha similitud en la composición de alcaloides, que se discuten.

**Palabras claves:** Rubiaceae, anatomía, *Uncaria*, Sudamérica

## Abstract

*Uncaria* is a genus with 34 species, distributed in Asia, Africa, and America. A few species have ethnobotanical interest and only one has been incorporated in the Pharmacopoeia, *U. gambir* (Hunter)Roxb. giving a tannin well known as pale catechu, it contains (+)-catechin. A related *Uncaria* species, probably *U. guianensis* (Aubl.)Gmel. is used against tumors by the Campa in the Peruvian Amazon. Recently, a "cat's claw" ("uña de gato"), based on *U. tomentosa* bark, has been reported as useful for these diseases and various inflammatory disorders, including ulcers and Crohn's disease. *Uncaria tomentosa* (Willd.)DC. is the other South American species, that has a very similar alkaloid pattern, and both are discussed.

**Key words:** Rubiaceae, anatomy, *Uncaria*, South America.

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ecología, Laboratorio de Botánica Terrestre, c/o. Prof. Gloria Montenegro Casilla 114 D, Santiago CP. 6513677, CHILE.

<sup>2</sup> Department of Pharmacology and Toxicology, College of Pharmacy, The University of Arizona, Tucson, Arizona 85718, USA.

\* A quien enviar la correspondencia, E-Mail: gmonten2@genes.bio.puc.cl.

## Introducción

### Taxonomía

La primera *Uncaria* descrita para Sudamérica fue *Ouroparia guianensis* Aublet en 1775. Subsecuentemente **Schreber** (1789) denominó a esta especie *U. guianensis*, y el nombre genérico se conserva en contra de *Ouroparia*. Aunque Aublet advirtió que la especie sudamericana descrita por él se asemejaba a la del Archipiélago Malayo descrita por Rumphius en el Herbarium Amboinense como *Funis uncatu* o *Daun gatta gambir*. A pesar de esto sólo hasta 1808 fue descrita la primera *Uncaria* del Archipiélago Malayo, por Hunter y presentado a la Sociedad Lineana sobre la producción de tanino de gambir en la Península Malaya y describió la planta usada en ese proceso en el género *Nauclea*. **Roxburgh** (1832) reclasifica correctamente en el género *Uncaria* y describe otras especies.

**Bremekamp** (1966) ha propuesto separar de las Naucleae a los géneros *Cephalanthus*, *Mitragyna* y *Uncaria*. **Phillipson et al.** (1982) destacan que *Mitragyna* y *Uncaria* contienen altos rindes de alcaloides y que difieren de otros miembros de Naucleae. Estos dos géneros se incorporan en la subtribus Mitragyninae de las Cinchoneae.

**Haviland** (1898) destaca que *Uncaria* es un género fácilmente reconocible, todas las especies tienen hábito trepador y pedúnculos reducidos a ganchos curvados como características peculiares. El género está bien distribuido en el sudeste asiático, desde Malasia hasta las Islas Salomón; sin embargo se haya también en otras partes de Asia, en África y Sudamérica. La dificultad de reconocer

las especies se refleja en los ciento veinte nombres del Index kewensis, los que han sido sinonimizados a sólo 34 (**Ridsdale** 1972). Los caracteres principales usados en la clasificación de las especies de *Uncaria* son la presencia/ausencia de brácteas intraflorales y flores pediceladas/sésiles. Otros caracteres son la forma y el largo relativo del cáliz y los lóbulos del cáliz y la forma de las estípulas enteras/bífidas algo/profundamente. Desafortunadamente todos esos caracteres pueden concurrir en series paralelas de grupos de especies no relacionadas; por ende, es posible que, por ejemplo, reunir especies de estípulas enteras sea artificial.

La estrecha relación entre *U. guianensis* y *U. tomentosa* ya había sido reconocida por Haveland y reinvestigada por Ridsdale (**Phillipson et al.** 1978).

En general las 34 especies se pueden reunir en 7 grupos informales, así por ejemplo (Tabla 1).

Las dos especies americanas tienen caracteres en común con dos especies africanas *U. africana* (isomitrafilina) y *U. talbotii* (isorrincofilina), y que también tienen bractéolas filiformes como los taxa de Indo-China.

*Uncaria tomentosa* en general se asemeja a *U. guianensis* pero tiene inflorescencias parecidas a algunos taxa asiáticos. Las afinidades de las dos especies sudamericanas con especies africanas y asiáticas hace suponer que el género *Uncaria* alcanzó el Nuevo Mundo en dos ocasiones independientes y por rutas distintas (**Ridsdale** 1972).

Sus alcaloides mayores son oxiindoles tetraciclos, con relaciones en los grupos I y IV *U. macrophylla* y *U. rhynchophylla* (**Phillipson et al.** 1978).

Tabla 1. Patrones de compuestos alcaloideos en las especies de *Uncaria*.

número de muestras de dos especies de <i>Uncaria</i> que contienen:								
especie	heteroyohimbano/oxinindol normal/pseudo		rox	ha	piq*	Ehr**	otros	neg
	pentaciclos	tetraciclos						
<i>U. guianensis</i>	6	14	0	0	4	0	1	0
<i>U. tomentosa</i>	2	2	0	0	0	0	0	0

rox: roxburgina

ha: hermano

piq: piridino-indoloquinolicidina

\*\* Ehr: Reactivo de Ehrlich

En *U. tomentosa* y en *U. guianensis* rincofilina e isorrincofilina son los alcaloides principales (Hemingway & Phillipson 1974, Montenegro et al. 1976, Wagner et al 1985).

Keplinger reconoce tres variedades de la uña de gato (*Uncaria*), basándose en los colores de la corteza, roja, parda y blanca. Wagner insiste en la gran similitud de las dos especies ya mencionadas basándose en los datos cromatográficos de Phillipson et al. (1974), donde aparecen rincofilina, isorrincofilina y N-óxidos como sustancias características. En cromatografía HPLC de pares iónicos, Wagner et al (1985) determinaron que mitrafilina, isomitrafilina, hirsuteina, hirsutina y dihidrocorianteina eran los compuestos secundarios. Isopteropodina es el principal en una variedad parda, que en *U. guianensis* aparecen como secundarios, mientras que mitrafilina e isomitrafilina resultaron ser los mayoritarios (Wagner et al. 1985).

Según Hemingway & Phillipson (1974) dos derivados 9 hidroxio-oxindoles: isorrotundifolina y rotundifolina, componentes minoritarios de *U. tomentosa*, son diferenciales respecto a la otra especie del grupo VII de Ridsdale (1972). Angustina y angustolina presentes en *U. guianensis* (Phillipson et al 1974a) alcaloides comunes con otros géneros de Naucleae. Mayoritario en el grupo VII de *Uncaria* (*U. talbotii* & *U. africana*).

Por otra parte se describen glicósidos de ácidos quinóvicos, un grupo de sustancias triterpénicas con propiedades antiinflamatorias y antivirales (Cerri et al 1988, Aquino et al 1989; Aquino et al 1990). Así los alcaloides sólo son marcadores satisfactorios para las propiedades estimulantes de la fagocitosis de la corteza de *Uncaria*, pero la aceptación de la corteza de "uña de gato" sólo está autorizada por el Instituto de Salud Pública de Chile para el uso como antiinflamatorio.

Las hojas de *U. guianensis* habían sido usadas para tratar heridas y la infusión de las hojas para tratar la disentería. Montenegro et al (1976) sin especificar especie - podría tratarse de la misma especie o de *U. tomentosa* - indican que "la uña de gato" es usada por los Campa para tratar tumores. Además indican que el contenido de proantocianidinas podría explicar esta propiedad. Las propiedades citostática, anticonceptiva y antiinflamatoria fueron objeto de una patente por K. Keplinger (1982).

Rizzi et al (1993) estudiaron las propiedades antimutagénicas y Peluso et al. (1992, cit. Rosell, 1997) han demostrado la inhibición de la proliferación de ADN polimerasa debida a los extractos de *U. tomentosa*.

Aquino et al (1990) aislaron tres derivados ursanos polihidroxilados, pero no han sido examinados farmacológicamente.

### Material y método

Trozos de corteza de *U. tomentosa* (Willd.)DC fueron suministrados por Ximena Polanco (Laboratorio Homeopático, Ximena Polanco). Un testigo de herbario fue suministrado por Mercedes Chaman, cuyo duplicado se encuentra en el Herbario de Universidad de Trujillo.

La técnica histológica (Montenegro & Gómez 1997) consiste en deshidratación con una batería de alcoholes butílicos y terbutílicos, impregnación con parafina, Paraplast® , tinción con safranina fast green y montaje en medio sintético Entellan®. Una colección de muestras permanentes se conserva en el Laboratorio de la Prof. G. Montenegro.

### Resultados

#### *Descripción de la planta Uncaria tomentosa.*

Liana de hasta 30 m de largo. Hojas opuestas pecioladas, pareadas, son ovaladas u oblongas acuminadas, de consistencia membranacea, haz verde amarillento opaco, envés tomentoso, al menos en los nervios, de unos 6-10 (-12) cm de largo por 4 a 6 cm de ancho. Los tallos terminales algo vellosos, y en la base de las ramas hay un par de espinas en forma de espolón, de unos 2 cm, que recuerda precisamente las uñas de los gatos; estas espinas están dirigidas hacia abajo, pero no son muy retorcidas. En la base de los pecioloos hay un par de estípulas enteras o bífidas. Las inflorescencias son cabezuelas esféricas de 1,5 a 2 cm, pedunculadas solitarias, o a veces racemosas, que nacen en las axilas de la base de los pecioloos. Las flores totalmente glabras, son sésiles o cortamente pediceladas, numerosas o pequeñas, y el cáliz y la corola son tubulares infundiliformes con cinco dientes. Hay cinco estambres insertos en la corola. Los frutos son cápsulas fusiformes, bicarpelares y biloculares, dehiscentes. Las semillas son aladas, bicaudadas, numerosas.

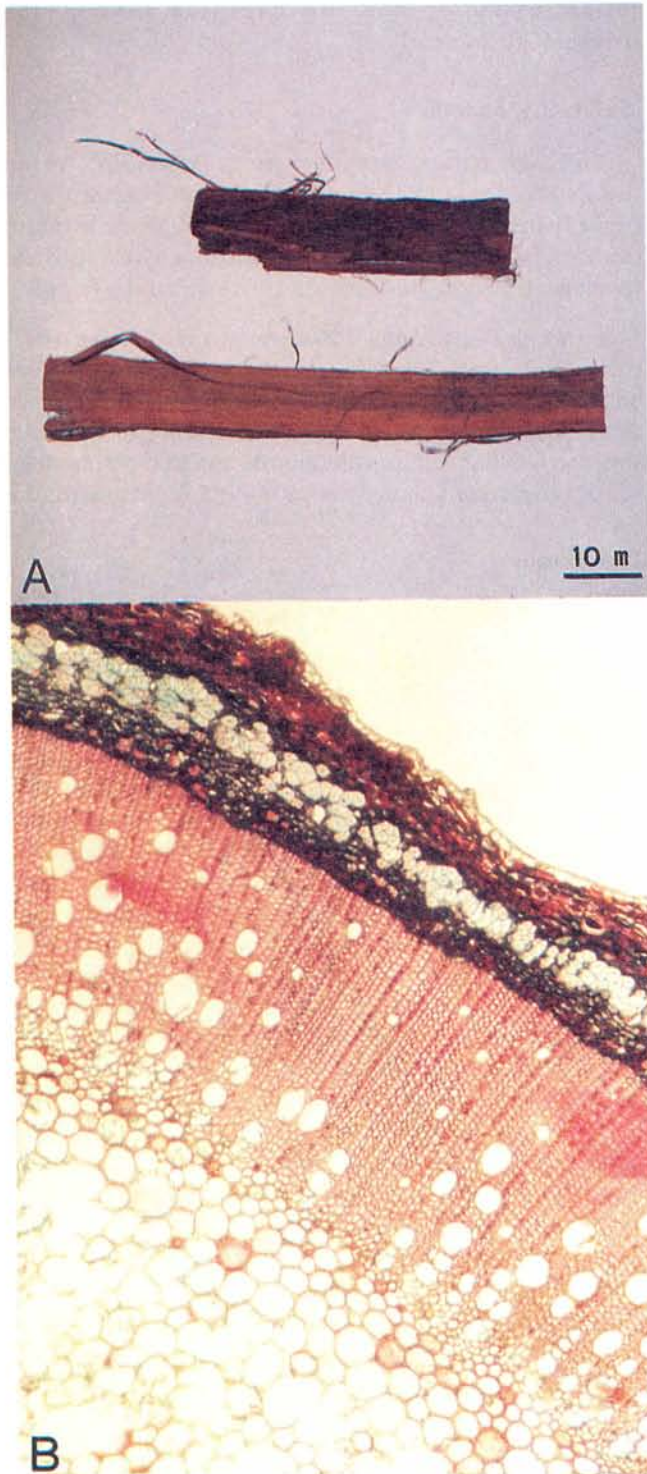
#### *Droga entera*

Trozos de diversos tamaños, color pardo-rojizos a pardo-grisáceos, duros y amargos, desprovistos de las capas de corteza externa (Fig. 1. a).

#### *Descripción microscópica de la corteza de Uncaria tomentosa*

Tallo con crecimiento primario: epidermis muy cutinizada, monoestratificada. Parenquima cortical con abundantes granos de almidón.





**Figura 1 a.** Trozos de corteza de *Uncaria tomentosa*, uña de gato peruana. La barra representa 1 cm (Fotografía: G. Montenegro). **b.** Tallo con crecimiento primario mostrando las fibras esclerenquimáticas en distribución anular. x 600 (Fotografía: L. Gonzalez)

Tallo con crecimiento secundario:

*Sección transversal del tallo:*

Súber: numerosas capas de células de corcho, tabular, de paredes delgadas. Sin contenido coloreado. Tres a seis estratos de fibras esclerenquimáticas, abundantes y de gran tamaño en grupos casi constituyendo un anillo (Fig. 1. b). Células parenquimáticas más o menos coriáceas, con paredes pardo-amarillentas, entre la corteza primaria y secundaria, células con contenido.

Corteza secundaria recorrida con numerosas corridas de fibras, interrumpidas por radios medulares. Fibras esclerenquimáticas (Fig. 2. a) muy afines a las del género *Cinchona*, es decir de paredes gruesas y con numerosas punteaduras, 140  $\mu$ m (Fig. 2. b). Gránulos de almidón 3,5  $\mu$ m, compuesto abundante. Arenas cristalinas de oxalato de calcio. Cristales escasísimos, arenas.

*Droga pulverizada:*

Numerosas fibras esclerenquimáticas, abundante almidón compuesto. Algunos cristales pequeños, de tipo arenas cristalinas. La Fig. muestra la tinción con solución de yodo (Fig. 2. c).

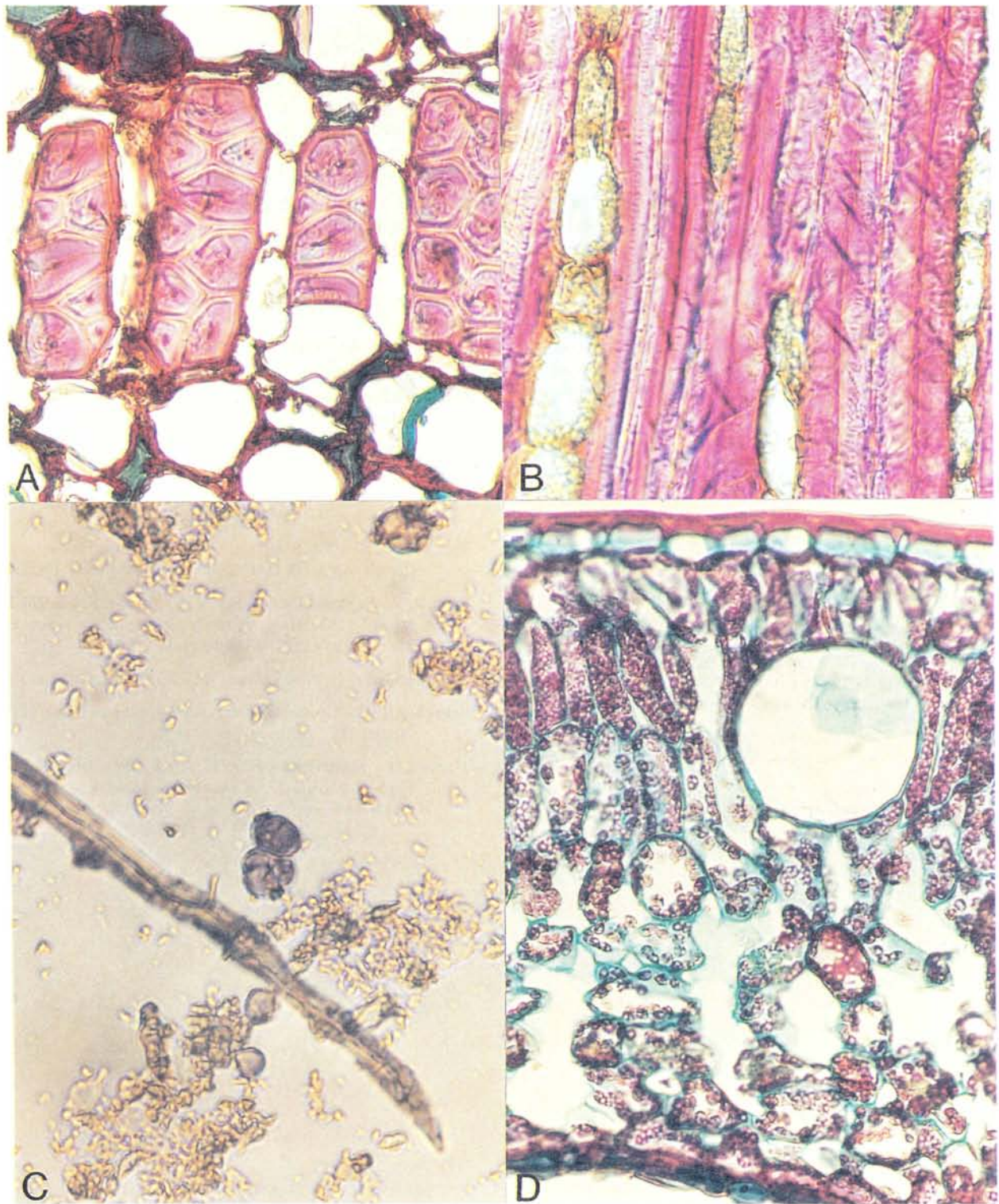
*Hoja Lamina foliar*

Bifacial. Epidermis muy cutinizada, parenquima en empalizada de dos a tres estratos, a veces recorridos por conductos secretores esquizo lisígenos grandes, parenquima esponjoso con grandes espacios intercelulares. Estomas en la cara abaxial (Lám 2. d).

**Discusión**

La distribución de fibras esclerenquimáticas con tejidos vivo, que se observan en sección transversal, es de carácter diagnóstico para la corteza de "uña de gato".

Los caracteres químicos requieren de una implementación química analítica mayor, es decir cromatografía de alto rendimiento (HPLC) de pares iónicos. Al momento no es posible distinguir las dos especies de *Uncaria*, *U. guianensis* y *U. tomentosa* respecto a sus compuestos químicos minoritarios, que son de diagnóstico. Una precisa identificación de las plantas enteras todavía es la guía más segura para una calificación con fines industriales y farmacéuticos. Considerando que *Uncaria guianensis* es fácilmente identificable de la *U. tomentosa*, a nivel taxonómico.



**Figura 2.** a. Series de fibras. En sección transversal, rodeadas de parénquima cortical. x 1500 (Fotografía: L. González). b. Vista parcial de la fibra lignificada, en sección longitudinal mostrando las punteaduras. x 1500 (Fotografía: L. González). c. Droga pulverizada mostrando fibras aisladas y granos de almidón, tinción con solución de yodo. x 1500 (Fotografía: L. González). d. Detalle de la lámina foliar, mostrando una hoja bifacial con tubos conductores destacados. x 1500 (Fotografía: L. González)

## Agradecimientos

Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos a M. Sc. Mercedes Chaman, por el material herborizado de la planta, y la corteza de uña de gato comercial a los farmacéuticos Ximena Polanco y José Paredes.

Este artículo fue financiado parcialmente por los Proyectos Fondecyt 1980967 (G. Montenegro) y NIH 1 U01 TW/CA 00316 - 01 (B.T. Timmermann).

## Bibliografía

- Aquino, R., De Simone, F., Pizza, C., Conti, C. & M. L. Stein.** 1989. Plant metabolites, Structure and in vitro antiviral activity of quinovic glycosides from *Uncaria tomentosa* and *Guettarda platypoda*. J. Nat. Prod. 52(4):679-685
- Aquino, R., De Feo, V., De Simone, F., Pizza, C. & G. Cirino.** 1991. Plant metabolites. New compounds and antiinflammatory activity of *Uncaria tomentosa*. J. Nat. Prod. 54(2):453-459
- Bremekamp, C.** 1966. Remarks on the position, delimitation and subdivision of the Rubiaceae. Acta Botanica Neerlandica 15:1-33
- Cerri, R., Aquino, R., De Simone, F. & C. Pizza.** 1988. New quinovic acid glycosides from *Uncaria tomentosa*. J. Nat. Prod. 51(2):257-261
- Haviland, G. D.** 1898. A revision of Naucleaeae (Nat. Ord. Rubiaceae). J. Linn. Soc. Bot 33:1
- Hemingway, S. R. & J. D. Phillipson.** 1974. Alkaloids from S. American species of *Uncaria* (Rubiaceae). J. Pharm. Pharmacol. 26:113p
- Keplinger, K.** 1982. Cytostatic, contraceptive and antiinflammatory agent from *Uncaria tomentosa* roots. Patent-PCVT Int. Appl. Wo. 8201, 130:27 p.
- Montenegro, G. & M. Gómez.** 1997. Manual de Trabajos Prácticos del Curso Anatomía y Evolución del cuerpo vegetativo de las plantas vasculares. 1-10 Jardín Botánico de La Habana, Cuba, 91 pp.
- Montenegro, S., Delle Monache, F., Ferrari, & G. B. Marini-Bettolo.** 1976. Alkaloids and procyanidins of an *Uncaria* species from Peru. Il Farmaco ed. Sci. 31:527-535.
- Peluso, G. La Cara, F. & V. De Feo.** 1993. Antiproliferativo su cellule tumorali di estratti metaboliti da *Uncaria tomentosa*. Studio in vitro sulla loro azione su DNA polimerasi. Actas II Congreso Italo-Pe-ruano de Etnomedicina Andina [citado por A. Rossell 1997. "Uña de Gato, *Uncaria tomentosa* (Willd.)DC." Fitomedica 73-81]
- Phillipson, J. D., Hemingway, S. B., Bisset, N G., Houghton, P. J. & E. Shellard.** 1974a. Angustine and related alkaloids from the species of *Mitragyna*, *Nauclea*, *Uncaria*, and *Strychnos*. Phytochemistry 13:973-978
- Phillipson, J. D., & S. B. Hemingway.** 1975. Chromatographic and spectroscopic methods for the identification of alkaloids from herbarium samples of the genus *Uncaria*. J. Chromatogr. 105:163-178
- Phillipson, J. D., & Hemingway, S. B. & C. E. Ridsdale.** 1978. Alkaloids of *Uncaria*. Part V. Their occurrence and chemotaxonomy. Lloydia 41:503-570
- Phillipson, J. D., Hemingway, S. B. & C. E. Ridsdale.** 1982. The chemotaxonomic significance of alkaloids in the Naucleaeae s. l. (Rubiaceae). J. Nat. Prod. 45(2):145-162.
- Ridsdale, C. E.** 1972. Numerical and taxonomic studies on the genus *Uncaria* Schreb. Ph D tesis, Universidad de Bristol, England.
- Rizzi, R, Re, F., Bianchi, A., De Feo, V., De Simone, F., Bianchi, L. & L. Stivala.** 1993. Mutagenic and antimutagenic activities of *Uncaria tomentosa* extracts J. ethnopharmacol. 38:63-77
- Roxburgh, W.** 1832. Flora indica W. Thacker and Co., Calcutta 1:517
- Schreber, J.** 1789. Genera Plantarum (Carl v. Linné). 8va. ed. Frankfurt 1:125
- Wagner, H., Kreutzkamp, B. & K. Jurcic.** 1985. Die Alkaloide von *Uncaria tomentosa* und ihre Phagozytose-steigernde Wirkung. Planta medica 5:419-423

## COLOMBIA: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN\*

Dr. Luis Eduardo Mora-Osejo,<sup>1</sup>

En las tres primeras décadas de este siglo la actividad científica, en Colombia, alcanzó quizás el nivel más bajo en toda la historia de la República. La ciencia se refugió en los claustros de algunas comunidades religiosas, como la de los Hermanos Cristianos, quienes la impulsaron en esos años, a través de la Sociedad de Ciencias Naturales de La Salle.

Esta situación contrasta con lo que ocurre durante la década de los años 30 y de los años 40, cuando se reactiva el interés por la creación de instituciones impulsoras de la ciencia y del mejoramiento de su enseñanza en los diferentes niveles del sistema educativo.

En 1933, el Congreso de la República expide la Ley 34, por la cual se funda la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, como Entidad promotora de la investigación científica y del mejoramiento de la enseñanza de la ciencia en el país. En 1935, se reintegra la Universidad Nacional de Colombia y, en 1938, comienza el traslado a su nueva sede, en la Ciudad Universitaria; cuando se inaugura el edificio del Instituto Botánico, hoy llamado Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

El año de 1946 marca un hito en la historia de la enseñanza de las ciencias a nivel superior en nuestro país. En ese año, se decide restablecer la Facultad de Ciencias

para la formación de nuevas promociones de científicos en las diferentes disciplinas de las ciencias exactas, físicas y naturales. Esta decisión se adopta 60 años después de haber sido clausurada, en 1985, la primera Facultad de Ciencias; establecida en la misma Ley que creó la Universidad Nacional en 1867.

La concepción de la nueva Facultad de Ciencias contrastaba con la de las demás facultades, en cuanto que la conformaba un conjunto de programas académicos que se desarrollaban en diferentes facultades e institutos; por ejemplo, en el Instituto de Ciencias Naturales, en donde la enseñanza de la Botánica Sistemática se realizaba en estrecha interacción con la investigación científica. Los estudiantes dialogábamos sobre los trabajos que estaban en marcha y participábamos en las excursiones a diferentes regiones del país.

El experimento tuvo que enfrentar muchas dificultades, en cuanto no pudo integrarse con el modelo clásico de universidad para la enseñanza de las profesiones liberales. Además, el número de alumnos era cada vez más reducido. Finalmente, se optó por el cierre de la Facultad de Ciencias en el año de 1955, apenas 8 años después de haber iniciado labores.

En la década de los años 60, se optó por la departamentalización de las facultades de la Universidad Nacional, bajo la rectoría de José Félix Patiño. Luego, los Departamentos de Matemáticas, Física, Química, Biología, Farmacia y Geología, junto con el Instituto de Ciencias Naturales y el Observatorio Astronómico, conformaron la nueva FACULTAD DE CIENCIAS. Las carreras de Matemáticas, Física y Geología que habían recibido el primer impulso en la Facultad de Ciencias, (clausurada en

\* Conferencia dictada el 6 de octubre de 1998 dentro del ciclo organizado por la Sociedad Geográfica de Colombia.

<sup>1</sup> Presidente, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

1955), junto con las carreras de Química, Farmacia y Biología. Esta última fue también establecida en 1965, como programa de la nueva Facultad de Ciencias.

Siguiendo el modelo de la Universidad Nacional, poco tiempo después, se establecieron facultades de ciencias en otras universidades de Bogotá y en las capitales de algunos departamentos del país.

La institucionalización de los estudios de ciencias sociales o humanas en Colombia, es también relativamente reciente. Se inicia a raíz de la reintegración de la Universidad Nacional, en 1935, y recibe un fuerte impulso, en los años 40, en la Escuela Normal Superior y en el Instituto Etnológico Nacional, fundado por iniciativa del Profesor francés Paul Rivet; donde se estableció la primera carrera de Antropología en el país. En 1965, también bajo la rectoría de José Félix Patiño, se creó en la Universidad Nacional, la Facultad de Ciencias Humanas, con los departamentos y carreras de Filosofía, Historia, Geografía, Antropología, Sociología e Idiomas.

Pero a pesar de todos estos avances, a los cuales he hecho referencia, en las universidades, la investigación científica continuaba siendo una actividad marginal; dependiente, principalmente, de la iniciativa individual de los profesores y, como tal, una actividad puramente académica; sin ninguna o muy escasa conexión con el sector productivo o con otros sectores sociales sin influencia decisiva en la solución de problemas socioeconómicos y ambientales del país; pero sobre todo, sin interrelación estrecha con la docencia.

Ni siquiera con la expedición de las disposiciones constitucionales y legales, aprobadas en esta última década, la situación de la ciencia, la tecnología, y la educación, en nuestro país ha mejorado. En particular, la formación científica continua siendo muy precaria y la ciencia como tal, una actividad distante de nuestra cultura.

El Estado colombiano en la Constitución Política de 1991, artículo 70, asumió la obligación de "promover y fomentar la enseñanza científica y técnica, la investigación y el desarrollo científico y tecnológico". El artículo 71 dice: La búsqueda del conocimiento y la expresión artística son libres. Los planes de desarrollo económico y social incluirán el fomento a las ciencias y en general a la cultura. El Estado creará incentivos para personas e instituciones que fomenten el desarrollo y la tecnología, y las demás manifestaciones culturales".

La Ley 29 de 1990, consagró disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tec-

nológico y se otorgó al Ejecutivo facultades extraordinarias para dictar normas en el mismo sentido. En cumplimiento de este mandato, se dictó el Decreto-Ley 585, mediante el cual se organiza el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. COLCIENCIAS, (1991).

Sin embargo, en la práctica, la situación para el desenvolvimiento de la ciencia continua siendo precaria. A pocos días del comienzo del siglo XXI y del tercer milenio, nos resta todavía un largo y arduo camino por recorrer para lograr aclimatar la ciencia moderna en nuestro medio.

Los demás países, en vías de desarrollo, atraviesan por una situación similar. Por lo mismo, cuanto antes, deberíamos intentar aunar esfuerzos con los países latinoamericanos y, en general, con los países del Tercer Mundo, para sacar adelante la gran tarea de hacer de la creatividad científica y tecnológica elementos de nuestra cultura. Deberíamos tener plena conciencia de que de ello va a depender en buena parte, en el próximo siglo y milenio, la preservación de nuestra identidad cultural y nuestra permanencia como naciones soberanas.

Desafortunadamente, no existen todavía los mecanismos que permitieran tener en cuenta el **conocimiento científico** en la adopción de políticas tendientes a lograr tales objetivos.

Además, pareciera que en los sectores políticos, industriales y de planeación existe limitado interés por el desarrollo de la ciencia local. Se suele presentar como excusa la de que hay problemas mucho más urgentes, mucho más agudos por resolver, por lo cual no pueden distraerse los recursos financieros del Estado en actividades consideradas menos prioritarias, como la educación, la investigación científica y tecnológica. Algunos dirigentes, no alcanzan a percibir el círculo vicioso que tales políticas generan: puesto que sin investigación científica no es posible alcanzar nuevos conocimientos y por consiguiente tampoco nuevas y originales tecnologías competitivas necesarias para la creación de nuevas empresas productivas que generen empleo y así se solucionen problemas urgentes de la sociedad.

Dentro de esa situación, son todavía limitadas las acciones que los científicos pueden realizar para lograr que el Estado adopte y ejecute políticas encaminadas al fortalecimiento de la ciencia y la tecnología dirigidas a su penetración en el contexto cultural como actividad preeminente y decisiva para impulsar la producción económica, fortalecer el sector productivo macro-y micro empresarial y ensanchar las posibilidades de fortalecer la fuerza de trabajo.

El Profesor pakistaní, Abdus Salam, premio Nobel de Física, fundador de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, TWAS, y por muchos años su presidente, afirmaba que en los países en vía de desarrollo, era muy difícil poner de acuerdo a los representantes de los cinco sectores de la sociedad involucrados en la construcción y utilización de la capacidad científica y de los emprendimientos científicos y tecnológicos conexos. (Salam, 1988).

Salam (l.c.) decía que, en primer lugar, están los legisladores y gobernantes que determinan las prioridades. Le siguen los planificadores y los economistas que aconsejan a los gobernantes. Luego los empresarios con su habilidad para la administración y los negocios. En cuarto lugar, los directivos del sector educativo que pueden interactuar directamente con el público y, en el último escalón los tecnólogos y los científicos.

En lo que si no existe la menor duda es en que la ciencia moderna y la tecnología, que surge de la ciencia, son ingredientes cruciales, definitivas, en el proceso de desarrollo. De allí que si un país piensa enfrentar con eficacia la enorme y creciente gama de problemas que ya se están presentando y que serán cada día más difíciles de resolver, debe comenzar, mas pronto que tarde, a dar prioridad a la **construcción de una capacidad científica nacional**, como se propone en el ICSU Programme on Capacity Building in Science. (Ohashi, 1996).

Como bien se ha dicho, en repetidas ocasiones, no es suficiente con pedir prestado o comprar los productos de la ciencia moderna o de la tecnología en los países industrializados. Muchos de nuestros problemas para los cuales en el momento no existen soluciones, tenemos nosotros mismos que encontrarlas, con ayuda de la creación de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios. Por ejemplo, el abordamiento del desafío de utilizar a favor de la población colombiana toda, de manera sostenible, el gran patrimonio de la biodiversidad de nuestro país, implica la creación de conocimientos y tecnologías como una de nuestras más urgentes tareas. Tenemos que aprender a cultivar nuestras especies nativas, herbáceas, arbustivas, arbóreas, productoras de alimentos, medicinas, aceites esenciales, colorantes, fibras, antes de que desaparezcan irreversiblemente bajo el impacto de la tala y quema de nuestros bosques nativos.

Pero para lograr estos objetivos se necesita el concurso de sectores cada vez mas amplios de la población y despertar la conciencia pública sobre la importancia decisiva que tienen estos emprendimientos. Comenzando, quizás por aprender a valorar lo que tenemos, nuestros

recursos naturales, nuestros árboles, nuestros frutos, fauna, flora y gea.

No podemos olvidar que la ciencia es una actividad cultural y, como tal, uno de los elementos de la identidad cultural de las naciones donde la cultivan y fortalecen. Tampoco podemos confundir el poder instrumental de la tecnología con la ciencia misma. La tecnología se refiere a los procesos, por medio de los cuales se obtienen ciertos resultados y productos, pero con base en determinados conocimientos científicos. Sin embargo, como lo afirma Hoyos Vásquez (1990), el sentido instrumental de la tecnología puede llegar a ser tan dominante en el binomio "ciencia-tecnología", que el aspecto más complejo técnico y originario de la ciencia se vaya transformando y olvidando hasta desaparecer en el aspecto más pragmático de la tecnología. Desafortunadamente esto es lo que con frecuencia ocurre entre nosotros.

El deterioro ambiental que afecta ya a todo el planeta y, en particular, a los países industrializados mas avanzados, ha llevado a algunos pensadores a imaginar que puede llegar el momento que desaparezca la vida humana en el planeta si no se toman las medidas adecuadas para evitar que se alcance los límites del **no retorno** y podamos volver a crear el equilibrio de la sociedad humana con la naturaleza. (Mora-Osejo, 1998).

Esta situación también implica, para nosotros, otro gran desafío, el cual dada la inmensa complejidad y fragilidad de nuestros ecosistemas naturales tropicales, ya se trate de las altas montañas, de las llanuras o de las selvas, tenemos que buscar las formas, de superar el pensamiento lineal. Nosotros mismos deberíamos comenzar a liderar la creación e implementación de un modelo de desarrollo que tenga muy en cuenta la superación de la racionalidad lineal, que estuvo tradicionalmente tan ligada a la tecnología de corte mecanicista. Ello obliga a proponer una auténtica interdisciplinaridad y complementaridad de los saberes.

El diseño y puesta en marcha del modelo de desarrollo endógeno, es decir, inspirado en nuestra propia circunstancia, debería comenzar por recordar quiénes somos?, de dónde venimos?, cuál ha sido el proceso histórico que nos ha conducido a la situación que actualmente atravesamos? (Mora-Osejo, L.E. 1998 a.)

Por los relatos de los cronistas españoles e informes de viajeros que conocieron los últimos destellos de las culturas precolombinas, se ha podido recapitular, así sea de manera incompleta, el desarrollo cultural y, en particular, los niveles de conocimiento alcanzados, a través del interactuar

milenario y multifacético con el medio natural. El mismo interactuar que les permitió consolidar una visión holística del entorno y un gran acopio de conocimientos y experiencias para el aprovechamiento del entorno, sin destruir ni deteriorar la armonía del hombre con la naturaleza.

La historia nos enseña también, que la ciencia moderna llegó a España durante el reinado de Carlos III, bajo la influencia francesa. Sin embargo, ello no significó que en la península se despertara el interés por el desarrollo teórico racional de las nuevas disciplinas ni por la creatividad científica (Villegas y Cardoza, 1993).

Predominó la visión utilitarista lineal. Importó mas el uso de la ciencia que ésta en sí misma. Por lo mismo, como lo exponen **González Bueno y Rodríguez Nozal** (1995), las preocupaciones de índole metodológica imprescindibles para el avance del propio conocimiento, por lo general, quedaron rezagadas. A ello habría que agregar que los conocimientos logrados por las culturas precolombinas, no se les concedió mayor importancia y mientras algunos grupos indígenas optaron por refugiarse en lugares remotos, otros se disgregaron y, poco a poco, se integraron a la población mestiza, cada vez más numerosa.

Así, de la cultura Maya, una de las mas avanzadas, solamente se conoce una parte, a través de la interpretación de sus glifos y de los pocos documentos que sobrevivieron a la catástrofe que significó para ellos la Conquista.

Ese mismo interés utilitarista fue el que llevó a la Metrópoli a la búsqueda de vegetales con virtudes medicinales y, entre estas, las plantas febrífugas, en especial, las quinas. Fue ese mismo propósito el que impulsó la realización de las expediciones botánicas a los virreinos del Perú y de la Nueva España, como lo exponen **González Bueno y Rodríguez Nazal** (1995).

La Expedición Botánica al Nuevo Reino de Granada, que dirigiera don José Celestino Mutis, tuvo origen diferente. Surgió por iniciativa propia de Mutis, y de haberse podido realizar todos sus propósitos, Colombia se hubiera anticipado a todos los países de la región en la apertura a la Ciencia Moderna. A la par con los estudios sobre la flora, fauna y gea, del Nuevo Reino de Granada, Mutis se proponía crear una Escuela de pensamiento científico, inspirada en la ciencia moderna que crearan Copérnico, Galileo, Kepler y Newton. Esto fue lo que Mutis se proponía a través de su cátedra en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.

Ya antes de su viaje al Nuevo Mundo, Mutis se había penetrado con el espíritu de la ciencia moderna; es

decir, la ciencia que parte de interrogantes, de fenómenos por explicar o problemas por resolver de la interacción entre la mente y la realidad y de interconectar la red de conceptos relacionados con los fenómenos o problemas en estudio. Todo, seguido del planteamiento de explicaciones hipotéticas, o hipótesis de trabajo.

En todo el proceso la mayor motivación del buen investigador procede del deseo de comprobar si ha entendido o no correctamente a la naturaleza. Además de las comprobaciones experimentales de rigor, a veces la mayor satisfacción para el científico la obtiene cuando las aplicaciones predecibles se cumplen, por cuanto es, en ese momento, cuando comprende que ha entendido correctamente a la naturaleza, como lo comenta con mucha claridad **Werner Heisenberg** (1974).

Según este mismo autor (**Heisenberg, l.c.**), en la antigüedad, el interés por la astronomía y las matemáticas eran estimulados, por su utilidad para la navegación y la medición de la tierra. La navegación volvió a tener importancia en el Siglo XV, cuando se iniciaron las exploraciones de los europeos. No es, desde luego, una simple coincidencia que el descubrimiento de Copérnico, según el cual, la tierra gira alrededor de su eje y los planetas alrededor del sol, se haya producido poco después de que comenzaran los grandes viajes de los europeos de exploración y descubrimiento de nuevas tierras.

Mutis, como ya ha sido destacado, a través de sus conferencias en el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, quería introducir la ciencia moderna en la sociedad santafereña de ese entonces. Es decir, aquella concepción de la ciencia, según la cual, cualquier indagación comienza por la formulación, con toda claridad y coherencia de las preguntas que se desean contestar. Pero, antes del planteamiento de la pregunta, el investigador necesita manejar conceptos previos que le permitan captar la existencia del problema para el cual no existe todavía una solución, en caso que hubiesen sido formulados por otros investigadores contemporáneos o del pasado. Es necesario conocer tales conceptos, tanto para el planteamiento del problema como por la formulación de la hipótesis, sometible a la comprobación experimental, a través de la verificación de las predicciones derivadas de la hipótesis.

Esta era el tipo de conocimiento que tenía en mente Mutis, caracterizado por el alto ingrediente de racionalidad. El mismo tipo de conocimiento que dio comienzo en Europa a la Edad Moderna y que en el siglo XIX tuvo expresión en la invención tecnológica que condujo a la Revolución Industrial. En la segunda mitad de este siglo

tiene lugar el gran despliegue de los conocimientos y modelos teóricos, así como de las cada vez más sorprendentes invenciones tecnológicas. Unos y otras originaron la gran Revolución que ha dado lugar a la actual Revolución Científico-Tecnológica.

Sin embargo, los altos prelados y el propio Virrey, solicitaron a Mutis que morigerara los contenidos de sus cátedras, en particular, el de sus enseñanzas acerca de las concepciones científico-racionalistas y los intentos de explicar los fenómenos de la naturaleza con la ayuda de la razón.

Es bien conocida la suerte que finalmente corrió la Expedición Botánica al Nuevo Reino de Granada, tras la muerte de su director, don José Celestino Mutis, la declaración de Independencia, y luego, a raíz de los intentos de reconquista de las colonias americanas por la metrópoli española.

Igual suerte habrían de experimentar, a lo largo del siglo XIX y de las primeras tres décadas de este siglo, las instituciones que establecieron los fundadores de la República, para impulsar la ciencia moderna, en nuestro medio.

Tras fugaz existencia desaparecieron la Academia Nacional, la Universidad Central, el Museo de Ciencias Naturales, entre otras instituciones. La Comisión Corográfica tuvo mejor suerte, en cuanto logró prolongarse por varios años y dejar un legado a la posteridad que contribuyó a crear conciencia sobre la importancia de conocer las potencialidades naturales de Colombia y las manifestaciones culturales de una población, de suyo multiétnica y multicultural, como la nuestra.

Para los fundadores de la Universidad Nacional, hecho que tuvo lugar el 22 de septiembre de 1867, era muy clara la urgencia de crear facilidades y ambientes propicios que permitieran institucionalizar la ciencia moderna al servicio de la formación de nuevas promociones de científicos en nuestro medio.

Por la misma razón, se estableció para ello, como dependencia de la nueva Universidad, la Facultad de Ciencias que desafortunadamente, al igual que la Nueva Expedición Botánica y que la Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales, establecidas por aquella misma época, habrían de durar muy poco tiempo.

Por una u otra razón, que no es la oportunidad de entrar a analizar, amplios sectores de la sociedad y de la dirigencia de aquellos años, no estaban de acuerdo con

la implantación de la ciencia moderna en nuestro medio. Rechazaban también la idea de realizar esta actividad como una tarea esencial de la Universidad en función de la formación científica profesional de las nuevas promociones de egresados.

Pronto también la Facultad de Ciencias desapareció y la Universidad Nacional se fraccionó en escuelas profesionales, prácticamente independientes unas de otras, cada una con un Rector a la cabeza.

Hubo que esperar hasta la década de los años 30 de este Siglo, para que se fundara como dependencia de la Universidad Nacional, el Instituto Botánico, luego denominado Instituto de Ciencias Naturales y se restablecieron las carreras dedicadas a la formación de nuevas promociones de Investigadores, a lo cual ya se hizo referencia al comenzar esta presentación.

De todo este acontecer que tanto ha influido en la situación actual de la ciencia moderna y en la invención tecnológica original en nuestro medio, me parece poder derivar una enseñanza y algunas estrategias dirigidas a incorporar la ciencia y la tecnología a nuestra cultura, de tal manera que con base en sus resultados fuéramos capaces, hacia el futuro, de generar un modelo de desarrollo endógeno, es decir, inspirado en nuestra propia circunstancia cultural y en las peculiaridades de nuestro entorno natural tropical montañoso y de marcada estratificación altitudinal. (Mora-Osejo, 1998 a.)

Lo primero, lo más urgente por hacer es conceder la más alta prioridad a la educación. Se requiere el mejoramiento a fondo de la calidad de la educación si queremos prepararnos para enfrentar los desafíos del próximo milenio, y convertirnos en una sociedad que aprecia y promueve la creación, la difusión, la preservación del conocimiento y su utilización en el establecimiento de sistemas de convivencia social y solidaridad ciudadana que justifique considerarnos una nación libre y soberana.

Nuestra sociedad va a atener que interactuar con el medio natural de tal manera que no obstante su elevada complejidad y fragilidad, no sufra deterioro irreversible. Pienso que estas consideraciones deberían quedar plasmadas en una nueva visión sobre los desafíos a los cuales debería poder responder la calidad de nuestra educación, en los niveles primarios, secundario y superior.

Desde luego, tenemos que comenzar por dejar de considerar a la educación como si fuera una simple mercancía, sujeta a la oferta y la demanda del mercado.



La metodología más apropiada para alcanzar estos objetivos educacionales debe ser la de fortalecer la capacidad innata de todo ser humano de elaborar representaciones de los hechos, objetos o fenómenos de la realidad, cada vez más generalizantes y abstractas, según la índole del objeto de estudio y de si se trata de niños, adolescentes, jóvenes o adultos. O sea, en pocas palabras, estimular la capacidad de pensar y reflexionar.

En la educación superior, el pensar, la confrontación crítica de conceptos, teorías, modelos debe ser el fundamento que sustente el surgimiento de verdaderas "escuelas de pensamiento" y la creación de una masa crítica de saberes científicos, en la cual pueda apoyarse el desarrollo de la ciencia y de la tecnología que al integrarse con las demás expresiones culturales conformantes de la identidad nacional, puedan ser utilizables en la instrumentalización tecnológica del sector productivo. De todos estos logros debería surgir, en un nivel más alto de la realidad, la solidaridad social, la superación del fraccionamiento de la sociedad y la construcción de la nación.

Para todo esto, el papel de los maestros, es definitivo. No solamente deberán estar dignificados por un alto reconocimiento social y económico, sino por un gran aprecio de toda la sociedad; cualquiera que sea el nivel del sistema educativo en el cual cumplan a cabalidad sus funciones de tanto significado para la sociedad. Quienes consagran su vida y su trabajo a la docencia universitaria y a la investigación científica en estrecha relación con aquella, debe ser también considerados "Maestros" y merecer el aprecio general de la sociedad, en reconocimiento a su tarea educativa.

Los maestros tienen que ser los creadores y gestores de sus propios proyectos educativos y curriculares. Sin substraerse, desde luego, de las particularidades regionales y locales donde se desenvuelve su actividad educativa.

La educación debe concebirse de tal manera, por otra parte, que sea un sistema sintetizador de todos los procesos en ella implicados. Así, la enseñanza de las ciencias y de las tecnologías debe estar dirigida, no solamente a la adquisición y retención de información, sino a convertir tal información, a través del pensar y reflexionar crítico, en la configuración y asimilación de un nuevo conocimiento, aplicable a la solución de problemas; primero sencillos, luego, cada vez más complejos. Uno y otro aspecto tienen que estar estrechamente asociados con el ambiente local, con la experiencia, lo mismo que con el método, la tradición y la cultura científica.

A la luz de las reflexiones anteriores, me parece que también las siguientes consideraciones resultan válidas para todos los niveles de la educación:

La conversión de una nueva formación en conocimiento, implica integrar críticamente tal información a una red de conceptos. En la medida que el estudiante retenga en su mente el concepto y pueda aplicarlo en un contexto diferente, se tendría un índice confiable de la comprensión de la información, de acuerdo con Piaget, (citado por **Labinowicz**, 1982)

De acuerdo con **Labinowics (l.c.)**, el lenguaje es una condición necesaria para el desarrollo del pensamiento lógico y juega un papel importante en el refinamiento de las estructuras del pensamiento, particularmente, en el período de su desarrollo formal. Además, sin el lenguaje los marcos de referencia conceptuales serían personales y carentes de regulación social, mediante la intercomunicación.

Pero si algún nivel de la educación, requiere un replanteamiento, en relación particular con la formación en las disciplinas de las ciencias exactas, físicas y naturales, es la educación superior.

Como ha ocurrido en muchos otros países, en vías de desarrollo, también en Colombia ha crecido la cobertura y el acceso a la Educación Superior. De trece millones en 1960, pasó a ochenta y dos millones, en 1995 el número de personas matriculadas en la educación superior. Sin embargo, a pesar de este avance, la disparidad cuantitativa en el acceso de personas a la universidad, entre los países industrialmente desarrollados y los países en vías de desarrollo, aumentó, en el mismo lapso.

Pero es sobre todo en la calidad, como se afirma en el "Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo en la Educación Superior" de la UNESCO, en donde la disparidad entre los dos conjuntos de países, desarrollados y en vías de desarrollo, alcanza niveles aún más críticos.

Afortunadamente, también en este punto, es cada vez mayor el consenso sobre que ningún país podrá garantizar un nivel auténtico, endógeno y sostenible, si carece de Instituciones de Educación Superior de alta calidad, en las cuales se conceda a la formación científica papel protagónico. En tal medida, investigación y docencia deben ser actividades complementarias, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje. Esto contribuye poderosamente a evitar caer en la simple repetición memorística de la información, por parte del profesor y en la recitación de la misma información, por el estudiante, en el momento de las evaluaciones. (**Mora-Osejo**, 1972).

Cada vez es más fuerte e incontenible la tendencia a cimentar en el **conocimiento** el desarrollo de las sociedades. De allí que la educación superior, en particular en los países en vías de desarrollo tiene que transformarse y

ponerse a tono con esta tendencia global. Sin embargo para que tal transformación sea posible y cierta, es indispensable y urgente que las instituciones de educación superior experimenten cambios cualitativos profundos, en lo que concierne a su misión, políticas, estrategias y estructura académica.

Tras este propósito, me permito proponer que las universidades se estructuren en "Unidades Académicas" o "Cátedras", para cada una de las líneas o escuelas de pensamiento científico y docente. Estas unidades o cátedras, como se quiera llamarlas, tendrían por función central la de realizar investigación, docencia y extensión de tal manera que estas tres actividades resulten complementarias. Al interior de las "cátedras" los estudiantes deben disfrutar de la atmósfera intelectual y científica más propicia para la asimilación crítica de los conocimientos y el desarrollo de su propia creatividad. (Mora-Osejo, 1972).

En los días que corren se halla, precisamente, reunida en París, la **Conferencia Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y Acción**, convocada por la UNESCO, con la intención de encontrar soluciones para estos desafíos y poner en marcha un proceso de profunda reforma de la Educación Superior.

Tenemos que insistir en que el Estado considere a la investigación científica como una actividad imprescindible de toda verdadera universidad, por consiguiente, debe institucionalizarse como tal y realizarse, en estrecha interrelación con la docencia y como actividad indispensable en la formación académica e intelectual de los estudiantes.

El trabajo en las aulas, dirigido más que todo al análisis de la información para transformarla en conocimientos articulables a la red de otros conceptos ya disponibles, tendría que estar complementada mediante prácticas en el laboratorio o en el campo, frente a la realidad natural; o también mediante la práctica social, a través de actividades curriculares y extracurriculares, realizables dentro o fuera de la sede de la universidad.

Toda universidad, así concebida, tendría la obligación de crear la infraestructura, instalar los equipos y establecer las demás condiciones favorables para desarrollar la investigación científica. Esta, a la vez debe estar integrada al **Plan "General de Formación Científico-Profesional"** que reemplazaría al tradicional Pénsum inflexible, formalista. La intensidad de la investigación en relación con las demás actividades formativas debe aumentar gradualmente, a lo largo del desarrollo del **Plan General de Formación Científico Profesional**.

Cualquiera que sea el nivel alcanzado por los Estudiantes, dentro del Plan General de Formación Científico-Profesional, debe propiciarse el contacto con los docentes, el intercambio de informaciones con ellos, e inclusive, programar trabajos y ejercicios de investigación. Todo, tras el objetivo de motivar a los estudiantes por la profundización de conocimientos, ampliar los horizontes de su propio pensamiento y superar aquella concepción, según la cual, del rigorismo formal depende la calidad en la formación personal de los estudiantes.

En lo que concierne a la situación ambiental, cada vez más crítica en nuestro país, y al logro de un modelo de desarrollo socio-económico equitativo y ambientalmente sostenible, se requiere desarrollar las capacidades científicas y tecnológicas endógenas e implementar las políticas de ciencia y tecnología innovadoras, dentro de un marco de cooperación regional y extraregional, como ya fue recomendado en el Segundo Taller Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología (1996).

Mediante el acrecentamiento del conocimiento de las leyes y regularidades que rigen el funcionamiento de los ecosistemas naturales tropicales, podremos desarrollar estrategias para resolver los problemas inherentes al sostenimiento de la armonía entre el impacto de las acciones humanas y las respuestas de la naturaleza; todo, de acuerdo con los valores culturales, la singularidad, la complejidad y la fragilidad de nuestro medio natural tropical.

El punto de vista holístico en el estudio de los fenómenos y problemas concernientes al medio ambiente, nos permitirá comprender mejor las citadas modalidades sui-géneris de nuestro entorno, a la vez que facilitará el manejo de la metodología interdisciplinaria.

Según el Council of Academics of Ingeniering and Technological Sciences, Kiruna, Suecia (1995), CAETS en un sentido amplio, debemos entender el desarrollo sostenible como un modelo de desarrollo que si bien soluciona las necesidades de la presente generación, no compromete la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. En síntesis, podría decirse que significa el balance de las consideraciones económicas, sociales, ambientales y tecnológicas; todas enmarcadas dentro del sistema de los valores éticos de la sociedad, en particular, los atinentes a la preservación de la vida y los factores que la hacen posible en los diferentes continentes y regiones del planeta.

Tendremos que evitar la pérdida de la biodiversidad en todos sus niveles: genes, individuos, especies, ecosistemas y biomas. Tenemos que ser conscientes que esta-

mos deteriorando a un ritmo cada vez más acelerado nuestro patrimonio natural quizás más apreciable: la biodiversidad, presente en el territorio de Colombia, una de las mayores del planeta.

Mediante la investigación científica, como lo recomienda **Mooney**, (1998), precisa crear conocimientos para resolver, entre otras, las preguntas siguientes: de qué factores depende la biodiversidad? De tales factores, cuáles son los decisivos para su mantenimiento? Cuáles son los papeles funcionales que desempeña la biodiversidad en la dinámica de los ecosistemas?

Ya existen acuerdos en los países en vías de desarrollo para el abordamiento de los problemas descritos, y se acepta que el área estratégica de mayor relevancia, es la ciencia. Por consiguiente, tenemos que dejar de considerarla como actividad ajena a nuestra sociedad y, consecuentemente, crear los procedimientos para insertarla en nuestra cultura y utilizar los conocimientos que se vayan obteniendo, en la instrumentalización de la tecnología, necesaria para incrementar la producción económica.

Tenemos que fortalecer los valores éticos y culturales que aseguren la persistencia de la vida en el planeta y el respeto a las diferencias, fundamento de la convivencia ciudadana de la intercomunicación social efectiva y de la racionalidad de las normas que las regulan.

### Bibliografía

**CICYT**: (Red Latinoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología). 1996. Segundo Taller Iberoamericano sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología. Carta de COLCIENCIAS. 19 (7):5-7.

- COLCIENCIAS**, 1991. El Sistema Nacional de Tecnología Instrumentos Jurídicos. Ciencia y Tecnología para una Sociedad abierta. Primera Edición. Tercer Mundo Editores. Bogotá.
- González Bueno, A. & R. Rodríguez Nozal**, 1995. Conocimiento Científico y Poder en la España Ilustrada: Hacia la Supremacía Comercial a través de la Botánica Medicinal. *Antilia*. 1 (2):1-11.
- Heisenberg, W.**, 1974. La Tradición en la Ciencia. *FACETAS*, 7(1):47-57.
- Hoyos Vásquez, G.** 1990. Elementos Filosóficos para la Comprensión de una Política de Ciencia y Tecnología. En: La Conformación de Comunidades Científicas en Colombia. Misión de Ciencia y Tecnología. M.E.N., D.N.P. y Fonade. Tomo 3. Empresa Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Labinowicz, E.**, 1982. Introducción a Piaget. Pensamiento. Aprendizaje. Enseñanza. Fondo Educativo Interamericano. Bogotá
- Mooney, H.A.**, 1998. What are we doing about the loss of Biodiversity? *Science International. News Letter No.68*. International Council for Science. ICSU.
- Mora-Osejo, L.E.**, 1972. Planteamientos Básicos para la Reforma de la Universidad de Nariño. Pasto.
- \_\_\_\_\_, 1998. La Formación para un Medio Ambiente Tropical. *Rev. Acad. Col. de Cs. Ex. Fis. y Nat.* 22 (85): en prensa.
- \_\_\_\_\_, 1998a. Biodiversidad, Tropicalidad y Modelo de Desarrollo. *Aleph No.104*. Enero/Marzo. 1998.
- Ohashi, H.**, 1996. Proposed ICSU Programme on Capacity Building in Science. ICSU General Assambly. Washington, D.C.
- Salam, A.**, 1988. Notes on Science, Technology and Science Education in the Development of the South. South Commission. Prepared for the 4<sup>th</sup> Meeting of the South Commission 10-12 December 1988. Kuwait.
- UNESCO**, 1998. Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo en la Educación Superior. UNESCO. París.
- Villegas, R. & G. Cardoza**. 1993. The Evolution of Science in Latin America. World Science Report 1993. UNESCO Publishing. París