

ACADEMIA COLOMBIANA

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XIX

ABRIL DE 1994

NUMERO 72

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:
LUIS EDUARDO MORA OSEJODIRECTOR DE LA REVISTA:
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

SUMARIO

| Págs. | | Págs. |
|-------|--|-------|
| | Nota Editorial | 5 |
| | Astronomía | |
| | Pertenencia de estrellas en la región del Cúmulo Abierto NGC 6530. <i>Eduardo Brieva & Antonio Uribe</i> | 7 |
| | Botánica | |
| | Adición a «Notas a la Flora de Colombia X», una especie olvidada de <i>Clusia</i> . <i>José Cuatrecasas</i> | 19 |
| | Adiciones al género <i>Pentacalia</i> (Asteraceae, - Senecioneae) en Colombia. <i>Santiago Díaz-Piedrahita & José Cuatrecasas</i> | 21 |
| | Los géneros <i>Jalcophila</i> y <i>Chevreulia</i> (Asteraceae, Inulae) en Colombia. <i>Santiago Díaz-Piedrahita & Cristina Vélez-Nauer</i> | 25 |
| | Datos etnobotánicos sobre algunas formas leñosas de la subfamilia Bambusoideae (Poaceae) en la América Intertropical. <i>Víctor Manuel Patiño</i> | 27 |
| | Familia Phakopsoraceae (Uredinales) 1. Géneros anamórficos y teliomórficos. <i>Pablo Buriticá & Joe F. Hennen</i> | 47 |
| | Ciencias de la Tierra | |
| | Posición sistemática de un reptil marino con base en los restos fósiles encontrados en capas del cretácico superior en Yaguará (Huila). <i>María Eurdice Páramo</i> | 63 |
| | Características térmicas de la región del Pacífico Colombiano. <i>Jesús A. Eslava R.</i> | 81 |
| | Modelo de desplazamiento entre la Cordillera Oriental de Colombia y los Andes de Mérida. <i>Guillermo Ujueta L.</i> | 95 |
| | Matemáticas | |
| | Estudio de un modelo matemático para la propagación del SIDA. <i>Hernán Estrada & Ignacio Mantilla</i> | 107 |
| | Una nota acerca de la diferencia entre los modelos de estados gaussianos convencional y condicional. <i>Fabio H. Nieto</i> | 117 |
| | Polinomios ortogonales en la estimación del hidrograma unitario. <i>Ricardo A. Smith</i> | 121 |
| | Química | |
| | Entre los ultras: macro y micro de la Cosmoquímica a la Biología Atómica. <i>Marco Quijano-Rico</i> | 131 |
| | Establecimiento de un método para la determinación de la actividad enzimática de L-Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en café. <i>M.F. Almario, C. Ocampo & V. Montes de Gómez</i> | 137 |
| | Química del género <i>Chromolaena</i> (Compositae). <i>Cecilia Espitia de Pérez</i> | 141 |
| | Zoología | |
| | Alteraciones en la fauna de anélidos poliquetos de Araçá, São Sebastião (SP- Brasil). <i>A.C.Z. Amaral & E.H. Morgado</i> | 147 |
| | Tres nuevas especies de <i>Atelopus</i> A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. <i>Pedro M. Ruiz, M.C. Ardila & J. Hernández</i> | 153 |
| | Tres nuevas especies de <i>Atelopus</i> A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Cordillera Central de Colombia. <i>Pedro M. Ruiz & Mariela Osorno</i> | 165 |
| | Scorpion biogeographic patterns as evidence for a Neblina-São Gabriel endemic center in Brazilian Amazonia. <i>Wilson R. Lourenço</i> | 181 |
| | Two new species of the <i>Eleutherodactylus conspicillatus</i> group (Amphibia: Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. <i>John D. Lynch</i> | 187 |
| | A new species of high-altitude frog (<i>Eleutherodactylus</i> : Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. <i>John D. Lynch</i> | 195 |
| | A new species of frog (genus <i>Eleutherodactylus</i> : Leptodactylidae) from a cloud forest in Departamento de Santander, Colombia. <i>John D. Lynch</i> | 205 |
| | Prospección de enemigos naturales de Culicidae (Diptera) de la selva marginal de Punta Lara. <i>J.J. García, R.E. Campos & A. Maciá</i> | 209 |
| | Vida académica | 217 |
| | Constitución de la Academia | 227 |



PERTENENCIA DE ESTRELLAS EN LA REGION DEL CUMULO ABIERTO NGC6530

por¹

Eduardo Brieva Bustillo*
Antonio Uribe Botero**

Resumen

Brieva, E. & A. Uribe: Pertenencia de estrellas en la región del cúmulo abierto NGC6530
Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 7 - 17 1994. ISSN 0370-3908

Se asignan probabilidades de pertenencia a las estrellas en la región del cúmulo abierto NGC6530 resolviendo un sistema no lineal de catorce ecuaciones que conduce a los estimadores máximo verosímiles de los parámetros del modelo bivariado mixto propuesto por Vasilevskis et al. (1.958), incluyendo el del coeficiente de correlación. Se hace uso de los multiplicadores de Lagrange ya que se incluyen las contricciones sobre la correlación, el número de estrellas del campo y las varianzas del modelo.

Summary

Membership probabilities are assigned to the stellar population in the region or the open cluster NGC6530 solving a fourteen non linear equations system leading to the maximum likelihood parameters estimators of the bivariate normal model proposed by Vasilevskis et al. (1.958) and including the estimator for the correlation coefficient. Lagrange multipliers are used because the constraints on the correlation, the number of fields stars, and the standard deviations are included.

¹ El orden de los autores es sólo alfabético.

* Observatorio Astronómico Nacional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 2584, Bogotá, Colombia.

** Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 59171, Bogotá, Colombia.

Este texto fue levantado con $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{-T}\mathcal{E}\mathcal{X}$.

1. Introducción

Los cúmulos abiertos constituyen un poderoso laboratorio en el cual se pueden analizar muchos problemas de astrofísica. Se trata de sistemas de no muchas estrellas con distribuciones de amplio rango en masa y en edades. En los cúmulo jóvenes se

pueden estudiar, por ejemplo, los procesos iniciales de la formación y evolución estelares.

El primer paso, esencial, para realizar un estudio físico de un cúmulo abierto es una determinación, lo más rigurosa posible, de la pertenencia de estrellas al cúmulo.

El cúmulo joven NGC6530 ($\alpha = 18^h 01.7^m$, $\delta = -24^\circ 20'$, 1.950; $L = 3^\circ.06$ $b = -1^\circ.36$) ha despertado el interés de muchos investigadores desde comienzos del siglo, que han buscado conocer su estructura y sus propiedades (Alter G. et al., 1970). En las fotografías del "Palomar Observatory Sky Survey", 1.960, puede verse que el objeto está inmerso en la nebulosa *M8*.

Van Altena y Jones (1.972) realizaron un estudio de pertenencia con movimientos propios obtenidos a partir de placas tomadas con el refractor de 40 pulgadas del observatorio de Yerkes y medidas en el observatorio de Lick. Para dicho estudio utilizaron un modelo mixto de distribución de los movimiento propios que superpone dos distribuciones gaussianas elípticas. Después de depurar los datos y hacer la rotación a los ejes principales de la distribución obtuvieron los parámetros de ésta utilizando un ajuste χ -cuadrado. Calcularon luego las proba-

bilidades de pertenencia encontrando 76 miembros probables y obtuvieron un módulo de distancia de 11.25 m. teniendo en cuenta la absorción interestelar, y determinaron una edad para el cúmulo de dos millones de años. Finalmente analizaron la pertenencia de algunas estrellas particulares.

Presentamos aquí un nuevo estudio de pertenencia usando como modelo de distribución de los movimientos propios, el que resulta de superponer dos distribuciones normales bivariadas, una elíptica para el campo y otra circular para el cúmulo, cuyos parámetros se estiman por el método de máxima verosimilitud. Se comparan los resultados obtenidos en el aspecto de la pertenencia con los logrados en el trabajo de Van Altena y Jones.

2. El modelo y el sistema condicionado de ecuaciones de máxima verosimilitud

Para determinar la pertenencia de estrellas a cúmulos abiertos a partir de los movimientos propios μ_x, μ_y , se hace uso del modelo de distribución mixta propuesto por Vasilevskis et al. (1.958), que superpone dos distribuciones normales bivariadas, una elíptica para el campo y la otra circular para el cúmulo:

$$\phi(\mu_x, \mu_y) = \frac{\eta_c}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\left(\frac{\mu_x - \mu_{x_c}}{\sigma} \right)^2 + \left(\frac{\mu_y - \mu_{y_c}}{\sigma} \right)^2 \right] \right\} + \frac{(1 - \eta_c)}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1 - \rho^2}} \times \exp \left\{ \frac{-1}{2(1 - \rho^2)} \left[\left(\frac{\mu_x - \mu_{x_f}}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{\mu_y - \mu_{y_f}}{\sigma_y} \right)^2 - 2\rho \left(\frac{\mu_x - \mu_{x_f}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{\mu_y - \mu_{y_f}}{\sigma_y} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

En esta ecuación $\mu_{x_c}, \mu_{y_c}; \mu_{x_f}, \mu_{y_f}$ son los centros de las distribuciones del cúmulo y del campo; $\sigma, \sigma_x, \sigma_y$ son las desviaciones estándar para el cúmulo y para el campo; η_c, η_f son los porcentajes de las estrellas del cúmulo y del campo ($\eta_c + \eta_f = 1$) y ρ es el coeficiente de correlación de la distribución elíptica. La función de densidad mixta $\phi(\mu_x, \mu_y)$ satisface la condición de normalización:

$$\iint_{R^2} \phi(\mu_x, \mu_y) d\mu_x d\mu_y = 1 \quad (2)$$

La justificación de este modelo se apoya en las siguientes consideraciones:

- La dispersión de los movimientos propios de las estrellas del cúmulo se debe principalmente a los errores accidentales de observación, si se ignora la posible expansión interna en el cúmulo.

- En la dispersión de las estrellas del campo inciden, además de los errores de observación, el movimiento del Sol, movimientos peculiares y la rotación diferencial galáctica. Todos estos factores heterogéneos perturban los movimientos propios, de modo que el modelo normal bivariado elíptico para las estrellas del campo debe considerarse como una aproximación a la distribución real, válida si se eliminan los "outliers" o estrellas cuyo comportamiento es peculiar y se aparta en forma notoria del observado en la población. (Vasilevskis et. al., 1.958; Sanders, 1.971; Slovak, 1.977).

La estimación de los nueve parámetros de la distribución mixta puede hacerse encontrando los correspondientes estimadores máximo verosímiles, sin rotar y sin formular la hipótesis de superposición usual (Brieva y Uribe, 1990).

Cabrera y Alfaro (1985) evitan también la rotación y estiman los parámetros por el método expuesto en Wolfe (1.970), que también

$$L(\mu_{x_j}, \mu_{y_j}, \sigma_x, \sigma_y, \mu_{x_c}, \mu_{y_c}, \sigma, \eta_c, \rho; \mu_{x_1}, \mu_{y_1}, \dots, \mu_{x_N}, \mu_{y_N}),$$

y está en función de los parámetros θ_j , $j = 1, \dots, 9$, que son los componentes del vector $\vec{\theta} = (\mu_{x_j}, \mu_{y_j}, \sigma_x, \sigma_y, \mu_{x_c}, \mu_{y_c}, \sigma, \eta_c, \rho)$.

$$L(\mu_{x_j}, \mu_{y_j}, \sigma_x, \sigma_y, \mu_{x_c}, \mu_{y_c}, \sigma, \eta_c, \rho; \mu_{x_1}, \mu_{y_1}, \dots, \mu_{x_N}, \mu_{y_N}) = \prod_{i=1}^N \phi(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}; \vec{\theta}), \quad (3)$$

en donde $\phi(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}; \vec{\theta})$ es la densidad conjunta del modelo mixto o "contagious", considerada como función de los nueve parámetros θ_j , calculada en el punto muestral μ_{x_i}, μ_{y_i} .

Los estimadores de máxima verosimilitud de los parámetros se obtienen maximizando la función de verosimilitud. Para ello tomamos, como es usual, el logaritmo:

$$\log L = \sum_{i=1}^N \log \phi(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}; \theta), \quad (4)$$

calculamos luego:

$$\frac{\partial}{\partial \theta_j} \left\{ \log \prod_{i=1}^N \phi(\mu_{x_i}, \mu_{y_i}; \theta) \right\}, \quad (5)$$

e igualando a cero cada una de las funciones (5) se obtiene el Sistema no lineal de ecuaciones de verosimilitud:

$$\frac{\partial}{\partial \theta_j} \log L = 0, \quad j = 1, 2, \dots, 9. \quad (6)$$

$$\sigma \geq 0, \quad \sigma_x \geq 0, \quad \sigma_y \geq 0, \quad -1 \leq \rho \leq 1, \quad 0 \leq n_c \leq 1.$$

Por otra parte la solución debe ser "aceptable", lo cual significa que los valores obtenidos estén en el dominio de valores permitidos para cada parámetro.

La solución de un sistema con ligaduras, sean estas ecuaciones o inecuaciones, se logra de ordinario mediante el empleo de multiplicadores de Lagrange. En este trabajo se hace

conduce a una solución máximo verosímil.

La función de verosimilitud viene dada por:

Puesto que los $2N$ movimientos propios observados μ_{x_i}, μ_{y_i} son independientes, se tiene:

en donde θ_j es el parámetro considerado.

La solución numérica de (6) requiere seguir un proceso iterativo: se parte de valores iniciales $(\theta_1)_0, \dots, (\theta_9)_0$ y en j iteraciones se obtiene, en principio, la solución del sistema, si el proceso iterativo es convergente. Hay gran sensibilidad a la presencia de "outliers" en los datos observacionales y a la escogencia de un punto de partida, es decir, de los $(\theta_j)_0$: lo primero implica tener un método para depurar las observaciones. En cuanto a lo segundo se espera que al modificar razonablemente los valores iniciales se llegue a la solución antes obtenida.

Como las desviaciones estándar deben ser positivas y el valor del coeficiente de correlación debe estar entre -1 y +1 y como el porcentaje de estrellas que pertenecen al cúmulo debe ser positivo e inferior a 1, debe resolverse con rigor el sistema (6) sujeto a las constricciones anteriores, es decir, deben añadirse al sistema las siguientes desigualdades de ligadura:

uso de esta técnica clásica (Hancock, 1.917), y se llega al siguiente sistema de catorce ecuaciones no lineales, en donde N es el número total de estrellas de la región con movimiento propio conocido y μ_{x_i}, μ_{y_i} son las componentes del movimiento propio por siglo para la estrella i -ésima:

$$\sum_{i=1}^N F_{A_i} \left[(\mu_{x_i} - \mu_{x_j}) - \rho \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (\mu_{y_i} - \mu_{y_j}) \right] = 0$$

$$\sum_{i=1}^N F_{A_i} \left[(\mu_{y_i} - \mu_{y_j}) - \rho \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (\mu_{x_i} - \mu_{x_j}) \right] = 0$$

$$\begin{aligned}
\sigma_x & \sum_{i=1}^N F_{A_i} \left[\frac{1}{(1-\rho^2)} \left(\frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_f}}{\sigma_x} \right)^2 - \frac{\rho}{(1-\rho^2)} \frac{(\mu_{x_i} - \mu_{x_f})(\mu_{y_i} - \mu_{y_f})}{\sigma_x \sigma_y} - 1 \right] = 0 \\
\sigma_y & \sum_{i=1}^N F_{A_i} \left[\frac{1}{(1-\rho^2)} \left(\frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_f}}{\sigma_y} \right)^2 - \frac{\rho}{(1-\rho^2)} \frac{(\mu_{x_i} - \mu_{x_f})(\mu_{y_i} - \mu_{y_f})}{\sigma_x \sigma_y} - 1 \right] = 0 \\
\mu_{x_c} & \sum_{i=1}^N F_{B_i} [\mu_{x_i} - \mu_{x_c}] = 0 \\
\mu_{y_c} & \sum_{i=1}^N F_{B_i} [\mu_{y_i} - \mu_{y_c}] = 0 \\
\sigma & \sum_{i=1}^N F_{B_i} \left[\left(\frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_c}}{\sigma} \right)^2 + \left(\frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_c}}{\sigma} \right)^2 - 2 \right] = 0 \\
\rho & \sum_{i=1}^N F_{A_i} \left[\rho(1-\rho^2) + (1+\rho^2) \frac{(\mu_{x_i} - \mu_{x_f})(\mu_{y_i} - \mu_{y_f})}{\sigma_x \sigma_y} - \right. \\
& \quad \left. - \rho \left\{ \left(\frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_f}}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_f}}{\sigma_y} \right)^2 \right\} \right] = 0 \\
\eta_i & \sum_{i=1}^N \left[\frac{F_{B_i}}{\sigma^2} - \frac{F_{A_i}}{(1-\rho^2)^{1/2} \sigma_x \sigma_y} \right] = 0 \\
& \quad \sigma_x - x_1^2 = 0 \\
& \quad \sigma_y - x_2^2 = 0 \\
& \quad \sigma - x_3^2 = 0 \\
& \quad \eta_c - x_4^2 = 0 \\
& \quad (1-\rho^2) - x_5^2 = 0
\end{aligned} \tag{7}$$

En las ecuaciones anteriores se indica a la izquierda el parámetro asociado con cada e-

cuación máximo verosímil y se han utilizado las siguientes notaciones:

$$F_{A_i} = 2\pi \left[\frac{1-\eta_c}{\sigma_x \sigma_y} (1-\rho^2)^{-1/2} + \frac{\eta_c}{\sigma^2} F_i \right]^{-1} \tag{8}$$

$$F_{B_i} = F_{A_i} F_i \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
F_i = \exp \left[\frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{(1-\rho^2)} \left[\left(\frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_f}}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_f}}{\sigma_y} \right)^2 - \frac{2\rho(\mu_{x_i} - \mu_{x_f})(\mu_{y_i} - \mu_{y_f})}{\sigma_x \sigma_y} \right] \right. \right. \\
\left. \left. - \left(\frac{\mu_{x_i} - \mu_{x_c}}{\sigma} \right)^2 - \left(\frac{\mu_{y_i} - \mu_{y_c}}{\sigma} \right)^2 \right\} \right] \tag{10}
\end{aligned}$$

Las últimas cinco ecuaciones de (7) son las nuevas constricciones sobre los parámetros σ_x , σ_y , σ , ρ y η_c de la función de verosimilitud; su obtención exige introducir las cinco nuevas incógnitas x_i , $i = 1, 2 \dots 5$ (Hancock, 1.917).

La solución del sistema (7) produce los estimadores de máxima verosimilitud de los parámetros de la distribución mixta $\phi(\mu_x, \mu_y)$.

3. Pertenencia en la región del cúmulo NGC6530

En la figura 1 se muestra el diagrama de dispersión de los movimientos propios en la región del cúmulo NGC6530. Para cada estrella cuyas componentes de movimiento propio sean μ_{x_i} , μ_{y_i} , la probabilidad p_i de pertenencia al cúmulo se ha calculado mediante el criterio bayesiano de pertenencia (Brieva y Uribe, 1.985):

$$p_i = \frac{\hat{\eta}_c \hat{\phi}_2}{\hat{\eta}_c \hat{\phi}_2 + (1 - \hat{\eta}_c) \hat{\phi}_1} \quad (11)$$

Se elaboró un programa en Fortran llamado **Clusterc** que, usando la subrutina **Zsystem**,

gentilmente facilitada por el Dr. Mark Slovak (1.985), depura los datos según una variante de la técnica de Zhao et al. (1.982), descrita en Brieve y Uribe (1.990), y asigna a cada estrella su probabilidad de pertenencia, la cual puede leerse en la tabla 2.

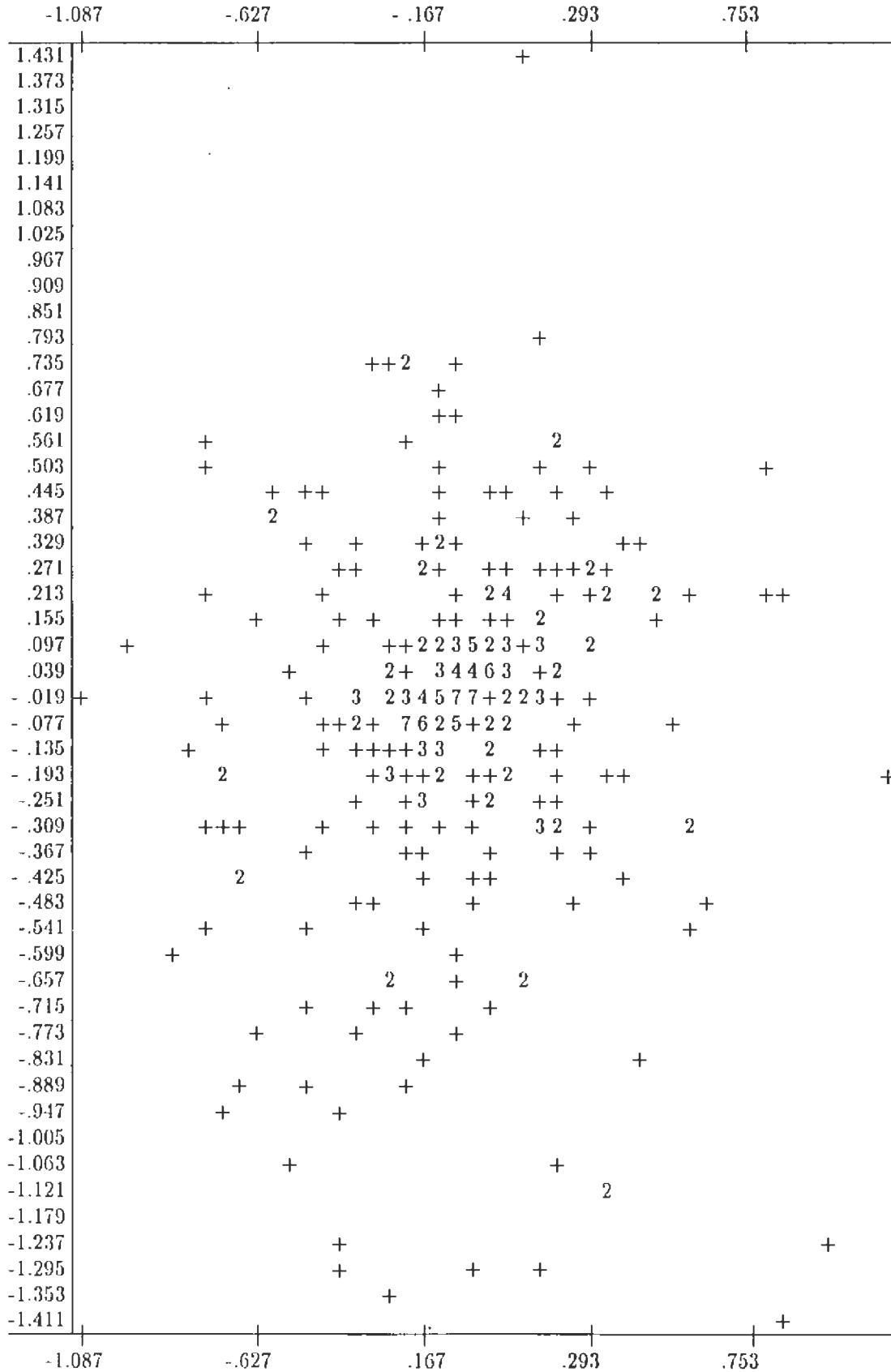


FIGURA 1. Diagrama de Dispersión de los movimientos propios μ_x, μ_y , en la región del cúmulo abierto NGC6530.

4. Discusión de los resultados

La densidad en forma de U de la figura 2 muestra la bondad del modelo utilizado para discernir estadísticamente, a partir de los movimientos propios de las estrellas de la región considerada, entre estrellas del campo ($p_i = 0$) y estrellas con alta probabilidad de pertenencia al cúmulo galáctico ($p_i \geq 0.8$). En general es válido considerar como miembros posibles, aunque no necesariamente probables, aquellas estrellas con probabilidad p_i diferente de cero.

Las estrellas 3, 14, 31, 70, 78, 145, 169, 188, 233, 260, 265, 283, 322, 324, 346, 354, 363, fueron eliminadas desde un comienzo a través de la técnica de depuración antes explicada, y quedaron asignadas al campo. Así, de las 363 estrellas hay 161 que pertenecen al campo, y sólo 202, para las cuales $p_i \neq 0$ se consideran posibles miembros del cúmulo. Limitándose

a las regiones de alta probabilidad de pertenencia, $p_i \geq 0.8$, hay 78 miembros probables en el cúmulo galáctico cuyos números están indicados en la figura 2.

El estudio de Van Altena y Jones divide las 363 estrellas de la región en dos grupos.

TABLA 1. Parámetros estimados de la función de distribución mixta de los movimientos propios en la región de NGC6530.

| | |
|-------------------|--------|
| $\hat{\mu}_{x_j}$ | -0.095 |
| $\hat{\mu}_{y_j}$ | -0.053 |
| $\hat{\mu}_{x_c}$ | -0.040 |
| $\hat{\mu}_{y_c}$ | -0.008 |
| $\hat{\sigma}_x$ | 0.319 |
| $\hat{\sigma}_y$ | 0.388 |
| $\hat{\sigma}$ | 0.089 |
| $\hat{\eta}_j$ | 0.656 |
| $\hat{\rho}$ | 0.017 |

Número de estrellas

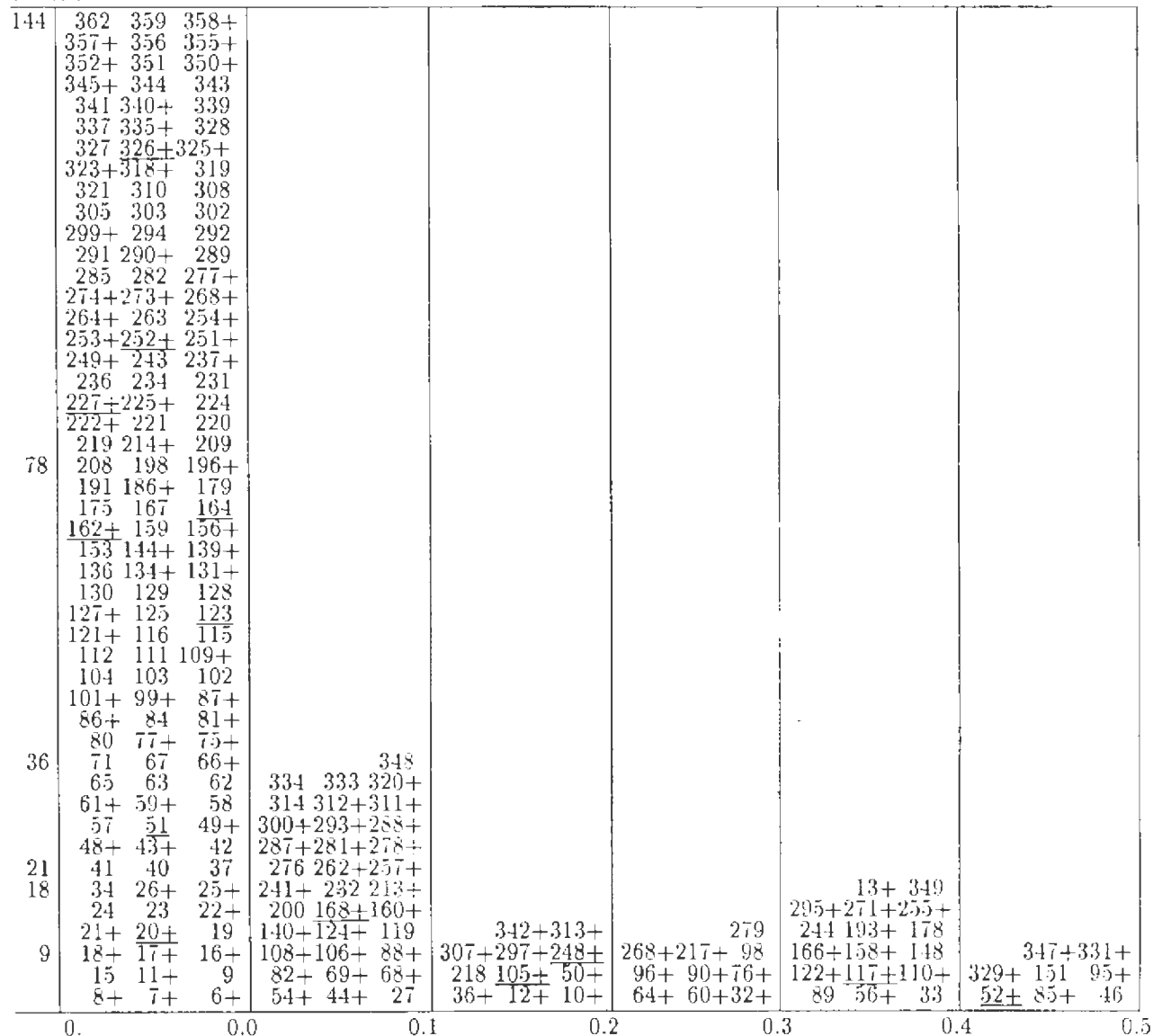


FIGURA 2. Función de densidad de las probabilidades de pertenencia en la región del cúmulo abierto NGC6530.

Se indica el número de cada estrella. Estrellas brillantes (V menor o igual a 13.05) se indican con +.

Las otras estrellas son débiles. Se subrayan las de importancia especial.

lidad alta o casi alta. En esto hay coincidencia con Van Altena. La interesantísima estrella variable 123, conocida como Sv Sgr, en concordancia con lo afirmado por Walker (1.957) pertenece al campo. Para la estrella variable

52 obtuvimos $p_i = 0.48$, lo cual permite considerarla como un miembro del cúmulo, en contra de lo obtenido por Van Altena y Jones, quienes la asignan al campo por ser una estrella con probabilidad cero.

TABLA 2. Movimientos propios y probabilidades de pertenencia en la región del cúmulo galáctico NGC6530.

| Número | μ_x | μ_y | P_i | Número | μ_x | μ_y | P_i | Número | μ_x | μ_y | P_i |
|--------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|-------|
| 1 | .12 | -.03 | .66 | 68 | -.33 | -.02 | .05 | 135 | -.18 | -.07 | .66 |
| 2 | .06 | .01 | .83 | 69 | -.14 | .25 | .09 | 136 | -.67 | -.29 | .00 |
| 3 | -1.68 | .53 | 0.00 | 70 | 1.58 | .67 | 0.00 | 137 | -.01 | -.04 | .88 |
| 4 | -.08 | .63 | .00 | 71 | -.17 | -.45 | 0.00 | 138 | 0.00 | .01 | .88 |
| 5 | -.70 | -.32 | .00 | 72 | -.07 | .12 | .75 | 139 | .19 | -1.07 | 0.00 |
| 6 | .18 | .43 | .00 | 73 | 0.00 | .04 | .87 | 140 | -.18 | .29 | .01 |
| 7 | -.30 | .71 | .00 | 74 | -.06 | .09 | .82 | 141 | .03 | .10 | .77 |
| 8 | -.65 | -.42 | .00 | 75 | .16 | .79 | 0.00 | 142 | .01 | -.06 | .86 |
| 9 | -.44 | .46 | .00 | 76 | -.26 | .06 | .26 | 143 | -.48 | .35 | .00 |
| 10 | -.26 | .12 | .15 | 77 | .31 | .10 | .00 | 144 | -.56 | .46 | .00 |
| 11 | -.65 | -.89 | 0.00 | 78 | .01 | -4.83 | 0.00 | 145 | .09 | -2.98 | 0.00 |
| 12 | .16 | .17 | .13 | 79 | .01 | .04 | .87 | 146 | -.07 | .01 | .88 |
| 13 | .16 | .07 | .39 | 80 | .03 | -.39 | .00 | 147 | -.01 | .09 | .82 |
| 14 | -5.01 | -4.53 | 0.00 | 81 | -.36 | -.49 | .00 | 148 | .19 | 0.00 | .31 |
| 15 | .37 | -.19 | .00 | 82 | .16 | -.24 | .04 | 149 | .03 | -.04 | .86 |
| 16 | .34 | -1.13 | 0.00 | 83 | .15 | 0.00 | .53 | 150 | 0.00 | 0.00 | .88 |
| 17 | -.37 | -.75 | 0.00 | 84 | -.41 | -1.21 | 0.00 | 151 | -.11 | .17 | .49 |
| 18 | .09 | .38 | .00 | 85 | .16 | -.01 | .48 | 152 | -.03 | -.02 | .89 |
| 19 | .17 | -.31 | .00 | 86 | -.23 | -.33 | .00 | 153 | -.02 | -1.29 | 0.00 |
| 20 | 0.00 | .43 | .00 | 87 | -.31 | -.28 | .00 | 154 | -.01 | .10 | .80 |
| 21 | .21 | -.31 | .00 | 88 | -.17 | -.26 | .06 | 155 | -.10 | -.12 | .75 |
| 22 | .47 | .20 | .00 | 89 | -.25 | -.01 | .37 | 156 | .21 | -.32 | .00 |
| 23 | .28 | -.32 | .00 | 90 | -.28 | -.05 | .20 | 157 | 0.00 | -.08 | .85 |
| 24 | -.51 | -.87 | 0.00 | 91 | 0.00 | 0.00 | .83 | 158 | 0.00 | .20 | .39 |
| 25 | .20 | .58 | .00 | 92 | -.10 | 0.00 | .87 | 159 | -.10 | .43 | .00 |
| 26 | -.27 | .72 | .00 | 93 | -.12 | 0.00 | .85 | 160 | .05 | .24 | .13 |
| 27 | -.13 | .31 | .01 | 94 | -.01 | -.04 | .88 | 161 | -.08 | .04 | .87 |
| 28 | -.02 | -.08 | .85 | 95 | -.16 | -.17 | .41 | 162 | -.18 | .32 | .00 |
| 29 | .02 | -.13 | .74 | 96 | .08 | -.20 | .29 | 163 | 0.00 | .03 | .88 |
| 30 | .03 | .03 | .86 | 97 | .05 | .04 | .83 | 164 | -.63 | .13 | .00 |
| 31 | -1.74 | -.65 | 0.00 | 98 | -.26 | .05 | .28 | 165 | -.13 | -.10 | .75 |
| 32 | .20 | .05 | .22 | 99 | .79 | .50 | 0.00 | 166 | -.22 | .12 | .32 |
| 33 | .00 | .21 | .33 | 100 | -.05 | .11 | .79 | 167 | -.21 | .73 | .00 |
| 34 | -.59 | .41 | .00 | 101 | .37 | -.40 | .00 | 168 | -.13 | .31 | .01 |
| 35 | 0.00 | -.05 | .87 | 102 | -.47 | -.53 | .00 | 169 | -2.14 | .06 | .00 |
| 36 | .06 | .24 | .12 | 103 | .05 | .43 | .00 | 170 | .04 | -.15 | .64 |
| 37 | -.43 | .10 | .00 | 104 | -.12 | .50 | .00 | 171 | -.05 | .02 | .89 |
| 38 | .03 | .14 | .65 | 105 | -.08 | .24 | .17 | 172 | -.12 | -.16 | .58 |
| 39 | .12 | .01 | .67 | 106 | -.30 | -.09 | .09 | 173 | -.01 | .03 | .88 |
| 40 | -.61 | -.76 | 0.00 | 107 | -.08 | -.01 | .88 | 174 | .11 | -.08 | .64 |
| 41 | .49 | .18 | .00 | 108 | -.33 | -.03 | .05 | 175 | .45 | .32 | .00 |
| 42 | -.28 | -1.36 | 0.00 | 109 | .86 | .19 | 0.00 | 176 | -.09 | 0.00 | .87 |
| 43 | -.38 | .13 | .00 | 110 | .08 | -.18 | .39 | 177 | -.01 | -.10 | .82 |
| 44 | -.32 | .17 | .01 | 111 | -.83 | -.15 | 0.00 | 178 | .16 | .10 | .32 |
| 45 | -.10 | 0.00 | .87 | 112 | -.02 | -.46 | .00 | 179 | .30 | -.35 | .00 |
| 46 | .02 | -.19 | .48 | 113 | 0.00 | .01 | .83 | 180 | -.03 | .04 | .88 |
| 47 | -.16 | -.04 | .76 | 114 | -.11 | .06 | .82 | 181 | -.16 | -.07 | .73 |
| 48 | -.39 | .30 | .00 | 115 | .32 | .44 | .00 | 182 | -.10 | .07 | .82 |
| 49 | .62 | -.50 | 0.00 | 116 | -.16 | -.84 | 0.00 | 183 | .02 | .09 | .80 |
| 50 | -.29 | -.08 | .13 | 117 | -.18 | -.16 | .38 | 184 | -.11 | .03 | .85 |
| 51 | -.35 | .33 | .00 | 118 | -.18 | -.07 | .66 | 185 | -.17 | -.13 | .54 |
| 52 | .16 | -.01 | .48 | 119 | -.06 | .31 | .02 | 186 | -.67 | -.20 | .00 |
| 53 | -.12 | -.05 | .83 | 120 | .04 | 0.00 | .86 | 187 | -.11 | -.09 | .80 |
| 54 | -.32 | -.22 | .01 | 121 | -.38 | -.94 | 0.00 | 188 | .35 | -3.95 | 0.00 |
| 55 | .06 | .12 | .66 | 122 | .18 | .02 | .35 | 189 | .03 | -.05 | .85 |
| 56 | .16 | .07 | .39 | 123 | 1.17 | -.17 | 0.00 | 190 | .03 | -.09 | .81 |
| 57 | -.23 | -.57 | .00 | 124 | -.27 | -.17 | .07 | 191 | .28 | .29 | .00 |
| 58 | .16 | -.31 | .00 | 125 | -.76 | .50 | 0.00 | 192 | -.07 | -.07 | .86 |
| 59 | -.48 | .45 | .00 | 126 | .13 | -.10 | .50 | 193 | .06 | .18 | .39 |
| 60 | .17 | -.11 | .28 | 127 | -.16 | -.55 | .00 | 194 | -.09 | 0.00 | .87 |
| 61 | -.53 | .05 | .00 | 128 | .20 | .29 | .00 | 195 | 0.00 | -.06 | .87 |
| 62 | -.78 | .20 | .00 | 129 | .57 | -.30 | .00 | 196 | -.78 | .54 | 0.00 |
| 63 | .36 | .21 | .00 | 130 | .28 | .53 | .00 | 197 | -.12 | 0.00 | .85 |
| 64 | .02 | -.24 | .22 | 131 | -.47 | -.34 | .00 | 198 | .11 | -.65 | .00 |
| 65 | .26 | .40 | .00 | 132 | -.14 | -.12 | .67 | 199 | .05 | .10 | .74 |
| 66 | .46 | .24 | .00 | 133 | .03 | -.07 | .83 | 200 | -.15 | .26 | .06 |
| 67 | -.56 | .22 | .00 | 134 | -.43 | -.14 | .00 | 201 | .05 | .02 | .84 |

| Número | μ_x | μ_y | P_i | Número | μ_x | μ_y | P_i | Número | μ_x | μ_y | P_i |
|--------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|-------|--------|---------|---------|-------|
| 202 | -0.09 | -0.02 | .87 | 259 | -0.04 | -.03 | .89 | 316 | .06 | .11 | .69 |
| 203 | -.05 | -.05 | .88 | 260 | -1.46 | -2.51 | 0.00 | 317 | -.06 | -.03 | .89 |
| 204 | -.05 | -.02 | .89 | 261 | -.16 | 0.00 | .77 | 318 | -.72 | 0.00 | .00 |
| 205 | -.01 | .11 | .78 | 262 | .21 | -.16 | .06 | 319 | .01 | -.71 | .00 |
| 206 | -.17 | -.08 | .68 | 263 | -.10 | .63 | 0.00 | 320 | -.13 | -.28 | .06 |
| 207 | .03 | .01 | .86 | 264 | -.67 | -.45 | 0.00 | 321 | .17 | 1.45 | 0.00 |
| 208 | .32 | -1.11 | 0.00 | 265 | -2.60 | -9.53 | 0.00 | 322 | .89 | -3.52 | 0.00 |
| 209 | -.52 | -1.04 | 0.00 | 266 | -.13 | 0.00 | .83 | 323 | -.42 | -.30 | .00 |
| 210 | -.11 | -.07 | .83 | 267 | -.55 | -2.43 | 0.00 | 324 | -1.49 | -1.60 | 0.00 |
| 211 | -.16 | -.07 | .73 | 268 | -.25 | -.12 | .22 | 325 | -.66 | -.08 | .00 |
| 212 | .02 | 0.00 | .87 | 269 | -.09 | .05 | .85 | 326 | -.38 | -1.29 | 0.00 |
| 213 | -.27 | -.20 | .04 | 270 | -.22 | .00 | .54 | 327 | -.06 | -.60 | .00 |
| 214 | -.61 | -.31 | .00 | 271 | -.12 | -.21 | .32 | 328 | -.08 | -.67 | .00 |
| 215 | -.12 | .05 | .82 | 272 | -.01 | .11 | .78 | 329 | -.20 | -.12 | .45 |
| 216 | -.03 | -.06 | .87 | 273 | -.21 | .72 | .00 | 330 | -.17 | -.09 | .66 |
| 217 | .06 | .20 | .29 | 274 | -.57 | .39 | .00 | 331 | -.17 | -.16 | .42 |
| 218 | .18 | -.17 | .10 | 275 | 0.00 | -.07 | .86 | 332 | -.01 | .01 | .89 |
| 219 | -1.11 | -0.03 | 0.00 | 276 | .01 | .25 | .13 | 333 | .18 | -.23 | .03 |
| 220 | -.12 | .67 | .00 | 277 | .98 | -1.21 | 0.00 | 334 | .29 | -.05 | .02 |
| 221 | -.87 | -.57 | 0.00 | 278 | -.29 | -.16 | .05 | 335 | .42 | -.82 | 0.00 |
| 222 | .45 | 4.92 | 0.00 | 279 | -.03 | -.24 | .25 | 336 | -.01 | .04 | .87 |
| 223 | -.06 | .03 | .88 | 280 | .10 | .11 | .56 | 337 | .60 | -.13 | .00 |
| 224 | .24 | .27 | .00 | 281 | .16 | .28 | .01 | 338 | 0.00 | .05 | .86 |
| 225 | -.29 | -.48 | .00 | 282 | -.06 | .75 | .00 | 339 | .59 | -.06 | .00 |
| 226 | .08 | -.08 | .73 | 283 | -4.17 | -.55 | 0.00 | 340 | .02 | -.43 | .00 |
| 227 | -.48 | .01 | .00 | 284 | -.19 | -.04 | .66 | 341 | -.19 | -.69 | .00 |
| 228 | .03 | -.08 | .82 | 285 | .29 | .22 | .00 | 342 | .14 | .17 | .18 |
| 229 | -.13 | -.05 | .82 | 286 | .08 | .06 | .75 | 343 | -.73 | -.93 | 0.00 |
| 230 | -.15 | -.10 | .70 | 287 | -.21 | -.25 | .04 | 344 | -.09 | -.75 | .00 |
| 231 | -.01 | -.42 | .00 | 288 | .30 | .11 | .01 | 345 | .34 | .24 | .00 |
| 232 | -.15 | -.25 | .11 | 289 | -.36 | .30 | .00 | 346 | 1.69 | .72 | 0.00 |
| 233 | .13 | -2.40 | 0.00 | 290 | .39 | .31 | .00 | 347 | -.05 | -.20 | .47 |
| 234 | .25 | .25 | .00 | 291 | .20 | -.36 | .00 | 348 | .28 | -.01 | .03 |
| 235 | -.14 | -.09 | .75 | 292 | -.28 | -.65 | .00 | 349 | -.13 | -.21 | .30 |
| 236 | -.19 | -.90 | 0.00 | 293 | -.33 | -.05 | .05 | 350 | .57 | -.28 | .00 |
| 237 | -.19 | -.34 | .00 | 294 | -.29 | -.70 | .00 | 351 | .16 | -.32 | .00 |
| 238 | -.07 | .14 | .69 | 295 | -.19 | -.17 | .30 | 352 | -.47 | -.74 | 0.00 |
| 239 | .03 | -.06 | .84 | 296 | -.04 | -.05 | .88 | 353 | -.17 | .08 | .66 |
| 240 | -.16 | -.04 | .76 | 297 | .05 | .24 | .13 | 354 | .45 | -2.76 | 0.00 |
| 241 | -.02 | -.30 | .05 | 298 | -.06 | .10 | .80 | 355 | .24 | -.47 | .00 |
| 242 | -.07 | .02 | .88 | 299 | -.43 | .19 | .00 | 356 | .10 | -.66 | .00 |
| 243 | -.25 | -.66 | .00 | 300 | -.36 | -.01 | .02 | 357 | -.37 | -.25 | .00 |
| 244 | -.26 | -.02 | .31 | 301 | -.21 | -.04 | .58 | 358 | -.66 | -.22 | .00 |
| 245 | 0.00 | 0.00 | .88 | 302 | -.76 | -.54 | 0.00 | 359 | .83 | -1.44 | 0.00 |
| 246 | -.20 | .03 | .62 | 303 | -.40 | -.08 | .00 | 360 | -.08 | -.08 | .84 |
| 247 | 0.00 | 0.00 | .88 | 304 | -.12 | .07 | .80 | 361 | .03 | .05 | .84 |
| 248 | .05 | .25 | .10 | 305 | 1.66 | .45 | 0.00 | 362 | .58 | -.54 | 0.00 |
| 249 | .15 | -1.31 | 0.00 | 306 | -.02 | -.04 | .88 | 363 | -2.06 | -.28 | 0.00 |
| 250 | -.06 | -.01 | .89 | 307 | -.17 | -.24 | .10 | | | | |
| 251 | .32 | -.20 | .00 | 308 | -1.00 | .08 | 0.00 | | | | |
| 252 | -.13 | .41 | .00 | 309 | -.17 | .12 | .54 | | | | |
| 253 | .18 | .54 | .00 | 310 | .81 | .21 | 0.00 | | | | |
| 254 | .15 | .52 | .00 | 311 | -.25 | -.21 | .05 | | | | |
| 255 | .17 | .06 | .36 | 312 | -.15 | -.34 | .01 | | | | |
| 256 | -.15 | -.04 | .79 | 313 | .02 | -.26 | .13 | | | | |
| 257 | .19 | .21 | .03 | 314 | -.36 | -.12 | .01 | | | | |
| 258 | .06 | .01 | .83 | 315 | .06 | -.08 | .78 | | | | |

Las estrellas brillantes, tipo *O*, 117, con $p_i = 0.38$ y la 270, con $p_i = 0.54$, pueden considerarse como miembros probables y por tanto son candidatos poco opcionados a ser estrellas "runaway", en lo cual coincide este estudio con el de Van Altena y Jones. Se coincide además en considerar la estrella 105 -Herschel 36- de $p_i = 0.17$, como miembro posible pero no probable, y al asignar al campo las estrellas amarillas gigantes 156 y 227.

Las probabilidades que figuran en la tabla 2 son sistemáticamente un poco superiores a las obtenidas por Van Altena y Jones, lo cual puede explicarse por la diferencia intrínseca

de los modelos utilizados. Las marginales de las figuras 3 y 4 apoyan la bondad del modelo mixto o "contagious" circular-elíptico en lugar del modelo elíptico-elíptico, al mostrar un elevado pico en la parte central que no se observa en las distribuciones marginales de Van Altena y Jones obtenidas con sólo 209 estrellas brillantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alter, G., Ruprecht, J. & Vanysek, V. 1970, *Catalogue of Stars Clusters and Associations*, Akademiai Kiado, Budapest.
- Blanco, V. M. & Grant, G. 1959, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 71, 194.

-1.087 1.0 x
 -1.041 0.0
 -.995 1.0 x
 -.949 0.0
 -.903 0.0
 -.857 1.0 x
 -.811 1.0 x
 -.765 4.0 xxxx
 -.719 3.0 xxx
 -.673 7.0 xxxxxxxx
 -.627 3.0 xxx
 -.581 3.0 xxx
 -.535 2.0 xx
 -.489 7.0 xxxxxxxx
 -.443 5.0 xxxxx
 -.397 6.0 xxxxxx
 -.351 10.0 xxxxxxxxxxxx
 -.305 9.0 xxxxxxxx
 -.259 14.0 xxxxxxxxxxxxxxxx
 -.213 15.0 xxxxxxxxxxxxxxxx
 -.167 27.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.121 31.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.075 24.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.029 27.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .017 41.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .063 19.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .109 8.0 xxxxxxxx
 .155 19.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .201 15.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .247 4.0 xxxxx
 .293 9.0 xxxxxxxx
 .339 6.0 xxxxxx
 .385 3.0 xxx
 .431 2.0 xx
 .477 3.0 xxx
 .523 0.0
 .569 5.0 xxxxxx
 .615 2.0 xx
 .661 0.0
 .707 0.0
 .753 0.0
 .799 2.0 xx
 .845 2.0 xx
 .891 0.0
 .937 0.0
 .983 1.0 x
 1.029 0.0
 1.075 0.0
 1.121 0.0
 1.167 1.0 x

FIGURA 3. Densidad marginal μ_x en la región del cúmulo galáctico NGC6530.

-1.411 1.0 x
 -1.353 1.0 x
 -1.295 3.0 xxx
 -1.237 2.0 xx
 -1.179 0.0
 -1.121 2.0 xx
 -1.063 2.0 xx
 -1.005 0.0
 -.947 2.0 xx
 -.889 3.0 xxx
 -.831 2.0 xx
 -.773 3.0 xxx
 -.715 4.0 xxxx
 -.657 5.0 xxxxx
 -.599 2.0 xx
 -.541 4.0 xxxx
 -.480 5.0 xxxxx
 -.425 6.0 xxxxxx
 -.367 6.0 xxxxxx
 -.309 16.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.251 10.0 xxxxxxxxxxxx
 -.193 18.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.135 17.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.077 42.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 -.019 53.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .039 27.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .097 27.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .155 10.0 xxxxxxxx
 .213 18.0 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 .271 12.0 xxxxxxxxxxxx
 .329 8.0 xxxxxxxx
 .387 5.0 xxxxx
 .445 8.0 xxxxxxxx
 .503 5.0 xxxxx
 .561 4.0 xxxxx
 .619 2.0 xx
 .677 1.0 x
 .735 5.0 xxxxx
 .793 1.0 x
 .851 0.0
 .909 0.0
 .967 0.0
 1.025 0.0
 1.083 0.0
 1.141 0.0
 1.199 0.0
 1.257 0.0
 1.315 0.0
 1.373 0.0
 1.431 1.0 x

FIGURA 4. Densidad marginal μ_y en la región del cúmulo galáctico NGC6530.

- Brieva, E. & Uribe, A. 1985, *Revista Colombiana de Estadística*, **12**, 1.
- Brieva, E. & Uribe, A. 1990, *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Volumen XVII, Número 66.
- Cabrera-Caño, J & Alfaro, F. J. 1985, *Astron. Astrophys.*, **150**, 298.
- Hancock, H. 1970, *Theory of Maxima and Minima*, Dover Publications, New York.
- Sanders, W. L. 1971, *Astron. Astrophys.*, **14**, 226.
- Slovak, M. H. 1977, *Astron. J.*, **82**, 818.
- Slovak, M. H. 1985, *Comunicación Personal*.
- Van Altena, W. F. & Jones, B. F. 1972, *Astron. Astrophys.*, **20**, 425.
- Vasilevskis, S., Klemola, A. & Preston, G., 1958, *Astron. J.*, **69**, 387.
- Walker, M. F. 1957, *Astrophys. J.*, **125**, 636.
- Wolfe, J. H. 1970, *Multivariate Behavioral Research*, July, 329.
- Zhao, J., Tian, K., Su, Z. & Yin, M. 1982, *Chin. Astron. Astrophys.*, **6**, 293.

ADICION A "NOTAS A LA FLORA DE COLOMBIA X", UNA ESPECIE OLVIDADA DE *CLUSIA*

por

José Cuatrecasas*

Resumen

Cuatrecasas, J.: Adición a «Notas a la Flora de Colombia X», una especie olvidada de *Clusia*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(72): 19-20. 1994 ISSN 0370-3908.

Se describe *Clusia ellipticifolia* Cuatrec. especie perteneciente a la Sección *Anandroyne*.

Palabras claves: Clusiaceae, *Clusia*, Colombia.

Abstract

A new species of *Clusia* sect. *Anandroyne* (*C. ellipticifolia* Cuatrec.) is described.

Key words: *Clusia*, Clusiaceae, Colombia.

En el año 1950 se publicó en esta Revista (Vol. VIII, n° 29: 33-63) una serie de descripciones de especies, supuestas nuevas, de Guttiferae entre las cuales debía haberse incluido la referente a *Clusia ellipticifolia*, basada en plantas de Cundinamarca. Al parecer, el original relativo a este taxón, ya listo para imprimir, de algún modo se extravió quedando sin publicar.

Posteriormente estuve en comunicación muy directa con el Dr. B. Maguire quien me hizo saber que estaba trabajando intensamente en Clusiáceas y no sólo de la Guayana, sino que su proyecto era producir una monografía completa sobre las Clusiáceas del Neotrópico. Como consecuencia de estas conversaciones amistosas, para no interferir con el programa de Maguire y evitar duplicidad de esfuerzos decidí cesar en el trabajo sobre Clusiáceas, cortando así radicalmente con el estudio que había iniciado en ese campo. Había, y hay, tanto que hacer en el Neotrópico que no se justifica que varios investigadores se ocupen en un mismo grupo. Acto seguido le remití los duplicados que me quedaban de mis colecciones y él pudo continuar solicitando en préstamo a las instituciones el material de consulta que le convino.

De este modo, la publicación arriba citada (1950) fue mi última contribución a las Clusiáceas. Seguramente por ello posteriormente no me di cuenta de que *C. ellipticifolia* se había quedado sin publicar.

Al ser consultado recientemente sobre el lugar y fecha de publicación de tal nombre, se puso en claro que estaba inédito. En mi archivo encontré la copia de la descripción original, razón por la cual me resolví a darla a la luz sin modificar y sólo con las citas de colecciones con que figuraba en el texto original. Estas colecciones distribuidas en varios Herbarios, fueron la base para la identificación de otras colecciones hechas posteriormente atribuidas a *C. ellipticifolia*.

***Clusia ellipticifolia* Cuatrec., sp. nov.**

Arbor. Ramuli subteretes laeves griseo-viriduli, extremis pendulis.

Folia simplicia opposita petiolata, firme coriacea glaberrima nitida. Petiolus 10-15 mm. longus crassus margine leviter alatus, supra sulcatus basi vaginatus. Lamina elliptica apice rotundata basi cuneata, 9-15 cm. longa, 4-8.5 cm. lata, margine integra; supra nitida in sicco olivaceo-brunnescens, costa signata, nervis lateralibus margineleque prominulis, venulis obsoletis;

* Department of Botany, Smithsonian Institution, Washington, DC.

subtus in sicco luteolo-rubescenti pallida, costa crassa elevata nervis lateralibus primariis crebris parallelis patulis 1.5-3 mm. distantibus, nervo marginale connexis, venulis transversis obliquis sparsis obsoletis.

Inflorescentiae masculae pluriflorae valde congestae terminales, pedunculo crasso robusto valde brevi, bracteis late orbicularibus membranaceis involventibus 12 mm. latis. Flores sessiles. Bractee florales ovato-acutae 8 mm. Calyx: 4 sepala per paria decussata albida submembranacea, exteriora late suborbicularia 8-9 mm. longa, 10 mm. lata, interiora orbicularia 10-11 mm. longa et lata, vel latiora quam longiora. Petala alba 6, aestivatione imbricata, elliptico-oblonga 18-20 mm. longa, 6-7 mm. lata. Stamina numerosa pluriseriata supra receptaculum columnarem 2.5-3 mm. altum inserta, filamentis linearibus 3-4 mm. longis, antheris linearibus paulo crassioribus 4 mm. longis connectivo apice obtusiusculo, saccis polliniferis marginalibus, bilocularibus, longitudinaliter rimis dehiscentibus. Inflorescentia feminea mascula simillis. Flores feminei: staminodia 4-5 filamentosa brevia (1.2 mm.) tantum vidi. Ovarium ovatum. Styli 6 crassiusculi 1.5-2 mm. longi. Stigmata pulviniformia elliptica. Capsula ovata 2 cm. longa apice cum 6 stigmatibus crassiusculis brevibus approximatis. Semina in quoque lobulo plurima, rubra 7 mm. longa, 3 mm. lata.

Typus: COLOMBIA, Dep. Cundinamarca: entre Sebastopol y alto de las Escaleras, 2300-2400 m. alt., vulgo: «cape». «Arbolito. Flor blanca», y , 21-III-1942 colect. J. Cuatrecasas 13588. Holotypus, F; Isotypus, COL.

Clusia ellipticifolia pertenece a la Sec. *Anandroyne*; se distingue bien de *C. multiflora* HBK por la hoja elíptica y peciolada. Es afín a *C. inesiana* pero presenta la hoja menor con pecíolo más pronunciado y los nervios más patentes, especialmente los inferiores; la flor es más grande con pétalos más largos y blancos (no verdoso amarillentos); los estambres son más numerosos, con la columna más larga y el fruto es menor con estigmas menos patentes.

Otras colecciones: COLOMBIA, Cundinamarca: Entre El Salto y el Colegio, 1900-2050 m, J. Cuatrecasas 8216 (COL, F); Cuesta de Fusagasugá, entre cafetales, 1980 m. alt. árbol 10 m., 18. Febr. 1940, J. Cuatrecasas 8058 (COL, F. US).

Bibliografía

Cuatrecasas, J. 1950, Notas a la Flora de Colombia, X. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 8 (29): 33-63. Bogotá.

ADICIONES AL GENERO *PENTACALIA* (ASTERACEAE, SENECEONEAE) EN COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* y José Cuatrecasas**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & J. Cuatrecasas: Adiciones al género *Pentacalia* (Asteraceae, Senecioneae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(72): 21-24. 1994. ISSN 0370-3908.

Se proponen y describen dos nuevas especies de *Pentacalia* pertenecientes al subgénero *Microchaete* (*P. munchiquensis*, *P. almorzana*) y se hacen comentarios relativos a sus afinidades con otras especies y con algunos géneros cercanos.

Palabras clave: *Pentacalia*, Asteraceae, Senecioneae, Colombia, taxonomía.

Abstract

Two new species of *Pentacalia* subgen. *Microchaete* are described and illustrated (*P. munchiquensis* and *P. almorzana*). Some comments regarding to the systematic location and affinities are also made.

Key words: *Pentacalia*, Asteraceae, Senecioneae, Colombia, Taxonomy.

En desarrollo de la revisión del material colombiano de *Senecioneae* y en particular con el del género *Pentacalia* Cass., se han detectado dos nuevas especies ubicables en el subgénero *Microchaete*, las cuales se describen y discuten a continuación.

***Pentacalia munchiquensis* Díaz & Cuatrecasas sp. nov.**
Fig. 1

Arbuscula 3-5 metralis ramis ultimis validis suberectis angulatis viridibus aspectu glabris sed sparse adpresse minute puberulis.

Folia suprema tantum vidimus, herbaceo-chartilaginea sessilia vel pseudo-petiolata, utrinque viridia in sicco tabacifolia. Lamina lanceolata longeque cuspidata 26 - 40 x 4-5 cm, cuspidate lineari ad 4 cm longa, basi paulo attenuata obtusaque, margine argute serrata, dentibus 1-1.5 mm longis acutis, 4.5 per cm., superficie adaxiale laevis nervis venulisque parum prominulis, abaxialiter costa robusta prominenti, nervis secundariis

40 - 48 utroque latere angulo 60 - 80° patulis prominulis saltem proximaliter bene signatis, circa marginem tenuioribus curvis anastomosantibus, nervis tertiis venulisque prominule reticulatis areolis planis glabris viridibus instructis, nerviatione aspecto glabra sed minutissimis sparsis pilis plerumque inconspicuis praedita.

Synflorescencia terminalis monotelica monochasialis satis ramosa perfecte corymbiforme paniculata ca. 30 cm alta 40 cm ampla, axi ramis ramulis pedunculisque teneris, in parte sterile ebracteatis, ramusculis ultimis 1 - 5 capitula pedicellata ferentibus. Pedicelli saepe tenues graciles 5 - 20 mm longi ebracteolati. Bracteae subtendentes inferne lanceolatae cuspidataeque ad 6 cm longae 2 cm ad basim latae, ceterae sursum lineares acutissimae 15-10 x 2-1 mm.

Capitula radiata 11 - 12 mm alta. Involucrum tubuloso-campanulatum 8 phyllariis papyraceis firmis, externis 10.3 - 11.5 x 1.6-2 mm sublanceolatis sursum attenuatis anguste ochraceo-marginatis, intimis latioribus 10.5 - 11 x 2 - 3 mm oblongis valde late ochraceo-marginatis, omnibus cum vitta media dorsale crassiori, atrobruneis tricotulatis apice acuto minuteque penicillato. Calyculum 3 - 4 bracteolis linearibus acutis 4.6 - 5 mm longis.

* Instituto de Ciencias Naturales - Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Santafé de BOGOTÁ D.C.

** Department of Botany, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C. 20560, U.S.A.

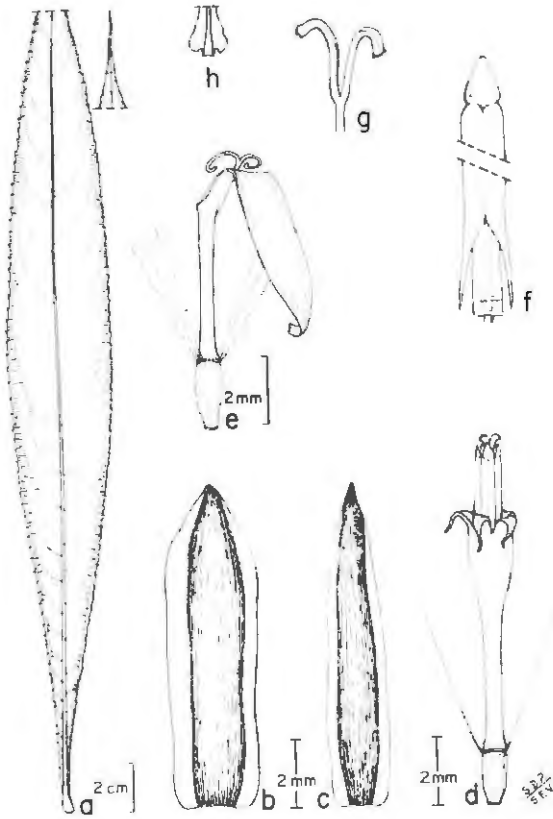


Figura 1. *Pentacalia munchiquensis* Díaz & Cuatrec. a, Lámina foliar, b, filaria interior, c, filaria exterior, d, flor del disco, e, flor radial, f, detalles de las porciones apical y basal de la antera, g, ramas estigmáticas, h, detalle de la base de las brácteas que subtienen la sinflorescencia. (a, tomado de N. Ruiz et al. 309, b - h, tomado de A. Lobo No. 48).

Flores marginales feminei ligulati radiantis, 7 - 8 in capitulo. Corolla 11 - 13 mm longa, tubo 5 - 6 mm angusto pallido; lamina lutea oblongo-elliptica 6 - 8 mm longa 1.5 - 2.2 mm lata 4-nervia, apicem attenuata et minute 3-denticulata. Stylus 7 - 8 mm valde exsertus 1.5 - 2 mm longus ramis 1.5 - 2 mm sursum angustatis lineis stigmaticis marginalibus discretis; ovarium oblongum 5-nervatum 1.6 - 2 mm longum. Pappus albus 6.5 - 8 mm altus pilis tenuissimis scabriusculis 2-3 seriatis, ad basim coalitis.

Flores disci hermaphroditi 15 - 16 in capitulo. Corolla lutea glabra, tubulo 4.5 - 5 mm sursum leviter dilatato, limbo infundibuliformi lobis 1.3 - 2 x 0.5 - 0.7 mm triangulare-oblongis acutis. Antherae pallidae 2.5 mm longae saccis basi caudatis, caudiculis acutissimis 0.3 mm longis; collum lageniforme basi rotundatum. Stylus robustus distale bifido lobis 1 mm crassiusculis adaxialiter duobus lineis stigmaticis conspicuis, apice breviter penicillato. Receptaculum alveolatum 2 - 2.5 mm diam. marginibus alveolorum membranaceo-dentatis.

Typus: COLOMBIA, Departamento del Cauca: Parque Nacional Natural de Munchique, El Tambo, vereda La Romelia, 2000 m, La Gallera; "Arbusto de 1.50 m. Flores y ligulas amarillas", 26, julio 1993, Natalia Ruiz et al. 309 (Holotypus COL No. 356339, isotypi COL No. 356338, MA, US)

Material adicional examinado. COLOMBIA, Departamento del Cauca, El Sopladero, 2200 m; "arbusto 3 - 5 metros, tallo alado, inflorescencia color amarillo", 8 marzo 1979, Alvaro Lobo 48 (COL).

Pentacalia munchiquensis se puede situar en el subgénero *Microchaete*, dentro del grupo de especies radiadas con hojas grandes como *P. americana* (L.f.) Cuatrec. y *P. reflexa* (HBK) Cuatrec. De todas se distingue por ser arbórea y por sus sinflorescencias terminales corimbiformes grandes, con hojas grandes de bordes aserrados, lanceoladas y con una larga cúspide linear de hasta 4 cm, con nerviación secundaria paralela y densa (40 - 48 nervios) poco eminente y con alvéolos planos y verdes.

En realidad todo el aspecto de *P. munchiquensis* se corresponde y coincide con las especies típicas de la sección *Dendrophorbium* del género *Senecio* (Cuatrecasas 1951), recientemente elevada a la categoría de género por Jeffrey (1991) con límites tan amplios, difíciles de precisar. Pero un carácter muy bien marcado de *P. munchiquensis* es el de presentar las anteras agudamente sagitadas, condición que hasta la fecha hemos considerado esencial del resuciado género *Pentacalia* Cassini. Por la anterior razón adjudicamos a *Pentacalia* esta nueva especie. Se trata de un caso crítico, que junto con algunos otros observados y poco precisos, hacen dudar del valor genérico que pueda atribuirse a la condición sagitada de las anteras. En todo caso, hasta el presente vemos que todas las especies consideradas como *Pentacalia* por varios autores, tienen las anteras sagitadas, aunque a veces las caudículas son cortísimas o nulas.

En caso de considerar secundario el valor genérico de las anteras, la nueva especie entraría en la Sección *Dendrophorbium*, hasta ahora incluida en el género *Senecio* por presentar la base de las anteras obtusas. De acuerdo con el criterio expuesto por Jeffrey (1991), *Pentacalia munchiquensis* entraría en su género *Dendrophorbium*, pero el amplio concepto que dicho autor atribuye a *Dendrophorbium* y que no vemos bien delimitado, abarcaría casi todo lo que consideramos como perteneciente a *Pentacalia*. Es posible que en un futuro haya que juntar los dos grupos; uno de nosotros ya lo indicó recientemente (Cuatrecasas, 1985, pag. 625). Es evidente que hay que revisar las especies de estos grupos, cosa que estamos haciendo en el proceso de preparación de la revisión de las Senecioneae para la Flora de Colombia.

***Pentacalia almorzana* Díaz & Cuatrecasas sp. nov.**

Fig. 2

Arbuscula 1.5 m alta. Rami ultimi exfoliati teretes atrogrisei cicatricosi visu glabri sed sparsis pilis adpressis muniti. Ramusculi terminales dense foliosi 3 - 10 corymbose dispositi, erecti cinereo-sericei pilis rectis rigidis acutis ad 1 (1.5) mm longis adpressis.

Folia alterna coriacea sessilia vel subsessilis. Lamina elliptico-lanceolata, ovato-lanceolata vel lanceolata, sursum attenuata cum apice acutissimo apiculato, basi subrotundata subite cum brevissimum

petiolum (0.5 - 1 mm) contracta, 12 - 20 mm longa, supra basim (2.5-) 3 - 5 (-6) mm lata, margine integra saltem sursum bene revoluta; adaxialiter laevis moderate cinereo-sericea pilis adpressis 1 - 1.5 mm longis; abaxialiter costa \pm prominula, dense indumento albo vel cinereo-sericeo nitido tecta; juvenili statu utrinque nitidissime sericea, vetusta adaxialiter glabrescens vel glabra viridisque.

Inflorescentiae terminales corymbiformes folia suprema ramulorum superantes, 8 - 20 capitula pedicellata ferentes. Pedicelli 5 - 20 mm longi tenues rigidi erecti dense cinereo-sericei, 2 - 3 bracteolis 1.5 - 2 x 0.3 mm sericeis praediti.

Capitula discoidea cylindracea ca. 11 mm alta 7 mm lata, 40 - 43 flores ferentia. Involucrum (13 (-12) phyllariis biseriatis. Phyllaria externa 5 rigidae herbacea oblonga sursum attenuata acuta abaxiale dense strigoso-sericea, 5.5 - 6.2 x 1.0 - 1.3 mm, phyllaria interiora 8 (-7) late elliptica acuta 5.5 - 6 x 1.8 - 2.5 mm, parte media crassi-herbacea rigida strigoso-sericea marginibus lutescentibus valde latis (in situ occultis) membranaceis glabris distaliter breviter lacerato denticulatis. Receptaculum dense setiferum, setis erectis albis nitidis 1 - 1.5 mm longis.

Flores omnes hermaphroditi, 40 - 43 in capitulo. Corolla lutea glabra 5.3 - 5.7 mm longa, tubulo angusto 1.5 - 2 mm longo, limbo inferne tubuloso sursum gradatim ampliato infundibuliforme, lobis uninervis triangulare-oblongis 0.7 - 1 mm longis marginibus apiceque intus papillosis. Antherae 1.8 mm longae basi acuti-sagittatae. Collum lageniforme basim versus incrassatum. Stylus maturitate exertus ramis arcuatis apice obtuso breviter penicillato. Ovarium 1 - 1.4 mm longum glabrum. Pappus 5 - 6 mm longus setis unibiseriatis minutissime strigosis albis nitidis.

Typus: COLOMBIA, Departamento de Santander, Páramo de Almorzadero, prados pantanosos 3700-3750 m, 50-51 Km. Arbolito de 1.50 m. Hoja coriácea verde grisácea por la haz verdoso-blanquecina seríceea por el envés, involucro amarillento, corolas amarillas, 20 septiembre 1969, J. Cuatrecasas & L. Rodríguez 27888 (Holotypus COL, Isotypus US).

Pentacalia almorzana pertenece al subgénero *Microchaete* y es parecida a *P. ledifolia* (HBK) Cuatr. y a *P. albipanquei* Díaz & Cuatr. A primera vista, la nueva especie se distingue del grupo de *P. ledifolia* (Sect. *ledifolium* Cuatr. 1951) por la forma aparente de la lámina foliar, ovado-lanceolada de base ancha y plana, revolviéndose y angostándose hacia arriba hasta el ápice agudamente apiculado y brevi-mucronado. Esta forma es típica especialmente en las hojas de la parte media y superior de las ramas terminales. Las hojas proximales más viejas tienden a recurvar sus hordos inferiores adoptando un aspecto más oblongo. La cara adaxial es pronto glabra y nítida en *P. almorzana*; en cambio *P. ledifolia* presenta las hojas siempre linear-oblongas, menos rígidas y menos agudas. También *P. albipanquei* tiene las hojas oblongas y el indumento más tomentoso-viloso y persistente en la haz. *P. cacaosensis* de hojas también linear-oblongas difiere por las ramas jóvenes y los

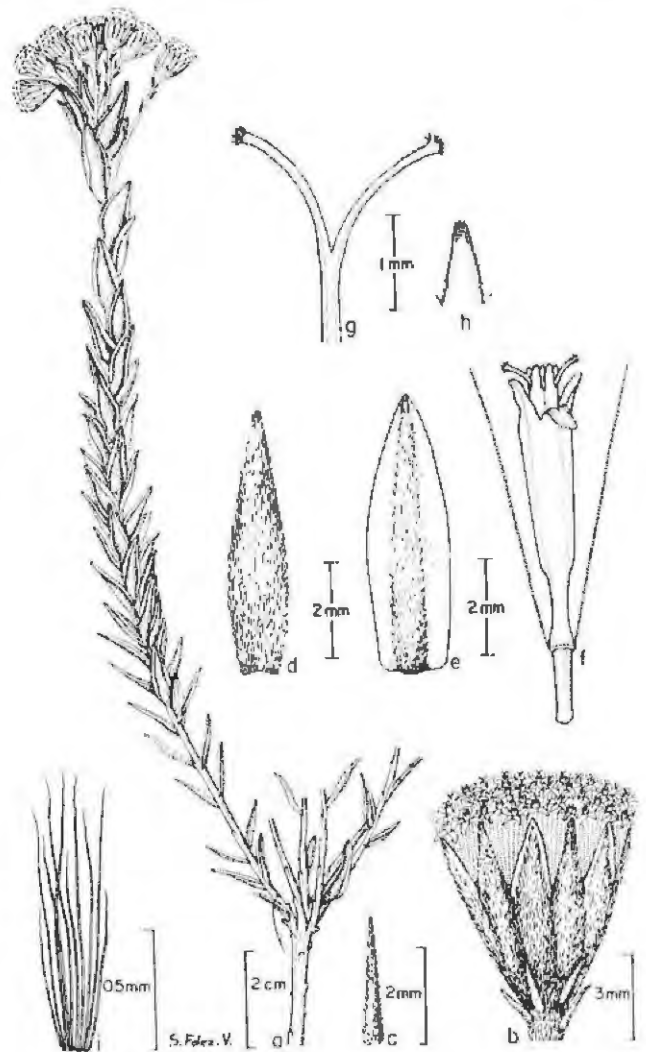


Figura 2. *Pentacalia almorzana* Díaz & Cuatr. a, hábito, b, capitulo, c, bractéola del cálculo, d, filaria exterior, e, filaria interior, f, flósculo, g, detalle de las ramas estigmáticas, h, detalle de un lóbulo de la corola, i, detalle de los pelos del receptáculo. Tomado de J. Cuatrecasas & L. Rodríguez 27888.

pedicelos hirsutulos. Otra especie del grupo, *P. novolanata*, se distingue a primera vista por el indumento cesposo lanoso.

Condición característica. En realidad el carácter excepcional que tipifica a *Pentacalia almorzana* y la distingue de todas las especies conocidas del género (y quizás en general de las Senecionéas andinas) es el receptáculo, el cual es densamente hirsuto por la presencia de pelos finos flexuosos pero erectos de 1 - 1.5 mm, muy apretados entre los flósculos.

Expresamos nuestro agradecimiento al Sr. Silvio Fernández por los excelentes dibujos que ilustran las especies descritas.

Bibliografía

- Cuatrecasas, J. 1951. Studies on Andean Compositae-II. Fieldiana Bot. 27(2): 1-74.
- 1985. Studies in Neotropical Senecioneae IV. New taxa in *Senecio* and *Cabreriella*. Proc. Biol. Soc. Wash. 98(3): 623-626.
- Jeffrey, C. 1991. The Tribe *Senecioneae* (Compositae) in the Mascarene islands with an annotated World Check-List of the genera of the Tribe. Kew Bull. 47(1): 49-109.

LOS GENEROS *JALCOPHILA* Y *CHEVREULIA* (ASTERACEAE - INULAE) EN COLOMBIA

por

Santiago Díaz - Piedrahita* y Cristina Vélez - Nauer**

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & C. Vélez - Nauer. Los géneros *Jalcophila* y *Chevreulia* (Asteraceae - Inuleae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 25-26.1994 ISSN 0370-3908.

Se describe *Jalcophila colombiana* Díaz & Vélez, tercera especie de este género restringido geográficamente al sur de Colombia, Ecuador y Perú. También se comprueba la presencia de *Chevreulia acuminata* Less. en las cordilleras Oriental y Occidental de Colombia, con lo cual se aumenta notablemente el área de distribución de dicha especie, conocida previamente de Brasil y de la región andina que cubre desde el norte de Argentina hasta Ecuador.

Palabras clave: Asteraceae, Inuleae, *Jalcophila*, *Chevreulia*, Sistemática, Colombia, Botánica.

Abstract

This article both describes *Jalcophila colombiana* Díaz & Vélez, a new species of High-elevation Andean habit and records the presence of *Chevreulia acuminata* Less. in Central and Western Colombian Andean Cordillera. This species was formerly considered restricted to the area from Ecuador to northern Argentina and Brazil.

Key words: Asteraceae, Inuleae, *Jalcophila*, *Chevreulia*, Systematic Botany, Colombia.

El estudio de las especies de la Tribu Inuleae para la Flora de Colombia ha permitido registrar la presencia de una nueva especie de *Jalcophila*. Igualmente se ha comprobado la existencia de *Chevreulia acuminata* Lessing en dos de las tres ramas de la Cordillera de los Andes. Hasta el presente esta especie solo se conocía de Brasil, Norte de Argentina, Perú y Ecuador (Dillon & Sagástegui 1991). Con los nuevos registros el área de distribución de dicha especie se amplía notablemente hacia el norte hasta los páramos de Chipaque en la Cordillera Oriental en territorio del Departamento de Cundinamarca y en los cerros de Munchique y Paramillo de

California en la Cordillera Occidental del Departamento del Cauca.

Jalcophila colombiana Díaz & Vélez sp. nov. Fig.1

Jalcophilae ecuadoriensis Dillon & Sagast. affinis a qua imprimis differt laminae conformatione (lineare vs. lanceolata), habitus maioribus, phyllaris ipsis maioribus.

Tipo. COLOMBIA: Departamento del Putumayo, Municipio de Santiago, Vereda San Antonio de Bellavista, Páramo de Bordoncillo, 3200 - 3400 m, 30 Ene 1993. Alberto Muñoz & Bernardo Ramírez 166 (Holotypus COL, Isotypus PSO).

Hierba de 7 - 10 cm alt, tallo meduloso, ramificado y cubierto por las hojas; hojas alternas, sésiles, coriáceas, lámina linear 5.5 - 7.0 mm long x 0.5 mm lat,

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

** Profesora Titular, Herbario Universidad del Quindío, Apartado 460, Armenia, Colombia



Figura 1. *Jalcophila colombiana* Díaz & Vélez. A. Aspecto de la porción apical de una rama con su capitulescencia (x 7). B. Detalle de la mitad superior de las hojas (x 9). Tomado de A. Muñoz & B. Ramírez No. 166. Fotografías de G. Galvis.

ápice agudo, mucronado, mucrones de 0.2 - 0.5 mm long, base ensanchada en una vaina triangular amplectante, translúcida de 4 - 5 mm long x 1.5 - 2.0 mm lat, haz foliar glabra en las hojas adultas, en las jóvenes cubierta de indumento aracnóideo caduco, envés recorrido por tres nervios paralelos y con indumento aracnóideo parcialmente desprendible, márgen entera. Inflorescencia

solitaria, pedúnculo de 10 mm long, estriado, vináceo y parcialmente cubierto de indumento aracnóideo; receptáculo plano; filarias estramíneas, translúcidas, angosto-ovadas, agudas, 3 - 4 mm long x 0.4 - 0.6 mm lat. Flores y frutos no vistos.

Infortunadamente, el material disponible carece de flores, motivo por el cual esta descripción deberá ser ampliada en un futuro. No obstante, las características de la parte vegetativa son tan particulares, que permiten ubicar con absoluta certeza el material referido en el género *Jalcophila* descrito por Dillon y Sagástegui (1986), y diferenciarlo de las dos especies previamente conocidas. De las mismas se diferencia claramente por la forma y dimensiones de la hoja y por el tamaño del tallo y de las filarias. Muestra su mayor afinidad con *J. ecuadorensis* Dillon & Sagast. de la que se aparta fácilmente por el tamaño de las hojas y por la proporción longitud - anchura de las mismas y por el mayor tamaño de las filarias. Además de encontrarse en territorio ecuatoriano (Páramo del Angel en Carchi y Páramos de Aucacocha y Pan de Azucar en Napo), *Jalcophila ecuadorensis* ha sido herborizada en las faldas del Volcán Galeras en la Cordillera Central de Colombia.

Jalcophila colombiana Díaz & Vélez crece en el páramo, parcialmente incluida entre los musgos en turberas con predominio de gramíneas y de *Espeletia pycnophylla* Cuatr.

Chevreulia acuminata Less. fue propuesta como una nueva especie con base en colecciones provenientes de Rio de Janeiro (Serra dos Orgaos); posteriormente se comprobó su existencia en otras regiones del Brasil y en la zona andina, en el área comprendida entre el norte de Argentina y el Ecuador. Su presencia en Colombia se comprueba con las tres colecciones citadas a continuación:

CAUCA: Municipio de Argelia, Cordillera Occidental, Paramillo del Cerro California, 2700 m, 5 Abr. 1993, M. L. Becking 829 (COL); Parque Nacional Natural de Munchique, Municipio del Tambo, Vereda la Romelia, vía Santa Ana, Parcela de Pinos, 2700 m. 29 Jul 1993, F. González et al 2851 (COL). CUNDINAMARCA: Andes de Bogotá, Chipaque, 3000 m, Dic 1855, J.J. Triana 1439 = 2746/7 (COL).

Bibliografía

- Dillon, M.O. & A. Sagástegui, 1986. *Jalcophila*, a new genus of Andean Inuleae (Asteraceae). *Brittonia* 38(2): 162 - 167.
- , 1991. Asteraceae, part. V in Macbride & coll. *Flora of Peru*. *Fieldiana Botany New ser.* 26. 70 pp.

DATOS ETNOBOTANICOS SOBRE ALGUNAS FORMAS LEÑOSAS DE LA SUBFAMILIA BAMBUSOIDEAE (POACEAE) EN LA AMERICA INTERTROPICAL

por

Víctor Manuel Patiño*

Resumen

Patiño, V.M.: Datos etnobotánicos sobre algunas formas leñosas de la subfamilia Bambusoideae (Poaceae) en la América intertropical. Rev. Acad. Colom. Cienc. 19 (72): 27-46. 1994. ISSN 0370-3908.

Con base en 180 referencias bibliográficas se presenta una relación de los usos y aplicaciones dados en América Intertropical a las Bambusoideas nativas, particularmente a las especies de *Guadua* y a otras de los géneros *Arthrostylidium*, *Aulonemia*, *Chusquea*, *Elytostachys* y *Rhipidocladum*. De acuerdo con el uso se destacan las especies empleadas en la alimentación, la construcción, la fabricación de herramientas e instrumentos musicales, las armas y los recipientes. Se presenta un cuadro con los fitónimos indígenas, dialectales y regionales, se indican los topónimos de ellos derivados y se señalan algunos mitos relacionados con estas especies.

Abstract

Intertropical America has a wealth of native bamboos, with as many as 20 genera, among which the ligneous *Guadua*, *Aulonemia*, *Arthrostylidium*, *Chusquea*, *Elytostachys* and *Rhipidocladum* supply useful materials through different applications for the everyday life. The use of some of those genera are prehispanic, as registered by archaeological diggings already performed and by records of several myths from some indigenous tribes. There are at least 15 names of places and cities taken from the genus *Guadua* and variants. Vernacular names of different genera, specially *Guadua*, has been assembled, with 112 entries. The uses are arranged under the items: living plants and dead portions; and the last as 1- food; 2- building material (including houses, furniture, palisades, fences, bridges); 3- rafts and oars; 4- musical instruments; 5- weapons; 6- containers (cans, baskets and the like); 7- miscellaneous (forage, props for vines, fuel, etc.). There are 180 bibliographical references. Written information comprehends five hundred years, from little before the Discovery so far as our days.

1. Ojeada sobre especies y geografía botánica

Aunque la agrostografía general ha tenido en América gran desarrollo desde los tiempos de la

Chloris andina de Wedell (1855-1857), la subfamilia Bambusoideae ha sido menos afortunada, en parte por las dificultades que presenta la colección de material de herbario de algunos géneros espinosos y también por el carácter errático de las floraciones, que en la mayoría de los casos limita la descripción de nuevos taxones al estudio de los carac-

* Apartado 2154, Cali. Colombia.

teres, vegetativos o anatómicos. Falta mucho por hacer en este particular, y el personal especializado en la subfamilia es escaso. Por eso no se hará aquí una revisión taxonómica, ya que para los fines de la investigación propuesta, puramente etnobotánicos, basta limitarse a mencionar los géneros *Guadua*, *Arthrostylidium*, *Aulonemia*, *Chusquea*, *Elytrotachys* y *Rhipidocladum*, con mayor énfasis en el primero, del cual por su distribución geográfica más amplia y la multiplicidad de usos, se dispone de información razonable.

En líneas generales, las Bambusoideas leñosas están distribuidas en América desde 46°N hasta 47°S, y en cuanto al rango altitudinal, van desde el nivel del mar hasta cerca de los 4.000 metros (Londoño, 1989, 59-60). En el Ecuador el género *Guadua* parece que se halla hasta 1500 m, en la vertiente oriental de los Andes, y sólo hasta los 1.000 en la occidental, aunque según datos de Diels en Tipacocha del Chimborazo *G. perligulata* Pilger vive a 3.200 m (Acosta Solís, 1982, 3-4).

Sobre la fenología de la floración los datos son escasos y contradictorios, variando considerablemente de una región a otra.

2. Antecedentes; nombres indígenas, dialectales y regionales

Antes del Descubrimiento de América algunos europeos conocieron culmos de una Bambusoidea, arrastrados quizá de la costa centroamericana por la corriente del Golfo. Entre las causas que indujeron a Cristóbal Colón a su empresa, estuvo el informe de su cuñado Pedro Correa, quien afirmó haber visto en la isla azoriana de Porto Santo "cañas tan gruesas que de un nudo a otro contenían nueve garrafas de vino. Dice que hablando con el rey de Portugal de estas cosas, afirmaba lo mismo, y se las mostró. Y no habiendo lugares en nuestras partes donde nazcan tales cañas, tuvo por cierto que los vientos las habían traído de algunas islas vecinas o tal vez de la India" (Colón, H., 1947, 51-52). Este dato lo recoge un historiador de la época (Casas, 1951, I, 66-67).

Durante la primera mitad del siglo XVI, cuando se acentuó la penetración española al interior del continente americano, más a fondo que en las arribadas costaneras iniciales, los europeos empezaron a familiarizarse con las Bambusoideas. Como las del género *Guadua* son las más espectaculares, en ellas se concentró en un principio la atención. Se generalizaron entonces expresiones como "cañas gordas", "cañas del grueso de un muslo de hombre" y otras descriptivas circunloquiales (Colón, H. 1947, 279; Anglería, 1944, 230; López Medel, 1982, 286).

En un "Sumario" de 1526 sobre las cosas de América, referido principalmente al istmo de Panamá o Castilla del Oro, se da una visión panorámica sobre las cañas de Indias y se mencionan las del

grueso de un muslo para construcciones, con agua contenida en los cañutos; pero también se incluyen otras que se apoyarán en los árboles, cosa que sólo ocurre con algunas de los géneros *Arthrostylidium*, *Aulonemia* y *Chusquea* (Oviedo y Valdés, 1946, 505).

Ya en la segunda mitad del siglo XVI se fueron adoptando nombres indígenas que se hicieron extensivos a vastas zonas geográficas. El primero en la América ecuatorial fue el de *guadua* y variantes. Los lingüistas le atribuyen a la palabra origen americano, sin pronunciarse sobre el idioma a que pudiera pertenecer (Cuervo, 1939, 697-698; Corominas, G—MA, 236-237). Este último autor asigna la primera referencia escrita al historiador de la Nueva Granada Pedro de Aguado, hacia 1565. Pero la "Recopilación historial" de ese franciscano sólo se registró para publicación en 1581 y 1582 (Aguado, 1956, 1 22; 90), aunque no llegó a ver la luz sino muy tardíamente en parte (1906, 1916-1919) y el texto completo sólo en 1956. Igual suerte corrió, pues sólo se publicó en 1883, la relación de 1573 sobre la jurisdicción de la Audiencia de Quito, atribuida a Juan de Salinas Loyola, donde aparece el nombre *guadua* en varios pasajes, unos referentes a la cuenca del Cauca y otros al Ecuador interandino. En este último país *guadua* es la acentuación predominante.

La primera descripción más aproximada a la realidad es la del acotador de la relación de Fr. Gaspar de Puerto Alegre sobre el Nuevo Reino de Granada, del 17 de octubre de 1571. Para este documento, producido en Madrid, sirvió de amanuense el geógrafo Juan López de Velasco. En una nota marginal, al hablar de los árboles se indica: "Hay grandes cañas que se llaman cañas (sic) como las de acá [España] casi, que la hoja es muy menuda, de manera que de lejos parece cipreses; son altísimas y muy gruesas como el brazo o la piernas y más también, tanto que en partes se trae agua de los ríos en cañutos, y sirven para casas de los indios y para canales de acueductos" (Patiño, 1983, 106). Esta relación también había permanecido inédita.

La relación geográfica de Trinidad de los Muzos de 1582, así mismo publicada con retraso, habla en forma concreta de que para construir las viviendas se usaban "unas cañas gruesas como el muslo y güecas, que se llaman guadas" (Patiño, 1983, 246). La relación del mismo año de 1582 sobre La Palma de los Colimas, dice que se daba idéntico empleo a "unas cañas que llamamos guadas, que son admirablemente largas y gruesas" (Ibíd., 269). Adoptó también el término el cronista Juan de Castellanos en varios pasajes de su obra en verso, pero deformándolo como *guáduba* o *guaduba*, quizá por imposiciones del metro y no en forma intencional. El nombre tiene, por lo menos en Venezuela, diferentes variantes que se consignan en la tabla 1. El origen de la palabra puede ser el chibcha *gua*; en efecto, el área que los lingüistas han asignado al phylum macrochibcha abarca no

sólo el territorio colombiano, sino porciones de Venezuela, Ecuador y por el norte hasta Honduras (González de Pérez, 1980, 172-186 y mapa).

En un ámbito geográfico aún mayor se registraron desde la segunda mitad del siglo XVI las voces tupí-guaraníes del Brasil, *taboca* y *takuara*, con desinencias, que se conservan hasta hoy; en su difusión hacia el norte debieron tener mucho que ver los misioneros, especialmente jesuitas, que expandieron la lengua yeral desde su foco original.

En la lista que sigue figura *Elytrostachys typica*, nativa del norte colombiano, con el nombre "bambú" dado en el Departamento del Cesar, quizá por atribuir los informantes equivocadamente a esta gramínea el carácter de exótica. Bambú se conoció en España por conducto del árabe (en Barcelona en 1489); pero la palabra del guzarati o marati de la India fue introducida al mundo occidental por los portugueses desde 1516 (Corominas, A-CA, 484). Otros autores le dan con duda origen malayo o hindú (Vásquez Cuesta et al, 1971, I, 208). La atracción de lo exótico es tal, que en Colombia en los últimos 10 años se ha dado en la flor de confundir guadua con bambú, y aún ha llegado a suplantar este término a aquél.

Sin duda, espulgando vocabularios indígenas americanos se hallarían otras palabras para designar las Bambusoideas. Por ahora habrá que limitarse al centenar largo de términos que siguen.

3. Toponimia

Varios lugares en América han tomado sus nombres de algunas Bambusoideas. De la sola palabra guadua y derivados, un diccionario geográfico de Colombia registra 30 entradas (Gómez, 1953, 123). Aquí sólo se darán los que están respaldados por referencias bibliográficas o por conocimiento personal de las localidades.

Cañasgordas. Nombre que les dieron los españoles a las guaduas y que ostenta un municipio del Departamento de Antioquia, en Colombia (Gómez, 1953, 60-61), así como la hacienda colonial donde se desarrolla la acción de la novela histórica "El Alférez Real", de Eustaquio Palacios, y que dista unos 12 km al sur de Cali (Banderas, 1944, 76-77).

Cañas Gordas. Sector de Costa Rica al S.E. de las llanuras de Térraba, Boruca y El General, limitadas al Este por las cordilleras limítrofes con Panamá y al Sur por los cerros de las Cruces (Noriega, 1923, 41).

Ceja de Guaduas Pintadas. Sitio de la cuenca del río Suaza, afluente del alto Magdalena, donde en 1722 se fundó una población con indios andakíes traídos del lado sur de la Cordillera Oriental (Friede, 1953, 213-214). Las guaduas en este caso debieron ser *G. angustifolia*, var. *bicolor*.

Chigorodó. Río de las guaduas (do = río; chigoro = guadua), del idioma chokó. Río afluente del León que desemboca al golfo de Urabá, y población en el Departamento de Antioquia, Colombia (Fr. Pablo, 1936, 72-89).

El Guadual de Minamá. La mínima depresión o garganta de la Cordillera-Occidental colombiana, de sólo 380 m sobre el mar, que da paso al río Patía para desaguar en el Pacífico (Vergara y Velasco, 1974, I, 162).

Guadualito. Cuenca del río Samaná, hoya del Magdalena, localidad familiar a los viajeros que iban del puerto de Nare a la ciudad antioqueña de Rionegro desde el período colonial (Schenck, 1953, 22).

Guaduas. Municipio y cabecera en el Departamento de Cundinamarca, Colombia, caravansar en la ruta que comunica a Honda con Bogotá desde la segunda mitad del siglo XVI (Lisboa, 1984, 196). Entre los accidentes de este municipio figuran además como Guaduro un río y una estación ferroviaria.

Guasdualejo, sitio de la parcialidad de Togui-ma, en la región colombiana de Tierradentro, Departamento del Cauca (Bernal Villa, 1954, 355).

Guasdualejo. Capital del distrito de Páez, Estado Apure, Venezuela, situada en la confluencia de los ríos Uribante y Suare. Desempeñó importante papel en la Guerra de la Independencia.

Kuamuta. Caserío caribe en el río Kaarimapo, afluente izquierdo del Pomerún, Guyana (Schomburgk, 1923, II, 332).

Kuamuta. Caserío y quebrada, esta afluente del río Morocco, habitado por indios warraus o guaraúnos (Ibid., 356).

Narganá, Naraganá, Nalagana. Lugar de muchas guaduas, lengua cuna, en la provincia de San Blas en Panamá (Wafer, 1967, 180 nota). Sin localización definida.

San Rafael de las Guasduas o Guasguas, provincia de Barinas, en Venezuela (Codazzi, 1960, II, 225; Brito Figueroa, 1966, I, 143).

Tucuaembó. Población y río uruguayos en la frontera con el Brasil, conocidos en la historia de la Independencia por la acción en que fue derrotado José Gervasio Artigas en 1826.

Yatara = Quebrada de las Guaduas, en el territorio de los indios tunebos, Cordillera Oriental de los Andes Colombianos (Rochereau, 1961, 109).

Tabla 1.
Nombres indígenas, dialectales y regionales de Bambusoideas leñosas americanas

| Géneros y especies | Nombre y variantes | Idioma o localidad | Fuentes |
|----------------------------|-----------------------|---------------------|--|
| <i>Guadua amplexifolia</i> | Auro | Ecuador | Ac. Solís, 1982, 5 |
| <i>Guadua</i> sp. | Boquí | Chiquito, Bolivia | D' Orb. III, 1196 |
| " " | Bratarra | Nicaragua, Honduras | Carr. 1953, 183 |
| " " | Cachupendo | Caquetá, Colombia | Londoño, 1989, 187 |
| " " | Calo | Perú | Tovar, 1966, 54 |
| <i>G. amplexifolia</i> | Cauro | Nicaragua, Mosquito | McClure, 1953, 36 |
| <i>Guadua</i> sp. | C'okana | Sierra Nevada, Col. | Vinalesa, 1952, 145 |
| " " | Chigoro | Chokó | Fr. Pablo, 1936, 89 |
| " " | Chogoro | " | Peñaherrera, 1968, 129 |
| " " | Chingana ¹ | Perú, Ecuador | Veigl, 1789, II, 52-53 |
| " " | Chuqui | Perú | Tovar, 1966, 148 |
| " " | Dewa | Huarayo, Bolivia | Zeleny, 1976, 112 |
| " " | Gua | Chibcha | González, 1987, 208 |
| " " | Guadgua | | Cobo, 1956, I, 231-232 |
| " " | Guadua | Venezuela | Carvajal, 1985, 126 |
| " " | " | " | Gilli, 1965, II, 229 |
| " " | " | " | Ocampo M., 1969, 44 |
| " " | " | " | Appun, 1961, 121 nota |
| " " | " | Colombia, Ecuador | Espada, 1965, II, 208-209, 226 |
| " " | " | Colombia | Alario, I, 364 |
| " " | " | Venezuela | Ernst, 1983, III, 205 |
| " " | " | Ecuador | Marrero, 1944, 145 |
| " " | Guaduba | Colombia | Castellanos, III, 366 |
| " " | " | Venezuela | Calcaño, 1949, 399 |
| " " | Guafa | Boraure, Venezuela | Appun, loc. cit. |
| " " | " | Andes, Venezuela | Ocampo M., 44 |
| " " | Guasdua | Venezuela | Codazzi, 1960, II, 225 |
| " " | " | " | Alvarado, 1953, 193-194 |
| " " | Guasgua | " | Montenegro (V. V. III, 1160) |
| " " | Juasduas | " | Mendoza, 1947, 54 |
| " " | Uáuda | Tierradentro, Col. | Tuminá, 1981, 31 |
| " " | Uátoa | Tunebo | Rochereau, 1961, 57, 59, -----, 1959, 118 |
| " " | Yuajua | Yaracuy, Venezuela | Appun, loc. cit. |
| " " | Yuasjua | " | " " |
| " " | Guamag | Ecuador | Jijón, 1940, I, 438 |
| " " | Huama | " | Barreiro, 1926, 357 |
| " " | Huamac | " | Velasco, 1946, 57-58 |
| " " | " | " | Tinajero, 1978, 26 |
| " " | Wamag | Cañari, Ecuador | Jijón, 1941, II, 17 |
| " " | Hueca | ¿Siona? | Espada, 1904, 29, 42 |
| " " | " | " | Ortiz, 1954, 440, 470 |
| <i>G. angustifolia</i> | Weka | Siona-secoya | Vickers, 1976, 235 |
| <i>Guadua</i> sp. | Ipa | Perú | Cobo, 1956, 232-233 |
| " " | " | " | Tovar, 1966, 110 |
| " " | " | " | Mcbride, 1936, 108-109 |
| " " | " | Bolivia | Cárdenas, 1969, 278 |
| <i>G. aculeata</i> | Jimba | Chiapas, Méjico | Miranda, 1952, 78-79 |
| <i>Guadua</i> sp. | Kaikara | Macusi | Farabee, 1924, 141 |
| " " | Kauru (Kaurki, etc.) | Mískito, Honduras | Heath et al, 1961, 38 |
| " " | Kîci | Cocama, Perú | Espinosa, 1935, 96 |
| " " | Kinki chiniap | Shuar, Ecuador | Ríos y Pedersen, 1991, 132, 136 |
| " " | Kingu | Jíbaro, Ecuador | Karsten, 1935, 567 |

1. Quizá sinécdoque, el objeto, especie de lanza, hecha con madera de *Guadua* sp., por esta misma.

| Géneros y especies | Nombres y variantes | Idioma o localidad | Fuentes |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------|
| " " | Kowa | Yurumanguí, Col. | Jijón, 1945, III, 517 |
| " " | Cogua | " " | Ortiz, 1954, 204 |
| " " | Kuamuta | Warrau, Venez. | Schomb. II, 332, 356 |
| " " | Mamac (V. Huamac) | Perú | Cobo, 1956, 232 |
| <i>G. superba</i> | Marona | Acre, Brasil | McClure, 1953, 37 |
| <i>Guadua</i> sp. | " | Yunga | Espinosa, 1935, 481 |
| <i>G. superba</i> | " | " | Acosta S., 1982, 5 |
| <i>Guadua</i> sp. | " | " | Tovar, 110, 131 |
| " " | " | " | Bodley, 1978, 47 |
| <i>G. weberbaueri</i> | " | " | Macbride, 109 |
| <i>Guadua</i> sp. | Morona | | Espinosa, 1955, I, 481 |
| <i>G. aff. capitata</i> | " | | Herb. Lima 22306 |
| <i>Guadua</i> sp. | Mom | Páez | Pittier, 1907, 323 |
| " " | Mum | " | " " |
| " " | " | " | Bernal, 1954, 301 |
| " " | Nal, Nar, Nara | Cuna | Wafer, 1967, 180 |
| " " | Okana (V. c' okana) | | |
| " " | Ooña | Warrau | Davis & Yost, 165 |
| " " | Paca | Bolivia | Zeleny, 112 |
| " " | " | Perú | Tovar, 148 |
| " " | Pagkiká | Colorado, Ecuador | Jijón, II, 219 |
| " " | Pakiká | " " | " " |
| " " | Paki | " " | " " |
| " " | Raffu | Guyana | Von Reis, 1982, 11 |
| " " | Rapoo | Esequibo | Thurn, 1883, 25 |
| " " | Rappu | Guyana | Schomb. I, 264 |
| " " | Siguri | Chokó | Holmer, 1963, 231 |
| " " | Syiurí | Chamí | Caudemont, 1956, 98 |
| " " | Sikikai | Huitoto | von Kinder, 1936, 202 |
| " " | Sikire (gual) | " | " " |
| " " | Suko | Mískito | Conzemius, 130-131 |
| " " | Taboca | Tupí-guaraní | Thevet, 1944, 306 |
| " " | " | " " | Heriarte, 1874, 56 |
| " " | " | " " | Huber, 1904 |
| " " | Tacuapará | " " | Azara, 86 |
| " " | Tacuara | Brasil | Marcgrave |
| " " | " | Argentina | Storni, 1942, 56, 149-150 |
| " " | Takimile | Esmeraldeño | Jijón, II, 456, 464 |
| " " | Taquara | Brasil | Marcgrave, 1942, 4 |
| <i>G. angustifolia</i> | Taquarí | Tupí-guaraní | Rodr. Oliv. 32, 33, 34 |
| <i>Guadua</i> sp. | Takuarussú | " " | Bertoni, 1980, 16 |
| " " | Takuatí | " " | Schaden, 1974, 80 |
| <i>G. aculeata</i> | Tarro | Ecuador | Acosta, 1982, 5 |
| " " | " | C. América | McClure, 1953, 36 |
| " " | " | Honduras | Allen, 1943, 59 |
| <i>Guadua</i> sp. | Tocora | Aymara, Perú | Cobo, 232 |
| " " | Tocoro | " " | Tovar, 148, 195 |
| " " | Tupa | Aymara | Cobo, 232 |
| " " | Turú | Siona | Ortiz, 470 |
| " " | Turuhueca (V. hueca) | " | " " |
| " " | Upec | Brasil | Léry, 1975, 337 |
| " " | Urucche | Tamanaco | Gilli, I, 170; II, 229 |
| " " | Yatara | Tunebo | Rochereau, 1959, 118 |
| " " | Yaripa | Caquetá, Putum. | Rocha, 1905, 17, 18 |
| " " | " | " " | Alario, II, 407 |
| <i>Arthrostylidium</i> spp. | Curata | Macusi, Guayana | Schomb. I, 333 |
| " " | Enredadera? | Putumayo | Londoño, 1989, 187 |
| " " | Mabi | Venezuela | Forno, 1967, 397 |
| " " | Tunda | Ecuador | Acosta Sol., 3, 6 |
| " " | " | " | Velasco, 1946, I, 58 |

| Géneros y especies | Nombres y variantes | Idioma o localidad | Fuentes |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------------|--|
| <i>Aulonemia</i> spp. | Carrizo ² | Santander, Col. | Londoño, 187 |
| <i>A. trianae</i> | Cira | Boyacá, Colombia | " " |
| <i>Aulonemia</i> spp. | Curcuri | Aymara | Cobo, 1956, 232 |
| " " | Chinchiru | " | " " |
| <i>A. keko</i> | Tunda | Cauca, Nar., Put. | Londoño, 187 |
| <i>Chusquea</i> spp. | Chusque | Colombia | Oviedo, 1930, 40 |
| <i>Ch. scandens</i> | " | Cundinamarca, Col. | Londoño, 187 |
| <i>Ch. sprucei</i> | " | Santander, Col. | " " |
| <i>Chusquea</i> spp. | Chusquy | Chibcha | González, 1987, 208 |
| " " | Destuana | Tunebo | Rochereau, 1961, 57, 59, -----, 1959, 110 |
| <i>Ch. quitensis</i> | Kuri | Bolivia | Cárdenas, 1969, 278 |
| <i>Ch. serrulata</i> | Malloa | Perú | Macbride, 112-113 |
| <i>Ch. fendleri</i> | Rulque | Santander, Col. | Londoño, 187 |
| <i>Chusquea</i> spp. | Suro | Ecuador | Rumazo, 1948, I, 249 |
| <i>Ch. scandens</i> | Suro | Ecuador | Acosta Sol., 5 |
| <i>Chusquea</i> spp. | Suru | " | Spruce, II, 267-268 |
| " " | Shibur | Loja, Ecuador | Acosta Sol., 5 |
| <i>Elytostachys typica</i> | Bambú | Cesar, Col. | Londoño, 187 |
| " " | Carrizo | Meta | " " |
| <i>Merostachys</i> sp. | Taquapí | Paraguay Argentina | Parodi, 1966, 42 |
| <i>Rhipidocladum racemiflorum</i> | Guaduilla | Centro Colombia | Londoño, 187 |
| <i>R. geminatum</i> | Keko | Cundinamarca, Col. | " 188 |
| " " | Popo ³ | Antioquia | " " |
| <i>R. harmonicum</i> | Tundilla | Nariño, Col. | " " |
| Géneros ignotos | Carapacá | Orinoco | Gilli, 1965, I, 170 |
| | C'aru | Sierra Nevada, Col. | Vinalesa, 145 |
| | Coligue, colihue | Neuquén, Argentina | Saubidet, 102 |
| | Jivamë | Guahibo, Vichada | Kondo, I, 203 |
| | Moya | Ecuador | Acosta S., 6, 7, 15, 31 |
| | Rue | Orinoco | Gilli, 1965, I, 170 |
| | Sone (caña de entejar casas) | Chibcha | González, 1987, loc. cit. |
| | Tinniquí (bambú delgado) | Mérida, Venezuela | Ocampo M., 1969, 133 |
| | Tura | Venezuela | Alvarado, 346 |
| | " | " | Pollak Eltz, 128 |
| | " | " | A. Saignes, 149 |

- Carrizo. Nombre en España de *Phragmites communis* L., del latín (Corominas, A-CA, 895-896), aplicado por los españoles en América a varias cañas o cálamos fistulosos.
- Popo = Nombre común para un tubo delgado (Alario, 1983, II, 209).

4. Arqueología y mitos

A) Arqueología

Varios relictos arqueológicos se han extraído al hacer excavaciones en Ecuador, Perú y Colombia, en localidades que por condiciones favorables de clima y de suelos, permiten la preservación de materia orgánica.

En Ecuador, en la llamada fase Cotundo, localidad en la vertiente oriental de los Andes, cuenca del río Napo, se han hallado representaciones de la

guadua en piedra (Porrás, 1980, 131). En la fase Guangala de la costa occidental (500 A.C. — 500 D.C.) se han recuperado restos de bahareque todavía con el empañetado adherido (Ibíd., 144). Esta forma de construcción está asociada a la guadua, material ideal para los listones paralelos entre cuyos intersticios se pone el barro. En el sitio G31 de Valdivia (3.550—1.500 A.C.), también del Ecuador, se han hallado fragmentos de estuco con marcas de cañas y están recubiertas con barro o estuco, en forma igual a la que se sigue practicando hasta el presente en la región (Schavelzon, 1981, 24).

De la costa ecuatoriana se llevaban estas cañas al Perú desde la época prehispánica, como lo demuestran relictos en las ruinas de Chanchán (Day: Ravines, 1978, 197) y de otras localidades costeras; según lo indican autores coloniales, pues el flujo de las exportaciones no cesó con la llegada de los españoles.

Una guadua, sin duda procedente de la costa ecuatoriana, puesto que en el Perú no se halla ni en la costa ni en la Sierra, sino sólo en los Andes orientales, fue objeto de culto religioso, consistente en ofrendas de comidas y bebidas, por las comunidades indígenas, en la localidad de Palpas, departamento de Lima, provincia de Cajatambo, distrito de Churín, distante unos 1.000 km de Guayaquil, según documento de 1725. Esto se explica porque la guadua es material relativamente liviano y se presta para hacer guandos o andas, en las cuales se transportaba la deidad asociada, (Sherbondy, 1983, 73-76). La antigüedad del culto pudo ser mayor, porque en condiciones adecuadas y preservándolo de la humedad, el culmo maduro puede durar más de 50 años, como se ha observado al demoler edificios del siglo XIX en varias partes de Colombia, donde la guadua ha sido material común. En este último país en excavaciones arqueológicas en la Cordillera Occidental se han recuperado trozos de guadua en tumbas indígenas de la cultura Sonso, correspondientes al siglo XIV D.C. (Salgado, comunicación personal).

B. Mitos

Un jesuita que permaneció 18 años entre las tribus indígenas del medio Orinoco en el siglo XVIII, no sólo se muestra familiarizado con los usos de la guadua, a la que los tamanacos donde estuvo más de asiento llamaban *uruche* (Gillii, 1965, I, 170; II, 229), sino que relativa el episodio de haber hecho cortar para construir la iglesia del punto de Uacara-yotta, cerca de La Encaramada, un gradual que era considerado por esos indios como bosque sagrado de la deidad maléfica llamada Mavari (Ibid, III, 37-38). Con toda probabilidad se trataba de *G. latifolia*, hallada por Humboldt y Bonpland en el Casiquiare.

En varios mitos de pueblos indígenas americanos figura esta gramínea asociada con episodios sobre el origen del hombre o la cosmogonía. Los patangoros del medio Magdalena (Colombia) creían que el único hombre sobreviviente del diluvio (quizá una adquisición sincrética, aunque estos indígenas no alcanzaron a ser doctrinados suficientemente antes de que se extinguieran), recibió de la deidad creadora una guadua, que amaneció convertida en mujer, servidora doméstica desde entonces del protagonista (Aguado, II, 99-100).

En un mito sobre el diluvio de los miskitos y ulúas de la costa nicaragüense-hondureña del Atlántico, figuran dos hermanos, Suko, la guadua y Kuru, el pataste (*Theobroma bicolor*), como héroes

ancestrales (Conzemius, 1932, 130-131). Debe tenerse en cuenta que este sector de la costa centroamericana, concretamente en el que llamó Río del Desastre, fue donde Cristóbal Colón reportó el primer hallazgo de guadas, "cañas tan gruesas como el muslo de un hombre", con motivo de su viaje en septiembre de 1502 (Colón, H., 1947, 279). Aquí predominan *G. amplexifolia* y *G. aculeata*.

Un cuento de los indios chokó de la cuenca del río Atrato en Colombia explica que en el origen del mundo el hombre trató de llegar a la luna, amarrando una guadua tras otra y casi se consiguió el objetivo, frustrado al fin porque un pájaro-carpintero picó las guadas que se quebraron, viniendo todo abajo (Holmer, 1963, 181). En efecto, es fácil observar las perforaciones causadas por esas aves (*Ceophloeus lineatus*, *Picumnus* spp.), que en busca de larvas, ensanchan con sus fuertes picos los forámenes más pequeños labrados en el culmo por varios coleópteros como el *Podishnus agenor*.

Los shuares o jíbaros del oriente ecuatoriano rinden culto a la deidad Nunkui o madre-tierra, y plantan cerca a sus casas cepas de guadua, que están asociadas con la hija de aquella diosa (Harner, 1978, 66, 69-70). El uso que le dan a los cuchillos de guadua para cortar el cordón umbilical de los recién nacidos, quizá tenga que ver con dicha creencia.

5. Usos

Una primera división contempla el empleo de las plantas enteras y por consiguiente vivas, por una parte, o el de partes de las mismas, ya sean vivas o muertas, por otra.

A. Las plantas enteras.

α El primer caso se dio cuando los indígenas de algunas regiones donde existe *Guadua*, sembraban ex-profeso cepas en múltiples hileras para construir fortificaciones alrededor de sus poblados con fines de defensa, no sólo por la apretura de los culmos cuando no se ralean (unos 10.000 por hectárea según un conocedor (Arango C., 1924, I, 102) y hasta 16.000 según otros (Londoño P. & Prieto P., 1983), sino por las formidables espinas de que están dotadas las ramas y los nudos del caule, todo lo cual constituye una barrera impenetrable.

Esto presupone una técnica de multiplicación artificial. El procedimiento más seguro, aunque dispendioso es el uso de las cepas, incluyendo parte del rizoma, como material de propagación, porque al parecer los indígenas no usaron semilla, que en las condiciones de clima ecuatorial se producen muy erráticamente. Las fuentes señalan los siguientes ejemplos, unos en la cuenca del Cauca y otro en la del Orinoco:

1. De sur a norte, la primera de estas fortalezas que tenía unos cincuenta pasos de anchura, la hallaron los primeros españoles que penetraron por

allí en 1536, cerca de Timbío, cuatro leguas al sur de Popayán (Castellanos, 1955, III, 351; Arroyo, 1955, I, 147). Otras estaban hacia el norte, tanto entre los armas o armados que dieron nombre al Río Arma (Robledo, 1985, 32) o en la cercana provincia andina de Pozo y en la más baja de Picara, todas en la parte donde el río Cauca, al abandonar el valle de su nombre, se ahocina por el acercamiento de las cordilleras Occidental y Central (Cieza, 1984, I, 29, 32, 33; 1985, II, 166).

2. La otra fortaleza de este tipo era de los maypures del río Tuapu, hoya del Orinoco. En este caso el sitio estaba reforzado atrás por un monte pétreo de gran extensión, y por delante con una cerca de maderos muertos hecha ex-profeso: "Del lado derecho e izquierdo hay dos densas selvas de las cañas guaduas que he descrito en otra parte, impenetrables por las espinas agudísimas de que están cubiertas" (Gilli, 1965, II, 189-190).

β Los guaduales producen sombra para los cultivos que la requieran (Bernal Villa, 1954, 298).

γ La trabazón que forman los rizomas, las raíces, los culmos y retoños, hacen estas plantas ideales para reforestación y control de la erosión, aunque apenas se empieza a prestarles atención por este aspecto. La capacidad para colonizar suelos aún de no buena calidad, por los brotes que en forma radial va echando, hacen a la guadua ideal para dicho propósito.

B. Los usos de la planta cortada o de partes de ella se pueden subdividir en varios rubros: a. Alimentos; b. Construcciones; c. Embarcaciones; d. Instrumentos musicales; e. Armas; f. Recipientes; g. Misceláneos.

a. Alimentos

A su vez este aspecto se subdivide según la parte utilizada.

1. El brote tierno de la guadua es comestible, aunque el uso en América ha sido mucho menos intenso que en el Asia con el palmito de bambú. De todos modos está registrado en el Valle del Cauca, donde a mediados del siglo XIX se comían los retoños crudos o en vinagre (Saffray, 1983, 177-178). Son devorados por animales de monte como la danta *Tapirus terrestris* (Ibid., 104).

2. Los entrénudos fistulosos de la guadua contienen agua, hecho observado por los españoles desde los primeros tiempos. Durante la jornada del capitán Alonso Dávila, teniente de Francisco de Montejo en 1528 hacia Acalan y Champoton en Yucatán, padecieron sus huestes de sed, pero la remediaron así: "E asimismo hallaron cañas de las muy huecas y gruesas, e los cañutos dellas llenos de gentil agua, las cuales horadaban e salía toda la que habían menester para toda la compañía y sus caballos . . ." (Oviedo & Valdés, 1959, III, 412). En la

expedición de Pedro de Alvarado por la costa del Ecuador en 1536 ocurrió lo mismo: "Halló tanta falta de agua, que peresciera su gente si no hallaran unos cañaverales de las cañas gordas de Castilla del Oro, que cortándolas, las hallaron llenas de agua, de que bebieron las gentes e los caballos" (Ibid., V, 98; Cieza, 1984, I, 311-312). En la cuenca del Maraón se registra igual práctica (Magnin, 1940, 157; Rodríguez, 1684, 422).

Un viajero curioso en 1740, subiendo por el camino que del desembarcadero de Babahoyo conducía a Quito, a la altura del río Yaracyaco, se propuso confirmar si era válida la creencia de los nativos, según la cual el agua dentro de las guaduas crece y mengua de acuerdo con las fases de la luna. Hizo cortar y examinó muchos culmos, y concluyó que el líquido abunda más en suelos húmedos que en suelos secos; que sube en algunas plantas por toda su altura y en otras sólo hasta la mitad o menos, y concluye: "que en todas se encontraba más fresca que la común y natural, con la diferencia de declinar aquella en el color y el gusto, un tanto azul y dulce, aunque uno y otro muy grato al paladar" (Santiesteban: Arellano Moreno, 1970, 58-59). Un científico francés que recorrió los países ecuatoriales en el siglo XIX relata su experiencia cuando bajaba desde Buenavista hacia La Balsa, en el camino del Quindío en la Nueva Granada. Los guaduales bloqueaban el sendero. Calmó la sed, "practicando una abertura por encima de uno de los nudos de la vara; con una sola punción obtuve 1/4 de litro de líquido; agua clara, fresca y como lo demostró después el análisis, casi pura" (Bousingault, 1985, IV, 80-81). De todos modos, contiene sílica disuelta (Moore, 1960, 99).

3. El fruto, como todas las cariopsis de gramináceas, es comestible. La tacuara abunda en el Paraná y sus islas y se ha usado por el fruto como alimento (Storni, 1942, 56). En el herbario del Jardín Botánico de Nueva York figura una muestra de guadua espinosa con semilla comestible (von Reis et al, 1982, 10). En general, las especies meridionales americanas situadas en el trópico y en la zona templada, fructifican más regularmente que las especies ecuatoriales, atrayendo varios animales salvajes que se alimentan copiosamente en épocas de cosecha.

b. Construcciones

Este rubro involucra múltiples aspectos.

Viviendas. En Cazabastlán de Guatemala había en el siglo XVII cañas de las gruesas que servían de vigas (Fuentes & Guzmán, 1972, II, 208). La barbacoa o anteportal de la casa del cacique Texoatega o Aguateite el Viejo de Nicaragua, hacia 1528, estaba hecha con estas cañas (Oviedo & Valdés, 1959, IV, 427-428). Es material muy común para construcción en todo Centroamérica (Vaquerro, 1946, 10-11), lo mismo que en las Antillas menores (Du Tertre, 1958, II, 120).

En cuanto a Sur América las referencias abundan. Recorriendo de norte a sur, el pueblo de Chimichagua en el bajo Magdalena como en todo el Departamento de Bolívar de la otra banda, predomina la guadua en la construcción (Vergara V., 1974, II, 623-624; Serra, 1956, I, 53). En la misma cuenca, pero más al sur, se registró desde 1582 el uso mencionado en las localidades de Trinidad de los Muzos y La Palma de los Colimas (Patiño, 1983, 246; 269). También en la cuenca del Cauca la guadua ha tenido el mismo uso (Hamilton, 1955, II, 96; Cochrane, 1825, II, 374).

Así mismo ocurre en la costa del pacífico. En Guayaquil los datos son antiguos (T. de Mendoza, 1868, IX, 260; Cobo, 1956, I, 231-232). En el subtítulo 4 de este trabajo se dijo que desde Guayaquil se llevaba guadua al Perú como material de construcción, entendiéndose por tal toda la costa ecuatoriana (Espada, 1965, III, 61 (Yumbos); Seemann, 1853, I, 71 (Esmeraldas), como también en el sector colombiano Serra, 1956, II, 105 (Barbacoas); Seemann, op. cit., 75-76 (Iscuandé).

Un viajero del siglo XIX registra construcciones de guadua desde el camino de Cartagena al Magdalena hasta Guayaquil y Babahoyo (Lisboa, 1984, 248, 279, 288; Patiño, 1976, 129).

Igual situación se presenta en la cuenca amazónica, desde el Caquetá (Rocha J., 1905, 17, 18), como entre los coreguajes en la actualidad (Muller de Young et al, 1979, II, 164).

Parte integrante de la vivienda en algunos lugares es el zarzo o plataforma cercana al techo, para dormir libre de fieras y se hace con este material (Karsten, 1935, 318).

Construcciones accesorias. Es muy empleada la guadua para confinamiento de animales, como lo hacen los quijos del Napo con los gallineros (Oberem, 1970, 129, 164), cocinas separadas de la casa, graneros, ranchos en los cultivos, chiqueros de puercos; tendales para secar cacao (Marrero, 1944, 149).

Casi toda la construcción de cierta magnitud requiere el uso de andamios, mapuestos y escaleras provisionales, y la guadua desempeña este papel en forma excelente. Un resumen ilustrado se debe a McClure, 1953.

Ajuar. Para hacer camas rústicas, el tallo se pica longitudinalmente y se raja, de manera que quede en forma de esteras o láminas de largo adecuado, que se colocan una al lado de la otra hasta dar la anchura buscada sobre una armazón o cada-lecho (Rochereau, 1961, 57, 59 (tunebos); Bous-singault, 1985, IV, 34 (Riosucio); Muller op. cit., 166 (coreguajes)). Hay varios lugares en Colombia llamados Cama de Guadua, donde antes se posaba durante los viajes.

Las sillas livianas de los cargueros de personas en el camino del Quindío, se hicieron tradicionalmente con guadua (Holton, 1857, 365).

Los rizomas con los primeros entrenudos, en forma de un caimán —y que por eso llevan ese nombre en Colombia— se usan como asiento (Serra, 1956, I, 53).

Palenques. Para defensa contra enemigos varias tribus erigieron palizadas o palenques de guadas cortadas y puestas juntas en dos o más hileras concéntricas, con lucetas a trechos para disparar flechas. Varios casos registran las crónicas, como entre los patangoros del medio Magdalena (Agudo, 1957, II, 50-51); método copiado por los españoles en Jamundí, Valle del Cauca (Castellanos, 1955, III, 356) y en Popayán (Ibíd., 367). Así mismo en Pozo (Cieza, 1985, II, 166), y en Coaques, costa ecuatoriana (Espada, 1965, III, 89).

Cercas. Para este objeto, la guadua no sólo suministra los postes que se clavan de trecho en trecho, sino los listones rígidos constituidos por ellas mismas rajadas a la mitad, o divididos en 4 tiras más flexibles que se entrelazan en forma especial, para formar el cerco llamado quinchá o quencha, de un vocablo quechua (Cobo, 1956, II, 240). Ejemplos señalaron viajeros en el siglo XIX, uno en Purificación, cuenca del Magdalena (Hamilton, 1955, I, 158), y otro en El Medio, Librada o Zarzal, en el Valle del Cauca (Holton, 1857, 422). Actualmente se usan en algunas partes, especialmente en las zonas cafeteras, cercos de alambre de púas, los hilos clavados sobre postes de guadas. En ambos casos su duración es limitada, porque la parte enterrada se pudre en 3 ó 4 años.

A mayor abundamiento, las puertas de golpe o cancillas de tales cercas se hacen muy bien de trozos de la misma gramínea, así como los tranqueros, puertas con guadas enteras corredizas en huecos que se dejan a propósito en los postes sustentantes (Ocampo Marín, 1969, 135). En Colombia se llaman estas últimas "puertas de tranca".

Puentes. Se cuentan entre las construcciones más originales a base de guadua; su diseño varió según los lugares. No dan muchos detalles las fuentes sobre la manera como algunos estaban fabricados. En la región amazónica los mencionan los evangelizadores jesuitas (Figuroa, 1904, 396 (Bombonaza); Maroni, 1889, 35 (Topo), y viajeros posteriores Spruce, 1908, II, 154-157). En Tierradentro (Cauca) se siguen construyendo hasta nuestros días estos que llaman "puentes de a pie", las guadas enteras y los palos son amarrados con el bejuco chillazo (*Smilax* sp.) según observación personal en Abirama. El puente del río Páez en La Plata se describió desde el período colonial y continuaba en servicio a principios del republicano (Santiesteban, 1970, 89; Hamilton, op. cit., I, 176; Montenegro, 1974, III, 1160).

Puentes de guadua fueron comunes en el área quimbaya en la época de la conquista (Cieza, 1984, I, 35, 37) y después (Schenck, 1953, 48), así como en el río Jamundí (Cieza, vol. cit., 44) y en otras partes del Valle del Cauca (Holton, 1857, 512). También entre los indígenas kwaiker de la frontera colombo-ecuatorial por el lado del Pacífico (Lehmann, 1963, 268).

Postes rituales. Los postes para colocar en lo alto cabezas trofeos de animales o de enemigos, se hicieron de guadua desde Nicaragua (Oviedo & Valdés, 1959, IV, 429) hasta el Amazonas, pasando por Cali (Simón, 1953, V, 265; 272-273; VI, 56).

Del mismo modo, guaduas desprovistas de los tabiques nodulares para que el aire pudiera circular a todo lo largo, y con una perforación en la parte baja por el lado del viento dominante, eran enterradas para que éste ululara en un rito mágico, a lo que llamó un cronista "música de diablos" (Cieza, 1984, I, 33; Castellanos, 1955, III, 195-196; Simón, op. cit., V, 273).

c. Embarcaciones

Aquí vuelven a presentarse dos modalidades, según que se emplearan guaduas enteras o piezas de ellas.

En el primer caso se pudo tratar de una sola caña o de varias. Una sola habría servido a las mujeres de Cali para pasar a horcajadas el río Cauca, llevando una botija de chicha como timón, sirviendo las piernas de remos, y ocupadas las manos en hilar o tejer (Castellanos, 1955, III, 357). Casos semejantes se consignaron en otros episodios de la conquista de América, con indios nadadores empujando armazones de guadua para pasar españoles que no sabían nadar (Patiño, 1991, III, 49-51).

Una sola caña entera servía de mástil en embarcaciones en el río Paraná (D'Orbigny, 1945, I, 215), y a las balsas de velas en la costa ecuatoriana.

Balsas de varias cañas enteras en número impar desde 5, 11 y aún más, con la más larga y gruesa en el centro, unidas todas de través por medio de varas amarradas a ellas con cuerdas o bejucos varios según el lugar, fueron comunes en algunos ríos ecuatoriales; casos se registran desde temprana época: "Por el río de Cauca —dice un documento de 1573— navegan balsas de guaduas, que son unas cañas más gordas que el muslo de un hombre, desde dos leguas de la ciudad de Cali hasta ocho leguas de la ciudad de Hancerma, y contra el agua se vuelve con dos canoas pequeñas juntas la una a la otra, bogando con unos cañaletes a manera de palas. No se podría navegar con sola una canohuela destas sin peligro de trastornarse, por ser pequeñas; ni pueden subir las dichas balsas por la mucha corriente del río" (Espada, 1965, II, 208-209).

Esto fue común en los siglos XVI (Robledo: Cuervo, 1892, II, 393-394; 413; López de Velasco,

1971, 212); XVII (Vásquez de Espinosa, 1948, 315) y en el XIX (Hamilton, op. cit., II, 96; Schenck, op. cit., 55; Eder, 1959, 167). Bajan todavía a Cali desde el río Palo y otros de la porción superior del Cauca, y todos cuantos pasan por Puerto Mallarino o Juanchito pueden verlas antes de ser desbaratadas para vender las guaduas aisladamente o en conjunto.

En el istmo de Panamá, provincia del Darién, se registró el uso en el siglo XVII (Wafer, 1967, ii, 13-14).

Para 1576 el transporte en balsas de guadua por el sistema hidrográfico del Guayas era una de las principales granjerías de los indios de Guayaquil (Espada, 1965, I, 128; Porras, 1980, 154; Patiño, 1991, III, 244-247). También se ha reportado entre los chiriguano y guaraníes (Métraux, 1928, 211).

En cuanto a trozos, un listón de guadua de longitud y anchura adecuadas, sirve bien como remo para bogar o como palanca para impulsar embarcaciones, tal como ocurre entre los quijos del oriente ecuatoriano (Oberem, 1970, I, 141).

d. Instrumentos musicales

Se enumerarán de acuerdo con los tipos aceptados universalmente.

Idiófonos o de percusión

Los más sencillos son los bastones destinados a golpear el piso llevando el compás de música o baile. Los tamanacos en el siglo XVIII en los bailes de postín: "Lleva cada uno en la mano una caña gruesa de guadua de la altura de cuatro palmas con que golpean el suelo", y nunca desmentían el compás (Gilli, 1965, II, 230, 231). En la Guayana inglesa a mediados del siglo XIX un trozo de guadua con colgajos de semillas resonadoras de *Thevetia*, servía para llevar el compás en la danza (Schomburgk, 1922, I, 160). Los guarayos de Bolivia procedían igual (D'Orbigny, III, 1220, 1230).

Así mismo sencillas son las maracas o guaches que algunos grupos hicieron encerrando piedrecillas o semillas en un cañuto de guadua tapado por ambos extremos, y así los continúan fabricando en la actualidad los catíos de la región de Urabá en Colombia (Rochereau, 1929, 79; Schottelndreyer, 1979, 215).

Ya no uno sino hasta veinticuatro tubos cortados de mayor a menor, se colocan verticalmente en ringlera en orden decreciente, principal elemento de la marimba, tal como se conoce en la costa del Pacífico del Ecuador y de Colombia. Con dos mazos de madera cuya porción percutora se reviste de caucho, se golpea una tablilla de madera dura que va sobre la boca superior de cada tubo. Aunque los autores especializados convienen en que la marimba es originaria de África y que en ese continente se fabrican con calabazas de diferentes tama-

ños, en América se conocen en Guatemala desde el siglo XVII hechas de tecomates o totumos, y en Sur América desde el XVIII, con guadas como está dicho (Serra, 1956, II, 161). Este instrumento es tanto idiófono (por las tablillas), como aerófono (por los tubos de guada).

Cordófonos

El más sencillo es el llamado carángano, que un folclorólogo describe así: "esta constituido por un tubo de guada (bambú) al que se saca una tira de corteza longitudinalmente y, sin desprenderla, se levanta en sus extremos con dos pequeños puentes de madera y se socava debajo de ella el cuerpo de la guada, para hallar la cavidad del tubo. Esta tira va a operar a modo de una cuerda vibrátil cuyo sonido comunica a la oquedad de la guada que le sirve como caja de resonancia. La cuerda o tira se golpea con una varita o se frota con una vejiga de res, dentro de la cual se han colocado granos de maíz o semillas duras antes de inflarla. Este instrumento fue popular en nuestra costa norte, pero hoy sólo se conserva en Venezuela y en el Huila" (Abadía M., 1977, 163-164). Era diversión de muchachos en el Valle del Cauca a principios de este siglo (Observación personal).

Los quijos tienen un arco de guada de 1.30 metros con cuerda, y la boca del músico actúa como caja de resonancia (Oberem, op. cit., I, 253).

Aerófonos

Sin duda son los de este grupo los instrumentos más variados y más difundidos.

Flautas gruesas hacían los mayorunas del Ecuador Amazónico en el siglo XVII con este material (Figueroa, op. cit., 113), y las continúan fabricando los quijos en la actualidad (Oberem, op. cit., 254), así como los waorani (Davis & Yost, 1983, 171) y los witotobora (Whiffen, 1915, 211). Antes las hacían también los huarayos (Zéleny, 1976, 112). De la misma área amazónica es el judue, flauta gruesa de guada de los huitotos (Abadía M., op. cit., 120).

Cuando descendían los españoles por primera vez el río Apure a poco trecho de su desembocadura en el Orinoco en 1647, hallaron en un rancherío indio un instrumento similar. "Usan para sus músicas en los bailes que celebran de unas guadas o montesinas cañas huecas, del grosor de una muñeca, unas más y otras menos, a fuer de las gaitas zamoranas que vemos en nuestra España, agujereadas por la inferior parte y en la superior una pluma guarnecida con cera . . ." (Carvajal, 1985, 126).

En el bajo Orinoco en el siglo XVIII: "Sería y de voz oscura e ingrata, es la flauta llamada [por los tamanacos] uruc-ché, que esta compuesta de la gruesa caña llamada por los españoles guada" (Gilli, op. cit., II, 229). Los macusi de la Guayana in-

glesa a principios del presente siglo tenían una flauta del mismo material que llamaban *kaikara* (Farabee, 1924, 141).

Los macuna del Vaupés emplean flautas de "bambú" de más de un metro de largo, con hojas en cada extremo (Smothermon et al, 1979, II, 117). Los catíos en la actualidad tienen flautas semejantes (Shottelndreyer, 1979, 215).

Uno que llama oboe o a modo de tal, dice un autor que tenían los arawaks del río Aruka en la Guayana, con boquilla de caña y sonido como el del instrumento nacional ruso; lo enseñaban a tocar a sus hijos (Schomburgk, 1922, I, 117-118).

Otros aerófonos llamados con los nombres de trompetas, botutos o fotutos y bobonas se han registrado. Una de las primeras referencias apuntan a los cambebas o maguas del Ucayali-Marañón, que las hacían de tabocas, "que são humas canas grossas ocas por dentro" (Heriarte, 1874, 56). Los huitoto-bora también hacen trompetas de "bambú" (Whiffen, 1915, 212).

Un viajero menciona los botutos de guada que se estilaban en el Orinoco, con una vejiga en el extremo, a mediados del siglo XIX (Michelena, 1867, 343). Los sálivas del alto Orinoco-Meta usan un fotuto de bambú con un calabazo hueco y agujereado en la extremidad, como resonador (Fabo, 1911, 36).

Un antropólogo menciona y fotografió unos instrumentos aulladores como clarinetes de bambú de un metro, procedentes de Marewari en el Río Negro (Koch-Grünberg, 1982, III, 313, tabla LXV, 2, 2a. 339).

Un apunte de José Celestino Mutis correspondiente al miércoles 22 de julio de 1778, cuando residía en las minas de El Sapo, cerca a Ibagué, es de este tenor: "Refirióme [su huésped Josef Agustín de Moya] . . . la empresa que tomó con el mulato de hacer un órgano, cuyos cañones y flautas eran de guadas y cañas de Castilla. Es digna de apuntarse aquí por ser este un nuevo destino de tantos utilísimos como tienen las guadas y ser esta una idea original" (Hernández de Alba, 1957, I, 332-333).

Hasta aquí se ha hablado de instrumentos hechos con especies del género *Guada*. Pero las fuentes indican a otras Bambusoideas para menesteres similares. Los guahibos del Vichada echan mano para sus flautas del carrizo jívamë (Kondo, 1973, I, 203), cuya identificación botánica se desconoce.

La tura, quizá el instrumento por el material de que se hace, es una flauta usada en varias partes de Venezuela durante una festividad tradicional, que ha sido objeto de contribuciones por autores de ese país. Las localidades Churuguara y Siquisi-

que fueron habitadas antes por las comunidades jirajaras y ayamanes, de las cuales aún quedan relictos (Alvarado, 1953, I, 346; Acosta Saignes, 1949; Pollak-Eltz, 1977, 128). Por el detalle de ser plantas con entrenudos muy largos, debe tratarse de *Aulonemia* o *Arthrostylidium*; de ellos también se hacen flautas larguísimas en el Ecuador, donde las llaman tundas (McClure, 1973, xii, 55; Acosta Solís, 1982, 6), y en otras partes.

Membranófonos

Se pueden hacer tamboriles de entrenudos de guadua, removidos los tabiques, y colocado un parche en un extremo.

e. Armas

Han sido múltiples las formas en que el hombre americano aprovechó las Bambusoideas para armas, tanto defensivas como ofensivas.

Defensivas

Al hablar de las construcciones se vio lo relativo a las fortalezas o palenques.

Rodelas se hicieron en el Ecuador con tablillas de guadua; se tenían por más sólidas, aunque no tan bien presentadas, como las españolas (Espadas, 1965, II, 222), y también en el Ucayali-Marañón (Figueroa, 1904, 255; Maroni, 1889, 424).

Ofensivas

Del mismo modo ellas se pueden subdividir en dos grandes variables, o sea cuando se trataba del culmo en trozos, o cuando eran astillas del mismo.

En el primer caso, lo más sencillo fue el carcaj para guardar las flechas, usados por tribus de las vertientes amazónicas: los jíbaros, que las llaman chipyata (Karsten, 1935, 97); los quijos, que las denominan matiri (Oberem, op. cit., 159), y los wao-rani (Davis et al, 1983, 171).

De *Arthrostylidium* principalmente se han fabricado las cerbatanas como en la Guayana inglesa, cercanías del río Rupununi, donde al adminículo le dicen *curata* los macusi (Schomburgk, I, 333). Ellos no las fabricaban sino que las recibían de los maikongs, que las hacen circular mediante los arecunas en un comercio intérlope (Ibíd., II, 189). Los piaroas llaman a la caña *mabi*, que es la misma anterior (Forno, 1967, 397). Creen el arma investida de poderes mágicos (Mansutti Rodríguez, 1986, 24-25).

Pero los cañones sí se hicieron de guadua dondequiera. Durante la época colonial se improvisaron con tubos de guadua forrados con cuero en una guerra grupal llamada de los Tripitenorios y Pambazos, que tuvo lugar en Popayán y su jurisdicción a principios del XVIII (Velasco, 1946, I, 57; III, 47-

49; Olano, 1910, 51-59). También en el Perú el mestizo Nicolao que se proclamó rey cerca a Tarma en el tercer cuarto del siglo XVIII, formó artillería de guaduas reforzadas con cuerdas y recubiertas de betún (Serra, op. cit., II, 406). Los jesuitas del Paraguay se sirvieron de estas cañas, reforzadas con cuero de toro por fuera, para fabricar cañones de que hicieron uso contra España y Portugal en 1752 (Azara, 1969, 86). Los habían empleado también los portugueses contra los indios desde 1640 (D'Orbigny, 1945, I, 256); pero con pocos disparos se dañaban (Goulart, 1966, II, 88).

Durante la Guerra de Independencia de Colombia, el cura patriota de La Plata (donde se ha visto que había un puente de guadua), usó contra el jefe español Miguel Tacón cañones de lo mismo, movilizados por indios (Groot, 1891, III, 145). Durante 1811, en la guerra civil entre Mompós y Cartagena, se emplearon cañones de guadua reforzados con cuerdas embreadas (Fals Borda, 1979, I, 136a). Todavía a mediados del siglo XIX las fuerzas del general dictador de la Nueva Granada José María Melo, situadas en el pueblo de Simacota, tenían un cañón de guadua (Arboleda, 1933, IV, 119).

Culmo en astillas

Lanzas de guadua eran favoritas de varias tribus amazónicas. Las primeras referencias tocan con los mayorunas, que las llamaban chingana (Figueroa, 1904, 113; Veigl, 1789, II, 52-53). Los jíbaros las hicieron en tiempos pretéritos (chingyana) (Karsten, op. cit., 176). Los quijos actuales hacen unas lanzas de pesca o mejor arpones, de dos o tres garfios, de chonta o de guadua, a que llaman tucsi-na (Oberem, op. cit., 168). En el idioma siona existe la palabra *queyo* para un dardo de guadua (Espada, 1904, 29, 42). Los yanomamis aprecian mucho puntas de flechas de bambú (Fuentes, 1980, 47-48). Se mencionan flechas en el Esequibo (Thurn, 1883, 25); en el río Guaporé de Bolivia (Nordenskiöld, 1924, 3: 5, 6, 16); en el Brasil (Heath et al, 1977, 84); Los mura pirahã usan flechas de taquarí *G. angustifolia* (Rodrigues & Oliveira, 1977, 32, 33, 34).

De la porción cortical del culmo, que es dura por las incrustaciones de dióxido de sílice, cortada en astillas, se hicieron cuchillos y navajas. Fueron muy apetecidos por tribus que tenían dificultad para procurarse utensilios de hierro.

En el Orinoco-Río Negro se usan para pelar la yuca (Koch-Grünberg, 1982, III, 258 y Fig. 261). Varias tribus cortaban con estos cuchillos el cordón umbilical, como los jíbaros o shuares (Karsten, op. cit., 107, 176, 225 (chingana); Harner, 1978, 62); los quijos (Oberem, op. cit., 194); los huarayos (Zeleny, op. cit., 112); los macusi (Schomburgk, II, 249); en el Paraguay (Schaden, 1974, 80). También para circuncisión o mutilación genital a niños (Sabaté, 1877, 258; Lathrap, 1970, 62). Los guaya-

kís del Paraguay destazan con cuchillos de tacuara a sus parientes muertos para comerlos durante los ritos endocanibalísticos (Clastres: Lyon, 1974, 314).

De uso general se menciona este adminículo entre los waorani (Davis et al, 1983, 171); los omaguas-cocamas, que llaman al cuchillo kira (Espinoza, 1935, 96), y los guaraní, caingua, mandurukú, parintintin y cocama (Métraux, 1928, 99).

f. Recipientes

Vuelve a presentarse aquí la división según se use el culmo entero o en trozos, o dividido en diversas formas.

Los tallos enteros a los cuales se les han removido los tabiques nodulares mediante un palo duro, sirven como acueductos; mientras una mitad del tubo, que es muy fácil de hender, funciona como canal (Castellanos, III, 555).

Por medio de una guadua hueca que iba hasta la boca del difunto enterrado, dejando un extremo libre sobre la superficie del suelo, se le echaba chicha como ofrenda ritual en el Ecuador en la época prehispánica (Espada, 1965, II, 226). En el Brasil para incinerar la piedra de cal se sopla el fuego mediante un canuto de taboca (Antonil, 1978, 141).

Trozos de tallo llamados tarros, con sus tabiques como tapas, pero removidos los centrales, son apropiados para cargar líquidos. En el valle de Canales en Guatemala se hallaban cañas que en un cañón (cañuto) admitían una arroba de agua (Fuentes & Guzmán, 1969, I, 258). A mediados del siglo XVI durante la expedición de Francisco Núñez Pedroso a la región de los palenques en el valle medio del Magdalena, los españoles observaron a los indígenas llevando a sus casas agua salada y confundieron los tarros con carcajes para flechas (Aguado, 1956, I, 669). Este sistema de cargar ha sido frecuente entre muchas tribus, por ejemplo los waikas, de quienes constituye la vasija universal por excelencia (Penteado Coelho, 1976, 120), y en el río Guaporé (Nordenskiöld, 1924, 3: 16). Fue sistema muy común en el Valle del Cauca, donde registran viajeros del siglo pasado (Hamilton, 1955, II, 89 (Buga); 96 (Cartago); Holton 1857, 386 y Fig. (Cartago).

Otras cosas se solían guardar en tarros de guadua. En el Orinoco en el siglo XVIII servían para preservar el tabaco y el rapé, así como las velas de sebo (Gillii, 1965, I, 170). Los tupinambás brasileños ponían en ellos sus plumas de adorno para que no se ajasen (Thévet, 1944, 306). Un pirata confiesa haber usado un tarro de guadua en el istmo de Panamá para guardar sus manuscritos y librarlos del agua en el paso de ríos (Dampier, 1927, 21). En el Jardín Botánico de Trinidad fueron usados como vasijas para sembrar plantas, durante una escasez de las de barro que se traían de Barbados (Hart, 1893,

5), práctica muy común antes de que se generalizaran las bolsas de plástico. En el oriente ecuatoriano en las llamadas *pismas* se echaba manteca de cerdo con fines de transporte (Barreiro, 1926, 357). En el Valle del Cauca fue tradicional depositar en canutos de guadua verde la mantequilla extraída del fruto de la palma llamada "corozo de puerco" *Scheelea butyracea*.

Los entrenudos verdes han servido a fuer de ollas para cocer alimentos entre pueblos que desconocieron la cerámica, como los tiatinaguas del alto Madre de Dios; los tambopata, guarayo, chame y los botocudos del Río Doce. Cuando el alimento hierve, el entrenudo se raja y las tapas sirven de plato (Linné, 1925, 9-10).

Los varones de algunas tribus del oriente peruano usan peniestuches de guadua (Villarejo, 1959, 188).

En el norte argentino se fabricaban velas de sebo moldeándolas en tubos delgados de ciertas Bambusoideas (Azara, 1969, 86).

En un principio, antes de que se fabricaran de plata u otro metal, las bombillas o pitillos para tomar el mate o yerba, se hicieron con el popo del tacuapí *Merostachys*, común en Misiones y Paraguay (Parodi, 1966, 42).

Otros recipientes se han hecho, no de entrenudos enteros, sino de tiras del culmo, más o menos delgadas o flexibles según lo deseado. Así para canastos se suele usar la guadua verde, extrayendo sólo la porción cortical; pero también se hacen de otros géneros, sobre todo los de tallos más flexibles, como *Chusquea*. Una modalidad de vasija es la nasa para pescar, que la suelen hacer los quijos con guadua (Oberem, op. cit., 168).

Materas para helechos u orquídeas, que requieren un sustrato de materia orgánica, se hacen con trocitos de guadua de diversos tamaños, clavados en forma de vasija cuadrada en sentido horizontal y cónico-truncada en sentido vertical.

Aunque con cierta latitud se pudieran haber puesto en el rubro de las construcciones, quizá caben mejor aquí —por cuanto se trata de contenedores de personas o cosas— las jaulas para engordar prisioneros con destino a ritos canibalísticos, como ocurría en la provincia de Paucura en el Cauca medio (Cieza, 1984, I, 31). En este caso las guaduas estaban enteras.

También dentro del mismo concepto, caben en este lugar los casetones o recipientes para sostener la mezcla de concreto con que funden pisos en las construcciones modernas.

Los cañizos o palizadas con puerta corrediza que se coloca en barrancas de ríos para capturar peces o tortugas, han sido con frecuencia hechos de

guadua en la región ecuatorial (Cuervo, 1894, IV, 267-268; Oberem, op. cit., 168).

El tallo tasajeado a lo largo para formar una lámina flexible —como la utilizada para camas o paredes de casas— sirvió de ataúd a varias tribus amazónicas, como los siona-secoya (Vickers, 1976, 235), y en el Valle del Cauca en el siglo XIX y aun a principios del actual para gente pobre que no alcanzaba a comprar los de madera (Holton, 1857, 444).

g. Usos misceláneos

Los mura-piraha amazónicos hacen de los tallos de la taboquinha (*Guadua superba?*) collares para adorno a modo de canutos (Rodríguez & Olivera, 1977, 25, 27).

Espátulas de la corteza de la guadua, que como se ha visto es rica en sílice, son propias para pulir piezas de cerámica (Linné, 1925, 104), o como abrasivo de la piedra de jade (Easby, 1968, 25, 26), y aún para perforar cuentas de esa gema (Hodges, 1964, 106). Era uno de los materiales (junto con metal, hueso o piedra) que usaron para pulir, bruñir y abrillantar la película de oro en las piezas obtenidas por aleación de este metal con el cobre, conocida como guanín, caricurí o tumbaga, los orífices de Colombia en la época prehispánica (Bray, 1978, 38).

Latas (astillas) de altura y diámetro proporcionados con material muy buscado para tutores de tomate, pepino cohombro, arvejas y otros productos agrícolas que requieren rodrigones, en el occidente colombiano. Suelen durar expuestos a la interperie para unas cinco cosechas, o sea por poco más de dos años (Arce Burbano et alii, 1979, 49).

En Colombia se ha usado el leño de la guadua para la fabricación de palillos de dientes. También allí se suele incorporar en mezcla con bagazo de caña de azúcar y madera de coníferas, en la elaboración de papel.

Los culmos secos de guadua constituyen un excelente combustible. Toman el fuego con rapidez, dan llama muy apta para iniciar la quema de leños más densos, pero se extingue pronto. Un dicho muy común en Colombia para los entusiasmos efímeros es “llamarada de lata”, pues lata es el nombre de las tiras o varas de la guadua, muy usadas para encender hornos. Las tribus del Quindío en el Valle del Cauca quemaban los cadáveres con guadua, que abundó allí más que en cualquier otra parte (Arango C., 1924, II, 77).

Los katíos del Urabá hacen fuego con guaduas bien secas y con lana de árbol (Pinto García, 1978, I, 88). Los tupinambás armaban a modo de pabellón con postes de guadua y lo quemaban en sus ritos de antropofagia (Métraux, 1979, 126-127). También entre los guarayos se usa para cocinar (Zeleny, 1976, 112).

En las Antillas menores la ceniza se empleaba para curar la viruela y el pian (Du Tertre, 1958, II, 120).

Con los culmos delgados de *Rhipidocladum racemiflorum* de la zona cafetera occidental de Colombia, se hace la varilla o asta de los cohetes o voladores (Londoño, 1989, tabla 10).

Varias referencias se han hallado en que figura la guadua como venenosa, pero debe ser más bien enconosa, cuando las heridas causadas con sus filos o puntas aguzadas se irritan por la presencia de sílice. Un botánico hablando del interior de Panamá da la guadua, en este caso *G. angustifolia*, como tóxica (Allen, 1943, 59). Así mismo, en una muestra botánica de la Guayana inglesa de especie indeterminada, “se dice que es venenosa” (von Reis, 1982, 11). Igual se cree en el Brasil (Health et al, 1977, 88-89). Un curandero de la región de Loba en el Magdalena-Cauca, Colombia, para matar animales, compone una mezcla “cocinando y revolviendo capullo de guadua rallado y ñame rallado de machacán (¿mechoacán?)” (Fals Borda, op. cit., 36a.).

A fuer de gramíneas, las hojas de algunas Bambusoideas se usan como forraje, aunque desde luego son preferidas las más tiernas y palatables, donde los otros pastos son escasos. En las grandes alturas andinas, donde predominan géneros como *Chusquea* y *Arthrostylidium*, estas se dan a los animales herbívoros, costumbre que debió surgir con la introducción de ellos en el siglo XVI a la parte continental de América, aunque las primeras referencias concretas son del siglo XVIII. En un informe de 22 de abril de 1741, sobre reconocimiento del camino a Esmeraldas en el Occidente del Ecuador, se dice que de San Tadeo a Noño, “hay un carrizo que llaman auro que comen las mulas” (Rumazo, 1948, I, 249). Este uso está bastante extendido en ese país para *Chusquea* (Acosta Solís, 1982, 5). Pocos años después del episodio mencionado, otro viajero por el páramo de Guanacas en la Cordillera Central de los Andes colombianos, da cuenta de la costumbre de alimentar mulas con el carrizo, que describe: “y con la frecuencia cotidiana está muy escaso de ello cerca del camino; tanto, que no comerían cuatro onzas cada una” (Serra, 1956, I, 125-126).

También se han usado para alimentar cuíes (*Cavia cobaya*) (Londoño, tabla 10).

Las frondes de las Bambusoideas, especialmente de los chusques que son flexibles, se emplearon mucho para arcos y adornos en festividades religiosas. Hay repetidas menciones de esto en los anales de las comunidades evangelizadoras.

Las raíces de la guadua son en las condiciones naturales el sustrato obligado de la orquídea *Galeandra beirichii* Rchb. (Pérez Arbeláez, 1959, II, 111).

NOTA FINAL

Este trabajo constituye una versión muy ampliada de otras contribuciones del autor, sobre el mismo tema, escritas en 1958 y 1976 (véase Bibliografía).

Bibliografía

- Abadía, M.G. 1977. Compendio general de Folklore colombiano. 3a. ed. Bogotá. Editorial Andes, 558 p. 44 lám.
- Acosta-Saignes, M. 1949. Las Turas. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Tipografía Vargas. 106 p. il.
- Acosta-Solis, M. 1982. Los bambúes y pseudobambúes del Ecuador. Quito. Editorial Universitaria. 40 p., 13 fotos.
- Aguado, P. (Fr.). 1956-57. Recopilación historial. Edición de Juan Friede. Bogotá. Empresa Nacional de Publicaciones. 4 vol. con 2.235 p.
- Alario Di Filippo, M. 1983. Lexicón de colombianismos. 2a. ed. Bogotá. Talleres Banco de la República. 2 tomos, con 864 p.
- Alvarado, L. 1953. Glosario de voces indígenas de Venezuela. Caracas. Talleres de la Tipografía de la Nación. xviii, 424 p.
- Allen, P.H. 1943. Poisonous and injurious plants of Panama. Supp. to the Amer. Journal of Tropical Medicine, vol. 23, No. 1. Published by the Williams & Wilkins Co., Baltimore, Mar. 76. p. il.
- Angleria, P.M. de 1944. Décadas del Nuevo Mundo. Buenos Aires. Editorial Bajel. Lii, 675 p.
- Antonil, H.A. 1978. Mama Coca. London. The Tabernacle. 298 p. il. (dibujos a lápiz).
- Appun, K.F. 1961. En los trópicos. Trad. Federica de Ritter. Univ. Central de Venezuela. Caracas. Imprenta Universitaria. 519 p. il.
- Arango, C.L. 1924. Recuerdos de la guaquería en el Quindío. Bogotá. Editora Cromos. 2 tomos con 470 p.
- Arboleda, G. 1933. Historia contemporánea de Colombia. Tomo IV. Cali. S. p. i. 567 p.
- Arce, J., O. Ramírez, & F. Casas. 1979. Algunos aspectos ecológicos, sistemas de corte, épocas de corte, sistemas de transporte, beneficios, usos y otras informaciones de la guadua *Guadua angustifolia* Kunth, en los Departamentos de Cauca, Caldas, Quindío y Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. Tesis. vii, 93 h.
- Arellano, M.A. 1970. Documentos para la historia económica en la época colonial. Viajes e informes. Caracas. Italgráfica. 567 p.
- Arroyo, J. 1955. Historia de la Gobernación de Popayán. 2a. ed. Bogotá, Editorial Santafé, 2 vol. con 609 p.
- Azara, F. de. 1969. Viajes por la América Meridional. Madrid. España-Calpe. 326 p.
- Banderas, P.A. 1944. Diccionario geográfico, industrial y agrícola del Valle del Cauca. Buenos Aires. Talleres Gráficos Alfonso Ruiz. 14, 421 p.
- Barreiro, J. (P.) 1926. Historia de la Comisión Científica del Pacífico (1862-1865). Madrid. Establecimiento Tipográfico de Rafael H. Menor. Toledo. xvi, 525 p.
- Bernal, V.S. 1954. Economía de los Páez. Rev. Col. de Antrop. Bogotá, III: 291-367, XIII lám.
- Bertoni, M.S. 1940-80. Diccionario botánico latino-guaraní-latino con un glosario de vocablos y elementos de la nomenclatura botánica. Asunción. Editorial Guaraní. 146 p. (Reimpresión Ministerio de Agricultura y Ganadería).
- Bodley, J.H. 1978. Preliminary Ethnobotany of the Peruvian Amazon. Washington State University. 4, 71 p. offset.
- Boussingault, J.B. 1985. Memorias. Trad. Alexander Koppel de L. Bogotá. Depto. Editorial Banco de la República. 5 tomos con 856 p.
- Bray, W. 1978. The gold of El Dorado. London. Jarrold & Sons Ltd., Norwich. Norfolk. 240 p. il 582 fig.
- Brito, F.F. 1966. Historia económica y social de Venezuela. Una estructura para su estudio. Caracas. Univ. Central de Venezuela. 2 tomos con 688 p.
- Calcaño, J. 1949. El castellano en Venezuela. Estudio crítico. Madrid. Artegrafía. Ediciones Edime. 573 p.
- Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Cochabamba. Imprenta Metodista Ichthus. 10, 422 p. offset.
- Carr, A. [Fairly]. 1953. High jungles and low. Gainesville University of Florida Press. Rose Printing Co. Tallahassee, Fla. xviii, 226 p. il.
- Carvajal, J. de (Fr.). 1985. Descubrimiento del Río Apure. Madrid. Impreso por Raycar. 254 p.
- Casas, B. de las 1951. Historia de las Indias. México. Fondo de Cultura Económica. Gráfica Panamericana. 3 vol. con 1.741 p.
- Castellanos, J. de 1955. Obras. Bogotá. Editorial ABC. 4 vol. con 2.730 p.
- Caudemont, J. 1956. La lengua chamí, III. Textos y vocabulario. Bogotá. Rev. Col. de Antropología. V: 71-108.
- Cieza de León P. 1984-85. Obras completas. Monumenta Hispano-Indiana. Madrid. Artes Gráficas Clavileño. 3 vol. con 766 p.

- Clastres, P. 1974. Guayaki cannibalism. En Lyon, Patricia J., 309-321.
- Cobo, B. 1956. Obras del P... Madrid. Gráficas Orbe. 2 vol. con 1.003 p.
- Cochrane, Ch. S. 1825-1971. Journal of a residence and travels in Colombia, during the years 1823 and 1824. New York. AMS Press. 2 vol. con 1.064 p.
- Codazzi, A. 1960-61. Obras escogidas. Caracas. Ediciones del Ministerio de Educación. Tipografía Vargas. 2 vol. con 1.197 p.
- Colón, H. 1947. Vida del Almirante don Cristóbal Colón, escrita por su hijo. México. Fondo de Cultura Económica. Gráfica Panamericana. 343 p.
- Conzemius, E. 1932. Ethnographical survey of the Miskito and Sumu Indians of Honduras and Nicaragua. Smithsonian Institution. Washington. Government Printing Office. viii, 191 p.
- Corominas, J. & J.A. Pascual. 1984-91. Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico. Madrid. Editorial Gredos. Gráficas Cándor. 6 vol. con 5.707 p.
- Cuervo, A.B. 1891-94. Colección de documentos inéditos sobre la geografía y la historia de Colombia. Bogotá Varias imprentas. 4 vol. con 2.167 p.
- Cuervo, R.J. 1939. Apuntaciones críticas sobre el lenguaje bogotano con frecuente referencia al de los países de Hispanoamérica. 7a. ed. Bogotá. Editorial El Gráfico. 819 p.
- Dampier, W. 1927. A New Voyage around the World. London. The Argonaut Press. 415 p.
- Davis, E.W. & J.A. Yost. 1983. The Ethnobotany of the Waorani of Eastern Ecuador. Botanical Museum Leaflets, 29 (3): 159-217, plates 20-25.
- Day, K.C. 1978. Almacenamiento y tributo personal. Dos aspectos de la organización socio-económica del anti-guo Perú. En Ravines, Rogger: 189-206.
- D'Orbigny, A. 1945. Viaje a la América meridional... realizado de 1826 a 1833. Versión de Alfredo Cepeda. Buenos Aires. Editorial Futuro. Talleres Gráficos La Mundial. 4 vol. con 1.614 p.
- Du Tertre, J. 1958-59. Histoire générale des Antilles. Fort-de-France. Imprimeries Réunis Casablanca. 4 vol. con 1.761 p.
- Easby, E.K. 1968. Precolumbian jade from Costa Rica. New York. André Emmerich Inc. Printed in Switzerland. 103 p. il. 68 fig.
- Eder, P.J. 1959. El fundador Santiago M. Eder (Recuerdos de su vida y acotaciones para la historia económica del Valle del Cauca). Bogotá. Antares. 612 p.
- Ernst, A. 1976-83. Obras completas. Fundación Venezolana para la Salud y la Educación. Caracas. S. p.i. 4 vol. con 2.553 p.
- Espada, M.J. de la 1904. Vocabulario de la lengua general de los indios del Putumayo y Caquetá. Rev. de archivos, Bibliot. y Museos, 1898. Madrid. 49 p. (separata).
- . 1965. Relaciones geográficas de Indias. Perú. Madrid. Gráficas Yagües. 3 vol. con 1.158 p.
- Espinosa, P.L. (P.). 1935. Los tupí del oriente peruano. Estudio lingüístico y etnográfico. Madrid. Imprenta de Librería y Casa Editorial Hernando. 206 p.
- . 1955. Contribuciones lingüísticas y etnográficas sobre algunos pueblos indígenas del Amazonas peruano. Madrid. Sucesores de Rivadeneira. 602 p. 2 mapas.
- Fabo, P. del Corazón de María. 1911. Idiomas y etnografía de la región oriental de Colombia. Barcelona. José Benet, impresor. 293 p.
- Fals-Borda, O. 1979. Historia doble de la costa. Tomo 1. Mompós y Loba. Bogotá. Carlos Valencia Editores. 167 p. dobles. il.
- Farabee, W.C. 1924. The central caribs. University of Pennsylvania. Philadelphia. Published by the University Museum. 300 p. XL plates, map.
- Figuroa, F. de: 1904. Relación de las misiones de la Compañía de Jesús en el país de los Maynas. Madrid. Tipográfica de la viuda e hijos de Tello. 438 p.
- Forno, M. 1967. I piaroa: attività economiche. Journ. Soc. Americanistes. Paris. Tomo LVI, 2: 388-409, 5 fig., 1 mapa.
- Friede, J. 1953. Los Andakí, 1538-1947. Historia de la aculturación de una tribu selvática. México. Fondo de Cultura Económica. Editorial Jakex. 304 p.
- Fuentes, E. 1980. Los yanomami y las plantas silvestres. I. Antropológica, 54: 3-138, 17 fotos.
- Fuentes & F.A. Guzmán. 1969-72. Obras históricas. Madrid. Ediciones Atlas. Aldus Valverde. 3 vol. con 1.261 p.
- Gilli, F.S. 1965. Ensayo de historia americana. Trad. Antonio Tovar. Caracas. Italgráfica. 3 vol. con 1.059 p.
- Gómez, E.J. 1953. Diccionario geográfico de Colombia. Bogotá. Publicaciones del Banco de la República. 359 p. 23 mapas.
- González de Pérez, M.E. 1980. Trayectoria de los estudios sobre la lengua chibcha o muisca. Bogotá. Imprenta Patriótica. 247 p.
- . 1987. "Diccionario y gramática chibcha". Manuscrito anónimo de la Biblioteca Nacional de Colombia. Bogotá. Imprenta Patriótica. 411 p.

- Goulart, J.A. 1965-66. Brasil do boi e do couro. Rio de Janeiro. Edições GRD. Empresa Gráfica de "Revista dos Tribunais". 2 vol. con 387 p.
- Groot, J.M. 1889-93. Historia eclesiástica y civil de Nueva Granada. 2a. ed., Bogotá. Edit. Medardo Rivas. 5 vol. con 2.715 p.
- Hamilton, J.P. 1955. Viajes por el interior de las provincias de Colombia. Bogotá. Publicaciones del Banco de la República. 2 vol. con 311 p.
- Harner, M.J. 1978. Shuar. Pueblo de las cataratas sagradas. Quito. Ediciones "Mundo Shuar". Imprenta del Colegio Teórico Don Bosco. 247 p., 24 figs.
- Hart, J.H. 1892-99. (Inchley). Trinidad Botanic Gardens. Report of the Superintendent for the year . . . Port-of-Spain, Government Printing Office. 7 folletos con 160 p.
- Heath, C.R. & W.G. Marx. 1961. Diccionario miskito-español, Español-miskito. 2a. ed. Tegucigalpa, D.C., Papelería e Imprenta Calderon S. de R.L., Impreso Sistema Offset, vi + 235 p.
- Heath, E.G. & V. Chiara. 1977. Brazilian indian archery. A preliminary ethno-toxological study of the archery of the Brazilians Indias. Manchester (England). Printed by W.S. Maney & Son. 208 p.
- Herbario San Marcos (U.S.M.). Lima. Consultas.
- Heriarte, M. de 1874. Descrição do Estado do Maranhão, Pará, Corupá e rio das Amazonas . . . no anno de 1662. Vienna d'Austria. Imprensa do Filho de Carlos Gerold. 84 p.
- Hernández de Alba, G. 1957-58. Diario de observaciones de José Celestino Mutis. Bogotá. Editorial Minerva . 2. vol. con 1.248 p.
- Hodges, H. (W.M.). 1964. Artifacts. An introduction to primitive technology. New York. London. Frederick A. Praeger publisher. 248 p. 51 fig.
- Holmer, N.M. 1963. Gramática comparada de un dialecto del Chocó (Con textos, índice y vocabulario). Etnologiska Studier, 26. Goteborg: 79-248.
- Holton, I.F. 1857. New Granada: Twenty months in the Andes. New York. Harper & Brothers. 605 p.
- Huber, J. 1904. *Guadua superba*, n. sp., a taboca gigante do alto río Purús. Bol. Museo Goledi, No. 4: 479-480.
- Instituto Lingüístico de Verano (ILV). 1973-79. Aspectos de la cultura material de grupos étnicos de Colombia. Lomalinda, Meta. Editorial Townsend. 2 vol. con 630 p.
- Jijón & Caamaño, J. 1940-45. El Ecuador interandino y occidental antes de la conquista castellana. Quito Editorial Ecuatoriana. 4 vol. con 2.569 p.
- Karsten, R. 1935. The head-hunters of Western Amazonas. The life and culture of the Jibaro Indians of Eastern Ecuador and Peru. Helsingfors. Centraltryckeri och Bokbinderi Ab. 614 p. il.
- Koch-Grünberg, T. 1982. Del Roraima al Orinoco (1917). Trad. Federica de Ritter. Caracas. Gráficas Armitano. T. III, 368 p.il.
- Kondo, R.W. 1973. Guahibo. ILV. I: 195-213.
- Lathrap, D.W. 1970. The Upper Amazon. Southampton. Thames and Hudson. Printed in Great Britain by the Camelot Press. 256 p. il.
- Lehmann, H. 1963. Contribution à l'Ethnographie Kwaiker, Colombie. Journ. Soc. Americanistes. Paris. Lii: 255-270 fig.
- Léry, J. de 1580-1975. Histoire d'un voyage en la terre du Brésil. Genève. Librairie Droz. Imprimerie Medecine et Hygiene. 545 p.
- Linne, S. 1925. Sobre cerámica indígena americana (no título). Ficha extraviada.
- Lisboa, M.M. 1984. Relación de un viaje a Venezuela, Nueva Granada y Ecuador. Bogotá. Editorial Presencia. 339 p. il.
- Londoño, X. 1989. Estudio botánico, ecológico, silvicultural y económico-industrial de las Bambusoideas de Colombia. Proyecto No. 2108-07-009-85 (COLCIENCIAS). Cali. Mimeo. 207 h. y 58 de anexos.
- , L.P. Prieto. 1983. Introducción al estudio fitoecológico de los guaduales del valle geográfico del Cauca. Tesis. Facultad Ciencias Agronómicas. Palmira. 148 hojas. Dactilotipia.
- López de Velasco, J. 1571-1971. Geografía y descripción universal de las Indias. Madrid. Ediciones Atlas. Aldus Velarde. 419 p.
- López-Medel, T. 1982. De los tres elementos, aire, agua y tierra, en que se trata de las cosas que en cada uno dellos acerca de las Occidentales Indias naturaleza engendra y produce . . . Cali. Imprenta Departamental. P. 183-380.
- Lýon, P. J. (ed.) 1974. Native South Americans. Ethnology of the Least Known Continent. Boston. Toronto. Little, Brown & Co. 447 p. il.
- Macbride, J.F. 1936. Flora of Peru. Part I. Introduction. (Cycadaceae to Cyperaceae). Chicago. Field Museum Press. 352 p. il.
- Magnin, J. 1940. Breve descripción de la Provincia de Quito y de sus Misiones de Succumbíos . . . 1740. Rev. de Indias, I. 1, Madrid. pp. 151-185.
- Mansutti, A. 1986. Hierro, barro, cocido, curate y cerbatanas: el comercio intra e interétnico entre los Uwotjuja. Caracas. Antropología, 65: 3-75.

- Margrave, J.** 1942. *História natural do Brasil*. Trad. José Procopio de Magalhães. São Paulo. Imprensa Oficial do Estado. 417 p.
- Maroni, P. (S.J.).** 1889. *Noticias auténticas del famoso río Marañón*. . . Madrid, Establecimiento Tipográfico de Fortanet. 676 p.
- Marx, W.G.** 1961. Véase Heath, C.R.-W.G. Marx.
- Marrero, J.** 1944. Utilización de la caña guadua en Ecuador. *Caribb. Forest.* vol. 5 (3): 145-151, 6 fig.
- McClure, F.A.** 1953. *Bamboo as a building material*, U.S. Depart. of Agric. Washington, D.C. 58 p. Mimeo il. 25 fig.
- 1973. *Genera of Bamboos native to the New World (Graminae: Bambusoideae)*. Washington D.C. Smithsonian Instit. Press. 161 p.
- Mendoza, D.** 1947. *El llanero. Ensayo de sociología venezolana*. Buenos Aires. Editorial Venezuela. Talleres Gráficos Ayacucho 207 p.
- Métraux, A.** 1928. *La civilisation matérielle des tribes Tupi-Guarani*. Paris Librairie Orientaliste Paul Geuthner. 345 p.
- . 1979. *A religião dos tupinambás e suas relações com a das demais tribos tupi-guaranis*. São Paulo. Edipe Artes Gráficas. 263 p.
- Michelena y Rojas, F.** 1867. *Exploración oficial por la primera vez desde el norte de la América del Sur . . . en los años de 1855 hasta 1859*. Bruselas. A. Lacroix, Verboeckhoven. 684 p.
- Miranda, F.** 1952. *La vegetación de Chiapas. Primera Parte*. Tuxtla Gutiérrez. Ediciones del Gobierno del Estado (Chiapas). 334 p., 94 fig.
- Montenegro, C.F.** 1833-37, 1974. *Geografía general para el uso de la juventud de Venezuela*. En Vergara y Velasco, F.J., III, pp. 1129-1162.
- Moore, A. (Chesnut).** 1960. *The grasses, earth's green wealth*. New York. The Macmillan Co. 160 p.
- Muller de Young, C. & D. Cook,** 1979. *Coreguaje*. Trad Cecilia de Casas, ILV, II: 161-180.
- Nordenskiöld, E.** 1924. *The Ethnography of South America seen from Mojós in Bolivia*. 3. Göteborg. Elanders Bocktryckeri Aktiebolag. 262 p.
- Noriega, F.F.** 1923. *Diccionario geográfico de Costa Rica*. 2a. San José. Imprenta Nacional. 282 p.
- Oberem, U.** 1970. *Los quijos. Historia de la transculturación de un grupo indígena en el oriente ecuatoriano (1538-1956)*. Universidad de Madrid. Mimeo. I, 336 p.
- Ocampo, M.J.** 1969. *Diccionario de andinismos*. Universidad de los Andes. Mérida (Venezuela). Talleres Gráficos Universitarios. 142 p.
- Olano, A.** 1910. *Popayán en la colonia (Siglos XVII-XVIII)*. Popayán. Imprenta Oficial, 258 p.
- Ortiz, S.E.** 1954. *Estudios sobre lingüística aborigen de Colombia*. Bogotá. Editorial Kelly. 505 p.
- Oviedo, B.V. de:** 1763-1930. *Cualidades y riquezas del Nuevo Reino de Granada*. Bogotá. Imprenta Nacional, 361 p.
- Oviedo y Valdés, G.F.** de 1946. *Sumario de la natural historia de las Indias*. En Vedia, Enrique de, I: 471-515.
- . 1959. *Historia general y natural de las Indias*. Madrid. Gráficas Orbe. 5 vol. con 2.316 p.
- Pablo del Santísimo Sacramento (Fr.).** 1936. *El idioma katio (Ensayo gramatical)*. Medellín. Imprenta Oficial, 115 p.
- Parodi, L.R.** 1966. *La agricultura aborigen argentina*. Buenos Aires, Editorial Universitaria. Talleres Gráficos de Linotipia Domínguez. 49 p., 45 fig.
- Patiño, V.M.** 1958. *Aspectos especiales de la vegetación natural en América equinoccial. Guadales y manglares*. *Rev. Col. Antropol.* Bogotá, Vol. VI, 1957; 159-191.
- . 1975-76. *Historia de la vegetación natural y de sus componentes en la América equinoccial*. Cali. Imprenta Departamental. 430 p.
- . 1983. *Relaciones geográficas de la Nueva Granada (siglos XVI a XIX)*. Cali. Imprenta Departamental. CESPEDESIA, Nos. 45-46, Supl. 556 p.
- . 1991. *Historia de la cultura material en la América equinoccial. III. Vías, transportes, comunicaciones*. Bogotá. Imprenta Patriótica, 523 p.
- Penteado, V. (ed).** 1976. *Os alucinógenos e o mundo simbólico. O uso dos alucinógenos entre os índios da América do Sul*. São Paulo. Planimpres Gráfica e Editora. 186 p.
- Peñaherrera de Costales, P. & A. Costales.** 1968. *Cunas y chocós (sic)*. Instituto Ecuatoriano de Antropología y Geografía. Serie "Llacta", Año XII, vol. XXV. Quito, 276 p., 14 lám.
- Pérez-Arbeláez, E.** 1959-66. *Recursos Naturales de Colombia*. Bogotá. Banco de la República. 1000 p., 255 fig., 215 lám.
- Pinto, C.** 1978. *Los indios katio, su cultura, su lengua*. I. Medellín. Editorial Gran América 475 p.
- Pittier de Fábrega, H.** 1905-07. *Ethnographic and linguistic notes on the Páez Indians of Tierra Adentro, Cauca, Colombia*. *Mem. of the Amer. Anthropological Assoc.* Lancaster, Pa, vol. I: 301-356.

- Pollak-Eltz, A. 1977. Aportes indígenas a la cultura del pueblo venezolano. Montalbán. Caracas. No. 6: 15-181.
- Porras, P.I. 1980. Arqueología del Ecuador. Quito, Editorial Gallo Capitán, Otavalo. 312 p. il.
- Ravines, R. 1978. Tecnología andina. Lima. Industrialgráfica, impresores. 841 p.
- Ríos, M. & H.B. Pedersen, (eds). 1991. Las plantas y el hombre. Memoria del Primer Simposio Ecuatoriano de Etnobotánica y Botánica Económica. Quito. Talleres Abya-Yala, Cayambe, 461 p.
- Robledo, J. 1892. Relación del descubrimiento de las provincias de Antioquia. En Cuervo, Antonio B., II: 391-433.
- . 1985. Relación de algunos pueblos de la Gobernación de Popayán, 1539-1541. *Cespedesia*, 51-52: 27-37.
- Rocha, J. 1905. Memorándum de viaje (Regiones amazónicas). Bogotá. Casa Editorial de El Mercurio, 207 p.
- Rochereau, P. 1929. Nociones sobre creencias, usos y costumbres de los catíos del occidente de Antioquia. *Journ. Soc. Americanistes*. Paris. T. XXI: 71-105.
- Rochereau, H.J. 1959. Colección de textos negrías (Con la traducción literaria). *Rev. Col. de Antropología*, Bogotá, 8: 9-124.
- . 1961. Los tunebos, Grupo Unkasia (Datos etnográficos, etnobotánicos y etnozoológicos, recogidos entre los años 1914 y 1939). *Rev. Col. de Antropol.* Bogotá, 10: 37-119, 9 lám.
- Rodrigues, I. & A.E. de Oliveira. Algunos aspectos da ergología Mura-Pirahã. *Bol. do Mus. Paraense*, No. 65: 48 p. il., 6 estampas.
- Rodríguez, M. 1684. El Marañón o Amazonas (abreviado). Madrid. Imprenta de Antonio Gonçalves de Reyes, 472 p.
- Rumazo, J. 1948. Documentos para la historia de la Audiencia de Quito. Madrid. Afrodisio Aguado. I. Pedro Vicente Maldonado. 461 p, 1 mapa.
- Sabaté, L. 1877. Viaje de los padres misioneros del convento del Cuzco a las tribus salvajes de los campos, puros, cunibos y sipibos en el año de 1874. Lima. Tipografía "La Sociedad", 304 p.
- Saffray, Ch. 1983. Viaje a Nueva Granada. Madrid. Anjana Ediciones. Impreso en Agisa. 270 p.
- Salgado, L.H. Arqueólogo Inciva: Comunicación personal.
- Santiesteban, M. de: 1970. Viaje muy puntual y curioso que hace por tierra don . . . desde Lima hasta Caracas en 1740 y 1741. En Arellano Moreno, Antonio. pp. 47-173.
- Saubidet, T. 1952. Vocabulario y refranero criollo. 4a. ed. Buenos Aires. Editorial Guillermo Kraft. 443 p., 17 lám.
- Schaden, E. 1974. Sobre costumbres indígenas en Paraguay (no título). Ficha extraviada.
- Schávelzon, D. 1981. Arqueología y arquitectura del Ecuador prehispánico. México. Talleres Offset Comercial Policromo. 435 p.
- Schenck, F. von: 1953. Viajes por Antioquia en el año de 1880. Trad. Ernesto Guhl. Bogotá. Imprenta del Banco de la República. 76 p., 3 mapas.
- Schomburgk, R. 1922-23. Travels in British Guiana. 1840-1844. Georgetown. "Daily Chronicle Office". 2 vol. con 907 p., 13 planchas, 8 mapas.
- Schottelndreyer, M. 1979. Catío. Trad. Juan Manuel Pombo. *ILV*, II: 203-227.
- Seemann, B. (Carl): 1853. Narrative of the voyage of H.M.S. Herald during the years 1845-51 . . . London. Printed by John Edward Taylor. 2 vol. con 647 p., lám.
- Serra, Juan de Santa Gertrudis, (Fr.). 1956. Maravillas de la Naturaleza. Bogotá. Empresa Nacional de Publicaciones. 2 vol. con 883 p., mapas.
- Sherbondy, J.E. 1983. Una caña guadua que era adorada. *Miscel. Antropol. Ecuat.* Quito, año 3, No. 3: 73-76 il.
- Simón, P. 1627-1953. Noticias historiales de las conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales. Bogotá. Editorial Kelly. 9 vol. con 2.868 p.
- Smothermon, J. & Josephine: 1979. Macuna. Trad. Helen de Tielman. *ILV*, II: 99-136.
- Spruce, R. 1908. Notes of a botanist on the Amazon & Andes. Edinburgh. Printed by R. & R. Clark. 2 vol. con 1.124 p., mapas.
- Storni, J.S. 1942. Bromatología indígena. Solución precolumbiana del problema alimenticio. Univ. de Tucuman. Imprenta y litografía de Miguel Violetto, 413 p.
- Thévet, A. (Fr.). 1557-1944. Singularidades de França Antártica, a que outros chaman de América . . . São Paulo. Empresa Gráfica da "Revista dos Tribunais", 502 p. il.
- Thurn, E.F. im: 1883. Among the indians of Guiana. London. Printed by Spottiswoode and Co. 461 p. 53 il., 1 mapa.
- Tinajero, J.R. 1978. Nomenclatura sistemática de las plantas anotadas por el P. Juan de Velasco en el libro II de la Historia del Reino de Quito (1789). Quito. Bol. Acad. Nal. de Hist., 61 (131-132): 5-102.
- Torres de Mendoza, L. & otros. 1868. Colección de documentos inéditos relativos al descubrimiento, conquis-

- ta y colonización de las posesiones españolas en América y Oceanía . . . IX 584 p.
- Tovar, E.D. 1966. Vocabulario del Oriente peruano. Lima. Imprenta Universidad Mayor de San Marcos. 214 p.
- Tuminá, F., L.V. García & C.A. Barragán. 1981. Diccionario español-guambiano (título abreviado). Silvia, Cauca. Popayán. Editorial López. 65 p.
- Vaquero, J. 1946. El rancho centroamericano. Madrid. Rev. de Indias. No. 26: 905-912.
- Vásquez, C.P. & A. Méndez da Luz. 1971. Gramática portuguesa. 3a. ed. Madrid. Gráficas Cóndor. 2 vol. con 817 p.
- Vásquez de Espinosa, A. 1948. Compendio y descripción de las Indias Occidentales. Washington, D.C., 813 p.
- Vedia, E. de 1946-47. Historiadores primitivos de Indias. Madrid. Gráficas Carlos Jaime. 2 vol. con 1.210 p.
- Veigi, F.X. 1788-89. Status Provinciae Maynensis in America Merdionale . . . Nürnberg, ben Johann Eberhard Zeh. 2 fascículos con 178 p.
- Velasco, J. de: 1789-1946. Historia del Reino de Quito, en la América meridional. Quito. Empresa Editora "El Comercio". 3 vol. con 933 p.
- Vergara y Velasco, F.J. 1902-1974. Nueva Geografía de Colombia escrita por regiones naturales. Bogotá. Talleres Gráficos del Banco de la República. 3 vol. con 1.268 p. (Véase Montenegro Colón, Feliciano).
- Vickers, W.T. 1976. Cultura adaptation to Amazonian habitats: The Siona-Secoya of Eastern Ecuador. The University of Florida. Xerox University Microfilms. Ann Arbor. 368 p., 9 fig.
- Villarejo, A. 1959. La selva y el hombre. Lima. Editorial Ausonia. 252 p., 99 fig.
- Vinalesa, J. de: 1952. Indios arhuacos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá. Editorial Iqueima. 195 p., 38 il.
- Von Kinder, L. (P): 1936. Gramática y vocabulario de la lengua huitota. Pasto. Bol. de Est. Hist., Supl. No. 4. 261 p.
- Von Reis, S. & J. Lipp, Jr. 1982. New plant sources for drugs and foods from the New York Botanical Garden Herbarium. Cambridge, Mass. Harvard University Press. 375 p.
- Wafer, L. 1699-1967. A new voyage & description of the Isthmus of America . . . Wiesbaden. Lessing-Druckrei. Kraus Reprint Ltd. 293 p.
- Whiffen, T. 1915. The Northwest Amazon. Notes of some months spent among cannibal tribes. London, Printed by R. & R. Clark. Edinburgh. 335 p., 54 plates, 1 map.
- Zeleny, M. 1976. Contribución a la etnografía huaraya (Eceje) . . . Madre de Dios, Perú, Univerzita Karlova Praha. Translation: Alena Janischová Marquezova. 183. p. il.

FAMILIA PHAKOPSORACEAE (UREDINALES).

1. Géneros Anamórficos y Teliomórficos

por

Pablo Buriticá*, Joe F. Hennen**

Resumen

Buriticá, P. & J.F.Hennen: Familia Phakopsoraceae (Uredinales) 1. Géneros Anamórficos y Teliomórficos. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 47-62.1994. ISSN 0370-3908

Se delimita el concepto de la familia Phakopsoraceae (Uredinales) en función de los géneros teliomórficos y anamórficos que la conforman. Para estos últimos se precisa la posición taxonómica. Se proponen cinco nuevos géneros anamórficos y uno teliomórfico. Se reconoce el género *Catenulopsora* Mundkur, se describen todos los géneros aceptados, se recopila la sinonimia de cada uno, se da información bibliográfica y se precisa la tipificación. Este trabajo hace parte de una serie que comprende el estudio completo de la familia Phakopsoraceae, con especial énfasis en el Neotrópico.

Palabras Clave: Phakopsoraceae, Uredinales, Neotrópico,

Summary

In this paper is studied the Phakopsoraceae family (Uredinales), is delimited its range defining each teliomorphic genera and given taxonomic status to the anamorphic genera. Five anamorphic and one teliomorphic genera are proposed and described. It is accepted the genus *Catenulopsora* Mundkur. Descriptions, synonymy and types, are presented for each genera. This work is a part of a series which study taxonomically the family Phakopsoraceae with emphasis in Neotropics.

Key Words: Uredinales, Phakopsoraceae, Neotropics,

PHAKOPSORACEAE Cummins & Hiratsuka, Buriticá & Hennen, *fam. nov. nom. conserv.*

=**Phakopsoraceae** Cummins & Hiratsuka (como **Phakopsoraceae** (Arthur) Cummins & Hiratsuka) Illustrated genera of rust fungi. Amer. Phytopathological Soc. St. Paul, U.S.A., 152 pp. 1983. *nom. rejicien.*

Género tipo: *Phakopsora* Dietel, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 13: 333. 1895.

=**Phakopsoreae** Hiratsuka, J. Bot. Japan 3(4): 298. 1927 (como subfamilia de Melampsoraceae Schroeter).

=**Phakopsoreae** Arthur, Manual of the rusts in

United States and Canada, pp. 1. 1934. (como tribu de la familia Melampsoraceae Schroeter).

Spermogoniis typus 5, 7 (*caterva* VI, Hiratsuka & Cummins, 1963; Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). *Soriis anamorphiis in Aecidium* Persoon; *Caeoma* Link; *Aeciure* Buriticá & Hennen; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen; *Milesia* White; *Physopella* Arthur; *Uredendo* Buriticá & Hennen; *Uredostilbe* Buriticá & Hennen; *Macabuna* Buriticá & Hennen *et Peridipes* Buriticá & Hennen. *Soris teleutosporiferis erumpentibus vel in hospitis_inclusus; hymenio presentibus, applanato vel concavus; teliosporis catenatis, 2 ad aliquot profundis, remanens catenatis vel separatibus, unicellularibus; uniporiis vel multiporiis germinatibus; probasidii et metabasidii evidentis.*

* Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Apartado Aereo 151123; Bogotá, Colombia.

** Botany Department, Purdue University West-Lafayette, IN 47907, U.S.A.

Género tipo: *Phakopsora* Dietel, Ber. Deutsch. Bot. Ges. 13: 333. 1895.

Espermogonio tipo 5, 7 (grupo VI, Hiratsuka & Cummins, 1963; Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Soros anamórficos en: *Aecidium* Persoon; *Caecoma* Link; *Aeciure* Buriticá & Hennen; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen; *Milesia* White; *Physopella* Arthur; *Uredendó* Buriticá & Hennen; *Uredostilbe* Buriticá & Hennen; *Macabuna* Buriticá & Hennen y *Peridipes* Buriticá & Hennen. Teliosoro erumpente o cubierto por la epidermis; himenio presente, plano o cóncavo; teliosporos producidos en cadena, formando capas de más de 2, que permanecen en cadenas o se separan quedando libres, unicelulares; uno ó varios poros germinativos; metabasidio externo; 4 basidiosporas.

Especies heteróicas ó autoicas, con un amplio margen de hospedantes, especialmente tropicales.

Todos los ciclos de vida conocidos estan representados en al familia.

Observaciones: Ha sido preciso proponer la familia como nueva, conservar el nombre y hacer su formal descripción, ya que Cummins & Hiratsuka (1983) propusieron la familia, al elevar de nivel la tribu Phakopsoreae Arthur (la subfamilia Phakopsoreae Hiratsuka, tiene prioridad), la cual no había sido descrita y publicada formalmente. Hecho que Cummins & Hiratsuka (1983) tampoco hicieron dentro de la norma, para la familia Phakopsoraceae (Código de Nomenclatura Botánica, 1988).

Géneros anamórficos en la familia Phakopsoraceae

En los últimos años se ha venido definiendo y reconociendo la posición taxonómica de los estados anamórficos de los organismos pleomórficos (Codigo Internacional de Nomenclatura Bótanica, 1988). En el Orden Uredinales esta tendencia ha permanecido menospreciada y aun rechazada, debido entre otras cosas a las implicaciones posicionales que los estados anamórficos tienen en la interpretación de el ciclo de vida (Holm, 1973; Hiratsuka, 1975) y que de alguna manera ha influenciado la Taxonomía de ellos. Siendo que los estados anamórficos son entidades definidas en cada organismo Uredinal, su morfología debe ser estudiada y descrita en detalle. Su función y posición en el ciclo de vida, es motivo suficiente para otro tipo de estudio e interpretación. Es interés de los autores dar en este trabajo una clara descripción de la morfología de los anamórfos y precisar su posición taxonómica.

Clave de géneros anamórficos dentro de la Familia Phakopsoraceae:

1. Esporospedicelados 2.
1. Esporos sesiles ó en cadenas 3.
 2. Soro con parafisos periféricos
..... *Macabuna* Buriticá & Hennen.
 2. Soro con peridio
..... *Peridipes* Buriticá & Hennen.
3. Esporos verrucosos 4.

3. Esporos equinulados 5.
 4. Soro con peridio celular, ciatiforme
....., *Aecidium* Persoon.
 4. Soro abierto con peridio incipiente y efímero.....*Caecoma* Link.
5. Esporos en cadenas con prominentes células intercalares *Aeciure* Buriticá & Hennen.
5. Esporos sesiles 6.
 6. Soro sin estructuras esteriles en la periferia
..... *Uredendo* Buriticá & Hennen.
 6. Soro con estructuras esteriles en la periferia 7.
7. Soro con parafisos periferales largos, unidos lateralmente para formar una palisada
..... *Uredostilbe* Buriticá & Hennen.
7. Estructuras estériles en diferente forma 8.
 8. Parafisos periferales sin cubrir los esporos, curvados..... *Physopella* Arthur.
8. Parafisos periferales ó peridio cubriendo los esporos 9.
9. Soro con peridio hifoide o celular *Milesia* White.
9. Soro con parafisos levantados que cubren los esporos
..... *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen.

1. **AECIDIUM** Persoon ex Persoon, Syn. Meth. Fung., p. 204. 1801.
Especie tipo: *Aecidium berberidis* Persoon, l.c. (de acuerdo con Laundon, Myc. papers 99: 3. 1965).
Tipo: sobre *Berberis vulgaris* Linneo (Berberidaceae), EUROPA.

Soro ciatiforme con peridio bien desarrollado y celulas peridiales más o menos romboides. Esporos producidos en cadenas con células intercalares; típicamente verrucosos.

Observaciones: Pocas especies dentro de la familia Phakopsoraceae se conocen con este tipo de anamórfo. En las especies que lo presentan, se encuentra asociado con espermogonios. Conocido únicamente en las especies heteróicas-dimórficas. Dado que pocos estudios se han hecho con el ciclo de vida de las distintas especies dentro de la familia, no es de sorprender el bajo número de ellas, para el cual se ha registrado este anamórfo.

2. **CAEOMA** Link, Mag. Ges. Natur. Freunde 3: 5. 1809.nom.conserv.
Especie tipo: no designada.

Soro erumpente, abierto; peridio incipiente y efímero; esporos en cadenas y verrucosos.

Observaciones: Soro común en las especies de *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov sobre Saxifragaceae, en el Asia. No se ha encontrado en las especies típicamente tropicales ni en las especies Americanas.

3. **AECIURE** Buriticá & Hennen, *gen. anamorph. nov.*

Especie tipo: *Aeciure crotonis* (Hennings) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov. = Uredo crotonis* Hennings, *Hedwigia* 34: 99. 1895.

Tipo: sobre *Croton sp.* (Euphorbiaceae), BRASIL: Minas Gerais, Uberaba, Jun. 1892, E. Ule 1922. MIN.

Sori subepidermalibus, erumpentis, epidermis apertis; peridio et paraphysibus nullis; sporis catenatis, cum prominentis cellula intercellularibus; echinulatis.

Soro subepidermal, erumpente al romper la epidermis del hospedante; sin peridio, aparafisado; esporos producidos en cadena con células intercalares evidentes; equinulados.

Observaciones: Este género se ha encontrado asociado con especies de *Arthuria* Jackson y desempeñando el papel de esporos de repetición ó asociado con espermogonio. Las especies que lo presentan son autofcas-isomórficas.

4. **UREDOSTILBE** Buriticá & Hennen, *gen. anamorph. nov.*

Especie tipo: *Uredostilbe pistila* Buriticá & Hennen, *sp. anamorph. nov. hic. liber.*

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

Sori subepidermalibus, erumpentis, epidermis apertis, stilbiformibus; peridio nulo; paraphysibus longis conjunctis; sporiis sessilibus, echinulatis; collaris in cellulis sporogoneis.

Soro subepidermal en origen, erumpente al romper la epidermis del hospedante, estilbiforme; parafisos periféricos largos, rectos, unidos lateralmente para formar una palisada alrededor del soro; esporos sesiles, equinulados; célula esporógena con collar.

Observaciones: Encontrado en asocio con dos especies de *Phakopsora* Dietel sobre Annonaceas, en el trópico Americano.

La morfología de las estructuras periféricas es similar a la encontrada en los anamórfos de los géneros teliomórficos *Miyagia* Miyabe y *Corbulospora* Cummins, con los cuales no hay aparente relación filogenética.

5. **PHYSOPELLA** Arthur, Res. Sci. Congr. Internal. Bot. Viena, p. 338. 1906.

Especie tipo: *Physopella vitis* (Thuemen) Arthur, *l. c.* = *Uredo vitis* Thuemen, *Pilze Weinst.* p. 182. 1878.

Tipo: sobre *Vitis sp.* (Vitaceae), U.S.A.: South Carolina, Aiken, 1868, H.W. Ravenel. PUR.

Soro subepidermal, erumpente, completamente abierto por ruptura de la epidermis del hospedante; parafisos periferales originados en tejido hifoide, alrededor de todo el soro sin cubrir los esporos; esporos sesiles, equinulados; célula esporógena con collar.

Observaciones: Nombre genérico de un anamórfico aplicado erróneamente a un estado teliomórfico. Arthur (*l. c.*) describió el género y lo tipificó como se muestra arriba. Los teliosoros fueron descubiertos en la especie *Phakopsora ampelopsidis* Dietel & Sydow, proveniente del Japón. Cummins & Ramachar (1958) trataron de validar el género como teliomórfico y argumentaron el cambio de tipo. Desde entonces se ha considerado *Physopella* Arthur como un género teliomórfico. El Código Internacional de Nomenclatura Botánica (artículos 7.2 y 59.3) no permite el cambio de posición de un género y menos el cambio de tipo. Por lo tanto, *Physopella* Arthur debe ser mantenido como género anamórfico con el tipo designado por el autor. Así es considerado en este trabajo y así fue considerado por Ono, Buriticá & Hennen (1992).

6. **MALUPA** Ono, Buriticá & Hennen, *Mycol. Res.* 96(10): 828. 1992.

Especie tipo: *Malupa meibomiaae* (Arthur) Ono, Buriticá & Hennen, *l. c.*

Tipo: sobre *Desmodium incanum* de Candolle (Leguminosae), PUERTO RICO: Añasco, 28 Mar. 1916, H.H. Whetzel & E.W. Olive 219. PUR.

Soro subepidermal o intraepidermal, abierto por un poro; parafisos periferales levantados por tejido hifoide para cubrir los esporos; esporos sesiles, equinulados; célula esporógena con collar.

Observaciones: Junto con *Physopella* Arthur y *Milesia* White, son los tres géneros anamórficos más característicos de la familia Phakopsoraceae. Dos tipos de parafisos son comunes en este género: los que provienen de la especialización de la punta de la hifa y aquellos que provienen de la especialización de las células peridiales. En ambos casos es la especialización del tejido periferal (hifoide o celular). El levantamiento de los parafisos para cubrir el himenio y los esporos y posteriormente abrir el hospedante, le da una forma de canasto y macroscópicamente se puede evidenciar por el poro en la superficie del hospedante.

7. **MILEZIA** White, *Scottish Nat.* 4: 162. 1878.

Especie tipo: *Milesia polypodii* White, *l. c.*

Tipo: sobre *Polypodium vulgare* var. *serratum* Willdenow (Pteridophyta) U.K.: Scotland. = *PERIDIOPSORA* Kamat & Sathe, *Trans. British Myc. Soc.* 53(1): 1969.

Especie tipo: *Peridiopsora adelocaryi* Kamat & Sathe, *l. c.*

Tipo: sobre *Adelocaryum coelestinum* (Lindley) Brand (Boraginaceae) INDIA: Poonum, 2 Oct. 1960, A.V. Sathe. MACS.

Soro subepidermal o intraepidermal, abierto por un poro; peridio celular o hifoide evidente; esporos sesiles, equinulados; célula esporógena con collar.

Observaciones: En nuestros estudios no fué posible establecer con certeza la ontogenia de los esporos en *Milesia* White *sensu stricto*. En *Peridiopsora* Kamat & Sathe, ellos son producidos percurrentes y en ambos casos son sesiles. En este trabajo se amplía el concepto del género al incluir las especies con peridio hifoide.

8. **UREDENDO** Buriticá & Hennen, *gen. anamorph. nov.*

Especie tipo: *Uredendo pallidus* (Dietel & Holway) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*
 Tipo: sobre *Tripsacum lanceolatum* Ruprecht (Gramineae) MEXICO: alrededores de Ciudad de México, 1 Oct. 1896, E.W.D. Holway. PUR.

Sori subepidermalibus, erumpentis, epidermis apertis; peridio et paraphysibus nullis; sporis sessilibus, echinulatis; collaris in cellulis sporogoneis.

Soro subepidermal, erumpente, completamente abierto; sin peridio o parafisos periferales; esporos sesiles, equinulados; célula esporógena con collar.

Observaciones: este género ha sido encontrado especialmente en especies de *Phakopsora* Dietel sobre gramíneas. Fácil de diferenciar de *Uredo* Persoon por los esporos pedicelados en este último.

9. **MACABUNA** Buriticá & Hennen, *gen. anamorph. nov.*

Especie tipo: *Macabuna zizyphii* (Patouillard) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*
 = *Uredo zizyphi* Patouillard, Bull. Soc. Myc. Francia 12: 135. 1896.
 Tipo: sobre *Zizyphus sp.* (Rhamnaceae), VIET NAM: Tonkin.

Sori subepidermalibus, erumpentis, epidermis apertis; paraphysibus peripheralis curvatis; sporiis sympoduliis, pedicelatis, echinulatis.

Soro subepidermal, erumpente al romper la epidermis del hospedante; parafisos periféricos curvados; esporos producidos simpoidalmente, pedicelados, equinulados; célula esporógena con nuevos sobrecrecimientos y remanentes de pedicelos.

Observaciones: A nivel del himenio se hace fácil su diferenciación de *Physopella*, por los remanentes de los pedicelos y por la célula superior de la hifa esporógena que aparece con los nuevos crecimientos. Este género alberga especies de la familia Phakopsoraceae, principalmente en los géneros *Phragmidella* y *Catenulopsora*. La condición de esporos pedicelados se puede considerar como derivada, dentro de la familia y marca puntos de afinidad con otras familias. Los géneros que presentan esta condición se consideran como más evolucionados.

10. **PERIDIPES** Buriticá & Hennen, *gen. anamorph. nov.*

Especie tipo: *Peridipes arachidis* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*
 Tipo: sobre *Arachis sp.* (Leguminosae), PARAGUAY: Caa-Guazu, En. 1882, B. Balansa 3449. LPS, PUR. (Este es el tipo de *Puccinia arachidis* Spegazzini, donde se describió por vez primera este anamórfo).

Sori subepidermalibus, erumpentis, epidermis apertis; peridii cellularibus presentis; sporiis sympoduliis, pedicelatis, echinulatis.

Soro subepidermal, erumpente al romper completamente la epidermis del hospedante; peridio celular presente; esporos producidos simpoidalmente, pedicelados, equinulados; célula esporógena con nuevos sobrecrecimientos y remanentes de los pedicelos.

Observaciones: Se ha escogido *Peridipes arachidis* Buriticá & Hennen, como especie típica y por fuera de la familia Phakopsoraceae por dos razones: la roya del maní (*Arachis hypogea* Linneo) y su tipo están ampliamente distribuidos. Esto permitirá un rápido conocimiento del concepto genérico aquí aplicado. Como en el caso de *Milesia*, dos tipos de peridio han sido detectados; uno celular y el otro hifoide.

Géneros Telimorficos

PHAKOPSORA Dietel, 1895. Este género fue descrito en 1895 con base en la especie *Melampsora punctiformis* Barclay & Dietel. El criterio para separar esta especie del género *Melampsora* Castagne fue el gran número de capas de teliosporos en el teliosoro y su organización sin un patrón definido. Actualmente este género posee el mayor número de especies dentro de los géneros que conforman la familia Phakopsoraceae. Siendo *Phakopsora* el género que fué descrito primero, a su alrededor se han originado la mayoría de nombres y niveles supragenéricos de clasificación. En 1900, fué agrupado por Dietel (1900) en la familia Cronartiaceae, junto con *Chrysomyxa* Unger, *Cronartium* Fries, los géneros que hoy pertenecen a la familia Puccinosiraceae (*Trichopsora* Lagerheim, *Alveolaria* Lagerheim, *Dietelia* Hennings, *Endophyllum* Leveille, *Puccinosira* Lagerheim y *Didymopsora* Dietel) y *Pucciniosteles* Tranzschel & Komarov. Hiratsuka en 1927, da por primera vez un estatus diferente a el género *Phakopsora*, al usar la denominación: subfamilia *Phakopsoreae*, dentro de la familia Melampsoraceae Schroeter. Sin embargo en ese momento no describió ni caracterizó la subfamilia. Para el año 1928, Dietel (*l. c.*) en su tratamiento del orden Uredinales para Engler & Prantl, mantiene el género *Phakopsora* Dietel dentro de la tribu Cronartieae Dietel de la familia Melampsoraceae Schroeter, junto con *Cronartium* Fries y *Crossopsora* Sydow. Los demás géneros de la familia Cronartiaceae Dietel (1900) fueron ubicados en Pucciniaceae-Puccinosireae Dietel (hoy Puccinosiraceae Cummins & Hiratsuka *ex* Buriticá). Arthur (1934) en el tratamiento de los Uredinales de Norte América, sigue a Hiratsuka, y crea la tribu Phakopsoreae Arthur, dentro de la familia Melampsoraceae Schroeter. Incluye en ella a *Bubakia* Arthur, *Physopella* Arthur, *Cerotelium* Arthur y *Baeodromus* Arthur. Tampoco Arthur (1934) describió formalmente la tribu, pero si insinuó algunas características que hizo evidentes en la clave que acompaña la agrupación. Tanto, Hiratsuka (1927) como Arthur (1934), hicieron este tipo de clasificación a nivel supragenérico, más como un artificio para excluir de las especies de clima templado de *Melampsora* Dietel (*sensu stricto*) las especies tropicales de *Phakopsora* Dietel y relacionadas, que por desarrollar un criterio de agrupación supragenérico que mantuviera la armonía del orden Uredinales, dando la posición definida a los géneros

Phakopsoraceos. En 1983, Cummins & Hiratsuka (1983) dan el rango de familia a los géneros agrupados por Arthur (1934) y agregan los que fundamentalmente se presentan en este trabajo. Sin embargo, Cummins & Hiratsuka (*l. c.*) no siguieron el Código Internacional de Nomenclatura Botánica para la publicación válida de la familia, por lo cual se describe en este trabajo y se propone mantener su nombre.

PUCCINIOSTELE Tranzschel & Komarov, 1899.

Este género fue propuesto en 1899, con base en la especie *Xenodochus clarkiana* Barclay. Su principal característica es la producción de dos (tres?) tipos de teliosporos: unos en el anamórfo (*Caecoma*), que en estados avanzados se agrupan en tetradas (primarios) y los otros subepidermales que se forman en cadenas libres lateralmente (secundarios), típicamente Phakopsoroides y muy similares a *Phragmidella* Hennings. Sydow (1915) y Dietel (1928) colocan a este género en la familia Pucciniaceae tribu Pucciniosireae Dietel, debido a el parecido de los teliosporos primarios con los géneros *Endophyllum* Leveille y similares. Sin embargo Cummins & Thirumalachar (1953) consideran que hay mayor afinidad con la familia Melampsoraceae Schroeter y sugieren por primera vez su parecido y posible relación con el género *Phakopsora* Dietel. Cummins & Hiratsuka (1983) incluyen este género en la familia Phakopsoraceae, criterio aquí compartido.

El estudio reciente de los géneros de Uredinales con ciclo de vida reducido (Buriticá & Hennen, 1980) y el trabajo de Hennen *et. al.* (1984) sobre Uredinales con dos tipos de teliosporos, plantea alrededor de este género una situación especial. Los primeros esporos (aeciosporos según Cummins & Thirumalachar, 1953) del estado anamórfico se comportan como esporos de repetición y van cambiando a teliosporos, que son producidos en agrupaciones como tetradas (*Pucciniostele* Tranzschel & Komarov); posteriormente aparecen los verdaderos teliosporos (*Klastopsora* Dietel), provenientes del mismo micelio y alrededor de los anteriores. Esto, quiere decir que *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov debe ser agrupado en la familia Endophyllaceae Dietel, al ser la línea endophylloide de *Klastopsora* Dietel. Afortunadamente todas las especies en Saxifragaceae presentan los dos tipos de teliosporos lo que permite mantener el criterio de agruparlos por el género parental. Además, queda sin definir la situación de los esporos de repetición que van cambiando a teliosporos conservando su morfología. Es decir, que algunas especies podrían llegar a tener en su ciclo de vida tres tipos de teliosporos. El género *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov *sensu lato* no tiene especies representativas en el Continente Americano.

KLASTOPSORA Dietel, 1904. Este género fue creado por Dietel al encontrar los teliosporos parentales (secundarios, en este caso en particular, por ser descritos después) del género *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov. Con el transcurso del tiempo, en las distintas especies de *Pucciniostele* se fueron encontrando sus estados parentales. Los distintos autores han ampliado entonces, el concepto genérico de *Pucciniostele* por tanto *Klastopsora* ha quedado como su sinónimo.

PHRAGMIDIELLA Hennings, 1905. Este género fue creado para acomodar una roya colectada en África sobre *Markhamia sansibarensis* Schumann (Bignoniaceae). Este presenta teliosporos en cadenas que permanecen unidas verticalmente pero, libres lateralmente. Por esta razón Arthur (1925) y Sydow (1915) lo consideran sinónimo de *Kuehneola* Magnus y ubicado en la familia Pucciniaceae Chevalier. Pero, Clemens & Shear (1931) y Dietel (1928) lo consideran sinónimo de *Cerotelium* Arthur. El escaso conocimiento detallado de este género ha sido uno de los grandes problemas para su ubicación. Thirumalachar & Mundkur (1949) prácticamente redescubrieron este género, dando detalles sobre su morfología e indicando su similitud con *Cerotelium* Arthur. Cummins & Hiratsuka (1983, 1984) lo colocan en la familia Phakopsoraceae al reconocer que las cadenas de los teliosporos no son levantadas por pedicelos (diferencia con *Kuehneola* Magnus), tal como lo postularon previamente Thirumalachar & Mundkur (1949). Hasta el presente, el concepto de este género era intercambiado con el de *Cerotelium* Arthur y no se reconocían especies en el Neotrópico.

BUBAKIA Arthur, 1906. Este género fue creado por Arthur (*l. c.*) para acomodar algunas especies de Uredinales sobre *Croton* spp. (Euphorbiaceae) en Norte América. El autor reconoce su similitud con los teliosporos de *Phakopsora* Dietel, pero argumenta la diferencia en el estado anamórfico: *Bubakia* con anamórfo sin peridio y *Phakopsora* con peridio. El estudio detallado del estado anamórfico de las especies de este género muestra la presencia de peridio hifoide en estados tempranos del soro. Como este es de crecimiento indeterminado y el peridio es evanescente no se observa con facilidad en los soros maduros. Sydow (1915) considera este género sinónimo de *Schroeteriaster* Magnus (determinado como *Uromyces* (Link) Unger, por Mains, 1934) en la familia Melampsoraceae Schroeter. Posteriormente, Arthur (1925) lo considera sinónimo de *Phakopsora*, pero en 1934 una vez más lo separa y hace énfasis en la no presencia de parafisos en el soro anamórfico. Como el soro anamórfico posee peridio hifoide (*Milesia* White) lo define igual a *Phakopsora* y como tal es aceptado en este estudio.

CEROTELIUM Arthur, 1906. Este género fue publicado con el nombre de *Cerotelium* siendo corregido posteriormente por el autor. Arthur (*l. c.*) lo creó para acomodar una roya colectada en Puerto Rico por G.P. Clinton sobre *Canavalia ensiformis* DC. (Leguminosae). En su nota de publicación resalta la rareza de este organismo, al indicar que es un miembro de la familia Melampsoraceae Schroeter que parasita leguminosas. En la descripción original se indica que los teliosporos están unidos en cadenas cortas y en masa para formar el teliosoro. Por esta razón, Sydow (1915) considera este género como sinónimo de *Kuehneola* Magnus. Pero más tarde, al notar que los teliosporos son sesiles, lo pasa a la sinonimia de *Dietelia* Hennings. Posteriormente se determinó que *Dietelia* Hennings posee peridio que lo envuelve (Buriticá & Hennen, 1980) y que por lo tanto pertenece a la familia Pucciniosiraceae Cummins & Hiratsuka ex Buriticá. En 1917, Arthur (*l. c.*) clarifica el estatus de este género separándolo definitivamente

de *Kuehneola* Magnus y propone combinaciones dentro de *Cerotelium* para las especies que parasitan familias distintas de la Rosaceae. Es claro que para esta época Arthur no había considerado el género *Phragmidiella* Hennings. Los seguidores de Arthur continuaron describiendo especies con teliosporos en cadena, provenientes del Neotrópico, dentro del género *Cerotelium*. En *Phragmidiella* Hennings las cadenas de teliosporos permanecen unidas mientras que en *Cerotelium* los teliosporos son libres y se van separando. La interpretación de teliosporos en cadenas ha hecho, como se dijo antes, que se confundía con *Kuehneola* Magnus y *Phragmidiella* Hennings y por ello se ha colocado en la familia Pucciniaceae Chevalier. Cummins & Hiratsuka (1983) reconocen la afinidad con *Phakopsora* Dietel y lo colocan en la familia Phakopsoraceae, criterio que se comparte en este trabajo.

UREDOPELTIS Hennings, 1908. Este género descrito con base en un espécimen proveniente de África sobre *Markhamia* sp. (Bignoniaceae), ha sido estudiado muy poco. Sydow en 1915 (l. c.) lo coloca en la familia Melampsoraceae Schroeter y nota su posible afinidad con *Ravenelia* Berkeley. Sin embargo, Dietel (1928) crea la tribu Uropeltideae Dietel para acomodar este género en la familia Pucciniaceae Chevalier (en Dietel 1928, este género aparece con el nombre de *Uropeltis*) y anota su afinidad con *Ravenelia* Berkeley. Thirumalachar & Mundkur (1949) lo consideran como sinónimo de *Phragmidiella* Hennings, asumiendo que los teliosporos están en cadena. Cummins (1959) sigue el concepto de Thirumalachar & Mundkur (1949) y mantiene a *Uredopeltis* como sinónimo de *Phragmidiella*. En 1963, Laundon (1963) vuelve a estudiar el tipo del género y establece claramente su morfología y estatus. Lo considera entonces como relacionado con *Phakopsora* Dietel, *Physopella* Arthur y *Dasturella* Mundkur & Kheswalla.

Uredopeltis Hennings produce teliosporos unicelulares no organizados dentro del soró, el cual se forma principalmente por fuera del hospedante. Cummins & Hiratsuka (1983) siguen el concepto desarrollado por Laundon (1963) otorgando estatus aparte al género e incluyéndolo en la familia Phakopsoraceae. Hasta el presente solo se reconocía la especie tipo, pero con la redefinición dada en este trabajo se reconocen otras especies y se describen por primera vez especies para la zona tropical Americana.

PHRAGMOSTELE Clemens, 1909. Nombre genérico aplicado por Clemens (1909) para reemplazar a *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov, en el trabajo que buscaba normalizar y uniformizar la taxonomía de los hongos de acuerdo al sistema de Saccardo, sistema que actualmente no se sigue y por consiguiente *Phragmostele* Clemens es sinónimo de *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov.

NOTHORAVENELIA Dietel, 1910. Este género fue establecido para clasificar una roya sobre *Securinega fluggeoides* Mueller (Euphorbiaceae) colectada en Japón por Y. Yoshinaga. En su descripción Dietel (l. c.) interpreta como cistidios la célula basal, que posteriormente sirve como célula disyuntora y anota la similitud con

Ravenelia Berkeley, colocándolo en la familia Pucciniaceae Chevalier. Thirumalachar & Mundkur (1949) al estudiar el género, resaltan la morfología de los teliosporos unidos y compactados, que forman una unidad y notan la similitud con *Dasturella* Mundkur & Kheswalla y *Angiopsora* Mains. Solo dos especies han sido asignadas al género: el tipo y *Nothoravenelia commiphorae* Cummins sobre *Commiphora* sp. (Burseraceae); una encontrada en Japón y la otra en el África. El estudio de las distintas especies involucradas en el concepto de la familia Phakopsoraceae ha mostrado que al menos *Ravenelia atrides* Sydow también pertenece a este género (*Nothoravenelia atrides* (Sydow) Buriticá, *comb. nov.*), mientras que *N. commiphorae* Cummins queda mejor ubicada en el género *Anthomycetella* (*Anthomycetella commiphorae* (Cummins) Buriticá, *comb. nov.*). Los teliosporos unicelulares son producidos en secuencia y de la misma manera que en *Dasturella* Mundkur & Kheswalla, el teliosporo basal es hialino y ligeramente alargado, lo que erróneamente se ha creído como cistidio. Este género es de los pocos que no tienen representantes en el trópico Americano.

CROSSOPSORA Sydow, 1919. Este género fue propuesto para una especie de roya colectada en la India, sobre *Zizyphus oenopliae* Miller (Rhamnaceae) y con el criterio principal de separar las especies de *Cronartium* Fries de las especies con teliosporos formando filamentos, presentes en el trópico. *Cronartium* Fries es principalmente de zonas templadas y de especies heteroicas que producen espermogonio y ecio en coníferas. La morfología del estado anamorfo de repetición también se usó como criterio para separar *Crossopsora* de *Cronartium*. El teliosporo y teliosporos han sido considerados hasta hace poco como iguales. Peterson (1973) ha estudiado con más detalle los dos géneros y ha llegado a la conclusión que existen varias e importantes diferencias, entre ellas, la presencia de una matriz gelatinosa en el teliosporo de *Cronartium* que no está presente en *Crossopsora*. A nivel supragenérico *Crossopsora* Sydow siempre ha estado en la familia Melampsoraceae Schroeter. Cummins & Hiratsuka (1983) colocan el género en la familia Phakopsoraceae por el anamórfo típico en *Physopella* Arthur y por la organización de los teliosporos en el teliosporo. Criterio el cual se comparte.

APLOPSORA Mains, 1921. Tal vez la decisión taxonómica más drástica dentro de este trabajo es la inclusión de este género en la familia Phakopsoraceae. *Aplopsora* fue creado por Mains (l. c.) para acomodar una especie colectada en los Estados Unidos sobre *Nyssa aquatica* Linneo (Nyssaceae). El autor describe los teliosporos unicelulares formando una sola capa en el teliosporo. Por lo tanto considera que es un típico miembro de la familia Melampsoraceae Schroeter y como tal fue tratado por Arthur (1934). En 1949 (Thirumalachar & Mundkur) y en 1983 (Cummins & Hiratsuka) consideraron la similitud del anamórfo de *Aplopsora* con aquellos de *Phakopsora*. Cummins & Hiratsuka (1983) consideran que la presencia de una sola capa de teliosporos y su germinación sin período de reposo, lo hacen más afin con los géneros Chaconiaceos (familia Chaconiaceae

Cummins & Hiratsuka). El estudio cuidadoso de este género muestra que hacia el centro se forman más capas de teliosporos, lo mismo que cuando se encuentra en proceso de germinación. El himenio es evidente. Todas estas características fueron entendidas por **Tranzschel** (1939) cuando publicó la segunda especie (*Aplopsora lonicerae* Tranzschel, sobre *Lonicera maximowiczii* (Ruprecht) Maximowicz, Caprifoliaceae) en Rusia. El estado anamórfico de *Aplopsora* es un típico *Physopella* Arthur. **Cummins & Hiratsuka** (1983) indican que los esporos del estado anamórfico son pedicelados, afirmación que no es correcta. Entonces, si consideramos que el teliosoro esta formado por uno o más teliosporos en sucesión, se abre la posibilidad de incluir en este género una serie de especies que han tenido posición dudosa en *Phakopsora* ó *Cerotelium*. Son ellas: *Cerotelium dicentrae* (Trelease) Mains, *Cerotelium tanakae* Ito, *Cerotelium asari* Kaneko, Katumoto & Hiratsuka y una nueva especie, que sera descrita mas adelante. Al agrupar *Cerotelium dicentrae* (Trelease) Mains en *Aplopsora*, cuyo espermogonio cae en el grupo VI de **Hiratsuka & Cummins** (1963), muestra una correspondencia mas con la familia Phakopsoraceae.

ARTHURIA Jackson, 1931. Desde que este género fué publicado describiendo una especie de roya en *Croton sp.* (Euphorbiaceae) en Brasil, una especie ha sido agregada en el trópico Americano y dos más en la India. *Arthuria* Jackson produce esporos anamórficos en cadenas con células intercalares prominentes y equinulados. Los teliosporos son producidos en cadenas que permanecen unidas formando una columna o filamento. Jackson (1931) sugiere similitudes con *Chrysomyxa* Unger por los esporos anamórficos catenulados y con *Bubakia* Arthur por los teliosporos en cadena. **Cummins & Hiratsuka** (1983) colocan este género en la familia Phakopsoraceae, criterio que se comparte.

ANGIOPSORA Mains, 1934. Mains (1934) describió este género para acomodar las especies de *Physopella* Arthur sobre gramíneas y que tiene estado anamórfico con parafisos y teliosporos en cadena (?) como en *Phakopsora*. Una vez más, el criterio de la morfología del estado anamórfico es usado para diferenciar géneros teliomórficos. Esta claro que, en esta familia no hay correlación estrecha entre un particular tipo de estado anamórfico y un teliomórfico dado. Este género es entonces un obvio sinónimo de *Phakopsora* Dietel.

KWEILINGIA Teng, 1940. Alrededor de este organismo se ha suscitado gran controversia. **Teng** (1938) describe la especie con base en una colección sobre bambú en la China, la cual ubica en el género *Chrysomyxa* (*Chrysomyxa bambusae* Teng) y que posteriormente le sirve para erigir el género, argumentando afinidades con *Chrysomyxa* del orden Uredinales. Pero, **Thirumalachar & Narasimham** (1951) al estudiar el género estiman que no es un Uredinal y que mas bien parece un *Auicularial*. **Cummins & Hiratsuka** (1983) lo consideran dentro del orden Uredinales, pero **Vanky** (1987) lo coloca como un *Ustilaginal*. La colección tipo que dio origen al género presenta la dificultad de estar parasitada y desafortunadamente no se conocen más co-

lecciones. **Cummins & Hiratsuka** (1983) no proponen agrupación supragénica y anotan que desconocen sus afinidades dentro del orden Uredinales, pero incluyen a *Tunicopsora* Singh & Pandey como su sinónimo. El grupo de géneros y especies que parasitan el bambú es bastante coherente en lo que se refiere a miembros de la familia Phakopsoraceae.

DASTURELLA Mundkur & Kheswalla, 1943. Este género fue descrito para acomodar una roya colectada sobre bambú en la India. Morfológicamente presenta teliosporos unicelulares y catenulados. Su anamórfico es un típico *Physopella*. Por el espermogonio, el estado anamórfico y el teliosoro, este género es típicamente Phakopsoraceae, como fue anotado por **Mundkur & Kheswalla** (1943) al compararlo con *Angiopsora* Mains. Su teliosporo es idéntico a *Kweilingia* Teng, siendo la única diferencia la coalescencia que presentan los soros en este último. **Cummins & Hiratsuka** (1983) colocan este género en la familia Phakopsoraceae.

CATENULOPSORA Mundkur & Thirumalachar, 1943. Descrito con base en colecciones sobre *Flacourtia sepiaria* Roxburg (Flacourtiaceae) en la India. **Mundkur & Thirumalachar** (*l. c.*) presentan una excelente argumentación para separar este género de *Kuehneola* Magnus y *Cerotelium* Arthur, pero desafortunadamente no lo hicieron con *Phragmidiella* Hennings. Teliosporos unicelulares en cadenas libres lateralmente y producidas en soros erumpentes o libres en el anamórfico, es su característica principal. La célula basal es hialina y ligeramente alargada lo que da la impresión de ser un pedicelo, por esta razón se considera una gran afinidad con las especies incluidas en el género *Newinia* Thaug, el cual ha sido aceptado por **Cummins & Hiratsuka** (1983), pero colocado en Uropyxidaceae. El límite entre las dos familias es bastante estrecho cuando se analizan estos géneros. *Catenulopsora* es sin duda un miembro de la familia Phakopsoraceae con clara relación con *Phragmidiella* Hennings.

MEHTAMYCES Mundkur & Thirumalachar, 1945. Este es otro género con teliosporos unicelulares en cadenas libres lateralmente. Esta roya es parásita sobre *Sterospermum suaveolens* Wall (Bignoniaceae) en la India. Las principales características para separar este género se encuentran en el anamórfico y sus esporos. Por lo demás, este es igual a *Phragmidiella* Hennings. Como se ha insistido, pequeñas diferencias en el estado de anamórfico deben ser consideradas para un estudio más profundo que justifique su separación. Por ahora, en este estudio se considera este género como sinónimo de *Phragmidiella* Hennings.

SANTAPAUCELLA Mundkur & Thirumalachar, 1945. Este género también parasita Bignoniaceae (*Heterophragma roxburghii* DC.), se diferencia del anterior por la pared unilaminar en los esporos anamórficos y la forma como los esporos son producidos. El teliosoro de *Santapauella* es erumpente y en *Mehtamyces* es cubierto (al menos en el tipo). Las diferencias planteadas entre estos dos últimos tienen valor para la separación de especies, pero no son consideradas distintas a nivel

generico de las presentes en *Phragmidiella*. Asi fue considerado por Cummins & Hiratsuka (1983) y asi es considerada aqui.

STAKMANIA Kamat & Sathe, 1968. Colectado en la India sobre *Glochidion hoheneckeri* Beddome (Euphorbiaceae). La principal definición del género esta en el anamórfo (*Milesia* White) y en el grado de erumpencia del telisoro, características que no son mas que una variación de *Phakopsora*. Cummins & Hiratsuka (1983) consideran este género como sinónimo de *Phakopsora*, concepto que se comparte en este trabajo.

TUNICOPSORA Singh & Pandey, 1971. Esta roya fué colectada en la India sobre *Dendrocalamus strictus* Nees (Bambusoideae). La principal diferencia de este género con *Dasturella* Mundkur & Kheswalla y con *Kweilingia* Teng, se encuentra en el estado anamórfico. Se reitera que pequeñas diferencias en el estado de anamórfo deben ser consideradas para estudios de especies pero no justifican la separación de géneros, dentro de la familia Phakopsoraceae. Cummins & Hiratsuka (1983) consideran este género como sinónimo de *Kweilingia* Teng, decisión que se comparte en este trabajo. El tipo de esta especie se encuentra parasitado, lo que hace más difícil hacer inferencias de detalles en él.

JACKSONIELLA Kamat & Sathe, 1972. Como ya se mencionó, la asignación de especies al género *Cerotelium* Arthur, especialmente neotrópicas, estuvo rodeada de confusión, por la imprecisa definición del género. Kamat & Sathe (l.c.) detectaron las diferencias en esta especie, la cual se encuentra en Brasil sobre Bignoniaceae. Como se dijo previamente, poco se conocía del género *Phragmidiella* Hennings, pues cae perfectamente dentro de su concepto. El nombre generico presenta problemas de nomenclatura, pues *Jacksoniella* Lindquist (1971) tiene prioridad.

NEWINIA Thuang, 1973. Este género fué propuesto para una roya sobre Bignoniaceae (*Heterophragma sulphureum* Kürz) en Burma. Teliosporos pigmentados y unidos basalmente para formar largas cadenas que estan libres en el soro anamórfico y con célula basal hialina y ligeramente alargada, son sus principales características. Con base en este último caracter, Cummins & Hiratsuka (1983) lo consideran como un miembro de la familia Uropyxidaceae. La célula basal hialina y alargada ligeramente no es un caracter nuevo y excluyente en especies de Uredinales dentro de la familia Phakopsoraceae. Este se encuentra en *Uredopeltis*, *Nothoravenelia*, *Phragmidiella* y *Catenulopsora*. Por esta razón incluimos este género en la familia Phakopsoraceae. La línea de separación entre las familias Uropyxidaceae y Phakopsoraceae es muy pequeña cuando se trata de estos géneros.

THRUMALACHARIELLA Sathe, 1974. Nombre de género propuesto para validar *Jacksoniella* Kamat & Sathe. Cummins & Hiratsuka (1983) confundieron la sinónimia y tomaron a *Thirumalachariella* como sinónimo de *Dietelia* Hennings. Aclarando: *Jacksoniella* Lindquist es sinónimo de *Dietelia* Hennings (según

Buriticá & Hennen, 1980). *Jacksoniella* Kamat & Sathe es reemplazado por *Thirumalachariella* Sathe y es sinónimo de *Phragmidiella* Hennings.

SCALARISPORA Buriticá & Hennen, 1993. Género propuesto en este trabajo para acomodar la especie *Pucciniostele hashiokai* (Hiratsuka) Cummins.

CLAVE PARA LOS GENEROS TELIOMORFICOS DE LA FAMILIA PHAKOPSORACEAE:

1. Soro anamórfico: *Aeciure* *Arthuria* Jackson.
1. Soro anamórfico en otros géneros 2.
2. Himenio del telisoro erumpente, teliosporos formados hacia fuera del hospedante 3.
2. Himenio y teliosporos originados dentro del tejido del hospedante 5.
3. Teliosporos unidos formando una cúpula compacta *Nothoravenelia* Dietel.
3. Teliosporos lateralmente libres formando una costura por fuera del hospedante 4.
4. Teliosporos sin especial arreglo dentro del telisoro *Uredopeltis* Hennings.
4. Teliosporos en cadenas de 2 a 6 *Kweilingia* Teng.
5. Teliosoro cubierto por la epidermis 6.
5. Teliosoro expuesto desde los inicios 8.
6. Teliosoros formados por una capa de teliosporos con 2 hacia el centro *Aplopsora* Mains.
6. Teliosoros con más de dos capas de teliosporos 7.
7. Teliosporos en cadena *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov.
7. Teliosporos sin organización definida dentro del telisoro *Phakopsora* Dietel.
8. Teliosporos en cadenas largas unidas para formar vellos *Crossopsora* Sydow.
8. Teliosporos no formando vellos 9.
9. Teliosporos libres en el soro sin organización definida *Cerotelium* Arthur.
9. Teliosporos unidos basalmente formando cadenas 10.
10. Teliosoro compacto, cadenas de teliosporos hialinos, poroz germinativos sin diferenciar *Phragmidiella* Hennings.
10. Teliosoro erumpente o no formado, cadenas de teliosporos pigmentados, poros germinativos diferenciados 11.

11. Cadenas de teliosporos con el esporo basal alargado, libres en el soro anamórfico ... *Catenulopsora* Mundkur.
11. Cadenas de teliosporos sin el basal alargado y funcionando como una unidad.....
..... *Scalarispora* Buriticá & Hennen.
1. **ARTHURIA** Jackson, Mycologia 23: 463. 1931.
Especie tipo: *Arthuria catenulata* Jackson & Holway, En: Jackson, Mycologia 23: 464. 1931.
Tipo: sobre *Croton* sp., (Euphorbiaceae) BRASIL: Rio de Janeiro, Paineiros, 17 Ago. 1921, E.W.D. & M.M. Holway 1046. PUR.
Anamorfo: I-II. *Aeciure crotonis* Buriticá & Hennen, l. c. = *Uredo crotonis* Hennings, Hedwigia 34: 99. 1895.
Tipo: sobre *Croton* sp. (Euphorbiaceae) BRASIL: Minas Gerais, Uberaba, Jun. 1892, E. Ule 1922. MIN. PUR.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfico en *Aeciure* Buriticá & Hennen. Teliosoro subepidermal en origen, erumpente, ruptura de la epidermis evidente, de cupular a filiforme; teliosporos catenulados, unidos lateralmente, unicelulares

con pared hialina; germinación *in situ* una vez formado, metabasidio externo. Figura 1.

Distribución: Exclusivamente tropical, sobre especies de las subclases Rosidae y Asteridae.
Ciclo de vida: completamente expandido o parcialmente reducido. Especies autóicas - isomórficas (anamórfos acompañados de espermogonio del mismo género que los asociados con teliosoros).

2. **NOTHORAVENELIA** Dietel, Ann. Mycol. 8: 310. 1910.
Especie tipo: *Nothoravenelia japonica* Dietel, Ann. Mycol. 8: 310. 1910.
Tipo: sobre *Securinega fluggeoides* Mueller (Euphorbiaceae) JAPON: Tosa, Kada, 21 Nov. 1909, T. Yoshinaga. PUR. Anamórfos: I. *Caeoma securinegae* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.
Tipo: no designado. Debería ser una de las colecciones de Tranzschel (Trudy Bot. Inst. Akad. Nauk. S.S.R. 4: 323-344. 1940).
II. *Physopella securinegae* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.
Tipo: el mismo de *Nothoravenelia japonica* Dietel.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfos en *Caeoma* Link y *Physopella* Arthur. Teliosoro subepidermal, erumpente, ruptura de la epidermis evidente, cupular; teliosporos en cadenas de 1-3, unidos lateralmente, formando una cúpula compacta, unicelulares, célula basal hialina. Germinación después de reposo, metabasidio externo. Figura 2.

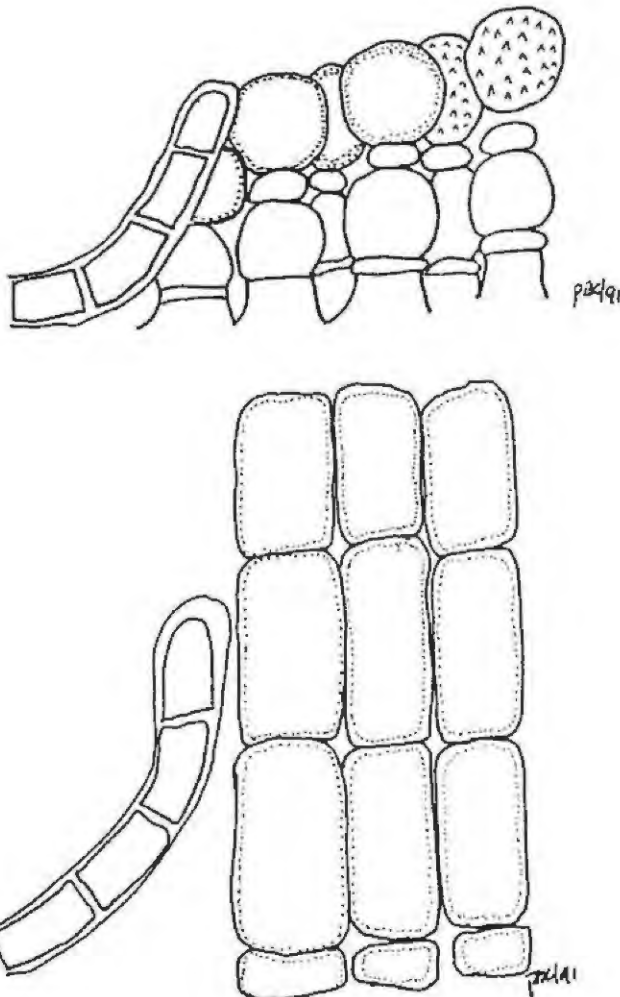


Figura 1. Representación esquemática del género *Arthuria*. Arriba el anamórfico: *Aeciure*; abajo el teliosoro. ca 1200x.

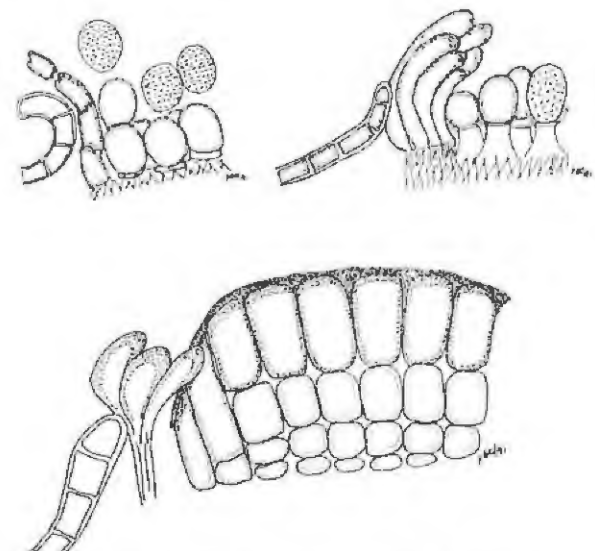


FIGURA 2. Representación esquemática del género *Nothoravenelia*. Arriba anamórfos; izquierda: *Caeoma*; Derecha: *Physopella*. Abajo: Teliosoro. ca. 1200X.

Distribución: especies en los trópicos y en zona templada. Sobre especies de las subclases Dileniidae y Rosidae. Ciclo de vida: Completamente expandido. Especies autóicas - dimórficas.

Observaciones: no se conocen especies de este género en el Neotrópico. Hasta el presente solo se conocen dos especies: una en el Japón y la otra en el Africa.

3. **UREDOPELTIS** Hennings, Ann. Mus. Congo Belge 2: 223. 1908.
Especie tipo: *Uredopeltis congensis* Hennings, Ann. Mus. Congo Belge 2: 223. 1908.
Tipo: sobre *Markhamia sp.* (Bignoniaceae) ZAIRE (como CONGO BELGA): Dembo, Ago. 1906. H. Vanderyst. S.
Anamórfo: II. *Malupa markhamiae* (Viennot-Bourgin) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.* = *Uredo markhamiae* Viennot-Bourgin, Bull. Soc. Mycol. Francia 67: 434. 1952.
Tipo: sobre *Markhamia lutea* Schumann (Bignoniaceae), COSTA DE MARFIL: Rocher de Seguela, 21 kms. E. de Seguela, Sep. 1951, G. Viennot-Bourgin. P.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen y *Physopella* Arthur. Teliosoro subepidermal en origen, desarrollándose erumpente por fuera del tejido del hospedante, formado por una masa de teliosporos unidos irregularmente, sin organización definida y varios en profundidad; teliosporos unicelulares, pigmentados; germinación después de reposo. Metabasidio externo. Figura 3.

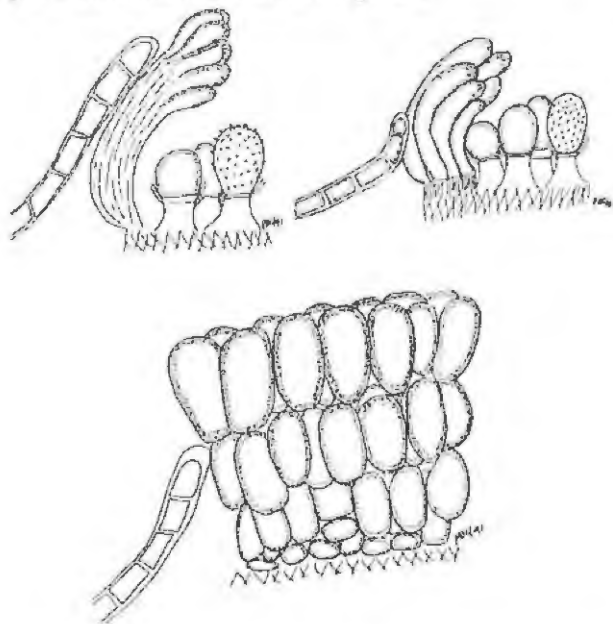


FIGURA 3. Representación esquemática del género *Uredopeltis*. Arriba anamórfos; izquierda: *Malupa*; derecha: *Physopella*. Abajo teliosoro, ca 1200X.

Distribución: especies eminentemente tropicales en Asia, Africa y America. Sobre especies de las subclases Dileniidae, Rosidae y Asteridae. Ciclo de vida: desconocido.

4. **KWEILINGIA** Teng, Sinensia 11: 124. 1940.
Especie tipo: *Kweilingia bambusae* (Teng) Teng, l. c.
= *Chrysomyxa bambusae* Teng, Sinensia 9: 226. 1938.
Tipo: sobre bambu (Bambusoideae) CHINA: Kwangsi, Yangso, 24 Mar. 1938, S.C. & K.L. Teng 3236. PUR.
Anamórfo: desconocido (no formado?).
= *DASTURELLA* Mundkur & Kheswalla, Mycologia 35: 202. 1943.

- Especie tipo: *Dasturella divina* (Sydow) Mundkur & Kheswalla. l. c. = *Angiopsora divina* Sydow, Ann. Mycol. 34: 71. 1936.
Tipo: sobre *Bambusa sp.* (Bambusoideae) INDIA: Majhawan, 5 En. 1935, R.N. Tandon 188. K.
Anamórfo: II. *Physopella inflexa* (Ito) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.* = *Uredo inflexa* Ito, Jour. Agr. Coll. Tohoku Imp. Univ. 3: 247. 1909.
Tipo: sobre *Sassa sp.* (Bambusoideae) TAIWAN (como FORMOSA): Daihoku, R. Susuki. = *TUNICOPSORA* Singh & Pandey, Trans. Br. Mycol. Soc. 56: 301. 1971.
Especie tipo: *Tunicopsora bagchii* Singh & Pandey, l. c.
Tipo: sobre *Dendrocalamus strictus* Nees (Bambusoideae) INDIA: Dehra Dun (Uttar Pradesh), New Forest, Jul. 1962, B.K. Bakshii. PUR.
Anamórfo: II. *Physopella bagchii* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*
Tipo: el mismo que para *Tunicopsora bagchii* Singh & Pandey.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfos en *Aecidium* Persoon y *Physopella* Arthur. Teliosoro subepidermal, erumpente, ruptura de la epidermis evidente, costriforme, con varias capas de esporos, coalescentes; teliosporos unicelulares, en cadenas, unidos lateralmente y basalmente, pigmentados; poros germinativos no vistos; metabasidio externo. Figura 4.

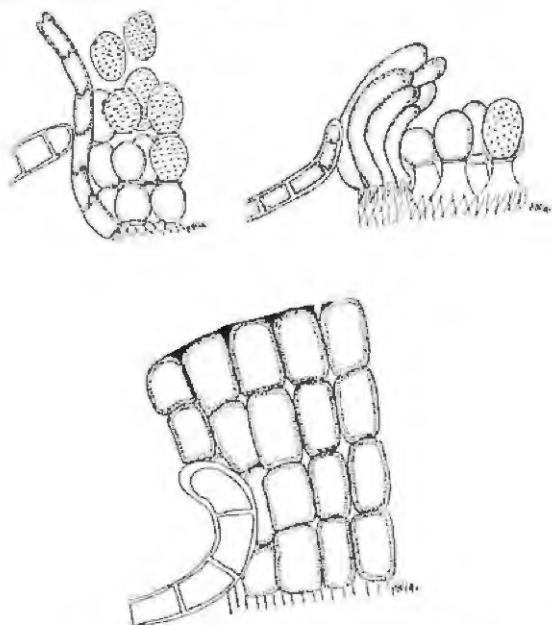


FIGURA 4. Representación esquemática del género *Kweilingia*. Arriba anamórfos; izquierda: *Aecidium*; derecha: *Physopella*. Abajo teliosoro, ca. 1200X.

Distribución: especies subtropicales y tropicales. Restringido a Monocotiledoneas, especialmente Poaceae y Costaceae, de la subclase Commeliniidae. Presente en Asia y Sur America. Ciclo de vida: especies heteróicas-dimórficas.

Observación: una especie sobre Costaceae, en Sur America será descrita más adelante.

5. **APLOPSORA** Mains, Amer. Jour. Bot. 8: 442. 1921.

Especie tipo: *Aplopsora nyssae* Mains, l. c.

Tipo: sobre *Nyssa aquatica* Linneo (Nyssaceae) U.S.A.: Mississippi, Jackson, 12 Nov. 1888, S.M. Tracy 1200. PUR.

Anamórfo: II. *Physopella nyssae* (Ellis & Tracy) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

Uredo nyssae Ellis & Tracy, Jour. Mycol. 6: 77. 1890.

Tipo: el mismo que para *Aplopsora nyssae* Mains.

Espermogonio en grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Aecidium* Persoon; *Macabuna* Buriticá & Hennen y *Physopella* Arthur. Teliosoro subepidermal en origen, cubierto por la epidermis, compuesto por una capa de teliosporos que presentan 2-3 en cadena hacia el centro; teliosporos unicelulares, hialinos de pared delgada; germinación *in situ* sin periodo de reposo; poro germinativo imperceptible si se ha diferenciado; metabasidio externo. Figura 5.

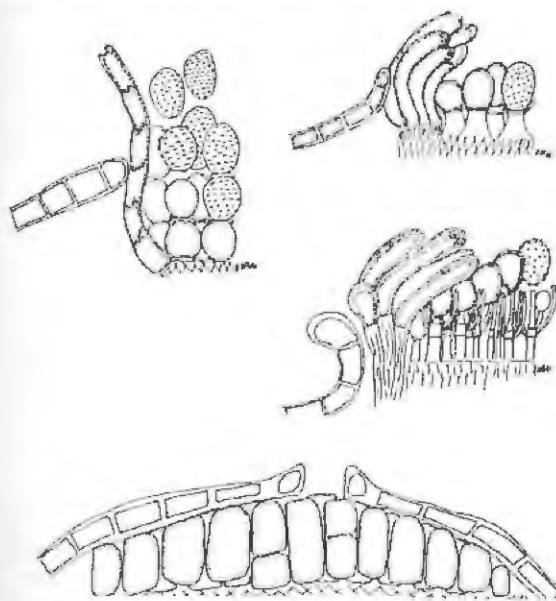


FIGURA 5. Representación esquemática del género *Aplopsora*. Arriba anamorfos; izquierda: *Aecidium*; centro: *Macabuna*; derecha: *Physopella*. Abajo: teliosoro. ca. 1200X.

Distribución: Asia, Norte y Sur America, con especies tropicales y subtropicales. Sobre especies de las subclases Magnoliidae, Hamameliidae, Rosidae y Asteridae. Ciclo de vida: solo de conoce en *Aplopsora dicentrae* y es completamente expandido, heteróico-dimórfico. Probablemente con especies autóicas,

Observación: con la descripción dada, se expande el concepto generico de *Aplopsora*, para dar cabida a las especies que presentan teliosoros con 1-3 esporos hialinos, en cadena hacia el centro del soro o en todo el soro.

6. **PUCINIOSTELE** Tranzschel & Komarov. En: Komarov, Arb. Nat. Ges. St. Peters. 30: 138. 1899. Especie tipo: *Pucciniostele mandschurica* Dietel, Ann. Mycol. 2: 21. 1904. = *Pucciniostele clarkiana* Komarov & Tranzschel, Arb. Nat. Ges. St. Peters. 30: 128. 1899. (como

Pucciniostele clarkiana (Barclay) Komarov & Tranzschel).

Tipo: no escogido específicamente. Dos colecciones originalmente citadas; sobre *Astilbe chinensis* Franchet & Savatier (Saxifragaceae) CHINA: en el margen de los rios Suifun y Siao Suifun, hacia Ninguta, 12 Jun.- 6 Jul., 1896, Komarov; Mandshuria, Prov. Chirin, 18-30 Ago. 1896, Komarov (Fungi Rossiae exsiccati 279, 280, respectivamente).

Anamórfo: I. *Caecoma mandschurica* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que se escoja para *Pucciniostele mandschurica* Dietel (los especímenes citados presentan todos los estados).

=*KLASTOPSORA* Dietel, Ann. Mycol. 2: 26. 1904. Especie tipo: *Klastopsora komarovii* Dietel, Ann. Mycol. 2: 24. 1904.

Tipo: el mismo que para *Pucciniostele mandschurica* Dietel.

Anamórfo: el mismo que para el anterior.

=*PHRAGMOSTELE* Clemens, Genera of Fungi p. 100. 1909.

Espermogonio en grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Caecoma* Link. Teliosporos primarios producidos como tetradas en la base del anamórfo maduro; teliosoro secundario producido en elrededor del anamórfo, subepidermal, cubiertos por la epidermis; teliosporos unicelulares, formando cadenas libres lateralmente; pared gruesa, pigmentada; germinación despues del reposo. Figura 6.

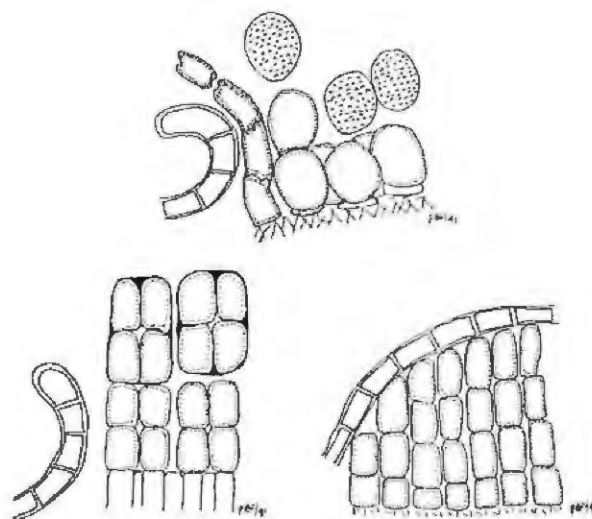


FIGURA 6. Representación esquemática del género *Pucciniostele*. Arriba, anamórfo: *Caecoma*. Abajo izquierda: teliosoro primario; derecha: teliosoro secundario. ca. 1200X.

Distribución: Asia. Sobre especies de la subclase Rosidae. Familia Saxifragaceae.

Ciclo de vida: parcialmente reducido. Especies autóicas- isomórficas en anamórfo, dimórficas en el estado de telio.

Observación: género aparentemente restringido al Asia y a la familia Saxifragaceae. Su principal

característica es la formación de dos tipos de teliosporos; unos en el anamórfo ya maduro y otros provenientes del mismo micelio en verdaderos teliosoros, alrededor de los ya formados.

La especie *Pucciniostele hashiokai* (Hiratsuka) Cummins (Mycologia 42: 790. 1950) sobre Vitaceae (*Ampelopsis sp.*) en China, considerada como miembro de este género, será la base para la descripción más adelante de un género nuevo, también dentro de la familia Phakopsoraceae.

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

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

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

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

Anamórfo: II. *Milesia punctiformis* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para *Phakopsora punctiformis* (Barclay & Dietel) Dietel.

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

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

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

Tipo: no designado. Propuesto por Arthur (l. c.) sobre *Croton capitatus* Michaux. (Euphorbiaceae) U.S.A.: Illinois, Oct. 1881, A.B. Seymour. PUR.

Anamórfo: I. II. *Milesia crotonis* (Cooke) Buriticá & Hennen, comb. anamorph. nov.

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

Tipo: sobre *Croton procumbens* Jacquin (Euphorbiaceae) U.S.A.: California, M. Edwards.

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

Especie tipo: *Angiopsora lenticularis* Mains, Mycologia 26: 127. 1934. Tipo: sobre *Lasiacis ruscifolia* (H.B.K.) Hitchcock & Chase (Gramineae) ECUADOR: Guayaquil, 31 Jul. 1920, E.W.D. & M.M. Holway 801. PUR. Anamórfo: II. *Physopella lenticularis* Cummins & Ramachar, Mycologia 50: 743. 1958.

Tipo: el mismo que para *Angiopsora lenticularis* Mains.

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

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

(=*Phakopsora glochidii* (H. & P. Sydow) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44: 508. 1917).

Tipo: sobre *Glochidion hoheneckeri* Beddome (Euphorbiaceae)

INDIA: Maharastra, Mahableshtar, Nov. 1965, A.V. Sathe. MACS.

Anamórfo: II. *Milesia glochidii* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para *Stakmania indica* Kamat & Sathe.

Espermogonio en grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Aecidium* Persoon; *Caeoma* Link; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen; *Physopella* Arthur; *Uredendo* Buriticá & Hennen; *Milesia* White y *Uredostilbe* Buriticá & Hennen. Teliosoro subepidermal, cubierto por la epidermis, formado por una costra de teliosporos compactados, de 2 ó más en profundidad, irregularmente arreglados, ocasionalmente y hacia la base apareciendo en cadenas; teliosporos unicelulares, sesiles, libres; pared pigmentada; un poro germinativo; germinación después del reposo; metabasidio externo. Figura 7.

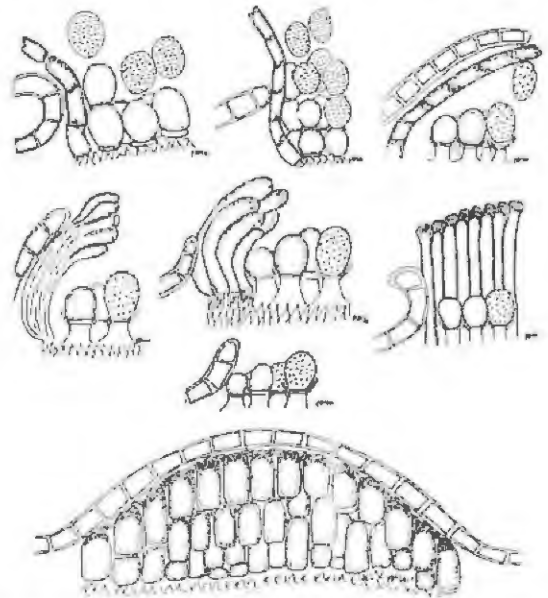


FIGURA 7. Representación esquemática del género *Phakopsora*. Anamórfo, primera línea: izquierda: *Caeoma*; centro: *Aecidium*; derecha: *Milesia*. Segunda línea: izquierda: *Malupa*; centro: *Physopella*; derecha: *Uredostilbe*. Tercera línea: *Uredendo*. Abajo: teliosoro, ca 1200X.

Distribución: principalmente tropical en América, África y Asia. Sobre especies de las subclases Magnoliidae, Hamameliidae, Dilleniidae, Rosidae y Asteridae de la clase Magnoliopsida y de las subclases Commelinidae, Zingiberidae y Liliidae de la clase Liliopsida.

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

Observación: es el género que le dio el nombre a la familia y es a su vez el que contiene el mayor número de especies y la distribución geográfica más amplia. Junto con *Ravenelia* se disputa el tercer lugar en número de especies, dentro del orden Uredinales, después de *Puccinia* y *Uromyces*.

8. **CROSSOPSORA** H. & P. Sydow, Ann. Mycol. 16: 243. 1918.

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

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

Tipo: no escogido. Colecciones originalmente citadas: sobre *Zizyphus oenopliae* Miller

(Rhamnaceae) INDIA: Madras, Godavari, Samalkot, 4 Feb. 1909, E.J. Butler 1594; Dacca, 16 Mar. 1910, A.L. Som (E.J. Butler 1492). Sobre *Zizyphus rugosae* Lamark (Rhamnaceae) INDIA: Dacca, 17 Mar. 1910, A.L. Som (E.J. Butler 1491). S.

Anamórfo: II. *Macabuna zizyphi* (Patouillard) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

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

Tipo: sobre *Zizyphus sp.*, (Rhamnaceae) VIET NAM: Tonkin. S., P.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Macabuna* Buriticá & Hennen; *Peridipes* Buriticá & Hennen; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen y *Physopella* Arthur. La mayoría de especies con anamórfo en *Malupa*, con soro profundo y parafisos largos; salientes por el poro; teliosoro subepidermal en origen, con tejido hifoide periférico o parafisos, erumpente en forma de columnas filiformes (como vellos), sin matrix gelatinosa; teliosporos unicelulares, pigmentados, en cadenas fuertemente unidas, con espacios intersticiales entre los esporos; poro germinativo unico; germinación sin reposo; metabasidio externo. Figura 8.

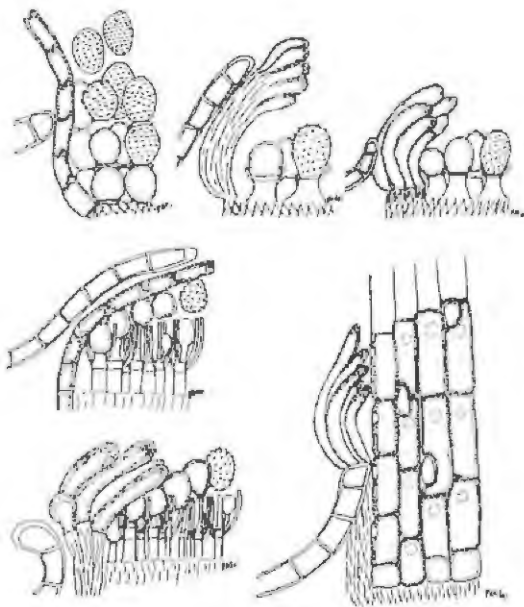


FIGURA 8. Representación esquemática del género *Crossopsora*. Arriba: izquierda, *Aecidium*; centro, *Malupa*; derecha, *Physopella*; segunda línea: izquierda, *Peridipes*; tercera línea, izquierda: *Macabuna*; derecha: teliosoro (cortado en el ápice), ca 1200X.

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

Ciclo de vida: completamente expandido y reducido; especies autóicas-isomórficas y dimórficas.

Observación: es la primera vez que se define el teliosoro con sus estructuras estériles en el interior. Estas características aportan más información para la definitiva separación de *Cronartium*.

9. **CEROTELIUM** Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 33: 30. 1906 (publicado como *Ceratelim*, posteriormente corregido, Bull. Torrey Bot. Club 33: 513. 1906).

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

Tipo: sobre *Canavalia ensiformis* de Candolle (Leguminosae) PUERTO RICO: Mayaguez, 16 Abr. 1904, G.P. Clinton 87. PUR. Anamórfo: I., II. *Milesia canavaliae* Ono, Buriticá & Hennen, Myc. Res. 96(10): 846. 1992.

Tipo: el mismo que para *Cerotelium canavaliae* Arthur.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Milesia* White; *Physopella* Arthur; *Malupa* Ono, Buriticá & Hennen y *Uredendo* Buriticá & Hennen. Teliosoro subepidermal en origen, posteriormente erumpente, cúpuliforme, con tejido hifoide alrededor; teliosporos unicelulares, sesiles, compactados en el soro, más de dos en profundidad, sin un arreglo definido, libres, ocasionalmente visibles en cadenas hacia la base del soro; pared delgada, hialina; germinación sin reposo; metabasidio externo. Figura 9.

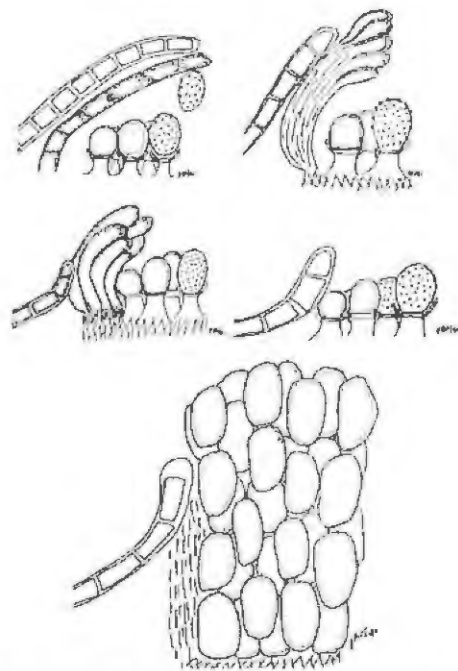


FIGURA 9. Representación esquemática del género *Cerotelium*. Arriba: izquierda: *Milesia*; derecha, *Malupa*; centro: izquierda: *Physopella*; derecha: *Uredendo*. Abajo: teliosoro, ca 1200X.

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

Ciclo de vida: Especies con ciclo no expandido, parcialmente expandido y completamente expandido; autóicas-isomórficas.

Observación: es el segundo género de la familia, en número de especies, amplitud de la distribución geográfica y rango de hospedantes. Fue el albergue de un

sinnúmero de especies de *Phragmidiella* en el tropico Americano, al confundirse la organización de los teliosporos en el soro.

10. **PHRAGMIDIELLA** Hennings, Engler's Bot. Jahrb. 38: 104. 1905.

Especie tipo: *Phragmidiella markhamiae* Hennings, l. c.

Tipo: sobre *Markhamia sansibarensis* Schumann (Bignoniaceae) TANZANIA (Africa Oriental Alemana, 1905): Usambara, Estepa de Makinguni, En. 1903, Zimmerman 180.

Anamórfo: II. *Macabuna markhamiae* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para *Phragmidiella markhamiae* Hennings.

=*MEHTAMYCES* Mundkur & Thirumalachar, Mycologia 37: 620. 1945.

Especie tipo: *Phakopsora stereospermi* Mundkur, Mycologia 35: 542. 1943.

Tipo: sobre *Stereospermum suaveolens* Wall (Bignoniaceae) INDIA: Nagpur, 17 Sep. 1922, R.T. Pearl.

Anamórfo: II. *Macabuna stereospermi* (H. & P. Sydow) Buriticá & Hennen, comb. anamorph. nov. =*Uredo stereospermi* H. & P. Sydow, Ann. Mycol. 13: 37. 1915.

Tipo: sobre *Stereospermum chelonioides* (Linneo) de Candolle (Bignoniaceae) SRI LANKA (Ceylan): Peradeniya, 8 Jul. 1913, T. Petch.

=*SANTAPAUCELLA* Mundkur & Thirumalachar, Mycologia 37: 625. 1945.

Especie tipo: *Santapauella heterophragmae* Mundkur & Thirumalachar, l. c. p. 627.

Tipo: sobre *Heterophragma roxburghii* de Candolle (Bignoniaceae) INDIA: Bangalore, Lalbagh, 8 Sep. 1944, M.J. Thirumalachar & B.B. Mundkur.

Anamórfo: II. *Macabuna heterophragmae* Buriticá & Hennen, nom. anamorph. nov.

Tipo: el mismo que para *Santapauella heterophragmae* Mundkur & Thirumalachar.

=*JACKSONIELLA* Kamat & Sathe. En: Sathe, Indian Phytopathology 25: 78. 1972 (no Lindquist, Rev. Fac. Agronomia La Plata 47: 304. 1971) nom. nudum.

Especie tipo: *Jacksoniella holwayi* (Jackson) Kamat & Sathe, l. c.

=*Cerotelium holwayi* Jackson, Mycologia 24: 86. 1932.

Tipo: sobre Bignoniaceae, BRASIL: Rio de Janeiro, Jacarepagua, 16 Nov. 1921, E.W.D. Holway 1315. PUR.

Anamórfo: II. *Macabuna arrabideae* (Hennings) Buriticá & Hennen, comb. anamorph. nov.

=*Uredo arrabideae* Hennings, Hedwigia 35: 250. 1896.

Tipo: coleccion original sobre *Arrabidaea subsericea* de Candolle, BRASIL: Rio de Janeiro, Sep. 1887, E. Ule 692.

=*THIRUMALACHARIELLA* Sathe, Indian Phytopathology 27: 617. 1974 (nombre propuesto para reemplazar a *Jacksoniella* Kamat & Sathe).

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Macabuna* Buriticá & Hennen, siendo el mismo cuando esta asociado con espermogonio ó teliosoro (isomórfico). Teliosoro subepidermal, erumpente desde temprano, cupuliforme, compuesto por teliosporos en cadenas compactadas; teliosporos unicelulares, formando cadenas, libres lateralmente, sesiles, hialinos; pared delgada; poros germinativos no diferenciados; germinación sin reposo involucrando todo el probasidio. Figura 10.

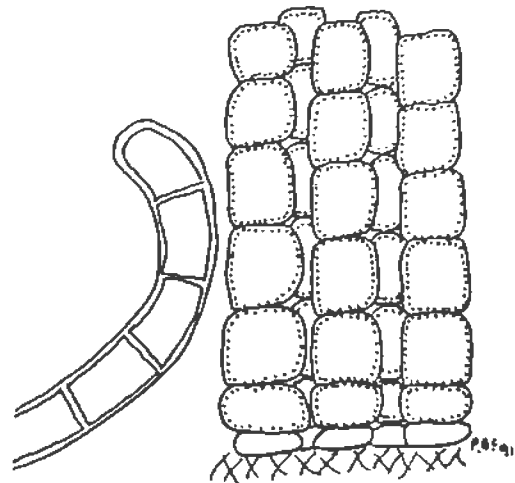
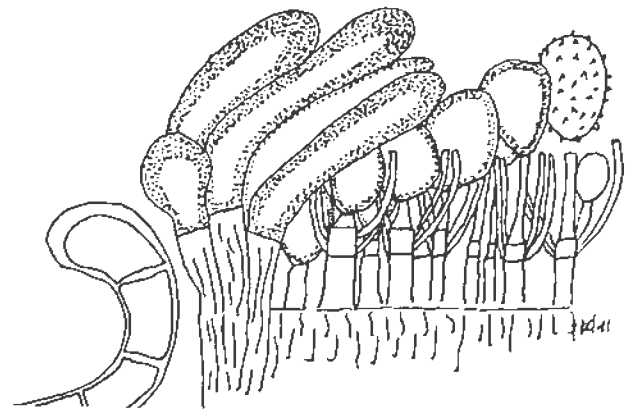


FIGURA 10. Representación esquemática del género *Phragmidiella*. Anamórfo *Macabuna*, arriba. Teliosoro abajo, ca 1200X.

Distribución: tropical, sobre especies de las subclases Dilleniidae, Rosidae y Asteridae.

Ciclo de vida: parcialmente expandido, completamente expandido; especies autócticas-isomórficas.

Observación: gran cantidad de sus especies en el Continente Americano fueron descritas dentro del género *Cerotelium*, dado el poco conocimiento que se tenía de este género.

11. **CATENULOPSORA** Mundkur. En: Mundkur & Thirumalachar, Ann. Bot. N. Serie 7: 216. 1943.

Especie tipo: *Catenulopsora flacourtia* Mundkur & Thirumalachar, l. c. p. 217.

Tipo: sobre *Flacourtia sepiaria* Roxburg

(Flacourtiaceae) INDIA: Bangalore, Yashvantur, 28 Dic. 1940, M.J. Thirumalachar.

Anamórfo: II. *Macabuna uguressae* (Petch) Buriticá & Hennen, *comb. anamorph. nov.*

=*Uredo uguressae* Petch, Ann. Royal Bot. Gard. Peradeniya 4(5): 303. 1909.

Tipo: no designado, colecciones citadas: sobre *Flacourtia ramontchii* L'Heritier y *Flacourtia sp.*

(Flacourtiaceae) SRI LANKA (Ceylan): Petch.

=*NEWINIA* Thuang, Mycologia 45: 702. 1973.

Especie tipo: *Newinia heterophragmae* Thuang, l. c. p. 703.

Tipo: sobre *Heterophragma sulfureum* Kuntze (Bignoniaceae) BURMA: Mandatoy, Sedawgale, 2 May. 1971, M.M. Thuang. PUR.

Anamórfo: II. *Macabuna thaungae* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para *Newinia heterophragmae* Thuang.

Espermogonio en el grupo VI (Hiratsuka & Hiratsuka, 1980). Anamórfo en *Macabuna* Buriticá & Hennen, siendo el mismo cuando esta asociado con espermogonio ó con teliosoro (isomórfico). Teliosoro no formado ó subepidermal en origen, erumpente y expuesto desde temprano, compuesto por cadenas laxas de teliosporos; teliosporos libres en el anamórfo o reunidos

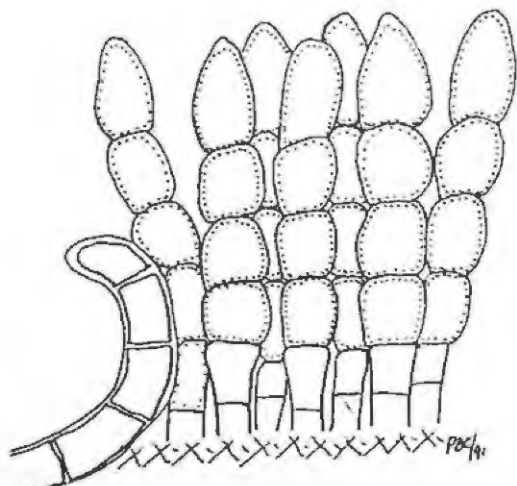
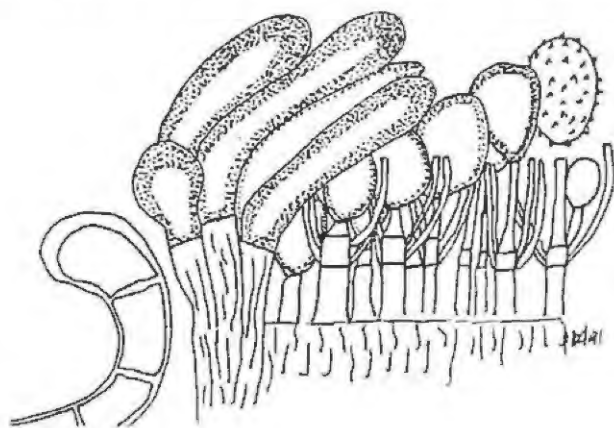


FIGURA 11. Representación esquemática del género *Catenulopsora*. Anamórfo, *Macabuna*, arriba; Teliosoro abajo. ca 1200X.

formando el teliosoro; unicelulares, formando cadenas libres lateralmente, celula (esporo) basal alargada, pigmentados; poros germinativos uno ó varios; germinación sin reposo; metabasidio externo. Figura 11.

Distribución: tropical sobre especies de las subclases Dilleniidae y Asteridae. Ciclo de vida: parcialmente y completamente expandido, especies autóctas-isomórficas.

Observación: se propone reinstaurar este género que había sido considerado como sinónimo de *Phragmidiella*. La celula basal (esporo) alargada lo diferencia claramente de este último.

12. *SCALARISPORA* Buriticá & Hennen, *gen. nov.* Especie tipo: *Scalarispora hashiokai* (Hiratsuka) Buriticá & Hennen, *comb. nov.*

=*Cerotelium hashiokai* Hiratsuka, Jour. Japanese Bot. 13(4): 248. 1937.

=*Pucciniostele hashiokai* (Hiratsuka) Cummins, Mycologia 42: 790. 1950.

Tipo: sobre *Ampelopsis cantoniensis* Planch. (Vitaceae) TAIWAN (Formosa): Taichu, Gojyo, 29 Dic. 1932, Y. Hashioka 218. PUR.

Anamórfo: II. *Physopella hashiokae* Buriticá & Hennen, *nom. anamorph. nov.*

Tipo: el mismo que para *Cerotelium hashiokai* Hiratsuka.

Spermogonia ad huc ignotis. Anamorphis in Physopella Arthur. Soris teleutosporiferis amphiginis, plerumque epiphyllis, primo ceraceis tandem pulverulentis; teliosporis unicellularibus, conjunctis catenatis 5-9, catenas liberis lateralibus et basalibus, apedicelatis; (3-) 4 poros germinationis; pariete flavidi, incrassata; metabasidii exteriorii.

Espermogonio desconocido. Anamórfo en *Physopella* Arthur. Teliosoro anfigineo, principalmente epiflo, inicialmente ceroso, posteriormente pulverulento; teliosporos unicelulares, 5-9 unidos en cadenas (parecido a una escalera), cadenas libres lateralmente y en la base, apediceladas; (3-) 4 poros germinativos; germinación después del reposo; metabasidio externo. Ilustración en Cummins & Hiratsuka, 1983, p. 38.

Distribución: conocida únicamente una especie en Asia (Taiwan), sobre especies de *Ampelopsis* (Vitaceae).

Ciclo de vida: desconocido.

Observación: se separa de *Pucciniostele* Tranzschel & Komarov, porque produce un solo tipo de teliosporo y porque su anamórfo es del tipo *Physopella* Arthur. Se separa de *Phragmidiella* Hennings, por la union fuerte de sus teliosporos que se liberan para funcionar como una unidad de diseminación. Es distinto de *Catenulopsora* Mundkur, por el caracter sesil de la cadena de teliosporos.

Es el único género de la familia Phakopsoraceae en el cual los esporos unidos en cadenas, se liberan del hospedante y funcionan como una unidad de diseminación.

LITERATURA CITADA

- ARTHUR, J.C. 1925. Uredinales. N. Am. Flora 7. 730 pp.
- ARTHUR, J.C. 1934. Manual of rusts in the United States and Canada. Purdue Res. Foundation, Lafayette. U.S.A., 438 pp.
- BURITICA, P. & J.F. HENNEN. 1980. Puccinosiirae (Uredinales-Pucciniaceae). Flora Neotropica monografía 24.
- CLEMENS, F.E. & C.L. SHEAR. 1931. The genera of fungi. H.W. Wilson Co., New York. 496 pp.
- CUMMINS, G.B. & M.J. THIRUMALACHAR. 1953. *Pucciniostele*, a genus of rust fungi. Mycologia 45: 572-578.
- CUMMINS, G. B. & P. RAMACHAR. 1958. The genus *Physopella* (Uredinales) replaces *Angiopsora*. Mycologia 50: 741-744.
- CUMMINS, G.B. & Y. HIRATSUKA. 1983. Illustrated genera of rust fungi. The American Phytopathological Soc. U.S.A., St. Paul. 152 pp.8. DIETEL, P. 1900. Uredinales. Die Nat. Pflanzenfamilien. Engler & Prantl 1(1): 24-81; 546-553.
- DIETEL, P. 1928. Reihe Uredinales. Die Nat. Pflanzenfamilien. Engler & Prantl 6: 24-98.
- HENNEN, J.F., M.B. FIGUEIREDO, C.P. PIMENTEL & O.M.R. RUSSOMANNO. 1984. The life cycle and taxonomy of *Puccinia pampeana* Speg. and *Endophyllum pampeanum* (Speg.) Lindq. on *Capsicum spp.* and other Solanaceae. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 22: 209-220.
- HIRATSUKA, N. 1927. A contribution to the knowledge of the Melampsoraceae of Hokkaido. Japanese Jour. Bot. 3(4): 289-322.
- 1975. Recent controversies and the terminology of the rust fungi. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 12: 99-101.
- HIRATSUKA, Y. & G. B. CUMMINS. 1963. Morphology of spermogonia of the rust fungi. Mycologia 55: 487-507.
- HIRATSUKA, Y. & N. HIRATSUKA. 1980. Morphology of spermogonia and taxonomy of rust fungi. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 18: 257-268.
- HOLM, L. 1973. Some notes on rust terminology. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 10: 183-187.
- INTERNATIONAL CODE OF BOTANICAL NOMENCLATURE. 1988. International Association for plant taxonomy. Koeltz Sc. books. Alemania. 93 pp.
- LAUNDON, G.F. 1963. *Uredopeltis* (Uredinales). Trans. British. Mycol. Soc. 46: 503-504.
- MAINS, E.B. 1934. The status of the genus *Schroeteriaster*. Ann. Mycol. 32: 256-259.
- ONO, Y., P. BURITICA & J.F. HENNEN. 1992. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. Myc. Res. 96(10): 825-850.
- PETERSON, R.S. 1973. Studies of *Cronartium* (Uredinales). Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japón) 10: 203-223.
- SYDOW, H. & P. 1915. Monographia Uredinearum. Vol. 3. 726 pp.
- THIRUMALACHAR M.J., M.J. NARASHIMHAN & K.S. GOPALKRISHNAN. 1947. Morphology of spore forms and heteroecism of the giant bamboo rust, *Dasturella divina*. Bot. Gaz. 108: 371-379.
- THIRUMALACHAR, M.J. & B.B. MUNDKUR. 1949. Genera of rusts I- II. Indian Phytopathology 2: 65-101; 193-244.
- THIRUMALACHAR, M.J. & M.J. NARASIMHAM. 1951. Critical notes on some plant rusts-III. Sydowia 5: 476-483.
- VANKY, K. 1987. Illustrated genera of smut fungi. Cryptogamic studies Vol. 1. Gustav Fisher Verlag. 159 pp.

POSICION SISTEMATICA DE UN REPTIL MARINO CON BASE EN LOS RESTOS FOSILES ENCONTRADOS EN CAPAS DEL CRETACICO SUPERIOR EN YAGUARA (HUILA)*

por

María Eurídice Páramo**

Resumen

Páramo, M.E.: Posición sistemática de un réptil marino con base en los restos fósiles encontrados en capas del Cretácico Superior en Yaguará (Huila). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 63 - 80. 1994. ISSN 0370-3908.

Se da a conocer el primer hallazgo de restos fósiles de mosasaurio en Colombia. Estos restos (un cráneo articulado, algunas vértebras y costillas) se definen como un nuevo género y especie de la tribu Plioplatecarpini, *Yaguarasaurus columbianus*. Los restos fueron encontrados en un banco de calizas (Turoniano Superior) de la Formación Villeta, en cercanías de la población de Yaguará, Huila. Se presenta una descripción detallada de dichos restos y un breve análisis del hallazgo.

Abstract

The first mosasaur of Colombia is reported. The remains (an articulated skull, some vertebrae and ribs), are defined as a new genus and species of the Plioplatecarpini tribe, *Yaguarasaurus columbianus*. These remains were collected from a layer of limestone (Upper Turonian) of the Villeta Formation, in the surroundings of the village of Yaguará, Huila. A careful description of the fossil remains and a brief analysis of the finding is presented.

Introducción

Como resultado del hallazgo de restos fósiles de vertebrados en capas del Cretácico Superior aflorantes al suroeste de Neiva, departamento del Huila, se ha despertado la necesidad de desarrollar el conocimiento y estudio de los vertebrados cretácicos

de Colombia. Como iniciación a este propósito se realizó el estudio de los restos de un réptil marino encontrado en cercanías de la población de Yaguará (Fig. 1). El fósil fue hallado sobre el lecho de la quebrada El Ocal (Figs. 2 y 3) en donde afloran capas con rumbo N-S y dirección de buzamiento hacia el Este, con un ángulo de inclinación de 45°. Debido a este hecho, sólo fue posible la extracción de la parte del fósil que quedó expuesta a la erosión. Así, de acuerdo con su posición en continuidad con la parte extraída, es altamente probable que todo el esqueleto se encuentre allí preservado.

* Investigación realizada en la Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, con la colaboración de la División de Paleontología de Vertebrados del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, Argentina.

** Apartado 250703, Santafé de Bogotá Z.P.8
Colombia.

Dicho réptil corresponde a un miembro de la familia de lagartos marinos Mosasauridae, caracte-

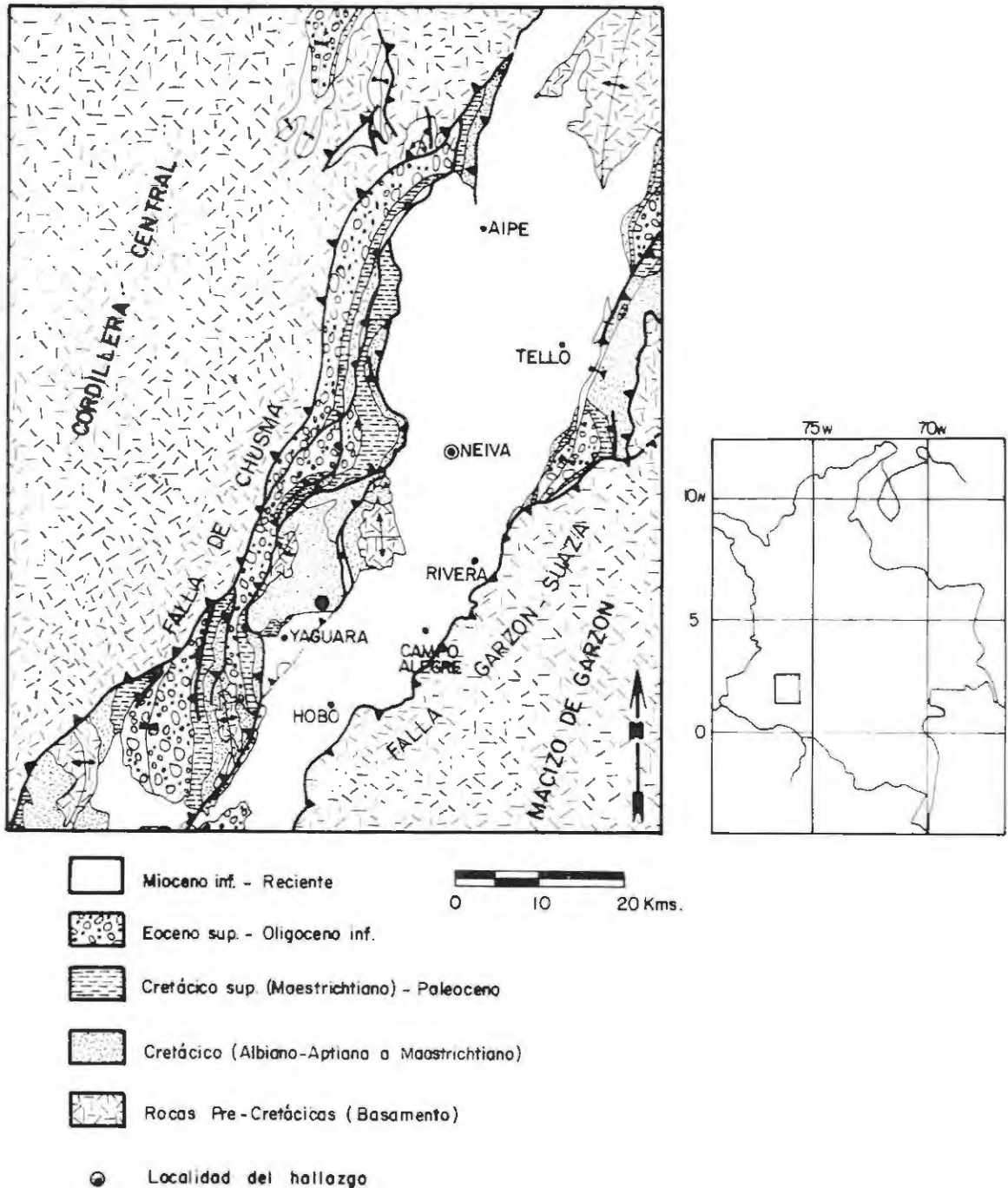


Figura 1. Localización y mapa geológico del Valle Superior del Magdalena. (Adaptado de Butler y Shamel, 1987).

rística del Cretácico medio y superior, de distribución mundial, pero que en América del Sur se conocía sólo a través de escasos restos aislados (Price, 1957; Pierce y Welles, 1959; Bonaparte, 1978; Ameghino, 1918). El nuevo mosasaurio descubierto en Yaguará, un cráneo, algunas vértebras y fragmentos de costillas, es ahora el más completo material conocido en Suramérica.

Los mosasaurios constituyen una familia de lagartos extintos que, por sus características craneanas, se ha situado dentro del grupo de los varanoideos. Fueron lagartos marinos de gran tamaño, llegando a medir hasta 8 m de largo. Además fueron grandes predadores. Su distribución temporal abar-

ca del Cenomaniano al Maestrichtiano (Piveteau, 1955; Russell 1967), lapso en el cual alcanzaron una gran diversidad genérica.

Russell (op. cit.) indica que los rasgos sedimentológicos de las rocas cretácicas en que se han encontrado restos de mosasaurios en América del Norte y otras partes del mundo, al igual que el hallazgo aquí descrito, sugieren que este grupo de reptiles habitó aguas marinas neríticas (fondos sublitorales).

El esqueleto postcraneano de los mosasaurios, particularmente la reducción de las cinturas y la modificación de los miembros, indican un alto gra-



Figura 2. Afloramiento con los restos fósiles del mosasaurio.

do de adaptación a la vida marina, lo cual, probablemente, permitió que estos reptiles se movilizaran bordeando las costas.

El material de mosasaurios fósiles más abundante y mejor estudiado se ha encontrado en Norteamérica, Francia, Bélgica, Inglaterra y Suiza, y en el resto del mundo los ejemplares hallados están incompletos (Russell, op. cit., pp. 190-191). Por esto, dice Russell, no es posible establecer la paleozoología y evolución de los mosasaurios.

Sistemática

Clase REPTILIA
 Superorden LEPIDOSAURIA
 Orden SQUAMATA
 Suborden LACERTILIA
 Infraorden DIPLOGLOSA
 Superfamilia PLATYNOTA
 Familia MOSASAURIDAE Gervais, 1811
 Subfamilia PLIOPATECARPINA (Dollo, 1884)
 Williston, 1897
 Tribu PLIOPATECARPINI (Dollo, 1884)
 Russell, 1967

Yaguarasaurus gen. nov.

Especie tipo: *Yaguarasaurus columbianus*

Diagnosis. Es un miembro de la tribu Plioplatecarpini con la región parietal bien desarrollada. Parietal de ramas suspensorias anchas que se proyectan desde debajo de una amplia superficie dorsal anterior triangular. Dicha superficie se proyecta anterolateralmente entre el frontal y el proceso posteromedial del postorbitofrontal y hacia atrás forma una lámina angosta que se extiende hasta el borde occipital. Premaxilar sin rostro anterior a los dientes premaxilares. El prefrontal forma una pequeña porción del borde posterolateral de las narinas externas. Prefrontal y postorbitofrontal separados en el techo de la órbita. Frontal sin cresta dorsal. Foramen parietal pequeño y ubicado totalmente en el parietal. Escamoso sin proyección hacia el parietal. Proótico con cresta otosfenoidal bien desarrollada cubriendo lateralmente la salida para el nervio VII. Proceso suprastapedial del cuadrado moderadamente grande y separado del proceso infrastapedial. Proceso infrastapedial bien desarrollado y marcadamente separado del inicio del ala timpánica. Foramen stapedia elíptico y ubicado dentro de una cuenca. Axis con la superficie articular para la hipoapófisis orientada posteroventralmente y de contorno circular. Vértex cervicales y dorsales anteriores con zigantros y zigósfenos bien desarrollados.

Etimología. *Yaguará* nombre de la tribu indígena que habitó la localidad donde fue encontrado el espécimen. *Saurus*, del griego *sauros*, "lagarto".

Yaguarasaurus columbianus sp. nov.

Holótipo: BRV-68 (Colecciones paleontológicas del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá), cráneo y mandíbula incompleta, atlas, axis, primera vértebra cervical, dos vértebras dorsales anteriores y fragmentos de costillas.

Diagnosis: La misma del género por monotipia.

Etimología: *Columbia*, nombre latinizado de Colombia, país de donde proviene el espécimen.



Figura 3. Cráneo en el afloramiento

Procedencia geográfica: Quebrada El Ocal, municipio de Yaguará, Departamento del Huila, Colombia (Fig. 1).

Procedencia estratigráfica y cronológica: Formación Villeta (Beltrán & Gallo, 1967) (Fig. 4). Piso: Turoniano superior (Etayo-Serna, com. verb., publicación en preparación).

Coletores: Encontrado por los entonces estudiantes de geología *J. Buitrago, R. Ramírez & C. Villamizar*, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, durante el curso "Geología de Campo IV", en junio de 1989.

Descripción

Cráneo

Los premaxilares conforman en un solo elemento la parte anterior del hocico, no acuminado, de bordes suaves y sin proyección anterior a los dientes (Fig. 11). Lateralmente se une a los maxilares con una sutura que nace a la altura del espacio interalveolar entre el segundo y tercer alvéolo, dirigiéndose hacia arriba y atrás en un suave arco hasta el margen anterior y externo de la narina. Dorsalmente se proyecta hacia atrás formando la barra internarial, conformando 4/5 de la longitud total

de ésta (Figs. 5 y 9). No es posible determinar si existen restos de nasales.

Ninguno de los maxilares ha conservado su extremo posterior. El margen dental de los maxilares es ventralmente recto y en la superficie lateral, paralela a este borde, poseen una hilera de forámenes (Figs. 11 y 12A). La cara interna del maxilar que se observa a través de las narinas externas, es fuertemente cóncava y forma lingitudinalmente el piso de la narina (Figs. 5 y 9). La mitad anterior está ampliamente sobrelapada por el septomaxilar, más que en *Plotosaurus bennisoni* Camp 1942 (*Kolposaurus bennisoni* en Camp 1942, p. 29) (Figs. 9 y 12B). Como los maxilares están incompletos, es imposible conocer el número exacto de alvéolos y dientes. Del izquierdo se conservan 13 y del derecho 12. Debido a la proximidad del yugal se deduce que el maxilar no pudo ser mucho más extenso, por lo cual el número de alvéolos no debió sobrepasar los 14 ó 15. Los alvéolos son subcirculares, de aproximadamente 2,5 cm de diámetro y su tamaño se conserva aproximadamente uniforme a lo largo del maxilar a excepción de la parte más anterior en donde son más pequeños (Figs. 6 y 10).

Los prefrontales conforman lateralmente, junto con los lagrimales, la cuenca anterior de las órbitas. Dorsalmente muestran una superficie que se

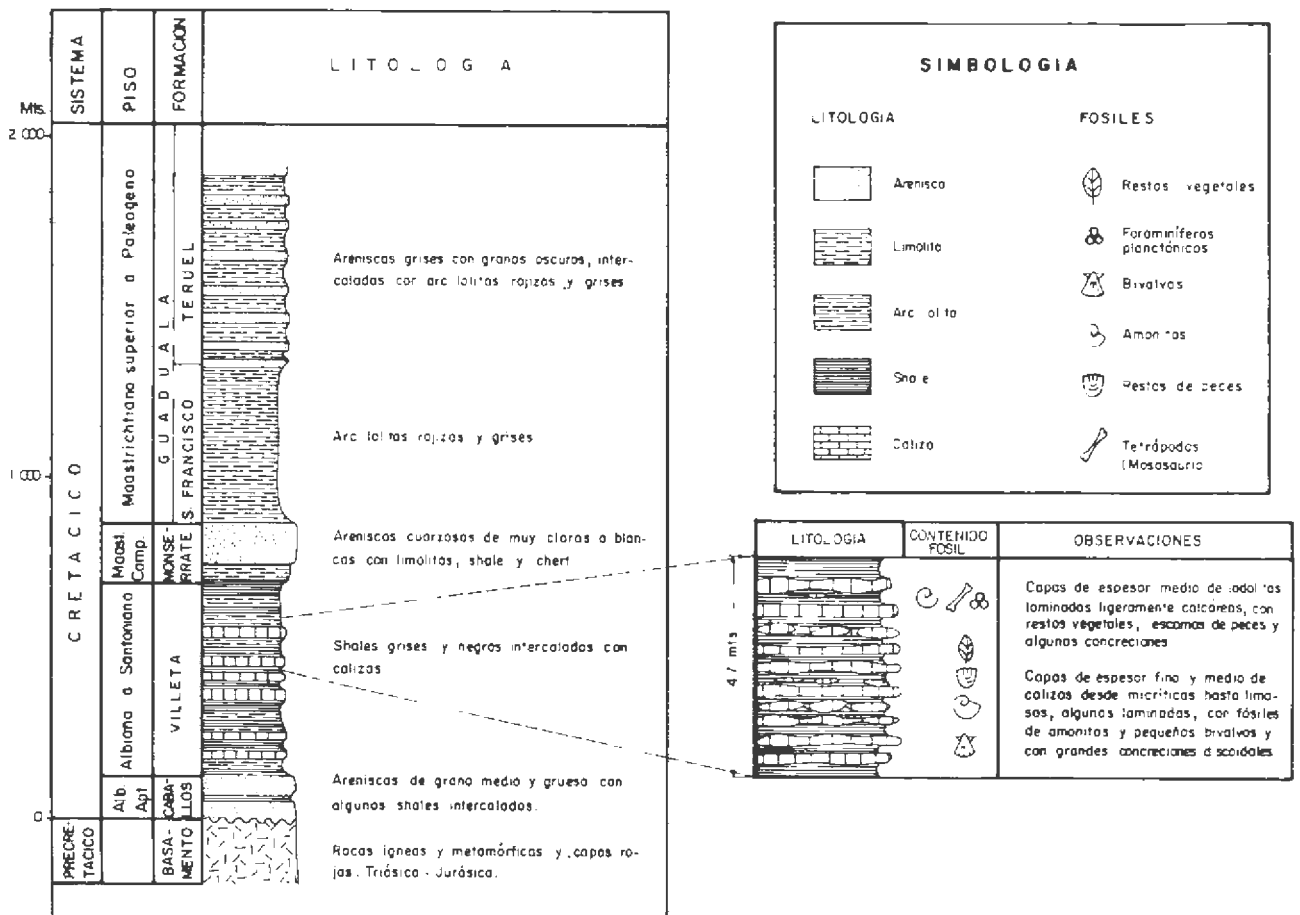


Figura 4. Columna generalizada de las unidades cretácicas del Valle Superior del Magdalena con la ubicación de los restos fósiles estudiados. (Adaptado de Beltrán & Gallo, 1968).

extiende hacia el rostro, formando una pequeña porción del borde posterolateral de las narinas externas (Figs. 5 y 9). En su parte posterior se comprimen dorsoventralmente formando un ala supra-orbital poco extendida. Por debajo de esta ala el prefrontal desciende en una lámina lateral que, en su parte posterior se curva medialmente haciendo contacto con el palatino y formando, junto con éste, la pared anterior de la órbita. El prefrontal no hace contacto con el postorbitofrontal en el techo de la órbita.

Los frontales fusionados, forman una superficie dorsal alargada, triangular adelante y rectangular atrás (Fig. 5). El vértice anterior constituye la porción posterior de la barra internarial limitando con el premaxilar. Posteriormente limita con el parietal por medio de una sutura casi recta, lo que proporciona una unión móvil. Lateralmente forma el borde superior de las órbitas en forma recta y paralela al eje longitudinal del cráneo. Dorsalmente es plano, sin cresta central aunque presenta una suave cuenca medial en la parte de atrás.

El parietal (Figs. 5 y 9) forma una gran superficie triangular en su parte dorsal anterior. El vértice posterior de este triángulo no se cierra sino que se proyecta hacia atrás, en forma de una tabla angosta hasta el borde occipital en donde se expande levemente. Este borde presenta una muesca semicircular central limitada por dos pequeñas proyecciones posteriores. En la sutura con el frontal, los dos vértices anteriores se extienden anterolateralmente entre el frontal y el proceso posteromedial del postorbitofrontal en forma muy similar a como ocurre en los varánidos y aigialosaurios (Russell, 1967, p. 193; Goodrich, 1958, Fig. 363; Carroll & Debraga, 1992). Este rasgo llama la atención dado que Russell lo toma como un carácter de los varánidos que los diferencia de los mosasaurios. El foramen parietal, de pequeño tamaño, se ubica en el centro de la superficie triangular. Las ramas posteriores del parietal se inician anteriormente bien por debajo de la tabla triangular, se proyectan hacia atrás y afuera comprimidas dorsoventralmente y muestran una amplia superficie para la inserción muscular. Estas ramas se unen posteriormente con el escamoso y el supratemporal sin que alguno de ellos forme, dorsalmente, parte de la rama suspensoria. Sin embargo, el supratemporal se proyecta hacia el parietal pero este último lo cubre tanto dorsal como ventralmente (Fig. 8) de tal forma que impide cualquier tipo de movimiento vertical entre los dos huesos. La región parietal constituye una tercera parte de la longitud total del cráneo.

Los postorbitofrontales envuelven la unión frontal-parietal mostrando un amplio contacto con el parietal (Figs. 5 y 9). Posteriormente el postorbitofrontal se apoya sobre el escamoso y lateralmente desciende sobre la rama vertical del yugal traslapándola (Figs. 7 y 11).

De los yugales se conserva la mayor parte del derecho y del izquierdo sólo la barra postorbital. El yugal derecho tiene forma de "L" y muestra una protuberancia bien desarrollada en el extremo posterior de la rama horizontal (Fig. 11).

En los cuadrados (Fig. 13) se han conservado osificados la extracolumela y el opérculo timpánico (Camp, op. cit. Fig. 22), (Fig. 15A). El cóndilo para la articulación con la mandíbula es transversal al eje sagital del cráneo y muestra dos cabezas subiguales poco pronunciadas, la interna convexa y la externa ligeramente cóncava. El proceso suprastapedial se extiende hasta más abajo de la mitad del cuerpo del hueso y se encuentra separado del proceso infrastapedial por un espacio de 1 cm. El proceso infrastapedial está bien desarrollado y lateralmente muestra una pequeña protuberancia que forma el inicio de la cresta timpánica. El foramen stapedia se encuentra ubicado dentro de una cuenca.

El supraoccipital, en su cara occipital, es rectangular, angosto, con el borde inferior ligeramente cóncavo y en el medio del cuerpo tiene una cresta vertical que determina cuencas a ambos lados (Fig. 8). La sutura con el parietal es dentada.

El opistótico se compone de dos procesos, uno transversal, aliforme que se expande lateralmente formando el proceso paraoccipital del opistótico y el otro, corto y descendente, forma la pared lateral del foramen magno en donde se encuentra un foramen único para la salida de los nervios X, XI y XII, cubierto por una cresta (Fig. 8).

El basioccipital conforma el cóndilo, más ancho que alto (Fig. 8). Ventralmente (Figs. 6 y 10) este hueso es muy corto, más corto que ancho, con un reducido cuello que lo separa del cóndilo propiamente dicho. La sutura con el basiesfenoides es recta y levemente cóncava.

El cuerpo del basiesfenoides es rectangular, con dos procesos lateroposteriores que se apoyan en los procesos pendulosos del basioccipital, y otros dos lateroanteriores denominados procesos basipterigoideos que se unen a los pterigoides (Fig. 6). El centro del cuerpo se estrangula ligeramente y en su mitad posterior posee dos crestas convergentes que determinan tres cuencas.

En los proóticos (Figs. 7 y 11) el proceso al basiesfenoides es medialmente comprimido y tiene una cresta otosfenoidal bien desarrollada que delimita una cuenca interna en donde se aloja profundamente el pequeño foramen para la salida del nervio VII (Camp, 1942, Fig. 15; Russell, 1967 Fig. 12; Welles & Gregg, 1971, Fig. 51).

Los supratemporales, cuya forma general es la de una "C" orientada hacia adelante, forman un puente entre el proceso posterior del proótico y el extremo posterior del escamoso junto con la rama

posterior del parietal (Fig. 8). Esta última cubre ventral y dorsalmente el extremo dorsal del supra-temporal.

Los dos pterigoides se encuentran parcialmente erodados (Figs. 6 y 10). Se extienden desde los palatinos, donde están unidos el uno al otro y, desde aproximadamente la mitad de su extensión total, se abren proyectándose hacia atrás hasta hacer contacto con los cuadrados. Su extremo anterior es acuminado y se proyecta entre los palatinos. No se ha conservado ningún indicio de la presencia de dientes en los pterigoides.

El ectopterigoides derecho se ha conservado completo (Fig. 6). Es un hueso corto, de forma subtriangular, que muestra una rama notablemente alargada hacia adelante haciendo contacto con el yugal.

Los palatino-vomer delimitan ventral y medialmente las narinas internas, las cuales son alargadas y angostas (Figs. 6 y 10). Estos huesos conforman una delgada barra, por debajo del premaxilar (Fig. 12B), hasta la unión de los vómeres con el premaxilar a la altura del segundo alveolo maxilar.

El septomaxilar es una lámina delgada que se apoya sobre el maxilar (Fig. 12B) formando anteriormente el piso de las narinas. Desde la mitad de las narinas y hacia atrás se comprime y forma parte de la pared de la barra internarial, cubriendo el palatino-vómer. De esta manera se extiende hacia atrás hasta la unión del frontal y el premaxilar.

La rama mandibular derecha conserva casi toda la porción dorsal del dentario, con 14 alvéolos y dientes (Fig. 7). Se ha conservado el proceso posterior del coronoides, la parte dorsal del suprangular que forma la parte anterior de la fosa glenoidea y muestra una cresta transversal al eje sagital del cráneo por delante de dicha fosa. Al parecer se conserva también parte del articular, pero no es clara la sutura con el suprangular (Figs. 5, 6 y 7).

Los dientes maxilares (Figs. 6 y 10), desplazados en sus alveolos, muestran sus reemplazamientos en posición distolingual y siguiendo las series de crecimiento propias de la familia Mosasauridae (Edmund, 1960, p. 87-91). Los dientes maxilares son más grandes que los premaxilares y los mandibulares. Con relación al tamaño del cráneo, los dientes son de regular tamaño, con una relación de 0,13 entre la altura de la corona y el ancho del cráneo en la región articular. Este valor, según Massare (1987) entra dentro del generalizado para la familia Mosasauridae con excepción de la tribu Globidensini, donde los dientes son más pequeños y romos y la tribu Prognatodontini, donde son más grandes. La raíz es bulbosa y poco desarrollada con respecto a la corona. La forma de la corona es cónica, suavemente curvada posteromedialmente, relativamente robusta, mostrando una relación de 2,0 entre el alto y el diámetro basal. La sección de la corona es

subcircular. La superficie no es facetada pero muestra dos carenas lisas, una anterior y la otra postero-lateral. La superficie lingual entre carenas es estriada, mientras que la superficie labial es lisa.

Esqueleto Postcraneano

Del atlas se distingue el intercentro, el centro articulado al axis y fragmentos de los arcos neurales pero la condición en que se encuentra no permite distinguir claramente sus rasgos principales (Figs. 6 y 10).

El axis se encuentra articulado con el atlas y con la tercera vértebra (Fig. 6). El cuerpo del axis es grueso. Las sinapófisis son robustas, emergen del cuerpo anteriormente en posición baja y su borde ventral se proyecta por debajo del cuerpo. La superficie articular de la sinapófisis muestra una forma arriñonada y alargada posterodorsalmente. La superficie articular para la hipoapófisis es plana, circular y dirigida ventralmente hacia atrás (Fig. 15).

La tercera vértebra cervical (Fig. 15), procélica, es de cuerpo corto (Tabla 1) y articulación levemente ovalada horizontalmente. La superficie articular para la hipoapófisis es circular y se dirige posteroventralmente. Las sinapófisis son cortas, se ubican en posición baja y su superficie articular es horizontalmente alargada. Posee zigósfenos y zigantros muy desarrollados, aún más que los mencionados por Russell (1967, p. 75) para *Ectenosaurus*. La forma del canal neural, en sección transversal, es trilobulada (Fig. 14B).

Se encontraron dos vértebras dorsales anteriores separadas del cráneo y articuladas entre sí (Fig. 16). Son de cuerpo relativamente largo (Tabla 1) y articulación ovalada horizontalmente. Las sinapófisis, lateralmente bien desarrolladas, se ubican en posición bien anterior y su superficie articular es verticalmente alargada, de altura igual a la del cuerpo de la vértebra. Se conservan fragmentos de costillas en posición articulada, algo desplazadas ventralmente. Poseen zigósfenos muy desarrollados, como los de la tercera vértebra, que alcanzan anteriormente casi la misma longitud de las prezigapófisis. El canal neural tiene la forma de un arco de convexidad dorsal (Fig. 14A).

Discusión

Las principales características que diferencian a los lepidosauriomorfos de los arcosauriomorfos corresponden a rasgos postcraneanos relacionados con la postura de los miembros y con la locomoción. Sin embargo, el cráneo en estudio corresponde a un lepidosaurio, ya que posee dos ventanas temporales y carece de ventana preorbitaria. Además, presenta características morfológicas propias del suborden Lacertilia (lagartos) como son la falta del arco temporal inferior y la de poseer un cuadrado móvil.

Tabla 1
Medidas de *Yaguarasaurus columbianus* nov. gen. et sp. (cm).

| | | | |
|---|------|--|------|
| A- Largo del cráneo en la línea media. | 47,0 | K- Largo de la órbita. | 8,0 |
| B- Largo del cráneo hasta el extremo posterior de la articulación sq-st. | 54,5 | L- Ancho de la órbita. | 5,0 |
| C- Ancho entre extremos posteriores de las articulaciones sq-st. | 18,5 | M- Largo de las narinas externas. | 13,5 |
| D- Ancho del frontal entre las órbitas. | 8,5 | N- Altura del cuadrado. | 7,5 |
| E- Altura occipital entre el p y base del bo. | 11,5 | O- Ancho máximo del cuadrado en vista lateral. | 5,2 |
| F- Largo de la región parietal entre la sutura p-f y el extremo posterior de la articulación sq-st. | 18,6 | P- Largo entre el 1º y 6º alvéolo maxilar. | 10,0 |
| G- Altura máxima del mx (9º alvéolo maxilar). | 5,0 | Q- Largo del cuerpo de la 3º vértebra. | 5,0 |
| H- Ancho dorsal a la altura del 2º alvéolo maxilar. | 6,5 | R- Ancho del cuerpo de la 3º vértebra. | 2,8 |
| I- Largo máximo de las ventanas temporales. | 11,5 | S- Largo del cuerpo de vértebra dorsal anterior. | 6,5 |
| J- Ancho máximo de las ventanas temporales. | 4,0 | T- Ancho del cuerpo de vértebra dorsal anterior. | 3,5 |

Según Russell (1967), entre los lagartos la familia Varanidae es el grupo actual que tiene mayores similitudes con los mosasaurios. Por esto se le ha tomado siempre como referencia para ubicar a los mosasaurios dentro de la superfamilia Varanoidea (Platynota). Sin embargo, estos dos grupos presentan claras diferencias morfológicas, tanto craneanas como postcraneanas. Entre las características craneanas están: en los varánidos existen ocho dientes premaxilares en vez de cuatro; los frontales no están fusionados como en los mosasaurios; los nasales forman, dorsalmente, parte de la barra internarial mientras en los mosasaurios estos huesos son vestigiales y se encuentran separados por la barra internarial; el yugal y el postorbitofrontal están separados sólo en los varánidos; el proceso suprapedial y el ala timpánica del cuadrado son mucho más cortos que en los mosasaurios (Russell, op. cit., pp. 193-194).

Entre las familias de la superfamilia Platynota sólo una, Aigialosauridae, aparte de los varánidos ya

mencionados, presenta un conjunto de características digno de discutir, ya que presenta notables afinidades con los mosasaurios.

La familia Aigialosauridae, lagartos acuáticos del Cenomaniano-Turoniano que presentan un cráneo casi igual al de los mosasaurios, por lo que se les ha considerado sus directos ancestros, se diferencian por rasgos postcraneanos y por ser de tamaño mucho menor. En el cráneo la principal diferencia radica en la sutura parietal-frontal que en aigialosaurios, al igual que en los varánidos, muestra un amplio contacto del parietal con el postorbitofrontal (Carroll & Debraga, 1992). Este rasgo está presente en *yaguarasaurus*. Otro rasgo que diferencia a los aigialosaurios de los mosasaurios es la posición vertical de las ramas posteriores del parietal (Carroll & Debraga, op. cit.).

Russell, en su trabajo de 1967 sobre los mosasaurios norteamericanos, ha estudiado no sólo el abundante material registrado en ese continente

sino que incluye un amplio análisis taxonómico de todos los mosasaurios del mundo. Sobre estas bases fundamentó la clasificación de la familia Mosasauridae, seguida en este trabajo (Cuadro 1), en la cual establece tres subfamilias: Mosasaurinae, Plioplatecarpinae y Tylosaurinae. Entre los caracteres diagnósticos establecidos por Russell para dicha subdivisión (Tabla 2), sólo dos de ellos son claramente diferenciables en *Yaguarasaurus*. En primer lugar la ausencia de rostro anterior a los dientes premaxilares que lo excluye de la subfamilia Tylosaurinae donde el rostro se extiende considerablemente hacia adelante y, en segundo lugar, la presencia de un sólo foramen para la salida de los nervios X, XI y XII en la pared lateral del opistótico que lo excluye de la subfamilia Mosasaurinae, caracteriza-

da por poseer dos forámenes para el mismo fin. Así, el ejemplar de *Yaguará* se ubica dentro de la subfamilia Plioplatecarpinae.

Los demás caracteres señalados como diagnósticos por Russell (op. cit.) son compartidos por *Yaguarasaurus* con más de una subfamilia, o no son observables en *Yaguarasaurus*: el número de dientes en el ejemplar de *Yaguará* no se ha conservado completo y, aunque se ha establecido entre 14 y 15 dientes en el maxilar, no se considera este carácter como diagnóstico, porque no lo excluye de ninguna de las subfamilias; el canal para la arteria basilar en el basiesfenoides y basioccipital, que se presenta solamente en la subfamilia Plioplatecarpinae, desafortunadamente no es observable en

Cuadro 1
Clasificación de la familia Mosasauridae, según Russell
(1967), modificada.

| Subfamilia | Tribu | Género |
|---------------------------|------------------|-------------------------|
| Mosasaurinae | Mosasaurini | <i>Clidastes</i> |
| | | <i>Mosasaurus</i> |
| | | <i>Amphekepubis</i> |
| | | <i>Liodon</i> |
| | | <i>Compressidens</i> |
| | Globidensini | <i>Globidens</i> |
| | Plotosaurini | <i>Plotosaurus</i> |
| | | <i>Taniwhasaurus</i> |
| Plioplatecarpinae | Plioplatecarpini | <i>Platecarpus</i> |
| | | <i>Ectenosaurus</i> |
| | | <i>Plioplatecarpus</i> |
| | | <i>Selmasaurus</i> |
| | | <i>Yaguarasaurus</i> |
| | Prognathodontini | <i>Prognathodon</i> |
| | | <i>Plesiotylosaurus</i> |
| | | <i>Dallosaurus</i> |
| Tylosaurinae | | <i>Tylosaurus</i> |
| | | <i>Hainosaurus</i> |
| ¿Subf. Plioplatecarpinae? | | <i>Halisaurus</i> |

| SUBFAMILIA | ROSTRO | Nº DE DIENTES | OPISTOTICO | BASIOCCIPITAL BASIESFENOIDES | CUADRADO | SURANGULAR |
|-------------------------|--|---------------------------------|--|--|--|--|
| MOSASAURINAE | Corto, presente o ausente anterior a los dientes premaxilares. | 14 o más en dentario y maxilar. | Dos forámenes para la salida de los nervios X, XI y XII en la pared lateral. | No tiene canal para la arteria basilar. | Proceso suprastapedial distalmente expandido. | El borde dorsal es una fina lámina que se levanta anteriormente hasta la |
| PLIOPATECARPINAE | Corto, presente o ausente anterior a los dientes premaxilares. | 12 o más en dentario y maxilar. | Un sólo foramen para la salida de los nervios X, XI y XII en la pared lateral. | Presenta un canal para la arteria basilar. | Proceso suprastapedial largo, con lados paralelos y terminando abruptamente. | Borde dorsal redondeado y longitudinalmente horizontal |
| TYLOSAURINAE | Presente y largo anterior a los dientes premaxilares. | 12 o más en dentario y maxilar. | Un sólo foramen para la salida de los nervios X, XI y XII en la pared lateral. | No tiene canal para la arteria basilar. | Proceso suprastapedial moderadamente largo y distalmente acuminado | Borde dorsal redondeado y longitudinalmente horizontal |

Tabla 2

Caracteres diagnósticos craneanos establecidos por Russell (1967), para la subdivisión de la familia Mosasauridae, en subfamilias.

Yaguarasaurus, ya que se encuentra en el interior del basicráneo. En lo referente al proceso suprastapedial del cuadrado, el ejemplar de *Yaguará* presenta características pertenecientes a las tres subfamilias. Por su escasa preservación el surangular no es fácilmente determinable en *Yaguarasaurus*, por lo cual tampoco se puede utilizar como carácter diagnóstico.

La subfamilia de los Plioplatecarpinae ha sido a su vez subdividida por Russell (op. cit.) en las dos tribus: Plioplatecarpini y Prognathodontini, sobre la base del modo de la circulación en el basicráneo y por diferencias morfológicas en la mandíbula y los dientes.

En *Yaguarasaurus* no es posible observar el sistema de la circulación a través del basicráneo, pero los dientes estriados, de sección prácticamente circular, y la mandíbula poco robusta lo ubican dentro de la tribu Plioplatecarpini. Aunque el tamaño de los dientes con relación al cráneo no se establece como un carácter diagnóstico, éste es un rasgo que *Yaguarasaurus* comparte con todos los miembros de la tribu Plioplatecarpini y que lo separa al menos del género *Prognathodon* Dollo 1889 de la tribu Prognathodontini en donde los dientes son más grandes.

Por otra parte, los géneros que pertenecen a la tribu Prognathodontini presentan notables diferencias con *Yaguarasaurus*. En aquellos el cuadrado es muy macizo y de procesos fusionados; la superficie dorsal del parietal es rectangular; el escamoso posee una gran proyección hacia el parietal; el prefrontal y el postorbitofrontal se unen por debajo del frontal; y el prefrontal participa más ampliamente en el borde posterior de las narinas.

Hasta ahora se conocen tres géneros pertenecientes a la tribu Plioplatecarpini y son: *Platecarpus* Cope 1869, *Ectenosaurus* Russell 1967, *Plioplatecarpus* Dollo 1882. En esta parte de las com-

paraciones se tomará también en cuenta el género *Selmasaurus* Wright & Shannon 1988 recientemente establecido dentro de la subfamilia. Las proporciones entre el largo y el ancho del cráneo en *Yaguarasaurus* no coinciden con las de ninguno de estos géneros para los cuales se conozcan cráneos completos —se tiene en cuenta aquí que el espécimen de *Yaguará* es un ejemplar adulto—. En *Platecarpus* el cráneo es más corto y tiene la región parietal proporcionalmente más reducida, siendo el largo total del cráneo 3,5 veces la longitud de la región parietal (Tabla 3). En *Ectenosaurus* el cráneo es notablemente más alargado y su longitud total comprende 4,3 veces la longitud de la región parietal. A diferencia de estos dos géneros, *Yaguarasaurus* presenta un cráneo de largo intermedio y la región parietal tiene proporcionalmente una mayor extensión, estando contenida 3,0 veces en el largo total (Tabla 3). Lateralmente, en *Yaguarasaurus* el espacio entre el yugal y el cuadrado es mayor que el largo de la órbita, mientras en los demás géneros es igual o menor. En *Ectenosaurus* el hocico es notablemente más largo. Sin embargo, comparte con *Yaguarasaurus* las proporciones generales de la región parietal cuyo ancho y largo es aproximadamente igual y cuyas ventanas temporales son alargadas. Las relaciones con el alto de la región occipital, del cuadrado y del maxilar muestran que el cráneo de *Yaguarasaurus* es más comprimido que el de *Platecarpus* (Tabla 3).

Al analizar, tanto los caracteres diagnósticos que establece Russell, como otras características notorias en cada uno de los géneros con relación a *Yaguarasaurus*, se encuentra siempre un mayor número de diferencias que de similitudes.

El premaxilar en *Yaguarasaurus* se encuentra recortado por el borde anterior de las narinas, mientras que en *Platecarpus* y *Ectenosaurus* es triangularmente continuo. En este último existe un corto rostro anterior a los dientes premaxilares. En *Platecarpus* la barra internarial del premaxilar sobre-

| RELACIONES | <u>Platecarpus</u> <u>icterus</u> | <u>Platecarpus</u> <u>coryphaeus</u> | <u>Ectenosaurus</u> <u>clidastoides</u> | <u>Yaguarasaurus</u> <u>columbianus</u> |
|--|--------------------------------------|---|--|--|
| $\frac{\text{Largo A}}{\text{Ancho D}}$ | 4,8 | 4,1 | 7,1 | 5,5 |
| $\frac{\text{Largo B}}{\text{Largo F}}$ | 3,5 | 3,5 | 4,3 | 3,0 |
| $\frac{\text{Largo A}}{\text{Largo M}}$ | 3,5 | 3,3 | 5,0 | 3,5 |
| $\frac{\text{Ancho C}}{\text{Largo F}}$ | 1,4 | 1,7 | 1,0 | 1,0 |
| $\frac{\text{Ancho C}}{\text{Altura E}}$ | 1,7 | 1,9(?) | | 1,6 |
| $\frac{\text{Largo A}}{\text{Altura N}}$ | 4,7 | 4,5 | 7,5 | 6,3 |

Tabla 3

Comparación de proporciones craneanas entre miembros de la tribu Plioplatecarpini obtenidas sobre figuras. Las letras de las relaciones corresponden a las usadas en la Tabla 1.

pasa el borde posterior de las narinas, mientras en *Yaguarasaurus* esto no ocurre.

Tanto *Platecarpus* como *Ectenosaurus* tienen las narinas externas posteriormente más angostas y muestran, en esta región, una mayor exposición dorsal del maxilar que la observada en *Yaguarasaurus*.

El prefrontal en *Platecarpus* y *Plioplatecarpus* forma una gran porción del borde posterior de las narinas, en *Ectenosaurus*, por el contrario, está ampliamente excluido y en *Yaguarasaurus* forma sólo una pequeña porción de dicho borde. En este último el prefrontal tiene una protuberancia sobre la órbita, fango que comparte sólo con los dos primeros.

El frontal en *Yaguarasaurus* y *Ectenosaurus* es muy similar; tiene la sutura con el parietal casi recta y es recortado sobre las órbitas. Sin embargo, por delante de las órbitas dorsalmente este hueso es más alargado en *Ectenosaurus*, además de que posee una cresta central que no posee el ejemplar de *Yaguará*. En *Platecarpus*, aunque el frontal también es recortado sobre las órbitas, la porción ante-

rior es más corta que en *Yaguarasaurus*; posee cresta dorsal y la sutura con el parietal muestra una proyección central hacia adelante. En *Selmasaurus* no hay cresta dorsal y la sutura con el parietal es casi recta como en *Yaguarasaurus*, pero el hueso es muy corto y de forma totalmente triangular. En la diagnosis para *Plioplatecarpus* Russell menciona un contorno rectangular del frontal y una cresta dorsal medial (Russell, 1967, p. 159) que lo diferencia de *Yaguarasaurus*. Además, según Wright & Shannon (1988, p. 104) el frontal de *Plioplatecarpus* tiene lenguas proyectadas hacia el parietal. Por debajo del frontal, el prefrontal hace contacto con el postorbitofrontal en *Platecarpus* y *Selmasaurus*, mientras en *Plioplatecarpus*, como en *Yaguarasaurus*, están separados.

Un rasgo notorio del parietal en el ejemplar de *Yaguará*, que lo diferencia del resto de los mosasaurios, es la presencia, en vista dorsal, de proyecciones anterolaterales que separan, en gran parte, el frontal del proceso posteromedial del postorbitofrontal, de manera muy similar a como ocurre en los varánidos. Por lo demás el parietal en el ejemplar de *Yaguará* es distinto al de todos los géneros de la tribu. Posee más amplia la superficie para la

inserción muscular en las ramas posteriores. En *Ectenosaurus* el borde lateral de dichas ramas es curvado dando a las ventanas temporales una forma más bien ovalada en lugar de la triangular aguda presente en *Yaguarasaurus*. En los demás géneros faltan las proyecciones posteriores a los dos lados de la muesca central del borde occipital que se presentan en *Yaguarasaurus*. En *Platecarpus* y en *Plioplatecarpus* la superficie triangular anterior es reducida y se cierra donde convergen las ramas posteriores que a su vez son más angostas; centralmente el parietal es más comprimido; su borde occipital dibuja un ángulo más abierto; posteriormente no cubre al supraoccipital como sucede en *Yaguarasaurus*. En *Selmasaurus* no existe un campo dorsal triangular; centralmente es muy comprimido; las ramas posteriores son muy cortas y poseen posteriormente un canal para la articulación con el supratemporal (Wright & Shannon, 1988, pp. 104-105). El foramen parietal en *Yaguarasaurus* es más pequeño que en cualquiera de los cuatro géneros. Se encuentra centrado en el parietal como en *Ectenosaurus* y *Selmasaurus* mientras en *Platecarpus* y *Plioplatecarpus* está encerrado o bordeado por el frontal.

El cuadrado de *Yaguarasaurus* difiere de cada uno de los géneros de la tribu y de *Selmasaurus* por las siguientes características: en *Platecarpus* el cuerpo es más corto, el proceso suprastapedial es más largo, no hay una clara diferenciación del inicio del ala timpánica y el orificio stapediale no se encuentra en una cuenca como en *Yaguarasaurus*; en *Plioplatecarpus* el proceso suprastapedial es más desarrollado y volcado hasta más abajo del proceso infrastapedial, el meato, al menos en *Plioplatecarpus primaevus* Russell 1967 es más pequeño (Russell, 1967, Fig. 87), el orificio stapediale está ubicado en posición diferente con relación al meato y, según la diagnosis de Russell, es reniforme; en *Plioplatecarpus marshi* Dollo 1882 y *Plioplatecarpus houzeaui* Dollo 1889, además de estas características, el orificio stapediale se ve mucho más grande que en *Yaguarasaurus* (Dollo, 1904); en *Ectenosaurus* los procesos están fusionados y el orificio stapediale es rectangular (Russell, op. cit., p. 156); en *Selmasaurus* el proceso suprastapedial, aunque en su forma general es similar al de *Yaguarasaurus*, se diferencia en que hace contacto con el proceso infrastapedial y la cuenca para la inserción del músculo depresor de la mandíbula se orienta verticalmente; en este género el cuadrado presenta el proceso infrastapedial bien desarrollado como en *Yaguarasaurus* pero, al menos en la figura presentada por Wright & Shannon (op. cit., Fig. 3), no se observa una clara separación del inicio del ala timpánica.

En el proótico, *Yaguarasaurus* difiere de *Plioplatecarpus* en que en este último la salida para el nervio VII se abre directamente sobre la superficie lateral del hueso (Deville, 1943, pl. 2, Fig. 1), mientras que en *Yaguarasaurus* se encuentra cubierta por una cresta bien desarrollada. Tanto en *Platecarpus* como en *Ectenosaurus* existe la cresta otosfenoidal, pero en el primero está poco desarro-

llada y puede cubrir también la salida del nervio IX, y en el segundo esta cresta no cubre la salida del nervio VII.

En cuanto a los elementos postcraneos, *Yaguarasaurus* también muestra diferencias y similitudes con los demás géneros de la tribu y con *Selmasaurus*. La posición de la sinapófisis de las vértebras anterodorsales en *Plioplatecarpus* no se ubica anteriormente como en los demás géneros, sino en el centro del cuerpo de la vértebra. Además, en *Plioplatecarpus depressus* Cope 1869, la unión entre la sinapófisis y la prezigapófisis tiene un surco longitudinal no presente en los otros géneros (Russell, op. cit., pp. 159 y 161). Los zigantros y zigósfenos bien desarrollados, como en *Yaguarasaurus*, sólo se presentan en *Ectenosaurus*. En *Plioplatecarpus* no existen. La superficie articular para la hipoapófisis que en *Yaguarasaurus* sólo se ve en el axis y tiene forma circular posteroventralmente orientada, en los demás géneros se presenta, en las vértebras cervicales, en posición horizontal y en *Platecarpus* y *Ectenosaurus* es triangular. Sin embargo Marsh (1872, pp. 458-459), dice que en *Platecarpus icterus* Cope 1871 (*Lestosaurus latifrons* y *Lestosaurus felix*, en su trabajo) esta articulación, tanto en el axis como en las vértebras cervicales, es circular.

Las características anteriormente discutidas justifican la ubicación sistemática de los restos encontrados en Yaguará dentro de un nuevo género y especie de la tribu *Plioplatecarpini*.

Circunstancias del yacimiento paleontológico

La unidad en que se encontraron los restos del mosasaurio pertenece a la Fm. Villeta (Fig. 4) y corresponde a una intercalación de capas de espesor medio de lodolitas laminadas fisiles, ligeramente calcáreas y fosfáticas que presentan restos vegetales y escamas de peces, con capas de espesor fino y medio de calizas, desde micríticas hasta limosas, algunas de ellas laminadas, fosfáticas, ricas en fósiles de amonitas y bivalvos pequeños y con grandes concreciones discoidales. Algunas láminas muestran bioturbación (pequeñas galerías). Estos depósitos se sedimentaron en un fondo marino de plataforma, por debajo del nivel de acción de las olas. La capa que contenía los restos fósiles corresponde a una caliza limosa laminada que, a nivel microscópico muestra alternancia de láminas continuas y planas de arcillas y foraminíferos planctónicos. Según los trabajos de Kauffmann (1981) sobre el "Posidonienschiefer" de Alemania y de Savrda & Bottjer (1989) sobre la Formación Niobrara de Colorado, la conservación de la laminación en las lodolitas, la escasa bioturbación en las calizas y la presencia discontinua de bivalvos indican que esta unidad se depositó bajo condiciones predominantes anóxicas con algunas variaciones en el nivel de oxígeno en relación con la interfase agua-sedimento. Las características de la roca que contenía los restos del mosasaurio sugiere un depósito por caída

vertical de partículas en suspensión en eventos episódicos, probablemente de quietud y estabilización de las condiciones de depósito.

El material extraído comprende el cráneo completo de un individuo con las mandíbulas algo erodadas, las tres primeras vértebras articuladas al cráneo y dos vértebras dorsales que, junto con fragmentos de costillas, se encontraron separadas, aunque muy cerca del cráneo y articuladas entre sí. La posición del cráneo y las vértebras sugiere que el cadáver del mosasaurio se sepultó boca arriba con la cabeza ligeramente inclinada hacia su costado derecho. El cráneo, a pesar de su alto grado de cinetismo, se conservó articulado, pero algunos de sus huesos mostraron leves desplazamientos. La mandíbula izquierda se encontró totalmente empotrada en el paladar y empujando, fuera de los alvéolos, algunos dientes maxilares (Fig. 3). Los dientes del maxilar derecho aún no adosados al hueso, están en una posición que indica que resbalaron dentro del alvéolo. El pterigoides izquierdo se vió recostado hacia el lado derecho, quedando en contacto con el basiesfenoides y el basioccipital, mientras que el pterigoides derecho se encontró separado de éstos. Los dos epipterigoides se hallaron desplazados de su posición vertical original y se encontraron sobre el lado derecho e interno del frontal y parietal. El cuadrado izquierdo, junto con la rama mandibular articulada, se encontró desplazado medialmente. Las placas escleróticas se hallaron acumuladas, unas sobre otras, sobre el techo de la órbita (Figs. 5 y 7). Todos estos desplazamientos sugieren que fueron producidos por el peso de los sedimentos (efecto de la atracción de la gravedad) o por acción de la compactación, sin intervención de perturbaciones externas.

Se encontraron abundantes amonitas pequeñas, muchas de ellas fragmentadas, localizadas en grupos alrededor e inmediatamente junto al hueso. En las partes más externas de estas agrupaciones fue frecuente encontrar fragmentos de amonitas más grandes. Aunque no había una orientación predominante en la posición de las amonitas, se apreciaba una tendencia a estar orientadas con el plano de simetría paralelo a los contornos del fósil. Este hecho sugiere la presencia de leves corrientes en el fondo de depósito que acumularon las amonitas contra obstáculos, en este caso los restos del mosasaurio.

Algunas partes de la roca, en especial las partes internas de la cavidad craneana, presentaron manchas amarillas, fosfáticas, de forma irregular y más blandas que la roca. Alrededor de estas manchas, se observó endurecimiento de la roca. También se encontraron manchas de éstas asociadas a las vértebras. Dichas manchas pueden corresponder a vestigios cartilaginosos tal como sugiere Camp, (1942, p. 29) para el caso de otro mosasaurio. Las figuras 17 y 18 muestran texturas que aparecen en estas manchas amarillas que son comparables a las

de cartílagos recientes (ver Ham, 1975, Fig. 14-6).

Conclusiones

El mosasaurio de Yaguará corresponde a un nuevo género y especie de la subfamilia Plioplatecarpinae y de la tribu Plioplatecarpini.

La escasa representación de mosasaurios en América del Sur da a este hallazgo una especial importancia, ya que se trata del primer cráneo encontrado en este continente, condición que ha permitido su clasificación a nivel genérico. Además, en virtud de la calidad del material exhumado y de la presencia de más restos encontrados en la misma región sin que fuesen buscados, se debe destacar la riqueza potencial del yacimiento.

En *Yaguarasaurus columbianus* gen. et sp. nov. la forma de los dientes y el rompimiento oblicuo y pulimento que muestra al menos uno de ellos sugieren, por analogía, que la dieta de este ejemplar abarcó desde invertebrados hasta vertebrados de su mismo tamaño.

De acuerdo con los datos cronológicos que presenta Russell (1967, pp. 232-237) para los mosasaurios, y teniendo en cuenta la edad del grupo Selma (Campaniano temprano-Maastrichtiano tardío), en el cual fue encontrado *Selmasaurus russelli* Wright y Shannon 1988 (Wright & Shannon, 1988), la distribución cronológica de los miembros de la tribu Plioplatecarpini abarca del Coniaciano tardío al Maastrichtiano tardío. A nivel de la subfamilia Plioplatecarpinae, la distribución cronológica es la misma. La edad Turoniano tardío indicada por las amonitas encontradas junto a los restos de *Yaguarasaurus columbianus* gen. et. sp. nov. (Etayo-Serna, com. verb.), amplían la distribución cronológica de la tribu y la subfamilia, siendo el mosasaurio de Yaguará el plioplatecarpino más antiguo conocido hasta ahora.

Este espécimen tiene importancia a nivel filogenético para el grupo de los mosasaurios por poseer rasgos craneanos que lo relacionan con los aigialosaurios y por tratarse de uno de los pocos ejemplares de edad turoniana encontrados hasta ahora. Sin embargo, a este respecto es indispensable el estudio del esqueleto postcraneano, por lo cual es de particular importancia continuar con la extracción de los restos de este miembro de los mosasaurios, que se conservan aún en el afloramiento.

En los pocos trabajos que se han publicado acerca de los reptiles marinos del Cretácico de Colombia se mencionan: ictiosaurios (Hernández & de Porta, 1963), tortugas (de la Fuente & Goñi, 1983), cocodrilos (Langston, 1965) y, entre los plesiosaurios: kronosaurios (Acosta, Huertas & Ruiz, 1979) y elasmosaurios (Welles, 1962; Goñi & Gasparini, 1983). El hallazgo del primer mosasaurio en Colombia amplía así el elenco de reptiles marinos que

habitaron en los mares colombianos durante el Cretácico.

La condición articulada del cráneo y las vértebras es un reflejo de las condiciones tranquilas y anóxicas del fondo de depósito sugeridas por las características litológicas y contenido fósil de la roca.

Es importante continuar con la búsqueda de otros reptiles marinos y con la preparación y estudio del abundante material depositado en museos nacionales, municipales y colecciones privadas, con el fin no sólo de descubrir la historia de cada grupo, sino de situarlos en un contexto paleobiogeográfico en el cual los mares cretácicos colombianos, por su posición, jugaron un papel importante en la distribución de la fauna del mar de Tetis y circumpacífica.

Agradecimientos

Quiero expresar mis sentimientos de gratitud al doctor Fernando Etayo-Serna y a la doctora Zulma B. de Gasparini por su dirección en esta investigación. Agradezco también a la División de Paleontología de Vertebrados del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, Argentina, por la colaboración que me brindó, y al Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas", COLCIENCIAS por haber hecho posible mi traslado a La Plata.

Bibliografía

- Acosta, C., Huertas G. & Ruiz P. 1979. "Noticia preliminar sobre el hallazgo de un presunto *Kronosaurus* (Reptilia: Dolichrohynchopidae) en el Aptiano Superior de Villa de Leiva, Colombia". *Lozania*, 28: 1-7.
- Ameghino, F. 1918. "Nouvelles découvertes paléontologiques dans la Patagonie australe" en Ameghino, F., *Obras completas*. Buenos Aires. 10: 530-533.
- Beltrán, N. & Gallo, J. 1968. "The geology of the Neiva Sub-Basin Upper Magdalena Basin, southern portion". Ninth Annual Field Conference. May 31-June 1: 253-275.
- Bonaparte, J.F. 1978. "El Mesozoico de América del Sur y sus tetrápodos". *Opera Lilloana*, Ministerio de Cultura y Educación. Fundación Miguel Lillo. Argentina. 26.
- Camp, Ch. 1942. "California mosasaurs". *Memoirs of the University of California*, 13: 1-68.
- Carroll, R.L. & Debraga, M. 1992. "Aigialosaurs: Mid-Cretaceous varanoid lizards". *Journal of Vertebrate Paleontology*. March, 12 (1): 66-86.
- De la Fuente, M. & Goñi, R. 1983. "Primeras tortugas cretácicas marinas de Colombia". *Geología Norandina*. 7: 43-48.
- Devillers, Ch. 1943. "Nerfs craniens et circulation céphalique de *Plioplatecarpus Marshi*". *Annales de Paleontologie*, 30: 47-59.
- Dollo, L. 1904. "Les mosasauriens de la Belgique". *Bulletin de la Societé Belge de Géologie, Memoires*, 18: 207-216.
- Edmund, A.G. 1960. "Tooth replacement phenomena in the lower vertebrates". *Life Sciences Division, Royal Ontario Museum, Contributions*. 52: 60-109.
- Goñi, R. & Gasparini, Z. 1983. "Nuevos restos de *Alzadasaurus colombiensis* (Reptilia, Plesiosauria) del cretácico temprano de Colombia". *Geología Norandina*. 7: 49-55.
- Goodrich, E.S. 1958. *Studies on the structure and development of vertebrate*. New York. Dover Publication, Inc. V. 2, Cap. VI: 230-396.
- Ham, A.W. 1975. *Tratado de histología*. Séptima edición. Nueva Editorial Interamericana. S.A. México: 343-417.
- Hernández, J. & de Porta, J. 1963. "El primer ictiosaurio del Cretácico de Colombia". *Boletín de Geología, Universidad Industrial de Santander* 12: 77-82.
- Kauffmann, E. 1981. "Ecological reappraisal of the German Posidonienschiefer (Toarcian) and the stagnant basin model". En Gray, J. Boucot, A.J. y Berry, W.B.N. (Editores), *Communities of the Past*. Hutchinson and Ross, Struoudsboung, Penn: 311-381.
- Langston, Wann, J.R. 1965. "Fossil crocodylians from Colombia and the cenozoic history of the crocodylia in South America". *University of California Publications in Geological Sciences*, 52: 1-169.
- Marsh, O. Ch. 1872. "On the structure of the skull and limbs in mosasauroid reptiles, with descriptions of new genera and species". *American Journal of Sciences*. Tercera serie. 3 (18): 448-464.
- Massare, J.A. 1987. "Tooth morphology and prey preference of mesozoic marine reptiles". *Journal of Vertebrate Paleontology*. June. 7 (2): 121-137.
- Pierce, G.R. & Welles, S. P. 1959. "First record of mosasaur from the Cretaceous of Santa Bárbara de Barinas, Venezuela". *Journal of Paleontology*, 33 (5): 966-967.
- Piveteau, J. 1955. *Traité de Paléontologie*. Massonet Cie. Editeurs, Paris: 629-637.
- Price, LL.I. 1957. "A presence de Globidens no Cretácico superior do Brasil". *Divisão de Geología e Mineralogía Boletim Rio de Janeiro*. 69: 1-24.

Russell, D.A. 1967. "Systematic and morphology of American mosasaurs". Peabody Museum of Natural History Yale University Bulletin, New Haven. 23 : 1-237.

Savrda, C.E. & Bottjer, D.J. 1989. "Trace-fossil model for reconstructing oxygenation histories of ancient marine bottom waters: application to Upper Cretaceous Niobrara Formation, Colorado". Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 74: 49-74.

Welles, S.P. 1962. "A new species of elasmosaurs from the Aptian of Colombia and a review of the cretaceous

plesiosaurs". University of California Publications in Geological Sciences, 44 (1): 1-96.

——— & Gregg, D.R. 1971 "Late cretaceous marine reptiles of New Zeland" Records of the Canterbury Museum, New Zeland. 9 (1): 48-106.

Wright, K.R. & Shannon, S.W. 1988. "*Selmasaurus russelli*, a new plioplatacarpine mosasaur (Squamata, Mosasauridae) from Alabama". Journal of Vertebrate Paleontology. March. 8 (1): 102-107.

Abreviaturas generales para las figuras

a: angular; ar: articular; at: atlas; ax: axis; bo: basioccipital; bs: basiesfenoides; c: coronoides; d: dentario; ec: ectopterigoides; ep: epipterigoides; exoc: exoccipital; f: frontal; j: yugal; l: lagrimal; mx: maxilar; n: nasal; op: opistótico; p: parietal; pl: palatino; pmx: pre-

maxilar; pof: postorbitofrontal; pr: proótico; prf: prefrontal; ps: parasfenoides; pt: pterigoides; q: cuadrado; sa: suprangular; smx: septomaxilar; sp: esplenial; soc: supraoccipital; sq: escamoso; st: supratemporal; v: vómer.

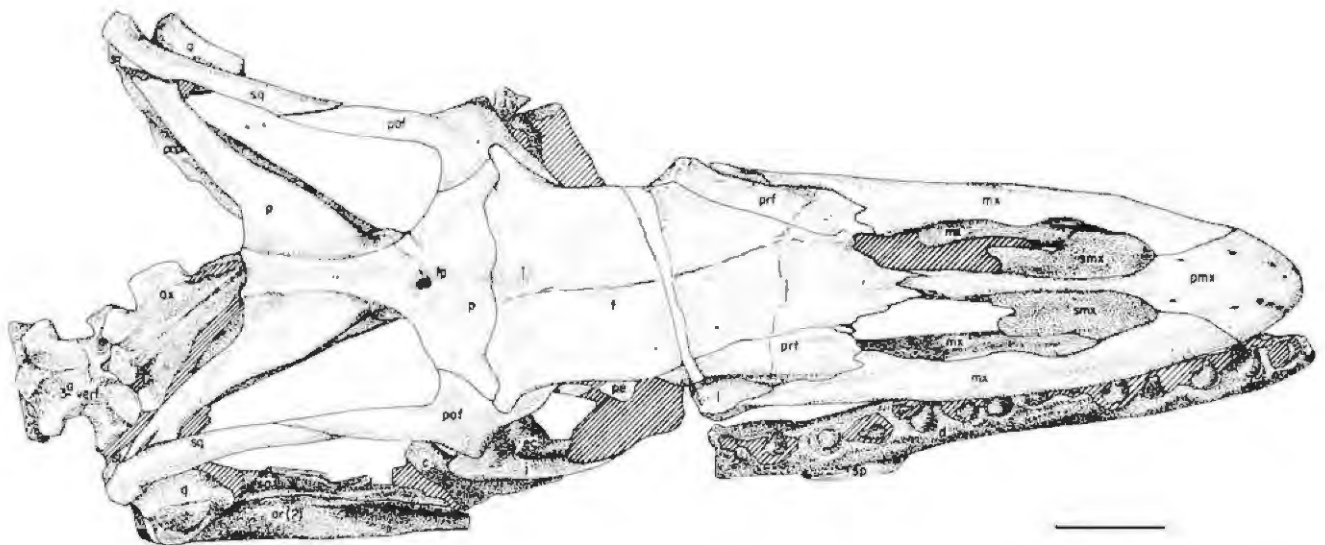


Figura 5. *Yaguarasaurus columbianus*, nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista dorsal. La barra equivale a 5 cm. Abreviaturas: fp, foramen pineal, pe, placas escleróticas.

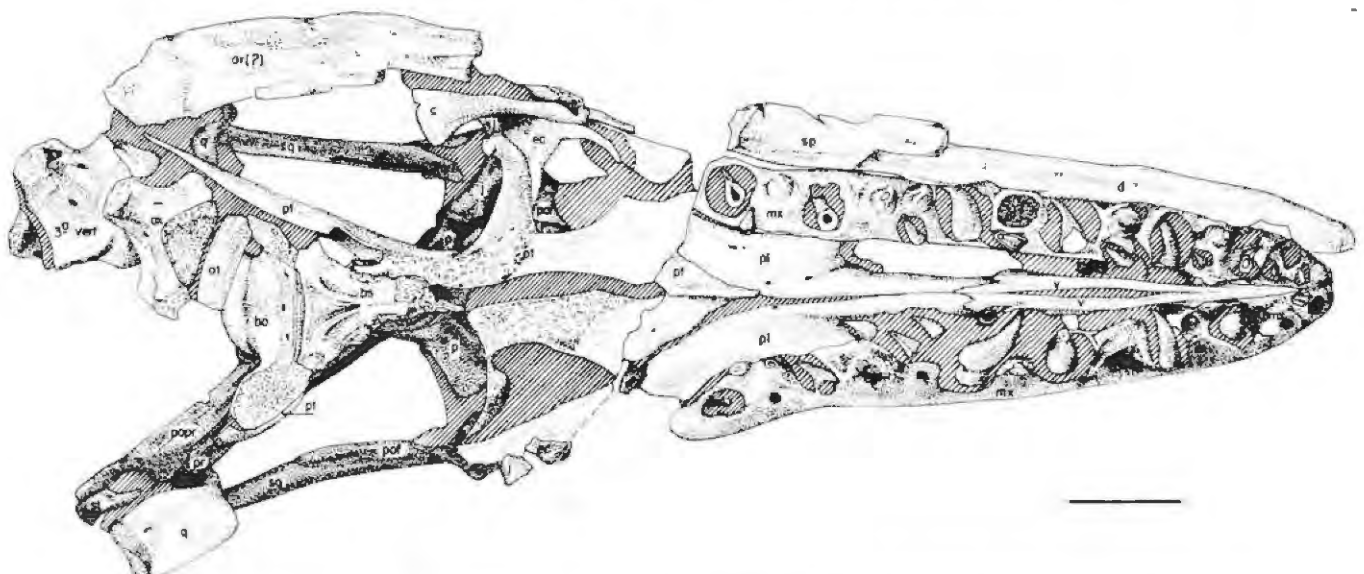


Figura 6. *Yaguarasaurus columbianus*, nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista ventral. La barra equivale a 5 cm.

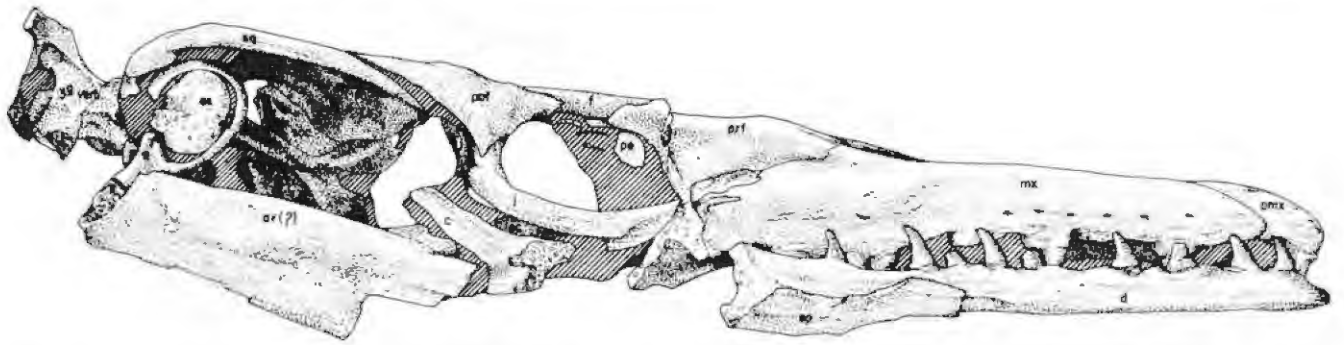


Figura 7. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista lateral derecha. La barra equivale a 5 cm. Abreviaturas: ex, extracolumela; pe, placas escleróticas.

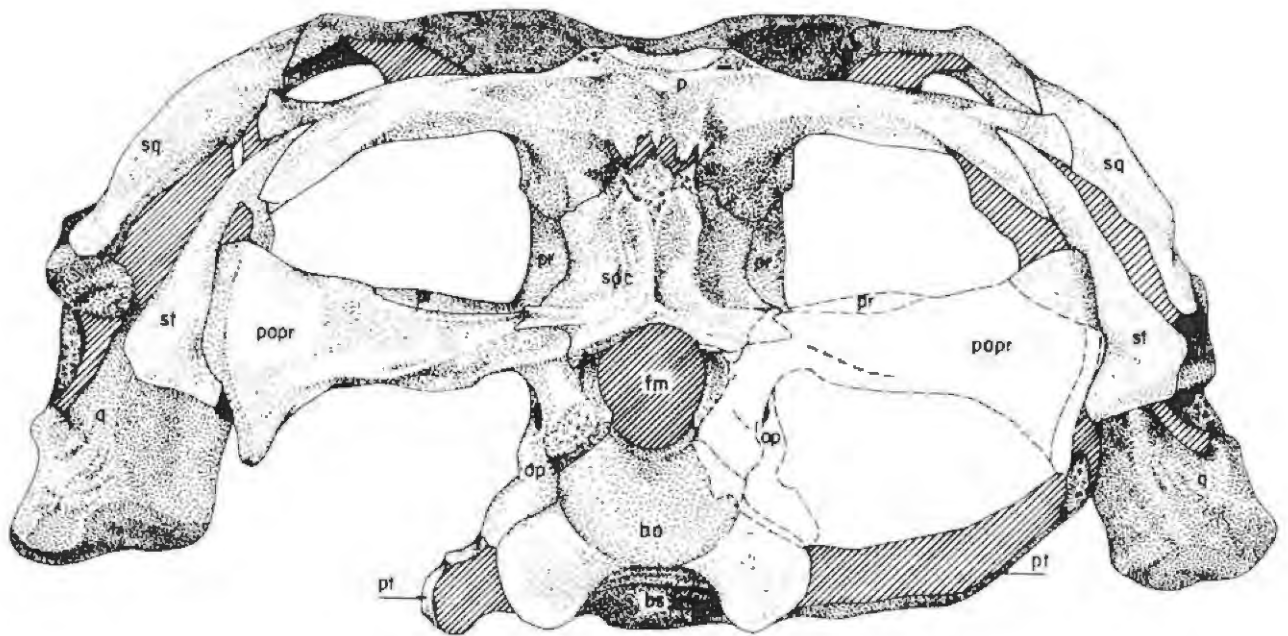


Figura 8. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista occipital. La barra equivale a 2 cm. Abreviaturas: fm, foramen magno.

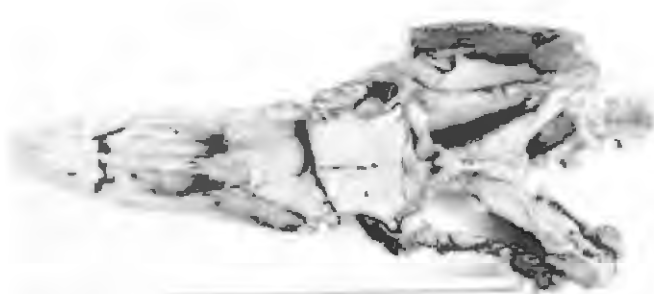


Figura 9. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista dorsal. La barra equivale a 32,5 cm.

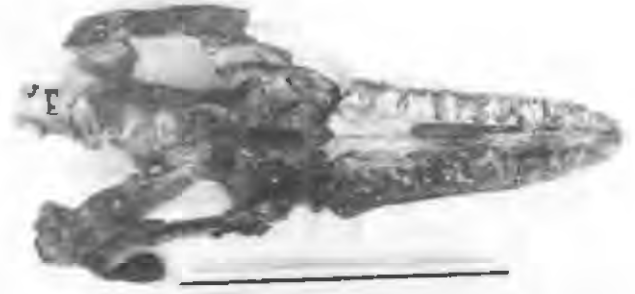
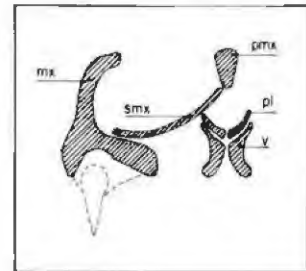


Figura 10. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et sp., BRV. 68. Cráneo. Vista ventral. La barra equivale a 32,5 cm.



Figura 11. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et. sp., BRV. 68. Cráneo. Vista lateral derecha. La barra equivale a 32,5 cm.



B



A

Figura 12. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et. sp., BRV. 68. Maxilar derecho. A: vista lateral, Esc.: 1 cm. B: corte transversal a la altura del 4o. alvéolo.

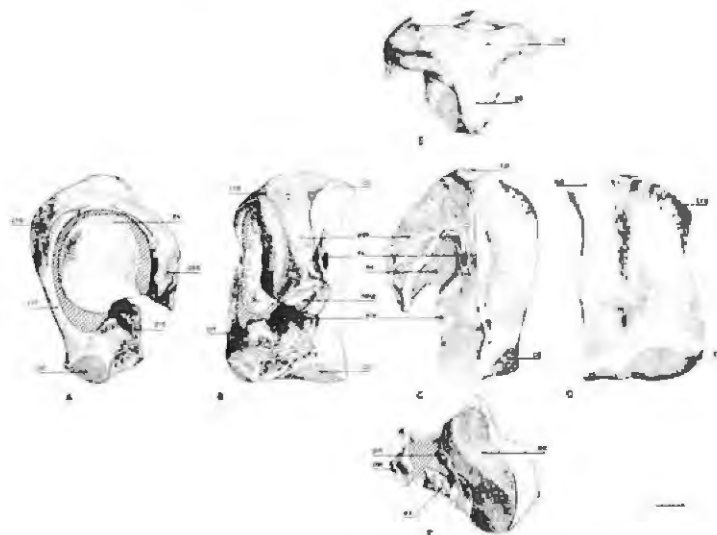


Figura 13. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et sp., BRV. 68 Cuadrado izquierdo. Vistas: A, lateral; B, posterior; C, medial; D, anterior; E, dorsal; F, ventral. Esc: 1 cm. Abreviaturas: ca, cabeza; co, cóndilo; cra, cresta alar; crt, cresta timpánica; ex, extracolumela; fs, foramen estapedial; hmd, hendidura para el músculo depresor de la mandíbula; mf, meato; pis, proceso infrastapedial; pss, proceso suprastapedial.

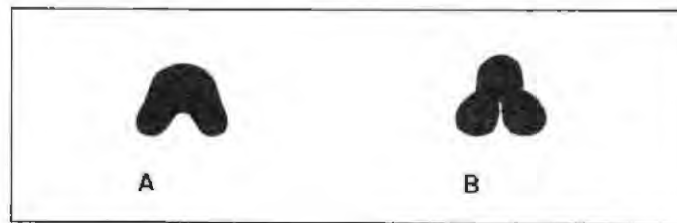


Figura 14. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et. sp., BRV. 68. Corte transversal del canal neural. A, vértebra dorsal anterior. B, vértebra cervical. Esc: 1 cm.

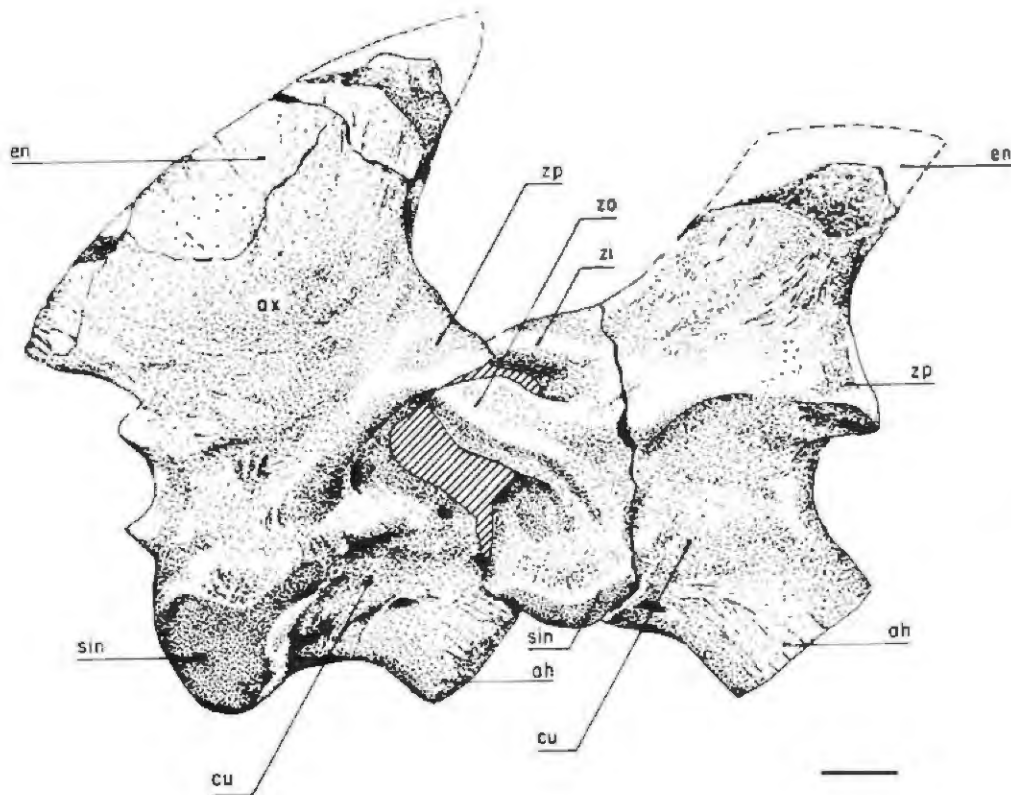


Figura 15. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et. sp., BRV. 68. Axis y Tercera Vértebra cervical. Vista lateral izquierda. Esc: 1 cm. Abreviaturas: ah, articulación para la hipoapófisis; en, canal neural; cu, cuerpo vertebral; en, espina neural; sin, apófisis transversa o sinapófisis; za, zigapófisis anterior o prezigapófisis; zi, zigósfeno zp, zigapófisis posterior o postzigapófisis.

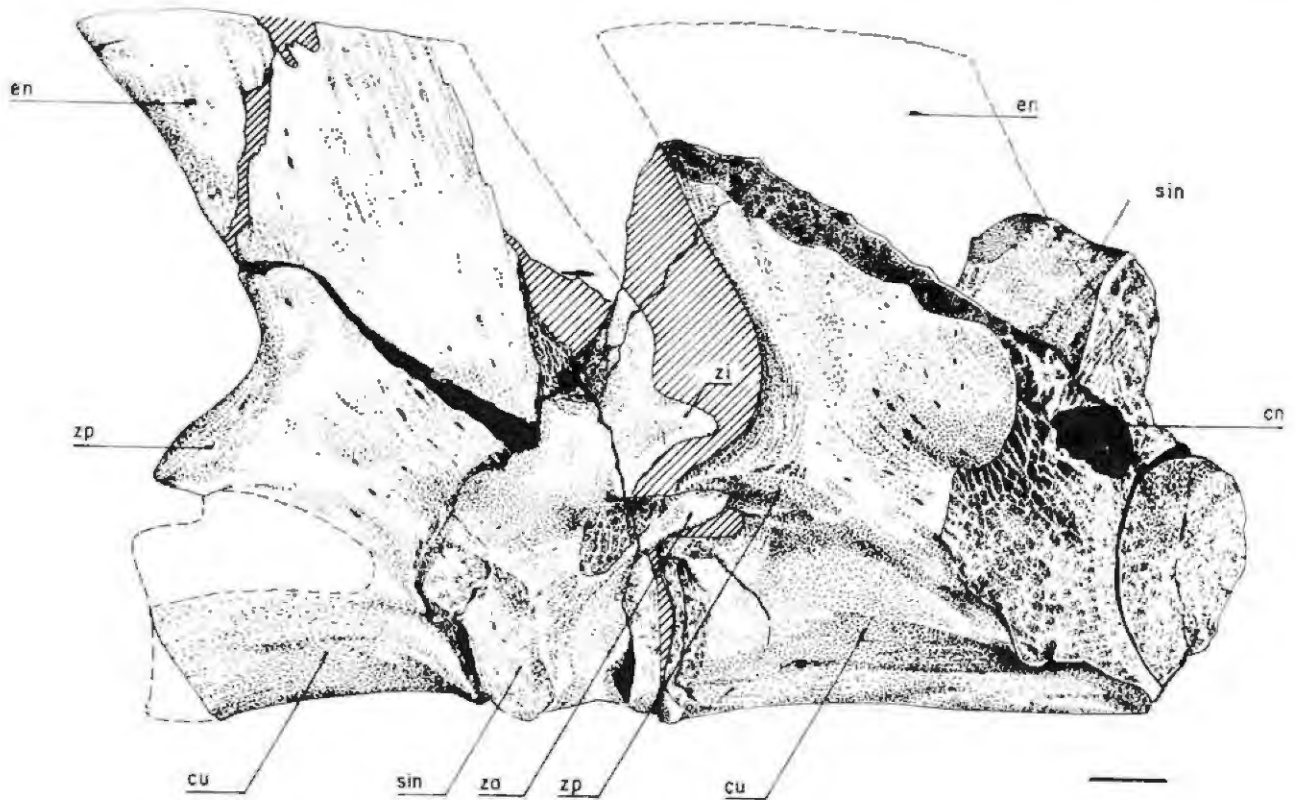


Figura 16. *Yaguarasaurus columbianus*. nov. gen. et. sp., BRV. 68. Vértex dorsales anteriores. Vista lateral derecha. Esc: 1 cm. Abreviaturas: en la Fig. 15.



Figuras 17 y 18. Microfotografías que muestran las texturas de las manchas amarillas que se hallaron asociadas a los restos fósiles del mosasaurio.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA REGIÓN DEL PACÍFICO COLOMBIANO

por

Jesús A. Eslava R.*

Resumen

Eslava, J.: Características térmicas de la Región del Pacífico colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 81 - 93, 1994. ISSN 0370-3908.

Se presenta un análisis de las características y variación de la temperatura del aire en la Región del Pacífico. Se detectan particularidades climáticas que muestran a esta área como algo especial. Por ejemplo, las masas de aire ubicadas en los primeros 2.000 m de altitud son más frías que las del resto de Colombia y las localizadas encima son más calientes; también se define que el gradiente de variación altitudinal de la temperatura es inferior al del resto de Colombia.

Abstract

This work shows an analysis of the air's temperature with its characteristics and variation in the Pacific region, detecting special climatic features on that area. For example, the air masses located in the first 2.000 m are most cold than the others over Colombia at the same altitude and the air masses up of the 2.000 m are most warm. Also, it is defined that the variation range of the temperature up on altitude for that area, is lowest than all country.

1. Introducción

En este estudio climatológico se incluye, para la región natural y vertiente del Pacífico colombiano (Región del Pacífico), la parametrización y determinación del conjunto de los valores de la temperatura del aire. Se establecen los valores, su distribución espacial y temporal y las características de sus variaciones.

En primer lugar se analizan los datos básicos utilizados, se determinan modelos que relacionan los parámetros de la temperatura del aire con los factores climáticos y se definen las características de la variación de la mayor parte de ellos.

Los análisis climatológicos efectuados, permiten deducir e interpretar el comportamiento térmico y posibilitan definir las bases para comprender las causas de ese comportamiento, determinar el cómo y el por qué del clima, tener una base para evaluar las fluctuaciones

climáticas y poder definir los efectos y relaciones de la atmósfera con otros comportamientos naturales.

En especial se destaca la existencia de un gradiente térmico vertical distinto (inferior) a los que se presentan en el resto de Colombia y, muy seguramente, en la mayor parte del mundo.

2. Marco general del clima

La localización geográfica de la región del Pacífico (Fig.1), desde aproximadamente los 00°36' hasta los 07°45' de latitud norte y entre los 75°51' y 79°02' de longitud al oeste de Greenwich, en conjunto con la influencia que ejerce la Zona de Confluencia Intertropical (ITC), condicionan las propiedades físicas de la atmósfera que definen el tiempo y el clima. Actúan también sobre las características climáticas del Pacífico colombiano, todas las condiciones físicas que le son propias (forma, orientación, rango de altitudes, topografía, vegetación, presencia tierra-agua, no continentalidad, distancia al litoral, etc.) y que producen o modifican los elementos que crean el clima.

* Profesor Titular - Departamento de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia

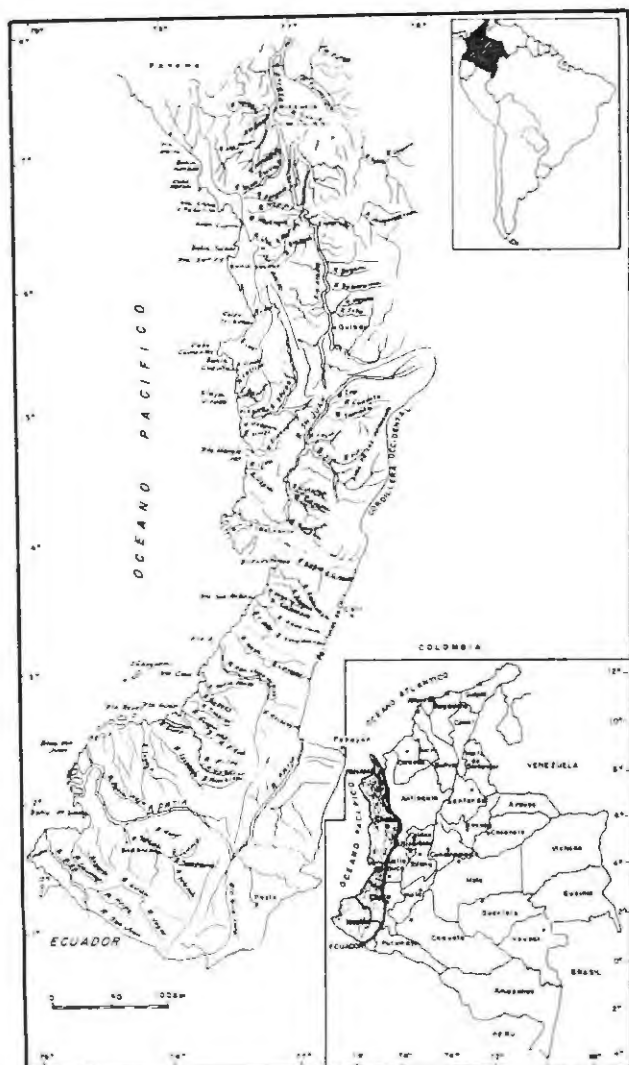


FIGURA 1. REGION NATURAL Y VERTIENTE DEL PACIFICO COLOMBIANO

Con base, en parte, en los análisis efectuados por Lessman & Eslava (1985), se pueden concluir las siguientes características generales de la ITC que fijan el mecanismo general del clima para Colombia, en general, y para el Pacífico colombiano, en particular.

La situación geográfica de Colombia, ubicada en el extremo noroccidental de América del sur, entre aproximadamente 4° de latitud sur y algo más de 13° de latitud norte, hace que casi toda su extensión quede condicionada a la influencia de la ITC. Por tal razón, las condiciones y variaciones, a través del tiempo, de las masas de aire que definen e influyen sobre el tiempo y el clima en Colombia, están muy ligadas a la presencia de la ITC que es, entonces, el sistema meteorológico que fija el mecanismo general del clima.

La ITC, es una zona de la atmósfera en la que confluyen dos masas de aire con baja presión relativa, se sitúa aproximadamente paralela al Ecuador y está ubicada entre dos núcleos de alta presión atmosférica. Esta zona, y las masas de aire que confluyen en ella, se desplaza con respecto al Ecuador siguiendo el movimiento aparente del sol, con un retraso de 5 a 6 semanas y una amplitud latitudinal media, aproximada, de 20° en África, 30° en Asia y 20° en América del Sur.

La diferencia de presión entre los núcleos de altas presiones y la ITC, da origen a movimientos horizontales del aire desde los Trópicos hacia el Ecuador; el aire se desvía por el movimiento de rotación de la Tierra y sopla finalmente, desde el noreste en el sector ubicado en el norte y desde el sureste en el sur. Las áreas que no están, en un período dado, bajo la influencia de la ITC, se condicionan a los efectos de masas de aire relativamente seco, subsidente y estable, y disfrutan, en términos generales, de buen tiempo, seco y soleado. Por el contrario, si están bajo la influencia de la ITC, el cielo es nuboso y se presentan abundantes lluvias; algunas veces se originan turbulencias dinámicas y/o térmicas que ocasionan procesos de fuerte convección (ascenso de aire), condensación del vapor de agua (al enfriarse por el ascenso) y precipitación.

En Colombia la ITC fluctúa, aproximadamente, entre 0° de latitud, posición en la que se encuentra en enero-febrero (Fig.2), y 10° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio-agosto (Fig.3). El desplazamiento ocasiona que en la mayor parte de Colombia se presente, durante el año, un doble máximo y un doble mínimo de precipitaciones y, por supuesto, también de los demás elementos meteorológicos, excepto la temperatura.

Es decir, la ITC, pasa por el centro de Colombia dos veces al año:

-una primera vez entre abril y mayo, cuando se desplaza hacia el norte y ocasiona el primer período lluvioso que va acompañado de un pequeño descenso en las temperaturas medias, con una disminución de las temperaturas máximas y un aumento de las mínimas;

- una segunda vez entre septiembre y octubre, cuando regresa de su posición norte más extrema, alcanzada en julio-agosto, y se dirige al sur, originando el segundo período lluvioso que es el más fuerte y también se acompaña de un descenso en las temperaturas medias, disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas.

Los procesos zonales de convección térmica y dinámica, junto con la influencia extensiva de la ITC, juegan una importancia decisiva en el régimen climático,

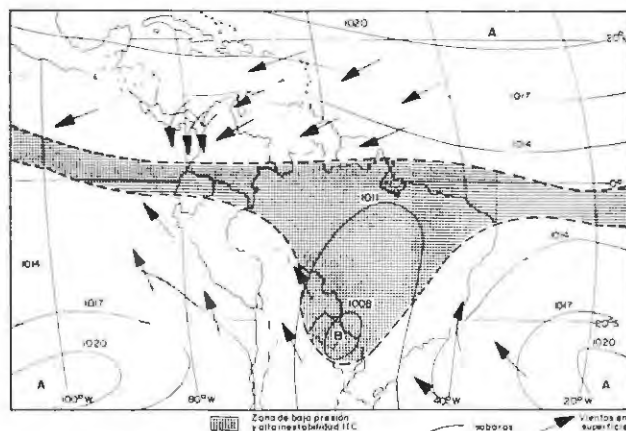


FIGURA 2. Situación atmosférica en América del Sur, en enero (Prere, Rijs & Rea, 1978)

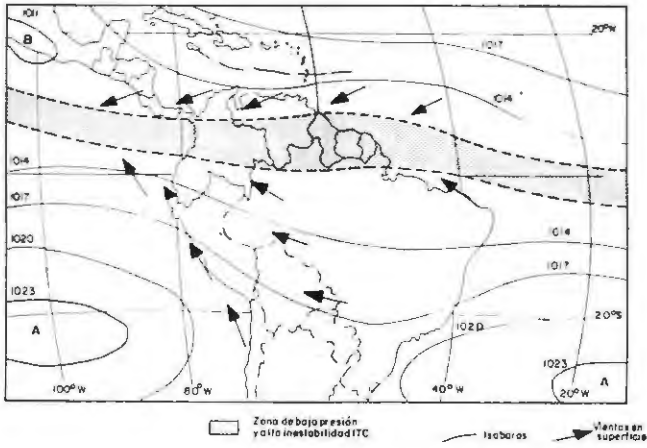


FIGURA 3. Situación atmosférica en América del Sur, en julio (Frère, Rijks & Rea, 1978)

notándose su acción especialmente en las áreas planas de las regiones septentrionales y orientales de Colombia.

Por otra parte, en la Región del Pacífico, especialmente en la zona norte, parece ser que la ITC cede, en parte, su influencia predominante a un fuerte proceso de circulación ciclónica que se encarga de la formación de sistemas nubosos productores de fuertes y constantes precipitaciones.

Además de los procesos convectivos, térmicos y dinámicos mencionados, y de los ascensos y descensos de aire que guardan una relación directa con la ITC, también se hacen presentes movimientos del aire, horizontales y verticales, determinados por causas locales y condicionados básicamente por la configuración del relieve, la vegetación y la relación tierra-agua que originan estabilización o inestabilización de la atmósfera lo cual ocasiona, a su vez, muy escasas o muy abundantes precipitaciones, respectivamente. También influyen los efectos de las circulaciones locales, como las brisas de montaña-valle y valle-montaña o pendiente-arriba y pendiente-abajo, que demuestran su presencia básicamente porque refuerzan la influencia de los otros procesos o sistemas meteorológicos actuantes y determinan el período del día en el cual se presenta una mayor precipitación y

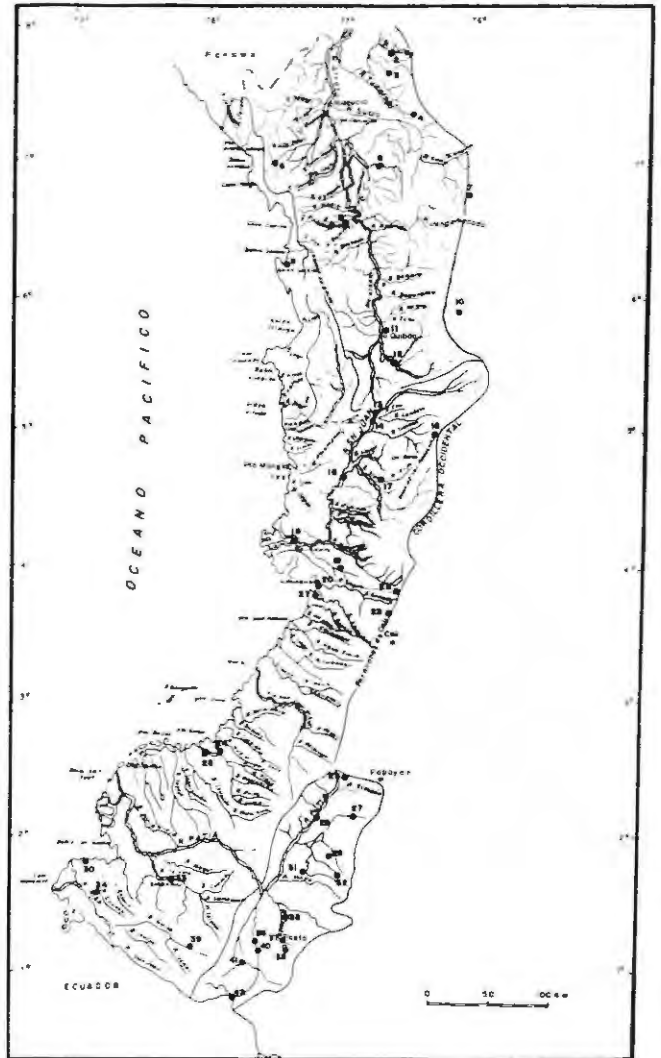


Figura 4. Estaciones Meteorológicas, con datos de temperatura, ubicadas en la Región del Pacífico Colombiano (Ver Tabla 1)

coadyuvan a su producción en las épocas en las cuales esos otros procesos o sistemas meteorológicos no son totalmente condicionantes.

3. Datos básicos utilizados

Para efectuar la caracterización térmica de la Región del Pacífico colombiano, se realizó el inventario y

TABLA 1. Estaciones meteorológicas con datos de temperatura del aire, ubicadas en la Región del Pacífico Colombiano

| N° | CODIGO | NOMBRE ESTACION | SUBCUENCA | DPTO | MUNICIPIO | LATITUD | LONGITUD | ALTI. | PERIODO |
|----|---------|-----------------------|--------------|-----------|---------------|---------|----------|-------|---------|
| 1 | 1202501 | TURBO (APTO) | CARIBE | ANTIOQUIA | TURBO | 8°08' | 75°44' | 1 | 1948 |
| 2 | 1202502 | UNIBAN | ZUNGO | ANTIOQUIA | APARTADO | 8°08' | 76°04' | 23 | 1977 |
| 3 | 1201503 | IDENA MONTECRISTO | CHIGORODO | ANTIOQUIA | CHIGORODO | 7°39' | 76°21' | 40 | 1972-82 |
| 4 | 1201504 | VILLARTEAGA | LA SIERRA | ANTIOQUIA | METATA | 7°21' | 75°20' | 13 | 1972 |
| 5 | 1112801 | LA TERESITA | LA SIERRA | CHOCÓ | RIOFRÍO | 7°21' | 75°20' | 52 | 1972 |
| 6 | 1112802 | MURINDO | MURINDO | CHOCÓ | MURINDO | 6°58' | 76°45' | 23 | 1972-81 |
| 7 | 1112803 | CANASGORDAS | CANASGORDAS | ANTIOQUIA | CANASGORDAS | 6°44' | 76°02' | 1200 | 1970 |
| 8 | 1108501 | LA MANSA | LA MANSA | CHOCÓ | QUILIBO | 5°56' | 76°41' | 66 | 1971 |
| 9 | 5601501 | PANAMERICANA | PANAMERICANA | CHOCÓ | BAHIA SOLANO | 6°11' | 77°24' | 4 | 1973 |
| 10 | 1102501 | LA MANSA | LA MANSA | CHOCÓ | CARMEN DE AT. | 5°53' | 76°07' | 2100 | 1970 |
| 11 | 1104501 | APTO. EL CARAÑO-QUIBO | LA SIERRA | CHOCÓ | QUILIBO | 5°53' | 76°41' | 53 | 1967 |
| 12 | 1103501 | LLOBO | LLOBO | CHOCÓ | LLOBO | 5°30' | 76°34' | 200 | 1973 |
| 13 | 5402506 | ANDAGOYA | ANDAGOYA | CHOCÓ | ESTIMINA | 5°08' | 76°43' | 35 | 1962-65 |
| 14 | 5402502 | APTO. CONDOTO | CONDOTO | CHOCÓ | CONDOTO | 5°06' | 76°41' | 66 | 1971 |
| 15 | 5402501 | SAN JOSE DE PALMAR | INGARA | CHOCÓ | S. JOSE PALMA | 4°57' | 75°17' | 1000 | 1973 |
| 16 | 5405501 | NOBANANA | NOBANANA | CHOCÓ | ESTIMINA | 4°40' | 76°56' | 40 | 1973 |
| 17 | 5403501 | SIPÍ | SIPÍ | CHOCÓ | SIPÍ | 4°40' | 76°50' | 110 | 1973-84 |
| 18 | 5407504 | LA MISION | LA MISION | VALLE | BUENAVENTURA | 4°11' | 77°17' | 5 | 1968 |
| 19 | 5407502 | BAJO CALIMA | CALIMA | VALLE | BUENAVENTURA | 4°00' | 76°57' | 50 | 1961 |
| 20 | 5311502 | COLPUERTOS | PACIFICO | VALLE | BUENAVENTURA | 3°53' | 77°04' | 10 | 1969 |
| 21 | 5311501 | APTO. BUENAVENTURA | PACIFICO | VALLE | BUENAVENTURA | 3°53' | 77°04' | 14 | 1968 |
| 22 | 5311503 | JULIO FERN-RESTREPO | GRANDE | VALLE | RESTREPO | 3°40' | 76°31' | 1360 | 1962 |
| 23 | 5310101 | LA CUMBRE | DAGUA | VALLE | LA CUMBRE | 3°39' | 76°53' | 1581 | 1975 |
| 24 | 5304501 | BONANZA | GUAPI | CAUCA | GUAPI | 2°57' | 77°49' | 10 | 1966 |
| 25 | 5304503 | APTO. GUAPI | PACIFICO | CAUCA | GUAPI | 2°55' | 77°53' | 10 | 1978 |
| 26 | 5201501 | EL TAMBO | SUCIO | CAUCA | EL TAMBO | 2°30' | 76°49' | 1720 | 1963 |
| 27 | 5202505 | LA SIERRA | GUICHICOHO | CAUCA | LA SIERRA | 2°10' | 76°46' | 1870 | 1971 |
| 28 | 5201502 | LA FONDA | PATIA | CAUCA | EL BORDO | 2°09' | 77°03' | 580 | 1974 |
| 29 | 5202501 | BOLIVAR | SAMBINGO | CAUCA | BOLIVAR | 1°53' | 76°58' | 1510 | 1971 |
| 30 | 5103501 | APTO. LA FLORIDA | QUITARE | NARIÑO | TUMACO | 1°40' | 78°08' | 52 | 1972 |
| 31 | 5202503 | MERCADERES 2 | SAMBINGO | CAUCA | MERCADERES | 1°46' | 77°10' | 1174 | 1971 |
| 32 | 5202502 | LOS MILAGROS | SAMBINGO | CAUCA | BOLIVAR | 1°46' | 76°54' | 2300 | 1972 |
| 33 | 5204502 | BARANCOAS | TEMBE | NARIÑO | BARANCOAS | 1°42' | 77°50' | 143 | 1968 |
| 34 | 5102501 | GRANJA EL MIRA | CALNAPI | NARIÑO | TUMACO | 1°31' | 78°11' | 16 | 1968 |
| 35 | 5204502 | APTO. ANTONIO NARIÑO | PASTO | NARIÑO | PASTO | 1°25' | 77°16' | 1706 | 1957 |
| 36 | 5205507 | OSPINA PEREZ | QUITARA | NARIÑO | CONSACA | 1°16' | 77°20' | 770 | 1951 |
| 37 | 5204501 | OBONUCO | PASTO | NARIÑO | PASTO | 1°14' | 77°16' | 2710 | 1953 |
| 38 | 5204501 | LICED LA MERCED | PASTO | NARIÑO | PASTO | 1°13' | 77°17' | 2380 | 151-66 |
| 39 | 5102502 | RICALARTE | GUIZA | NARIÑO | RICALARTE | 1°12' | 77°28' | 1181 | 1968 |
| 40 | 5205502 | BOMBONA | QUITARA | NARIÑO | CONSACA | 1°12' | 77°28' | 143 | 1968 |
| 41 | 5205502 | EL PARAISO | QUITARA | NARIÑO | TUOJEPRES | 1°05' | 77°37' | 2120 | 1968 |
| 42 | 5205501 | APTO. SAN LUIS | QUITARA | NARIÑO | IPATALES | 0°49' | 77°38' | 2961 | 1961 |

TABLA 2. Valores de temperatura media (°C) en la Región del Pacífico colombiano

| N° | NOMBRE ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
|----|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | TURBO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 2 | UNIBAN | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 3 | IDENA MONTECRISTO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 4 | VILLARTEAGA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 5 | LA TERESITA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 6 | MURINDO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 7 | CANASGORDAS | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 8 | LA MANSA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 9 | PANAMERICANA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 10 | LA MANSA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 11 | APTO. EL CARAÑO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 12 | LLOBO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 13 | ANDAGOYA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 14 | APTO. CONDOTO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 15 | SAN JOSE DEL PALMAR | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 16 | NOBANANA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 17 | SIPÍ | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 18 | LA MISION | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 19 | BAJO CALIMA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 20 | COLPUERTOS | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 21 | APTO. BUENAVENTURA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 22 | JULIO FERNANDEZ | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 23 | LA CUMBRE | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 24 | BONANZA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 25 | APTO. GUAPI | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 26 | EL TAMBO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 27 | LA SIERRA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 28 | LA FONDA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 29 | BOLIVAR | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 30 | APTO. LA FLORIDA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 31 | MERCADERES | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 32 | LOS MILAGROS | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 33 | BARANCOAS | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 34 | GRANJA EL MIRA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 35 | APTO. ANTONIO NARIÑO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 36 | OSPINA PEREZ | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 37 | OBONUCO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 38 | LICED LA MERCED | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 39 | RICALARTE | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 40 | BOMBONA | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 41 | EL PARAISO | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.7 | 27.8 | 27.8 | 27.6 | 27.6 | 27.6 | 27.3 | 27.0 | 27.3 |
| 42 | APTO. SAN LUIS | 11.3 | 11.4 | 11.8 | 11.5 | 11.5 | 10.8 | 10.3 | 10.4 | 10.9 | 11.6 | 11.8 | 11.6 | 11.2 |

TABLA 3
Amplitud de la temperatura media (°C) en la Región del Pacífico colombiano

Table with 13 columns: N° NOMBRE ESTACION, ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO, SEP, OCT, NOV, DIC, AÑO. Rows list 34 stations including TURBO, UNIBAN, IDEMA MONTECRISTO, etc.

recopilación de los datos disponibles de las diferentes estaciones meteorológicas con información de temperatura del aire (Tabla 1, Fig.4) que han funcionado en esa región.

Como es normal en este tipo de estudios y para disponer de información meteorológica comparable y suficientemente veraz, fue necesario verificar los datos y ajustarlos, depurándolos, homogeneizándolos, comparándolos y correlacionándolos, aplicando para ello los métodos estadísticos utilizados y/o recomendados -entre otros- por Brook & Carruthers (1953), Panofsky & Brier (1958) y Essenwanger (1976).

La identificación, ubicación geográfica, altitud y los valores de los diferentes elementos meteorológicos que se observaron en cada estación durante el período en que ellas han funcionado, fueron obtenidos de los archivos y de publicaciones del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras -HIMAT- (1940-1990, 1985) y de la Federación Nacional de Cafeteros -FNC- (1950-1989).

Después de procesar toda la información, usando los procedimientos estadísticos y meteorológicos generalmente aceptados, se obtuvieron los valores mensuales y anuales que se presentan en las Tablas 2 a 7 y con los cuales se posibilitó la determinación de las características térmicas de la Región del Pacífico colombiano.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que un análisis climatológico completo y adecuado debe indicar el régimen normal de los elementos climatológicos; es decir, debe establecer la distribución más común y sus características más frecuentes a través del año, valorado todo lo anterior con los datos medios, máximos y mínimos

(mensuales y anuales) obtenidos con información de largos períodos de observaciones, generalmente no inferiores a 30 años. Para este estudio se cuenta con algunas estaciones meteorológicas que poseen más de 30 años de observaciones, con base en ellas y aplicando procesos estadísticos y meteorológicos diseñados para estos fines, fue posible extender los resultados generales para cada una de las zonas que conforman la Región del Pacífico.

Uno de los objetivos principales de realizar análisis de la variación espacial y temporal de los diferentes elementos meteorológicos es el de poder establecer una zonificación climática y definir relaciones de generali-

TABLA 5
Temperatura máxima media (°C) en la Región del Pacífico colombiano

Table with 13 columns: N° NOMBRE ESTACION, ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO, SEP, OCT, NOV, DIC, AÑO. Rows list 34 stations with monthly maximum temperature data.

TABLA 6
Temperatura mínima media (°C) en la Región del Pacífico colombiano

Table with 13 columns: N° NOMBRE ESTACION, ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO, SEP, OCT, NOV, DIC, AÑO. Rows list 34 stations with monthly minimum temperature data.

TABLA 4
Temperatura máxima absoluta (°C) en la Región del Pacífico colombiano

Table with 13 columns: N° NOMBRE ESTACION, ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO, SEP, OCT, NOV, DIC, AÑO. Rows list 34 stations with absolute maximum temperature data.

zación por medio de ecuaciones, mapas o figuras que muestren la distribución espacial y/o temporal de los elementos meteorológicos o, preferiblemente, con modelos de regresión que permitan determinar los valores en sitios donde un elemento no se mide en forma directa, ubicados dentro del área de interés y en sus inmediatos alrededores.

La determinación de los mapas o modelos de regresión que muestren la distribución espacial, se efectúa comparando todos los valores similares de un elemento climático con los diferentes factores climáticos (latitud, altitud, topografía, posición de las cordilleras, etc.).

En nuestro caso fue posible establecer una relación lineal entre los valores de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales y anuales y el factor

TABLA 7
Temperatura mínima absoluta (°C) en la Región del Pacífico colombiano

| Nº | NOMBRE ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
|----|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | TURBO | 19,0 | 18,6 | 14,5 | 17,5 | 19,0 | 16,2 | 16,5 | 17,0 | 17,0 | 16,0 | 16,5 | 18,4 | 16,5 |
| 2 | UNIBAN | 16,0 | 17,4 | 17,0 | 19,5 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 15,2 | 16,0 | 16,0 | 16,5 | 16,0 | 16,0 |
| 3 | IDEHA-MONTECRISTO | 15,0 | 18,0 | 18,0 | 19,5 | 16,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 16,0 | 16,0 | 16,5 | 16,0 | 16,0 |
| 4 | VILLARTEAGA | 16,0 | 18,2 | 19,0 | 20,0 | 18,0 | 17,5 | 18,4 | 18,4 | 18,4 | 17,0 | 17,4 | 16,0 | 16,0 |
| 5 | LA TERESITA | 17,0 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 19,4 | 17,9 | 19,8 | 17,8 | 17,0 | 16,0 |
| 6 | MUÑOZ | 19,0 | 18,0 | 20,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,0 |
| 7 | CANASGORDAS | 10,4 | 11,4 | 12,0 | 10,8 | 14,0 | 11,4 | 11,0 | 12,0 | 12,0 | 11,6 | 10,0 | 13,6 | 10,0 |
| 9 | PANAMERICANA | 19,0 | 16,0 | 19,0 | 14,0 | 18,0 | 18,0 | 16,0 | 17,0 | 17,0 | 18,0 | 17,0 | 17,0 | 16,0 |
| 10 | LA MANSA | 19,0 | 18,0 | 19,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| 11 | APTO. EL CARAÑO | 19,0 | 21,0 | 21,0 | 20,0 | 20,0 | 19,0 | 20,2 | 19,6 | 20,0 | 18,0 | 20,0 | 20,0 | 18,0 |
| 14 | APTO. CONDOTO | 18,0 | 17,0 | 19,0 | 20,0 | 20,0 | 19,4 | 19,0 | 20,0 | 20,4 | 19,4 | 19,0 | 20,0 | 17,0 |
| 15 | SAN JOSE DEL PALMAR | 19,0 | 18,0 | 19,0 | 17,4 | 17,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 15,2 | 14,0 | 14,0 | 15,0 | 16,0 |
| 16 | NGANAMA | 16,0 | 18,5 | 18,0 | 20,0 | 20,4 | 19,5 | 20,0 | 18,5 | 19,5 | 15,0 | 15,5 | 15,8 | 15,5 |
| 17 | SIPI | 16,5 | 19,0 | 18,0 | 17,0 | 15,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 13,0 | 15,0 | 14,0 | 15,0 |
| 18 | LA HISION | 16,0 | 18,0 | 18,0 | 17,0 | 15,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 13,0 | 15,0 | 14,0 | 15,0 |
| 19 | BAJO CALIMA | 17,5 | 17,0 | 15,0 | 18,0 | 17,4 | 17,2 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 16,2 | 17,2 | 15,0 | 15,0 |
| 20 | COLPUERTOS | 18,0 | 20,2 | 19,0 | 18,0 | 16,0 | 18,2 | 18,9 | 19,0 | 20,0 | 20,0 | 19,0 | 20,1 | 16,0 |
| 21 | APTO. BUCAVENTURA | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 22 | JULIO FERNANDEZ | 10,0 | 10,0 | 9,0 | 10,0 | 11,5 | 11,0 | 11,3 | 10,8 | 9,0 | 10,0 | 8,5 | 10,4 | 8,5 |
| 26 | BOMANZA | 17,2 | 20,0 | 19,0 | 19,0 | 17,4 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 20,0 | 17,0 |
| 25 | APTO. GUAPI | 21,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 27 | LA SIERRA | 9,4 | 9,4 | 6,2 | 10,0 | 9,0 | 9,0 | 10,0 | 6,2 | 6,0 | 8,9 | 8,0 | 5,5 | 6,0 |
| 28 | LA FONDA | 9,0 | 12,0 | 14,3 | 16,4 | 16,2 | 13,0 | 14,0 | 14,0 | 16,0 | 17,9 | 16,9 | 12,0 | 9,0 |
| 29 | BOLIVAR | 13,0 | 14,0 | 11,4 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 13,4 | 12,6 | 12,6 | 14,0 | 13,6 | 11,2 |
| 30 | APTO. LA FLORIDA | 10,6 | 16,0 | 17,1 | 16,2 | 16,0 | 16,0 | 17,0 | 15,0 | 15,0 | 14,0 | 15,0 | 14,0 | 12,0 |
| 31 | MERCADERES | 15,5 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 14,2 | 14,2 | 14,4 | 14,6 | 16,0 | 15,9 | 16,0 | 12,0 |
| 32 | LOS MILAGROS | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 16,0 |
| 33 | BARBACADAS | 14,6 | 16,4 | 12,0 | 15,0 | 10,4 | 13,4 | 15,4 | 15,0 | 10,2 | 12,8 | 14,2 | 14,8 | 10,2 |
| 34 | GRANJA EL MIRA | 16,4 | 18,2 | 18,0 | 19,0 | 19,4 | 18,8 | 18,8 | 18,8 | 18,2 | 19,8 | 18,4 | 18,8 | 16,4 |
| 35 | APTO. ANTONIO MARIÑO | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| 36 | OSPINA PEREZ | 10,5 | 11,0 | 11,5 | 12,5 | 11,5 | 10,5 | 11,2 | 10,5 | 11,0 | 10,5 | 12,1 | 11,5 | 10,5 |
| 37 | OBORUJO | 13,5 | 15,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 | 13,0 |
| 39 | RICALARTE | 13,4 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| 40 | BOMBONA | 17,8 | 18,0 | 10,2 | 11,8 | 10,0 | 10,4 | 8,6 | 10,0 | 8,6 | 10,0 | 10,4 | 10,0 | 10,0 |
| 41 | EL PARAISO | 1,2 | 2,0 | 0,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1,0 | 1,0 |
| 42 | APTO. SAN LUIS | -1,2 | -0,7 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | -1,0 | -1,0 | 0,1 | 0,2 | -1,0 |

altitud con muy buenos coeficientes de correlación, en la mayor parte de los casos superiores a 0.90. Un análisis detallado de cada uno de los resultados y residuos obtenidos al aplicar esos modelos de regresión permitió concluir que, obviamente y sin lugar a dudas, la temperatura del aire depende en gran medida de la altitud y que esa dependencia predomina sobre los demás factores climáticos; esto está corroborado por el hecho de que en los diferentes modelos en los cuales se hizo intervenir la altitud se lograron coeficientes de correlación óptimos. Sin embargo, también se concluyó que existen otros factores que, aún cuando en forma mínima, también influyen en la variación de la temperatura.

Analizando en detalle la variación espacial de, principalmente, la temperatura del aire y de la precipitación, se procedió a delimitar la Región del Pacífico colombiano en diferentes zonas, caracterizadas o influenciadas cada una de ellas por sus factores de latitud, configuración del relieve y otras características del conjunto fisiográfico natural y de la distribución de los otros elementos meteorológicos.

Diferentes zonificaciones originaron diferentes modelos de regresión y coeficientes de regresión, entre la temperatura y la altitud. El afinamiento paulatino permitió alcanzar la zonificación óptima que se muestra en la Fig. 5.

Quedó así, la Región del Pacífico colombiano caracterizada por tres zonas:

- ZONA NORTE: Area norte de la Región del Pacífico, cuencas de los ríos Baudó, San Juan y Atrato (excepto sus subáreas limítrofes con el Mar Caribe);
- ZONA CENTRAL: Area central de la Región del Pacífico, cuencas de los ríos Guascama, Tapaje, Iscuandé, Guapi, San Juan de Micay, Yurumanauí, Raposo, Dagua y otros (todos aportantes directos al Océano Pacífico);
- ZONA SUR: Area sur de la Región del Pacífico, cuencas de los ríos Patía, Guaitara y Mira.

5. Características de la variación de la Temperatura del aire

Los diferentes valores de temperatura obtenidos con base en la información recopilada en las estaciones

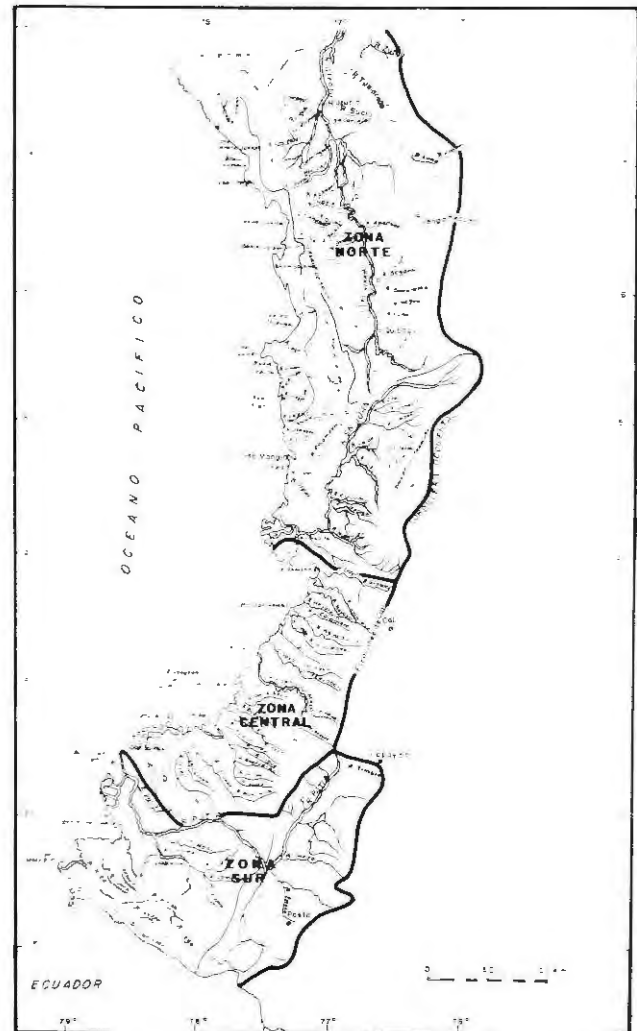


Figura 5. Zonificación utilizada para el análisis de la temperatura del aire en la Región del Pacífico colombiano

TABLA 8

Temperatura media (T en °C) en función de la altitud (Z en km) en la Región del Pacífico colombiano (r = coeficiente de correlación)

| MES | REGION PACIF. | ZONA NORTE | ZONA CENTRAL | ZONA SUR |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ENE | T=26,27-4,75Z r=0,99 | T=26,76-4,63Z r=0,98 | T=25,60-4,43Z r=1,00 | T=26,65-4,95Z r=0,98 |
| FEB | T=26,16-4,72Z r=0,98 | T=26,41-4,62Z r=0,98 | T=26,01-4,51Z r=1,00 | T=27,02-4,98Z r=0,97 |
| MAR | T=26,64-4,77Z r=0,99 | T=26,61-4,60Z r=0,98 | T=26,23-4,66Z r=1,00 | T=27,04-4,96Z r=0,98 |
| ABR | T=26,68-4,79Z r=0,99 | T=26,67-4,71Z r=0,98 | T=26,31-4,85Z r=1,00 | T=27,08-4,96Z r=0,98 |
| MAY | T=26,55-4,69Z r=0,99 | T=26,55-4,60Z r=0,98 | T=26,20-4,74Z r=1,00 | T=26,87-4,83Z r=0,98 |
| JUN | T=26,46-4,74Z r=0,98 | T=26,43-4,61Z r=0,97 | T=25,98-4,72Z r=1,00 | T=26,99-4,97Z r=0,97 |
| JUL | T=26,49-4,77Z r=0,97 | T=26,37-4,66Z r=0,97 | T=25,95-4,60Z r=1,00 | T=27,37-5,17Z r=0,96 |
| AGO | T=26,40-4,69Z r=0,97 | T=26,26-4,56Z r=0,97 | T=25,82-4,45Z r=1,00 | T=27,37-4,13Z r=0,95 |
| SEP | T=26,26-4,60Z r=0,97 | T=26,19-4,65Z r=0,97 | T=25,70-4,38Z r=1,00 | T=27,04-4,94Z r=0,96 |
| OCT | T=26,01-4,62Z r=0,98 | T=25,97-4,62Z r=0,97 | T=25,61-4,67Z r=1,00 | T=26,58-4,86Z r=0,98 |
| NOV | T=25,98-4,58Z r=0,99 | T=25,96-4,62Z r=0,97 | T=25,63-4,82Z r=1,00 | T=26,39-4,85Z r=0,98 |
| DIC | T=26,05-4,70Z r=0,99 | T=26,05-4,65Z r=0,98 | T=25,68-4,72Z r=1,00 | T=26,44-4,86Z r=0,98 |
| AÑO | T=26,36-4,71Z r=0,98 | T=26,32-4,64Z r=0,98 | T=25,90-4,63Z r=1,00 | T=26,90-4,95Z r=0,97 |

meteorológicas que han funcionado en el área, debidamente procesada, depurada y homogeneizada (Tablas 2 a 7), se compararon con los que aparecen en los estudios de generalización efectuados a nivel nacional (entre otros

TABLA 9

Temperatura máxima absoluta promedio (T en °C) en función de la altitud (Z en m) en la Región del Pacífico colombiano

| PERIODO | ECUACION DE REGRESION | COEFICIENTE CORRELACION |
|---------|------------------------|-------------------------|
| ENERO | $T = 35.37 - 0.00381Z$ | 0.86 |
| FEBRERO | $T = 35.36 - 0.00391Z$ | 0.93 |
| MARZO | $T = 35.41 - 0.00388Z$ | 0.91 |
| ABRIL | $T = 36.13 - 0.00398Z$ | 0.81 |
| MAYO | $T = 35.52 - 0.00387Z$ | 0.85 |
| JUNIO | $T = 36.03 - 0.00450Z$ | 0.88 |
| JULIO | $T = 35.65 - 0.00395Z$ | 0.85 |
| AGOSTO | $T = 35.27 - 0.00380Z$ | 0.65 |
| SEPTIEM | $T = 34.80 - 0.00360Z$ | 0.81 |
| OCTUBRE | $T = 35.15 - 0.00391Z$ | 0.84 |
| NOVIEMB | $T = 34.42 - 0.00387Z$ | 0.87 |
| DICIEMB | $T = 34.45 - 0.00358Z$ | 0.85 |
| AÑO | $T = 37.75 - 0.00397Z$ | 0.85 |

TABLA 10

Temperatura máxima media (T en °C) en función de la altitud (Z en m) en la Región del Pacífico colombiano

| PERIODO | ECUACION DE REGRESION | COEFICIENTE CORRELACION |
|---------|------------------------|-------------------------|
| ENERO | $T = 32.43 - 0.00476Z$ | 0.93 |
| FEBRERO | $T = 32.64 - 0.00463Z$ | 0.94 |
| MARZO | $T = 33.12 - 0.00488Z$ | 0.94 |
| ABRIL | $T = 33.14 - 0.00496Z$ | 0.95 |
| MAYO | $T = 32.94 - 0.00495Z$ | 0.95 |
| JUNIO | $T = 32.75 - 0.00492Z$ | 0.94 |
| JULIO | $T = 32.94 - 0.00496Z$ | 0.92 |
| AGOSTO | $T = 32.75 - 0.00491Z$ | 0.90 |
| SEPTIEM | $T = 32.49 - 0.00461Z$ | 0.90 |
| OCTUBRE | $T = 32.28 - 0.00459Z$ | 0.93 |
| NOVIEMB | $T = 31.92 - 0.00478Z$ | 0.96 |
| DICIEMB | $T = 31.94 - 0.00474Z$ | 0.94 |
| AÑO | $T = 32.58 - 0.00469Z$ | 0.94 |

los de Stanescu & Díaz, 1971; Eslava, Parra & Villalba, 1985; Cortés, 1989); de esa comparación se concluyó claramente que los resultados son congruentes, pero no iguales, en cuanto se refiere a sus valores y al gradiente de la temperatura con la altitud.

Lo anterior mostró también que, además de describir las características térmicas de la Región del Pacífico, era necesario establecer las relaciones de generalización que expresen gráfica y/o matemáticamente las leyes de variación territorial de los más importantes parámetros de temperatura, en función de factores climáticos conocidos, en este caso la altitud. Estas relaciones de generalización se presentan, por ejemplo, como ecuaciones lineales que ligan los valores de altitud con los de temperaturas medias y extremas a nivel mensual y anual (Tablas 8 a 12).

TABLA 11

Temperatura mínima media (T en °C) en función de la altitud (Z en m) en la Región del Pacífico colombiano

| PERIODO | ECUACION DE REGRESION | COEFICIENTE CORRELACION |
|---------|------------------------|-------------------------|
| ENERO | $T = 20.93 - 0.00457Z$ | 0.97 |
| FEBRERO | $T = 21.17 - 0.00458Z$ | 0.97 |
| MARZO | $T = 21.31 - 0.00460Z$ | 0.97 |
| ABRIL | $T = 21.16 - 0.00443Z$ | 0.97 |
| MAYO | $T = 21.29 - 0.00453Z$ | 0.97 |
| JUNIO | $T = 20.98 - 0.00447Z$ | 0.96 |
| JULIO | $T = 20.94 - 0.00465Z$ | 0.97 |
| AGOSTO | $T = 20.94 - 0.00465Z$ | 0.97 |
| SEPTIEM | $T = 20.95 - 0.00459Z$ | 0.97 |
| OCTUBRE | $T = 20.96 - 0.00458Z$ | 0.96 |
| NOVIEMB | $T = 21.07 - 0.00459Z$ | 0.97 |
| DICIEMB | $T = 20.83 - 0.00450Z$ | 0.96 |
| AÑO | $T = 21.06 - 0.00466Z$ | 0.97 |

TABLA 12

Temperatura mínima absoluta promedio (T en °C) en función de la altitud (Z en m) en la Región del Pacífico colombiano

| PERIODO | ECUACION REGRESION | COEFICIENTE CORRELACION |
|---------|------------------------|-------------------------|
| ENERO | $T = 17.94 - 0.00541Z$ | 0.95 |
| FEBRERO | $T = 17.96 - 0.00518Z$ | 0.91 |
| MARZO | $T = 18.21 - 0.00530Z$ | 0.93 |
| ABRIL | $T = 18.01 - 0.00481Z$ | 0.91 |
| MAYO | $T = 17.59 - 0.00450Z$ | 0.87 |
| JUNIO | $T = 17.99 - 0.00490Z$ | 0.93 |
| JULIO | $T = 18.14 - 0.00517Z$ | 0.95 |
| AGOSTO | $T = 17.90 - 0.00498Z$ | 0.94 |
| SEPTIEM | $T = 17.68 - 0.00513Z$ | 0.90 |
| OCTUBRE | $T = 17.79 - 0.00511Z$ | 0.93 |
| NOVIEMB | $T = 17.38 - 0.00480Z$ | 0.90 |
| DICIEMB | $T = 16.89 - 0.00463Z$ | 0.88 |
| AÑO | $T = 15.26 - 0.00457Z$ | 0.91 |

Tanto de las relaciones de generalización ya mencionadas, como de los datos mismos y demás Tablas y Figuras, se pueden concluir varias cuestiones referentes a la variación espacio-temporal de la temperatura, las cuales se mencionan en los siguientes párrafos.

5.1 Temperatura media

En las Tablas 13 a 16 y Figs.6 a 9, se aprecia claramente que los valores medios mensuales permanecen muy cerca del promedio anual, con oscilaciones que no superan en ningún caso el valor de 1.5°C.

No obstante lo anterior, también podemos decir que la temperatura media en la región, que en promedio anual y al nivel del mar es de 26.3°C en la zona norte, de 25.9°C en la zona central y de 26.9°C en la zona sur (valores

TABLA 13

Valores tipicos promedios de la temperatura media (°C) para diferentes altitudes en la Región del Pacifico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1000m | 2000m | 3000m | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|-------|-------|-------|---------------------|
| ENERO | 26,3 | 21,5 | 16,8 | 12,0 | 0,475 |
| FEBRERO | 26,5 | 21,7 | 17,0 | 12,3 | 0,472 |
| MARZO | 26,6 | 21,9 | 17,1 | 12,3 | 0,477 |
| ABRIL | 26,7 | 21,9 | 17,1 | 12,3 | 0,479 |
| MAYO | 26,6 | 21,9 | 17,2 | 12,5 | 0,469 |
| JUNIO | 26,5 | 21,7 | 17,0 | 12,2 | 0,474 |
| JULIO | 26,5 | 21,7 | 16,9 | 12,2 | 0,477 |
| AGOSTO | 26,4 | 21,7 | 17,0 | 12,3 | 0,469 |
| SEPTIEMBRE | 26,3 | 21,7 | 17,1 | 12,5 | 0,460 |
| OCTUBRE | 26,0 | 21,4 | 16,8 | 12,1 | 0,462 |
| NOVIEMBRE | 26,0 | 21,3 | 16,6 | 11,9 | 0,468 |
| DICIEMBRE | 26,1 | 21,4 | 16,7 | 12,0 | 0,470 |
| AÑO | 26,4 | 21,6 | 16,9 | 12,2 | 0,471 |

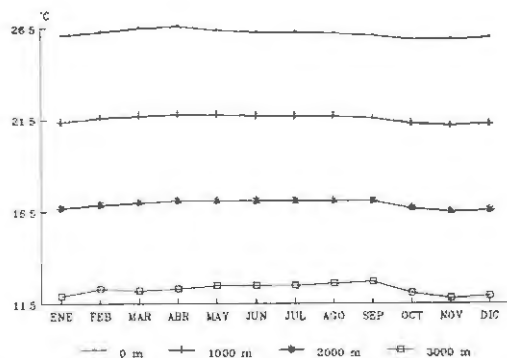


Figura 6. Distribución típica de la temperatura media (°C) en la Región del Pacifico colombiano

TABLA 14

Valores tipicos promedios de la temperatura media (°C) para diferentes altitudes en la zona norte de la Región del Pacifico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 26,3 | 21,6 | 17,0 | 12,4 | 0,463 |
| FEBRERO | 26,4 | 21,8 | 17,2 | 12,6 | 0,462 |
| MARZO | 26,6 | 22,0 | 17,4 | 12,8 | 0,460 |
| ABRIL | 26,7 | 22,0 | 17,3 | 12,6 | 0,471 |
| MAYO | 26,6 | 22,0 | 17,3 | 12,7 | 0,460 |
| JUNIO | 26,4 | 21,8 | 17,2 | 12,6 | 0,461 |
| JULIO | 26,4 | 21,7 | 17,0 | 12,4 | 0,466 |
| AGOSTO | 26,3 | 21,7 | 17,1 | 12,6 | 0,456 |
| SEPTIEMBRE | 26,2 | 21,5 | 16,9 | 12,2 | 0,465 |
| OCTUBRE | 26,0 | 21,3 | 16,7 | 12,1 | 0,462 |
| NOVIEMBRE | 26,0 | 21,3 | 16,7 | 12,1 | 0,462 |
| DICIEMBRE | 26,1 | 21,4 | 16,8 | 12,2 | 0,463 |
| AÑO | 26,3 | 21,7 | 17,0 | 12,4 | 0,464 |

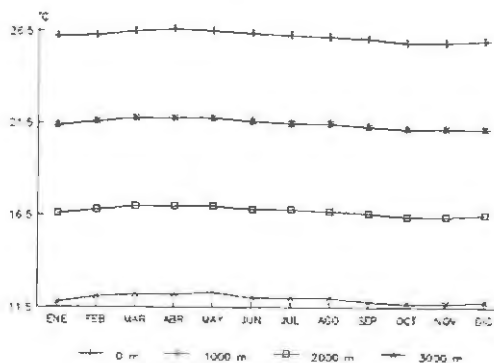


Figura 7. Distribución típica de la temperatura media (°C) en la zona norte de la Región del Pacifico colombiano

TABLA 15

Valores tipicos promedios de la temperatura media (°C) para diferentes altitudes en la zona central de la Región del Pacifico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 25,8 | 21,4 | 16,9 | 12,5 | 0,443 |
| FEBRERO | 26,0 | 21,5 | 17,0 | 12,5 | 0,451 |
| MARZO | 26,2 | 21,6 | 16,9 | 12,3 | 0,466 |
| ABRIL | 26,3 | 21,5 | 16,6 | 11,8 | 0,485 |
| MAYO | 26,2 | 21,5 | 16,7 | 12,0 | 0,474 |
| JUNIO | 26,0 | 21,3 | 16,5 | 11,8 | 0,472 |
| JULIO | 26,0 | 21,4 | 16,8 | 12,2 | 0,460 |
| AGOSTO | 25,8 | 21,4 | 17,0 | 12,5 | 0,443 |
| SEPTIEMBRE | 25,7 | 21,3 | 16,9 | 12,5 | 0,438 |
| OCTUBRE | 25,6 | 20,9 | 16,3 | 11,6 | 0,467 |
| NOVIEMBRE | 25,6 | 20,8 | 16,0 | 11,2 | 0,482 |
| DICIEMBRE | 25,7 | 21,0 | 16,2 | 11,5 | 0,472 |
| AÑO | 25,9 | 21,3 | 16,6 | 12,0 | 0,453 |

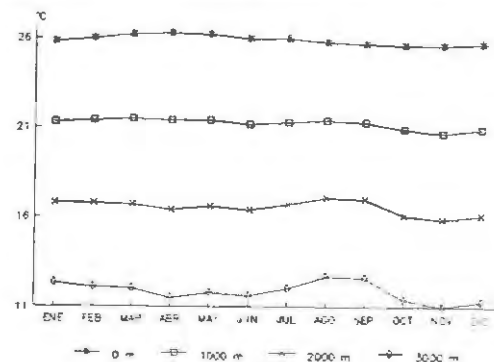


Figura 8. Distribución típica de la temperatura media (°C) en la zona central de la Región del Pacifico colombiano

TABLA 16

Valores tipicos promedios de la temperatura media (°C) para diferentes altitudes en la zona sur de la Región del Pacifico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 26,7 | 21,7 | 16,8 | 11,8 | 0,495 |
| FEBRERO | 27,0 | 22,0 | 17,1 | 12,1 | 0,498 |
| MARZO | 27,0 | 22,1 | 17,1 | 12,2 | 0,496 |
| ABRIL | 27,1 | 22,1 | 17,2 | 12,3 | 0,495 |
| MAYO | 26,9 | 22,0 | 17,2 | 12,4 | 0,483 |
| JUNIO | 27,0 | 22,0 | 17,0 | 12,1 | 0,497 |
| JULIO | 27,4 | 22,1 | 17,0 | 11,9 | 0,517 |
| AGOSTO | 27,4 | 22,1 | 17,1 | 12,0 | 0,513 |
| SEPTIEMBRE | 27,0 | 22,1 | 17,2 | 12,2 | 0,494 |
| OCTUBRE | 26,6 | 21,7 | 16,9 | 12,0 | 0,486 |
| NOVIEMBRE | 26,4 | 21,5 | 16,7 | 11,9 | 0,485 |
| DICIEMBRE | 26,4 | 21,6 | 16,7 | 11,9 | 0,486 |
| AÑO | 26,9 | 21,9 | 17,0 | 12,0 | 0,495 |

inferiores a los del resto de Colombia), presenta variaciones durante el transcurso del año que se ajustan a un sólo régimen de características uniformes, en general cambia para la región según las características propias de cada zona y para cada zona según la altitud (Figs.10 a 13). En bajas altitudes, por ejemplo, es un régimen monomodal con temperaturas medias máximas en abril (comienzo de la primera temporada muy lluviosa) y mínimas en octubre-noviembre (época más lluviosa); por lo que puede hablarse de dos temporadas: una relativamente caliente de febrero a julio y una relativamente fría de agosto a enero; para elevaciones medias y altas,

la situación va cambiando y en algunos casos puede darse un régimen bimodal y otro monomodal con cambios en los meses de ocurrencia de las máximas y las mínimas.

Para un mismo mes, la temperatura media puede variar de un año a otro con los valores de amplitud que figuran en la Tabla 17 que son el resultado de procesar los datos puntuales que aparecen en la Tabla 3. De esos datos puede concluirse que las fluctuaciones que pueden sufrir las temperaturas a través de los años oscilan desde 1.4°C a 2.5°C en promedio o de 2.2°C a 4.6°C como máximo.

5.2 Temperaturas extremas

Por lo que respecta a las temperaturas máximas y mínimas absolutas y máximas y mínimas medias, se aprecia claramente que ellas presentan variaciones -a través del año- más amplias que las de las temperaturas medias, especialmente los valores máximos y mínimos ab-

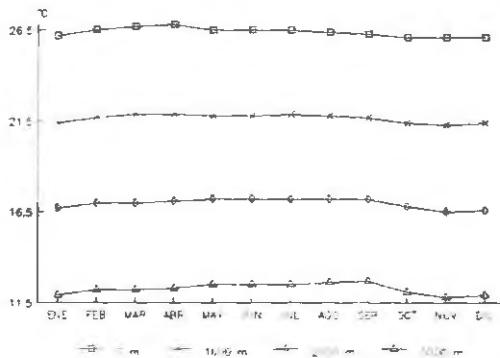


Figura 9. Distribución típica de la temperatura media (°C) en la zona sur de la Región del Pacífico colombiano

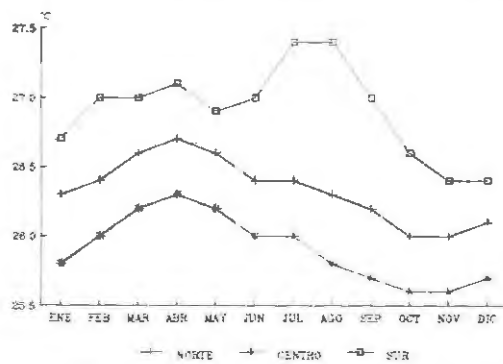


Figura 10. Distribución típica de la temperatura media (°C) en un sitio ubicado al nivel del mar en la Región del Pacífico colombiano

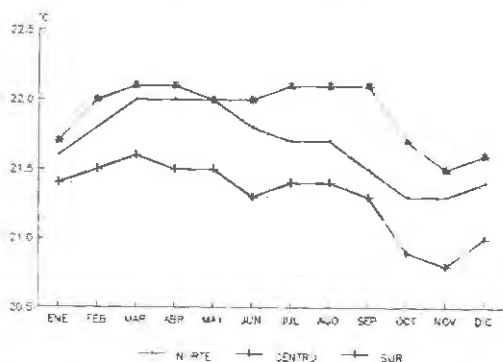


Figura 11. Distribución típica de la temperatura media (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 1.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

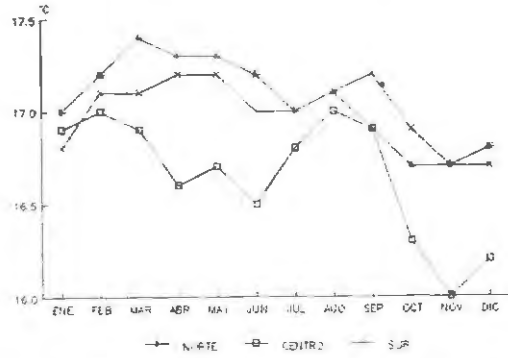


Figura 12. Distribución típica de la temperatura media (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 2.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

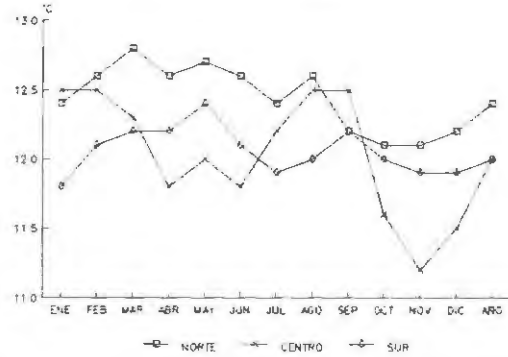


Figura 13. Distribución típica de la temperatura media (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 3.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

TABLA 17

Amplitud de la temperatura media (°C) en la Región del Pacífico colombiano

| PERIODO | AMPLITUD | REG. PAC. | NORTE | CENTRO | SUR |
|---------|----------|-----------|-------|--------|-----|
| ENERO | MEDIA | 2.5 | 2.2 | 2.3 | 3.2 |
| | MAXIMA | 4.4 | 3.3 | 3.1 | 4.4 |
| FEBRERO | MEDIA | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 3.2 |
| | MAXIMA | 4.6 | 3.1 | 2.7 | 4.6 |
| MARZO | MEDIA | 2.0 | 1.8 | 2.0 | 2.5 |
| | MAXIMA | 3.2 | 2.7 | 3.2 | 3.1 |
| ABRIL | MEDIA | 1.7 | 1.4 | 1.8 | 2.2 |
| | MAXIMA | 3.5 | 2.4 | 2.6 | 3.5 |
| MAYO | MEDIA | 1.9 | 1.7 | 2.2 | 2.2 |
| | MAXIMA | 3.4 | 2.5 | 2.9 | 3.4 |
| JUNIO | MEDIA | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 2.4 |
| | MAXIMA | 3.5 | 2.9 | 2.5 | 3.5 |
| JULIO | MEDIA | 2.2 | 2.0 | 2.2 | 2.8 |
| | MAXIMA | 3.3 | 3.0 | 3.1 | 3.3 |
| AGOSTO | MEDIA | 2.0 | 1.7 | 1.4 | 2.7 |
| | MAXIMA | 3.5 | 3.2 | 2.3 | 3.5 |
| SEPTIEM | MEDIA | 1.9 | 1.6 | 1.7 | 2.8 |
| | MAXIMA | 3.9 | 2.8 | 2.2 | 3.9 |
| OCTUBRE | MEDIA | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 2.3 |
| | MAXIMA | 3.3 | 3.3 | 2.6 | 3.2 |
| NOVIEMB | MEDIA | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 2.3 |
| | MAXIMA | 3.6 | 3.6 | 3.2 | 3.5 |
| DICIEMB | MEDIA | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 2.7 |
| | MAXIMA | 4.0 | 2.7 | 2.3 | 4.0 |
| AÑO | MEDIA | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 2.6 |
| | MAXIMA | 4.0 | 3.6 | 3.2 | 4.0 |

solutos (Tablas 18 a 21, Figs.14 a 21). Sin embargo, el comportamiento de las amplitudes mensuales de esos valores extremos es muy distinto:

- Las amplitudes medias mensuales (Tabla 22), diferencia entre la temperatura máxima media y mínima media para un mes, sobrepasan durante todo el año y en todas las altitudes los 10°C y en algunos casos llegan a

TABLA 18

Valores típicos promedios de la temperatura máxima absoluta media (°C) para diferentes altitudes en la Región del Pacífico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 35,4 | 31,6 | 27,8 | 23,9 | 0,381 |
| FEBRERO | 35,4 | 31,4 | 27,5 | 23,6 | 0,391 |
| MARZO | 35,4 | 31,5 | 27,7 | 23,8 | 0,388 |
| ABRIL | 36,1 | 32,1 | 28,2 | 24,2 | 0,398 |
| MAYO | 35,5 | 31,6 | 27,8 | 23,9 | 0,388 |
| JUNIO | 36,0 | 31,5 | 27,3 | 22,5 | 0,450 |
| JULIO | 35,6 | 31,7 | 27,8 | 23,8 | 0,395 |
| AGOSTO | 35,3 | 31,5 | 27,7 | 23,9 | 0,380 |
| SEPTIEMBRE | 34,8 | 31,2 | 27,6 | 24,0 | 0,360 |
| OCTUBRE | 35,2 | 31,2 | 27,3 | 23,4 | 0,391 |
| NOVIEMBRE | 34,4 | 30,6 | 26,7 | 22,8 | 0,387 |
| DICIEMBRE | 34,4 | 30,9 | 27,3 | 23,7 | 0,356 |
| AÑO MAXIM | 37,8 | 33,8 | 29,8 | 25,9 | 0,397 |
| AÑO MEDIA | 35,3 | 31,4 | 27,6 | 23,6 | 0,389 |

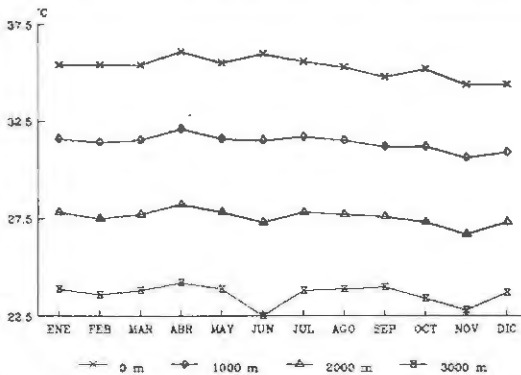


Figura 14. Distribución típica de la temperatura máxima absoluta media (°C) en sitios ubicados a diferentes altitudes, en la Región del Pacífico colombiano

TABLA 19

Valores típicos promedios de la temperatura máxima media (°C) para diferentes altitudes en la Región del Pacífico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 32,4 | 27,7 | 23,0 | 18,3 | 0,470 |
| FEBRERO | 32,6 | 27,8 | 23,0 | 18,1 | 0,483 |
| MARZO | 33,1 | 28,2 | 23,4 | 18,5 | 0,488 |
| ABRIL | 33,1 | 28,2 | 23,2 | 18,3 | 0,496 |
| MAYO | 32,9 | 28,0 | 23,0 | 18,1 | 0,495 |
| JUNIO | 32,7 | 27,8 | 22,9 | 18,0 | 0,492 |
| JULIO | 32,9 | 28,0 | 23,0 | 18,1 | 0,496 |
| AGOSTO | 32,6 | 27,9 | 23,1 | 18,3 | 0,481 |
| SEPTIEMBRE | 32,5 | 27,9 | 23,3 | 18,7 | 0,461 |
| OCTUBRE | 32,3 | 27,7 | 23,1 | 18,5 | 0,459 |
| NOVIEMBRE | 31,9 | 27,1 | 22,4 | 17,6 | 0,478 |
| DICIEMBRE | 31,9 | 27,2 | 22,5 | 17,7 | 0,474 |
| AÑO | 32,6 | 27,9 | 23,2 | 18,5 | 0,469 |

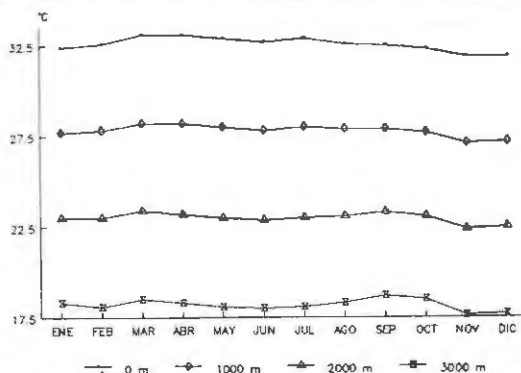


Figura 15. Distribución típica de la temperatura máxima media (°C) en sitios ubicados a diferentes altitudes, en la Región del Pacífico colombiano

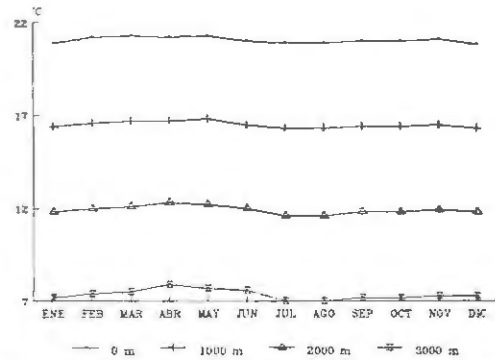


Figura 16. Distribución típica de la temperatura mínima media (°C) en sitios ubicados a diferentes altitudes, en la Región del Pacífico colombiano

TABLA 20

Valores típicos promedios de la temperatura mínima media (°C) para diferentes altitudes en la Región del Pacífico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 20,9 | 16,4 | 11,8 | 7,2 | 0,457 |
| FEBRERO | 21,2 | 16,6 | 12,0 | 7,4 | 0,458 |
| MARZO | 21,3 | 16,7 | 12,1 | 7,5 | 0,460 |
| ABRIL | 21,2 | 16,7 | 12,3 | 7,9 | 0,443 |
| MAYO | 21,3 | 16,8 | 12,2 | 7,7 | 0,453 |
| JUNIO | 21,0 | 16,5 | 12,0 | 7,6 | 0,447 |
| JULIO | 20,9 | 16,3 | 11,6 | 7,0 | 0,465 |
| AGOSTO | 20,9 | 16,3 | 11,6 | 7,0 | 0,465 |
| SEPTIEMBRE | 21,0 | 16,4 | 11,8 | 7,2 | 0,459 |
| OCTUBRE | 21,0 | 16,4 | 11,8 | 7,2 | 0,458 |
| NOVIEMBRE | 21,1 | 16,5 | 11,9 | 7,3 | 0,459 |
| DICIEMBRE | 20,8 | 16,3 | 11,8 | 7,3 | 0,450 |
| AÑO | 21,1 | 16,4 | 11,7 | 7,1 | 0,466 |

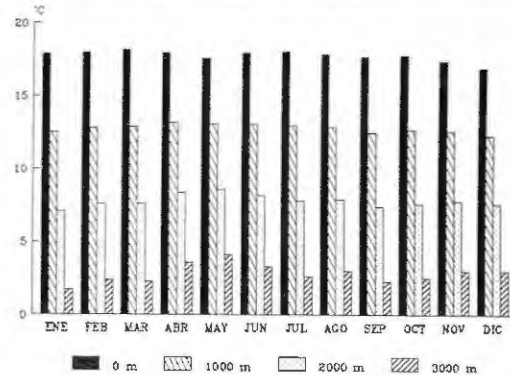


Figura 17. Distribución típica de la temperatura mínima absoluta media (°C) en sitios ubicados a diferentes altitudes, en la Región del Pacífico colombiano

TABLA 21

Valores típicos promedios de la temperatura mínima absoluta media (°C) para diferentes altitudes en la Región del Pacífico Colombiano

| PERIODO | 0 m | 1 km | 2 km | 3 km | GRADIENTE (°C/100m) |
|------------|------|------|------|------|---------------------|
| ENERO | 17,9 | 12,5 | 7,1 | 1,7 | 0,541 |
| FEBRERO | 18,0 | 12,8 | 7,6 | 2,4 | 0,518 |
| MARZO | 18,2 | 12,9 | 7,6 | 2,3 | 0,530 |
| ABRIL | 18,0 | 13,2 | 8,4 | 3,6 | 0,481 |
| MAYO | 17,6 | 13,1 | 8,6 | 4,1 | 0,450 |
| JUNIO | 18,0 | 13,1 | 8,2 | 3,3 | 0,490 |
| JULIO | 18,1 | 13,0 | 7,8 | 2,6 | 0,517 |
| AGOSTO | 17,9 | 12,9 | 7,9 | 3,0 | 0,498 |
| SEPTIEMBRE | 17,7 | 12,5 | 7,4 | 2,3 | 0,513 |
| OCTUBRE | 17,8 | 12,7 | 7,6 | 2,5 | 0,511 |
| NOVIEMBRE | 17,4 | 12,6 | 7,8 | 3,0 | 0,480 |
| DICIEMBRE | 16,9 | 12,3 | 7,6 | 3,0 | 0,463 |
| AÑO MINIMA | 15,3 | 10,7 | 6,1 | 1,6 | 0,457 |
| AÑO MEDIA | 17,8 | 12,8 | 7,8 | 2,9 | 0,498 |

TABLA 22

Amplitudes típicas promedio de temperatura (°C), para diferentes altitudes, en la Región del Pacífico colombiano

| ALTIT | AMPLITUD | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | AÑO |
|-------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 m | MAXIMA ABSOL | 17.6 | 17.1 | 17.0 | 17.1 | 17.2 | 16.5 | 16.5 | 16.8 | 16.5 | 16.7 | 16.3 | 16.7 | 16.8 |
| 0 m | MAXIMA MEDIA | 11.9 | 12.1 | 12.4 | 12.3 | 12.0 | 12.2 | 12.2 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.3 | 11.6 | 12.0 |
| 1 km | MAXIMA ABSOL | 18.9 | 17.9 | 18.3 | 17.8 | 17.8 | 16.7 | 18.5 | 18.1 | 18.4 | 18.1 | 16.9 | 17.5 | 17.9 |
| 1 km | MAXIMA MEDIA | 12.3 | 12.1 | 12.5 | 12.3 | 12.1 | 12.3 | 12.7 | 12.7 | 12.5 | 12.2 | 11.4 | 11.7 | 12.2 |
| 2 km | MAXIMA ABSOL | 20.0 | 18.8 | 19.5 | 18.5 | 18.4 | 16.9 | 20.3 | 19.4 | 20.3 | 19.5 | 17.7 | 18.4 | 18.9 |
| 2 km | MAXIMA MEDIA | 12.6 | 12.1 | 12.7 | 12.2 | 12.2 | 12.4 | 13.3 | 13.3 | 13.3 | 13.0 | 11.4 | 11.8 | 12.5 |
| 3 km | MAXIMA ABSOL | 21.3 | 19.6 | 20.6 | 19.3 | 19.0 | 17.2 | 22.2 | 20.8 | 22.2 | 20.9 | 18.4 | 19.4 | 20.1 |
| 3 km | MAXIMA MEDIA | 13.0 | 12.1 | 12.8 | 12.1 | 12.5 | 12.6 | 13.8 | 14.0 | 14.1 | 13.7 | 11.3 | 11.9 | 12.9 |

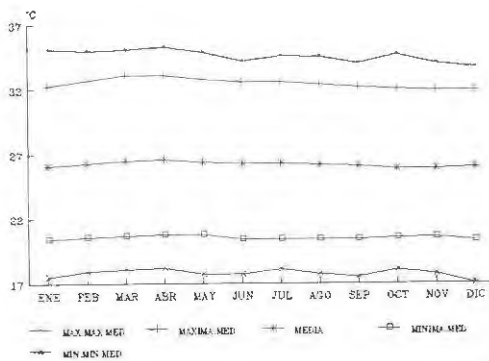


Figura 18. Distribución típica de la temperaturas medias y extremas (°C) en un sitio ubicado a nivel del mar, en la Región del Pacífico colombiano

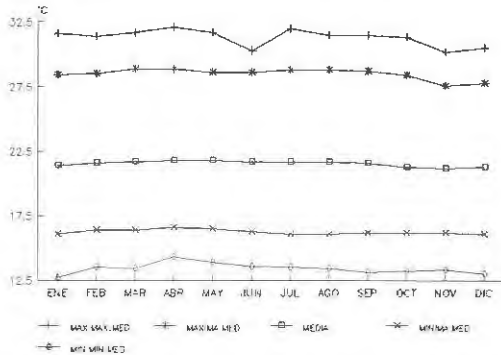


Figura 19. Distribución típica de la temperaturas medias y extremas (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 1.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

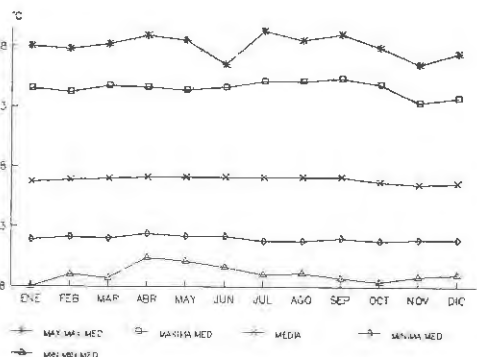


Figura 20. Distribución típica de la temperaturas medias y extremas (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 2.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

los 14°C. Los valores más bajos se presentan en noviembre (la época más lluviosa) con valores que oscilan entre 11.3°C y 11.5°C, según la altitud, y en abril-mayo (la otra época lluviosa) con valores de 12.0°C a 12.2°C; las amplitudes más altas ocurren en las épocas menos lluviosas, a comienzos del año (en enero, febrero o marzo, 12.4° a 13.0°C) o en junio, julio, agosto y/o septiembre, según la altitud, (12.2°C a 14.1°C).

Las amplitudes mensuales absolutas (Tabla 22), diferencia entre las temperaturas máximas absolutas y las mínimas absolutas de cada mes, por provenir de valores extremos, seleccionados a su vez de los valores extremos diarios, no presentan una clara definición o distribución. Sin embargo, permiten concluir que -por el efecto invernadero- las temperaturas varían mucho más en el transcurso de los días de los meses menos lluviosos que en los días de los meses más lluviosos. Estas amplitudes, al igual que las mencionadas en el párrafo anterior, son mayores a mayores altitudes y varían desde 16.3°C en bajas altitudes hasta 22.2°C en altas elevaciones.

Lo anterior nos indica que todos los cuerpos deben soportar, en casos extremos, cambios de temperatura graduales pero fuertes que pueden llegar muy cerca de los 20°C en un día o de los 26°C en un año, si se tiene en cuenta por ejemplo que el valor más alto de temperatura del aire registrado en Buenaventura, ha sido de 39.4°C en junio y el más bajo de 13.0°C en septiembre.

Los valores más altos de temperatura (cerca de 40°C) registrados en la región, se han presentado en la parte norte (La Teresita 38.8°C, Apto. El Caraño 38.0°C, Noanamá 39.8°C) y la parte central (Apto. Buenaventura 39.4°C, Bajo Calima 39.0°C); en la parte sur, en general, las temperaturas son menos extremas y el mayor valor registrado ha sido de 38.6°C en Bolívar-Cauca. Los valores más bajos (cercanos a 0°C) se han presentado en las zonas más altas de la región, con mayor ocurrencia en la zona sur.

5.3 Variación diaria de la temperatura

La temperatura sufre variaciones considerables en el transcurso del día (Tabla 23, Figs.22 a 25), es así como a las 06 y/o 07 HL (Hora Local) se registran valores medios inferiores a los de las 13 y/o 14 HL, en aproximada-

TABLA 23

Temperatura media horaria típica a nivel del mar (Thora) y diferencia con respecto al valor medio diario (Thora-Tmed) en °C

| HORA | ZONA NORTE | | ZONA CENTRAL | | ZONA SUR | |
|------|------------|------------|--------------|------------|----------|------------|
| | Thora | Thora-Tmed | Thora | Thora-Tmed | Thora | Thora-Tmed |
| 01 | 22.8 | 3.5 | 22.4 | -3.5 | 24.5 | -2.4 |
| 02 | 22.8 | 3.5 | 22.4 | -3.5 | 24.3 | -2.6 |
| 03 | 22.7 | 3.6 | 22.3 | -3.6 | 24.1 | -2.8 |
| 04 | 22.7 | 3.6 | 22.3 | -3.6 | 23.9 | -3.0 |
| 05 | 22.6 | 3.7 | 22.2 | -3.7 | 23.7 | -3.2 |
| 06 | 22.5 | 3.8 | 22.1 | -3.8 | 23.5 | -3.4 |
| 07 | 22.5 | 3.8 | 22.1 | -3.8 | 23.3 | -3.6 |
| 08 | 22.4 | 3.9 | 22.0 | -3.9 | 23.1 | -3.8 |
| 09 | 22.3 | 4.0 | 21.9 | -4.0 | 22.9 | -4.0 |
| 10 | 22.2 | 4.1 | 21.8 | -4.1 | 22.7 | -4.2 |
| 11 | 22.1 | 4.2 | 21.7 | -4.2 | 22.5 | -4.4 |
| 12 | 22.0 | 4.3 | 21.6 | -4.3 | 22.3 | -4.6 |
| 13 | 21.9 | 4.4 | 21.5 | -4.4 | 22.1 | -4.8 |
| 14 | 21.8 | 4.5 | 21.4 | -4.5 | 21.9 | -5.0 |
| 15 | 21.7 | 4.6 | 21.3 | -4.6 | 21.7 | -5.2 |
| 16 | 21.6 | 4.7 | 21.2 | -4.7 | 21.5 | -5.4 |
| 17 | 21.5 | 4.8 | 21.1 | -4.8 | 21.3 | -5.6 |
| 18 | 21.4 | 4.9 | 21.0 | -4.9 | 21.1 | -5.8 |
| 19 | 21.3 | 5.0 | 20.9 | -5.0 | 20.9 | -6.0 |
| 20 | 21.2 | 5.1 | 20.8 | -5.1 | 20.7 | -6.2 |
| 21 | 21.1 | 5.2 | 20.7 | -5.2 | 20.5 | -6.4 |
| 22 | 21.0 | 5.3 | 20.6 | -5.3 | 20.3 | -6.6 |
| 23 | 20.9 | 5.4 | 20.5 | -5.4 | 20.1 | -6.8 |
| 24 | 20.8 | 5.5 | 20.4 | -5.5 | 19.9 | -7.0 |
| MED | 26.3 | | 25.9 | | 26.9 | |

MED: Temperatura media diaria, obtenida por la fórmula $T = (T_{07} + T_{13} + 2 \times T_{19}) / 4$

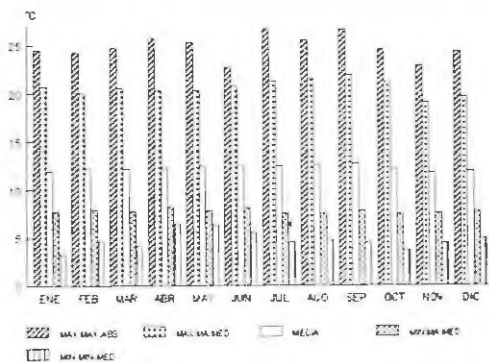


Figura 21. Distribución típica de la temperaturas medias y extremas (°C) en un sitio ubicado a una altitud de 3.000 m, en la Región del Pacífico colombiano

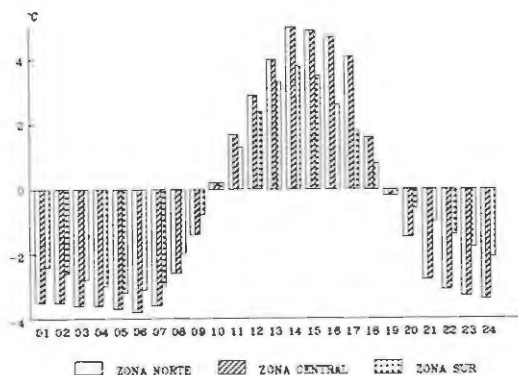


Figura 22. Diferencias típicas entre las temperaturas medias horarias y la diaria (°C) en la Región del Pacífico colombiano

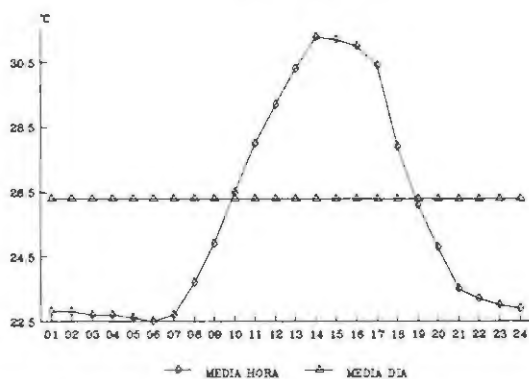


Figura 23. Variación diurna de la temperatura (°C) en la zona norte de la Región del Pacífico colombiano

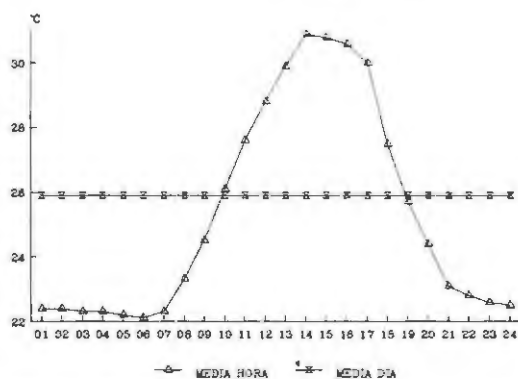


Figura 24. Variación diurna de la temperatura (°C) en la zona central de la Región del Pacífico colombiano

mente 7°C a 9°C, los que a su vez son también superiores a los de las 19 HL en 3°C a 5°C. Se presenta entonces un máximo medio relativo en las primeras horas de la tarde (13 y/o 14 HL) y un mínimo medio relativo en la madrugada (05 y/o 06 HL), cuya diferencia en prome-

dio puede alcanzar los 7°C en la zona sur y cerca de los 9°C en las zonas central y norte.

Determinando los valores de temperatura media para cualquier sitio, por medio de la Tabla 8 y aplicando los valores que figuran en la Tabla 23 (Thora-Tmedia) se pueden encontrar los valores horarios y a través de ellos determinar, aproximadamente, la variación diurna promedio de la temperatura en el sitio deseado.

5.4 Variación altitudinal de la temperatura

Las temperaturas medias mensuales y anuales disminuyen con un gradiente promedio de 0.464 grados celsius por cada 100 metros de altitud (°C/100m) en la zona norte, 0.463 °C/100m en la zona central y 0.495 °C/100m en la zona sur (Tablas 8 y 13 a 16).

Las temperaturas máxima absoluta media y máxima media anual, disminuyen con un gradiente promedio de 0.397 y 0.469 °C/100m, respectivamente (Tablas 9, 10, 18 y 19).

La temperatura mínima media anual esta sujeta a variaciones con la altitud con un gradiente de 0.466 °C/100m y la mínima absoluta media a uno de 0.457 °C/100m (Tablas 11, 12, 20 y 21).

Todos los gradientes mencionados son muy diferentes (inferiores) a los que normalmente se ha dicho que se cumplen para toda Colombia y para la región del Pacífico (Por ej., para la temperatura media, 0.6 a 0.65 °C/100m; Stanescu & Díaz, 1971; Cortés, 1989). Es decir, ello indica que la temperatura del aire desciende con la altitud en un menor valor que en casi todo el resto de Colombia.

La curva de generalización establecida por Stanescu & Díaz (1971) para la Región del Pacífico (Curva S&D ZII, Fig.26), comparada con las establecidas en el presente trabajo para las diferentes zonas en las que se divide la Región del Pacífico (curvas RP ZN, RP ZC y RP ZS de la Fig.26), muestra que difieren muy poco en los niveles altitudinales bajos (0-1.000 m) pero esa diferencia aumenta con la altitud y llega a ser cercana a los 4°C a 4.000 m de altitud; la curva de Stanescu & Díaz muestra a la Región del Pacífico como mucho más fría a partir de los 1.000 m de altitud y un poco más caliente en las cercanías del nivel del mar.

Las curvas de generalización de Stanescu & Díaz (1971) para la mayor parte de Colombia (Curva S&D ZI de las Figs.26 y 27) y la establecida por Cortés (1989) para toda Colombia (curva CORTES de las Figs.26 y 27) son muy semejantes: son iguales en bajos niveles y a 3.500 m de altitud la de Cortés da valores de temperatura del aire inferiores en sólo 0.5°C.

Aceptando como válidas para Colombia (excepto para la Región del Pacífico) las curvas de generalización establecidas por Stanescu & Díaz y Cortés y comparándolas con las establecidas en el presente trabajo para la Región del Pacífico se puede, además, establecer lo siguiente:

a) En la Región del Pacífico existe una capa atmosférica ubicada entre 0 y 2.000 m de altitud, cuya temperatura media es notoriamente inferior a la del resto de Colombia (hasta en 3°C),

b) En la Región del Pacífico existe una capa atmosférica ubicada, aproximadamente, a altitudes superiores a los 2.000 m, cuya temperatura media es superior a la del resto de Colombia; a 4.000 m de altitud esa diferencia puede alcanzar los 3°C y a mayor altura es mayor.

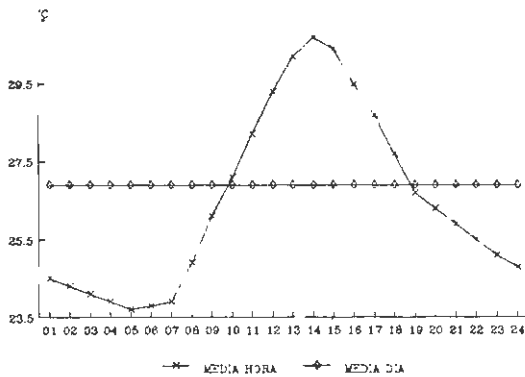


Figura 25. Variación diurna de la temperatura (°C) en la zona sur de la Región del Pacífico colombiano

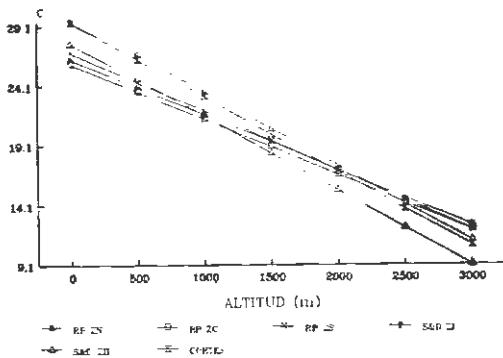


Figura 26. Curvas de Generalización (temperatura media del aire, °C, en función de la altitud, m) establecidas para la Región del Pacífico en la zona norte (RP ZN), en la zona central (RP ZC) y en la zona sur (RP ZS), las determinadas por Stanescu & Diaz (1971) para la zona I (cubre la mayor parte de Colombia, no incluye la Región del Pacífico, S&D ZI) y para la zona II (incluye la Región del Pacífico, S&D ZII) y la definida por Cortes (1989) para toda Colombia (CORTES)

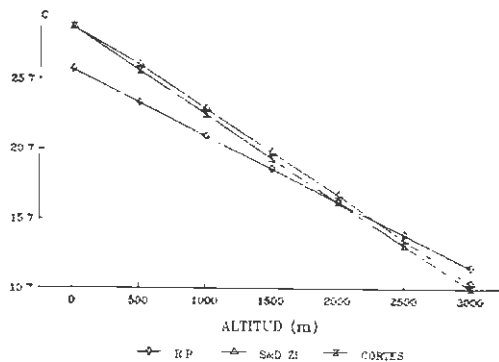


Figura 27. Curva de Generalización (temperatura media del aire, °C, en función de la altitud, m) establecida como promedio para la Región del Pacífico (R.P.), la determinada por Stanescu & Diaz (1971) para la zona I (cubre la mayor parte de Colombia, no incluye la Región del Pacífico, S&D ZI) y la definida por Cortes (1989) para toda Colombia (CORTES)

Lo anterior implica muchas cuestiones o implicaciones de carácter físico-meteorológico; por ejemplo, alrededor de los 2.000 m de altitud se ubica el nivel de condensación y por encima de él se presenta una gran liberación de calor latente (mayor que en el resto de Colombia), que impide el enfriamiento y origina esa capa más caliente; abajo de los 2.000 m las precipitaciones y el movimiento del aire (local y general) enfrían la atmósfera y originan la capa más fría.

7. Conclusiones

El análisis de la información climatológica condujo a conclusiones y determinaciones concretas y satisfactoriamente aceptables sobre la variación espacial y temporal de la temperatura del aire.

Se comprobó que la variación espacial de la temperatura tiene como factor climático más relevante a la altitud; a partir de esta comprobación se determinaron las leyes naturales de variación de la temperatura (expresadas por medio de ecuaciones matemáticas), que posibilitan su utilización en infinidad de actividades prácticas de proyección, ejecución, explotación y conservación de los recursos naturales. Las ecuaciones de regresión y las demás Tablas y figuras, se constituyen en instrumentos concretos y de fácil empleo para determinar los principales valores medios de los, a su vez, principales parámetros de temperatura del aire, en cualquier lugar de la región, con sólo conocer su ubicación geográfica y su altitud.

Se comprobó que el clima de la Región del Pacífico colombiano es de tendencia térmica diferente al resto de Colombia.

La variación altitudinal de la temperatura del aire es muy diferente (inferior) a la que normalmente se ha dicho que se cumple para toda Colombia y para la región del Pacífico; la temperatura del aire desciende con la altitud en un menor valor que en casi todo el resto de Colombia. En la Región del Pacífico existe una capa atmosférica ubicada entre 0 y 2.000 m de altitud, cuya temperatura media es notoriamente inferior a la del resto de Colombia (hasta en 3°C), y otra capa, a altitudes superiores a los 2.000 m, cuya temperatura media es superior a la del resto de Colombia; a 4.000 m de altitud esa diferencia puede alcanzar los 3°C y a mayor altura es mayor. Lo anterior implica muchas cuestiones o implicaciones de carácter físico-meteorológico; por ejemplo, alrededor de los 2.000 m de altitud se ubica el nivel de condensación y por encima de él se presenta una gran liberación de calor latente (mayor que en el resto de Colombia), que impide el enfriamiento y origina esa capa más caliente; abajo de los 2.000 m las precipitaciones y el movimiento del aire (local y general) enfrían la atmósfera y originan la capa más fría.

El conjunto de información presentada en este estudio, constituye un trabajo importante de referencias para posteriores investigaciones. La escasa información meteorológica actualmente disponible, dificulta la elaboración de un estudio más preciso y más detallado acerca de la distribución y la variabilidad de los diferentes parámetros.

Para poder medir variaciones o alteraciones o fluctuaciones futuras y poder efectuar esos estudios más detallados y más precisos, es absolutamente indispensable disponer de una red de observación meteorológica más densa y que disponga de equipos automatizados que impidan los errores y fallas humanas que afectan notablemente la calidad de los datos.

En primera instancia debe pensarse en aumentar la red de observaciones en sectores claves como:

a) los de mayor altitud para definir claramente la parte final de las ecuaciones de regresión temperatura-altitud;

b) en altitudes y latitudes en las cuales la densidad de estaciones es muy baja o casi nula.

Bibliografía

- Brooks, C. & N. Carruthers. 1953. Handbook of statistical methods in meteorology. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Cortés, E. 1989. Estudio del régimen de temperaturas en Colombia. (Mscr). 103 pp. HIMAT. Santafé de Bogotá. (Parcialmente, también en: Memorias del IV Congreso Interamericano de Meteorología y II Congreso Colombiano de Meteorología. pp.191-198. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.
- Eslava, J., A. Parra & M. Villalba. 1985. Las temperaturas máximas del aire en Colombia y su pronóstico. Revista *Atmósfera* 4:11-66. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.
- Essenwanger, O. 1976. Applied statistics in atmospheric science. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1950-1989. Anuarios Meteorológicos. CENICAPE, Chinchiná-Caldas.
- Frére, M., J. Rijks & J. Rea. 1978. Estudio agroclimatológico de la Zona Andina. 297 pp. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
- Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT). 1940-1990. Boletines climatológicos, anuarios meteorológicos, calendarios meteorológicos, e información meteorológica disponible en los archivos. HIMAT, Santafé de Bogotá.
- 1985. Catálogo de estaciones hidrológicas y meteorológicas. 141 pp (Lista de computador). HIMAT, Santafé de Bogotá.
- Lessman, H. & J. Eslava. 1985. Las precipitaciones anormales ocurridas en Colombia durante los años 1970 y 1971. *Atmósfera* 3:1-28. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.
- Panofsky, H. & G. Brier. 1958. Some applications of statistics to Meteorology. University Park. Pa.
- Stanesco S. & J. Díaz. 1971. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Publicación aperiódica N° 26. 90 pp. SCMH, Santafé de Bogotá.

MODELO DE DESPLAZAMIENTO ENTRE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA Y LOS ANDES DE MERIDA

por

Guillermo Ujueta L.*

Resumen

Ujueta, G.: Modelo de desplazamiento entre la Cordillera Oriental de Colombia y los Andes de Mérida. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19(72):95-105.1994, ISSN 0370-3908.

Existen varios lineamientos de dirección Noroeste-Sureste que cortan la Cordillera Oriental de Colombia y los Andes de Mérida; todos exhiben desplazamiento de rumbo y dentro de ellos, a los lineamientos presentes en los Departamentos de Santander y Norte de Santander (Colombia) denominados Lineamiento Río Sogamoso, Berlín, Labateca y Depresión de Cúcuta o Táchira, que presentan movimiento lateral izquierdo, se les atribuye y se distribuye a tasas diferentes el desplazamiento en dirección Noroeste que sufren los Andes de Mérida con respecto a la Cordillera oriental de Colombia. La Cordillera Oriental de Colombia tiene dirección general NNE-SSO y los Andes de Mérida presentan dirección general NE-SO, esta rotación aunada al desplazamiento mencionado hace que los Andes de Venezuela aparezcan no como un sencillo ramal o bifurcación de la Cordillera Oriental de Colombia, como generalmente se ha considerado, sino que los hace aparecer como una característica geomorfológica relativamente independiente.

Abstract

Several NW-SE lineaments cut the Eastern Cordillera of Colombia and the Mérida Andes. All of them exhibit strike slip movement. The NW displacement of the Mérida Andes with respect to the Eastern Cordillera of Colombia is explained by left lateral movement which takes place along each one of the Río Sogamoso, Berlin, Labateca, and Depression of Cúcuta or Táchira lineaments present in the states of Santander and Norte de Santander (Colombia).

The Eastern Cordillera of Colombia trends NNE-SSW and the Mérida Andes present a general direction NE-SW. This difference in orientation and the displacement mentioned above make the Mérida Andes appear as a relatively independent geomorphological feature and not as a simple bifurcation of the Eastern Cordillera as is usually considered.

Introducción

Para quienes han estudiado la Cordillera Oriental de Colombia, no ha pasado desapercibida

la notoria "curvatura" que se establece entre esta y la prolongación en los Andes de Mérida o de Venezuela (Fig. 1).

Así, por ejemplo, Campbell (1965: 259) dice Trad.: "La separación entre los Andes de Mérida y la Cordillera Oriental de Colombia habla en favor

* Departamento de Geociencias, Universidad Nacional, Apartado 14490, Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

de movimientos laterales grandes, a pesar de que no todos ellos puedan acomodarse en la sola Falla de Santa Marta" e Irving (1971: 59) indica claramente que el desplazamiento lateral izquierdo que se observa entre la Cordillera Oriental y su prolongación en los Andes de Mérida es del mismo sentido que el que presenta la Falla de Bucaramanga y que desplazamientos como este podrían dar lugar a la deformación que se expresa en forma de una curvatura sinusoidal entre las dos cordilleras. Por otra parte, González de Juana et al. (1980: 803) refiriéndose a las estructuras presentes en la Depresión de Tachira, expresan que: "En esta zona se destaca el arqueamiento general hacia el suroeste, buscando la directriz de la Cordillera Oriental de Colombia". La observación anterior sugiere implícitamente que los Andes de Mérida han sido transportados en dirección Noroeste. Tal transporte lo confirman Bonini,

Garing y Kellog (1981) en Macellari (1982: 413), quienes basados en un estudio gravimétrico llevado a cabo en Venezuela noroccidental concluyen que los Andes de Mérida se han corrido 25 km sobre la Cuenca de Maracaibo a lo largo de una falla inversa de ángulo bajo. Sin embargo, Macellari (op. cit.: 413) expresa que si tal transporte ha ocurrido, debió tener lugar mediante desplazamiento lateral izquierdo entre los Andes de Mérida y la Cordillera Oriental de Colombia e insinúa, además, que tal desplazamiento debió llevarse a cabo sobre el sector sur de la Depresión de Tachira.

Los autores mencionados concuerdan en postular que ha habido movimiento en dirección Noroeste de los Andes de Mérida con respecto a la Cordillera Oriental de Colombia y además se sitúa parte de tal movimiento al sur de la Depresión de

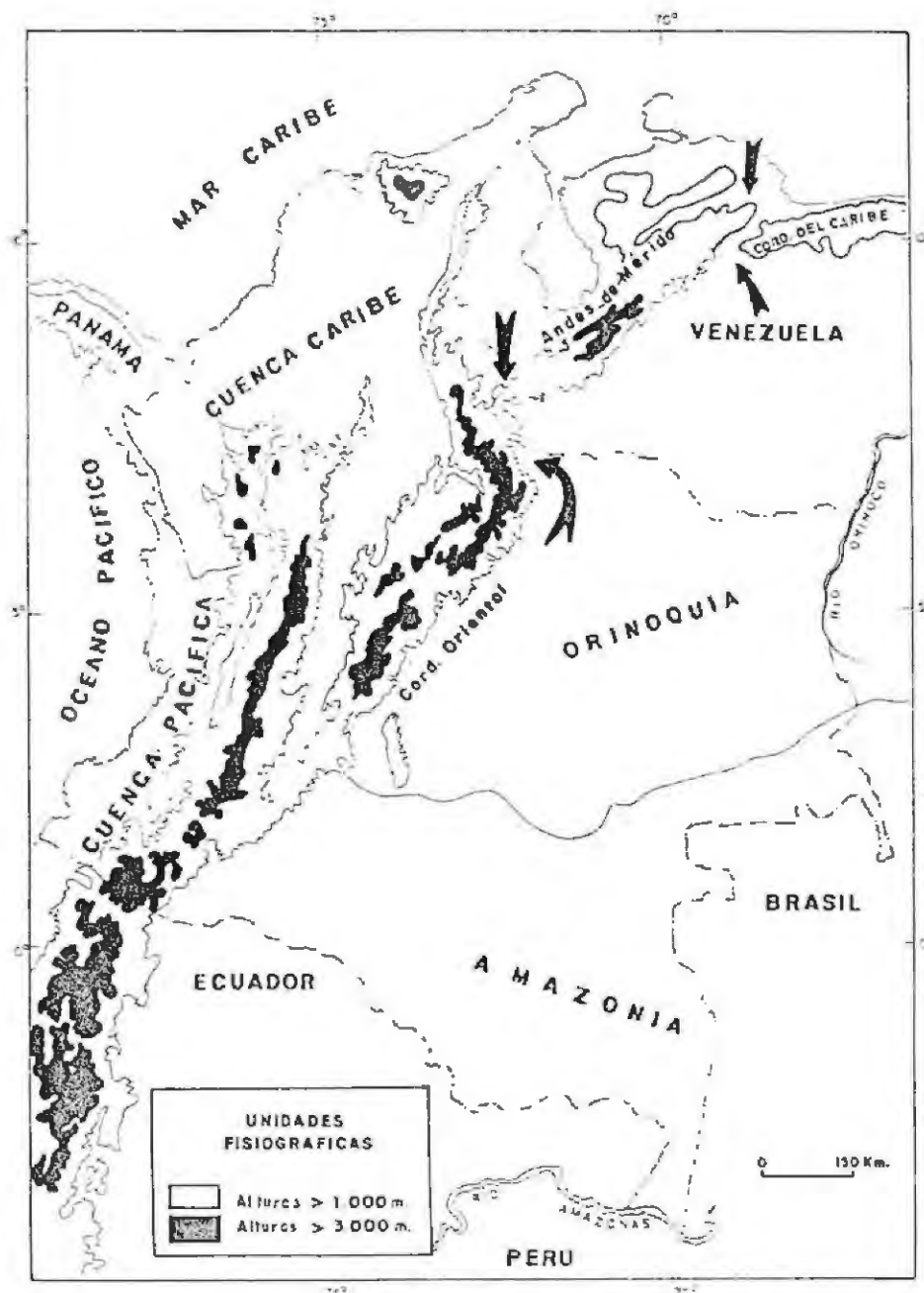


Figura 1. Desplazamiento lateral izquierdo entre la Cordillera Oriental de Colombia y los Andes de Mérida.

Cúcuta o Táchira. Por tratarse apenas de enunciados, no se presentan evidencias geológicas que corroboren el desplazamiento de la magnitud allí observada y menos aún que tal desplazamiento pueda atribuirse a una sola característica estructural.

Si se observa con atención el Mapa en Relieve de la República de Colombia (IGAC, 1980) puede notarse, que el borde sureste de la Cordillera Oriental de Colombia entre Yopal, Tame, Labateca y Cúcuta no es un borde continuo sino que es un borde escalonado (Fig. 2). A partir de Yopal ese borde muestra desplazamientos en dirección Noroeste que en unos casos son de pequeña magnitud o bruscos o de mayor magnitud en otros casos. En el sector comprendido entre Tame y Labateca el extraordinario relieve topográfico que presenta el frente de la Cordillera Oriental en ese tramo tiene notoria dirección Noroeste-Sureste.

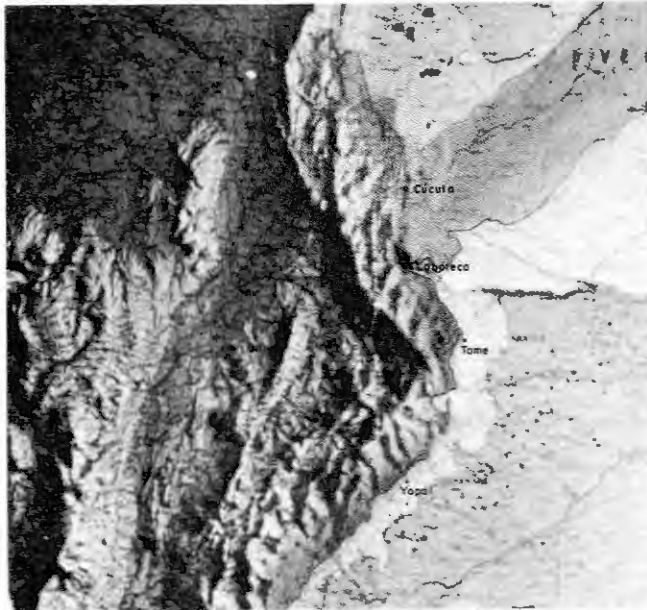


Figura 2. Borde Suroeste, escalonado, de la Cordillera Oriental de Colombia entre Yopal-Tame-Labateca (Fotografía tomada del Mapa Relieve de Colombia, 1980).

Recientemente se ha determinado la existencia de lineamientos de dirección NO-SE que cortan la Cordillera Oriental de Colombia, en el sector Girardot-Cúcuta y en los Andes de Mérida (Ujueta, 1990, 1991a, 1991b, 1992). Como veremos, algunos de estos lineamientos juegan papel importante en el desplazamiento hacia el Noroeste que se observa entre los Andes de Mérida y la Cordillera Oriental de Colombia. El sentido que en este artículo se da al término lineamiento es el mismo que utiliza Jain (1980, Parte II: 49) para denominar fallas profundas que penetran hasta el Manto Superior y que se manifiestan en superficie por un sinnúmero de indicios geomorfológicos, estructurales, de sedimentación, magmáticos y geofísicos.

Lineamientos de dirección Noroeste-Sureste

En el sector Girardot-Cúcuta de la Cordillera Oriental de Colombia se ha reconocido 11 lineamientos de dirección NO-SE y 4 en los Andes de Mérida (Fig. 3). Dentro de ellos, en los Departamentos de Santander y Norte de Santander se han determinado: el Lineamiento Río Sogamoso, el Lineamiento Berlín, el Lineamiento Labateca y el Lineamiento Depresión de Cúcuta o Tachira. Estos lineamientos tienen dirección aproximada $N 45-50^{\circ} O$, están espaciados entre 40 y 50 km y se han trazado por 400 km aproximadamente entre el Río Magdalena y el Río Meta para el primero y entre el Río Meta y la Falla de Bucaramanga para los otros tres. Los lineamientos de dirección NO-SE, se expresan principalmente por el alineamiento de características topográficas que son notorias tanto en imágenes de satélite, como sobre el Mapa en Relieve de Colombia (IGAC, 1980), así como sobre el Mapa de Unidades Geomorfológicas de Venezuela (1976). Los lineamientos NO-SE controlan buena parte del drenaje en ambos flancos y en la parte axial de la Cordillera Oriental de Colombia y en los Andes de Venezuela, tal como sucede con el curso de muchos ríos que muestran predominante dirección transversal a la Cordillera Andina. Los lineamientos de dirección NO-SE exhiben diferentes grados de expresión superficial. Ellos son particularmente evidentes dentro del Macizo de Santander, en las tonalitas y granodioritas del Plutón de Páramo Rico (Fig. 6) y sobre la Sierra de Mérida. En menor grado, pero aún bastante pronunciadas, aparecen los lineamientos denominados Río Sogamoso, Depresión de Tachira, Oeste y Este del Lago de Maracaibo y Depresión de Barquisimeto (Fig. 3).

Desde el punto de vista sismológico, el denominado "Enjambre de Bucaramanga", es un fenómeno de especial interés. Allí hay marcada coincidencia en la agrupación, tanto horizontal como vertical, de epicentros de terremotos con el Lineamiento Río Sogamoso (Fig. 4). También allí la mayoría de los focos sísmicos se encuentran a profundidades entre 110-200 km, es decir alcanzan el Manto Superior en la Cordillera Oriental de Colombia. Los sismos están relacionados al Lineamiento Río Sogamoso no sólo, porque él establece un límite sencillo entre bloques, sino también, porque en su profundización causa discontinuidades en la corteza y posiblemente en el Manto Superior. Situación similar aun cuando no de la misma magnitud, se tiene en el área de la frontera colombo-venezolana, aproximadamente a lo largo del Lineamiento Depresión de Cúcuta o Tachira, considerada también una zona de riesgo sísmico (Fig. 4). Se postula (Ujueta, 1992: 345) que los lineamientos representan las trazas superficiales de fracturas pre-existentes muy antiguas que constituyen límite entre bloques de dirección NO-SE.

Desplazamiento entre la Cordillera Oriental de Colombia y los Andes de Mérida

La zona donde es más notorio el desplazamiento hacia el Noroeste de los Andes de Mérida

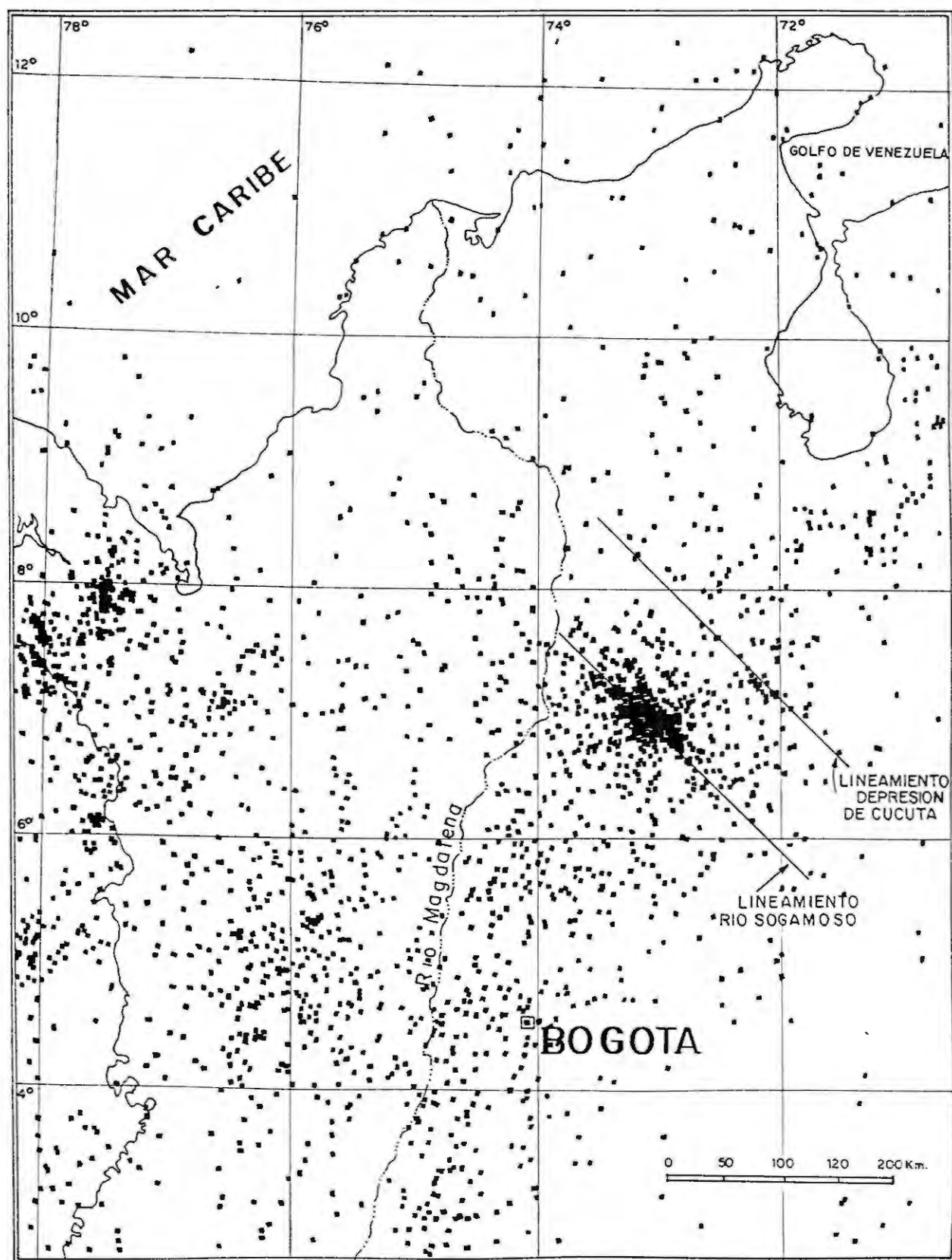


Figura 4. Agrupación horizontal NO-SE de focos sísmicos, Lineamiento río Sogamoso. Tomada del Mapa de Sismicidad de América del Sur (1520-1981), Edición 1985, Ceresis.

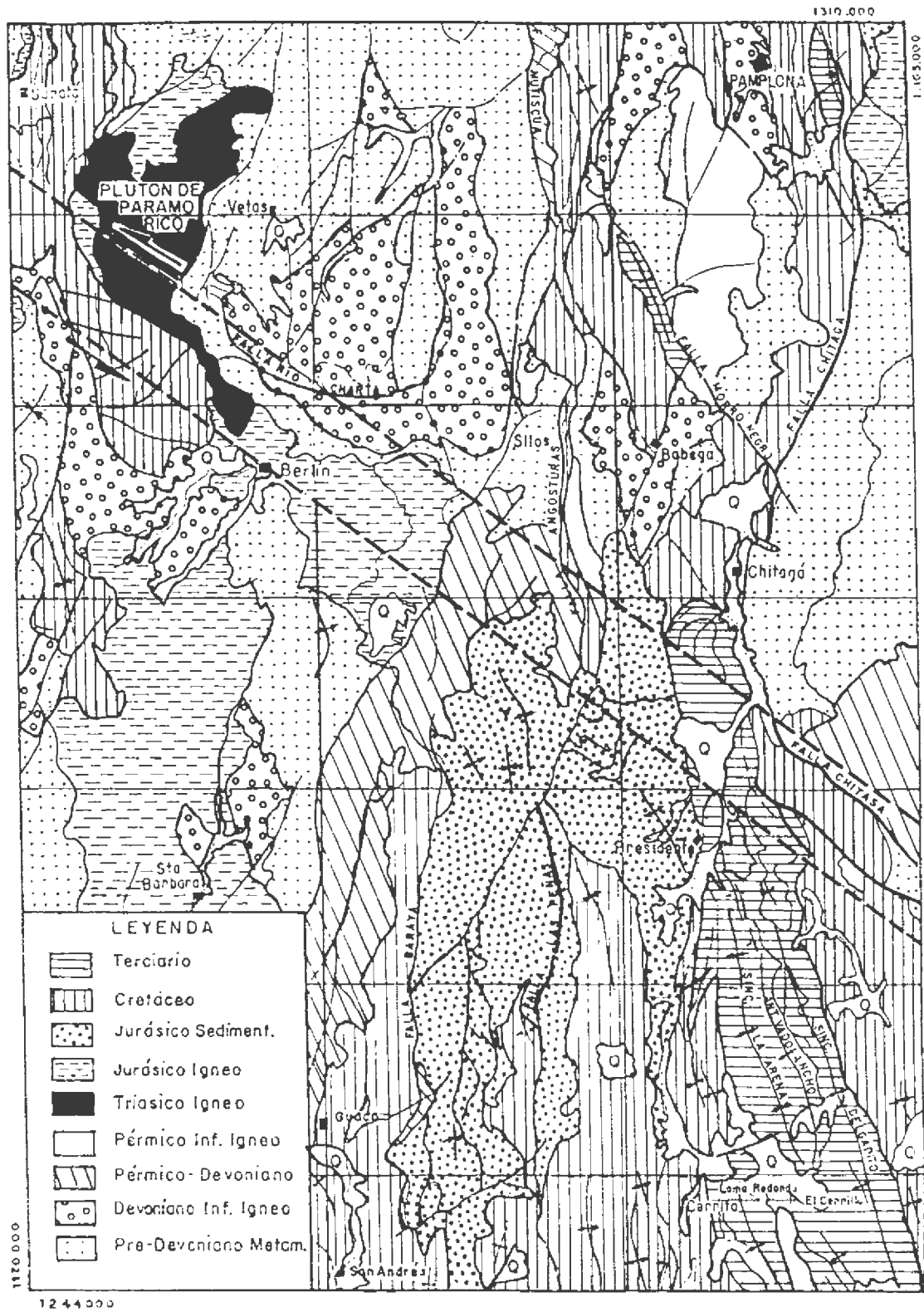


Figura 6. Lineamiento Berlin. Note el desplazamiento lateral izquierdo sobre el Plutón de Páramo Rico. Figura tomada del Mapa Geológico del Cuadrángulo H-13, Pamplona (Ward, et al. 1970).

10, que no solamente se sucede el desplazamiento mencionado, sino que, a partir del Lineamiento Depresión de Cúcuta o Tachira hay rotación de los Andes de Mérida con respecto a la Cordillera Oriental de Colombia.

Igual sucede hacia el oriente, a partir de la Depresión de Barquisimeto y sobre el Lineamiento del

mismo nombre, donde tiene lugar no sólo un desplazamiento sino un nuevo cambio de dirección entre los Andes de Mérida y la Cordillera del Caribe. Los Andes de Mérida de dirección NE-SO forman un gran ángulo con la Cordillera del Caribe de dirección aproximada E-O y la segunda parece más una característica yuxtapuesta que la continuación de la primera (Fig. 1).

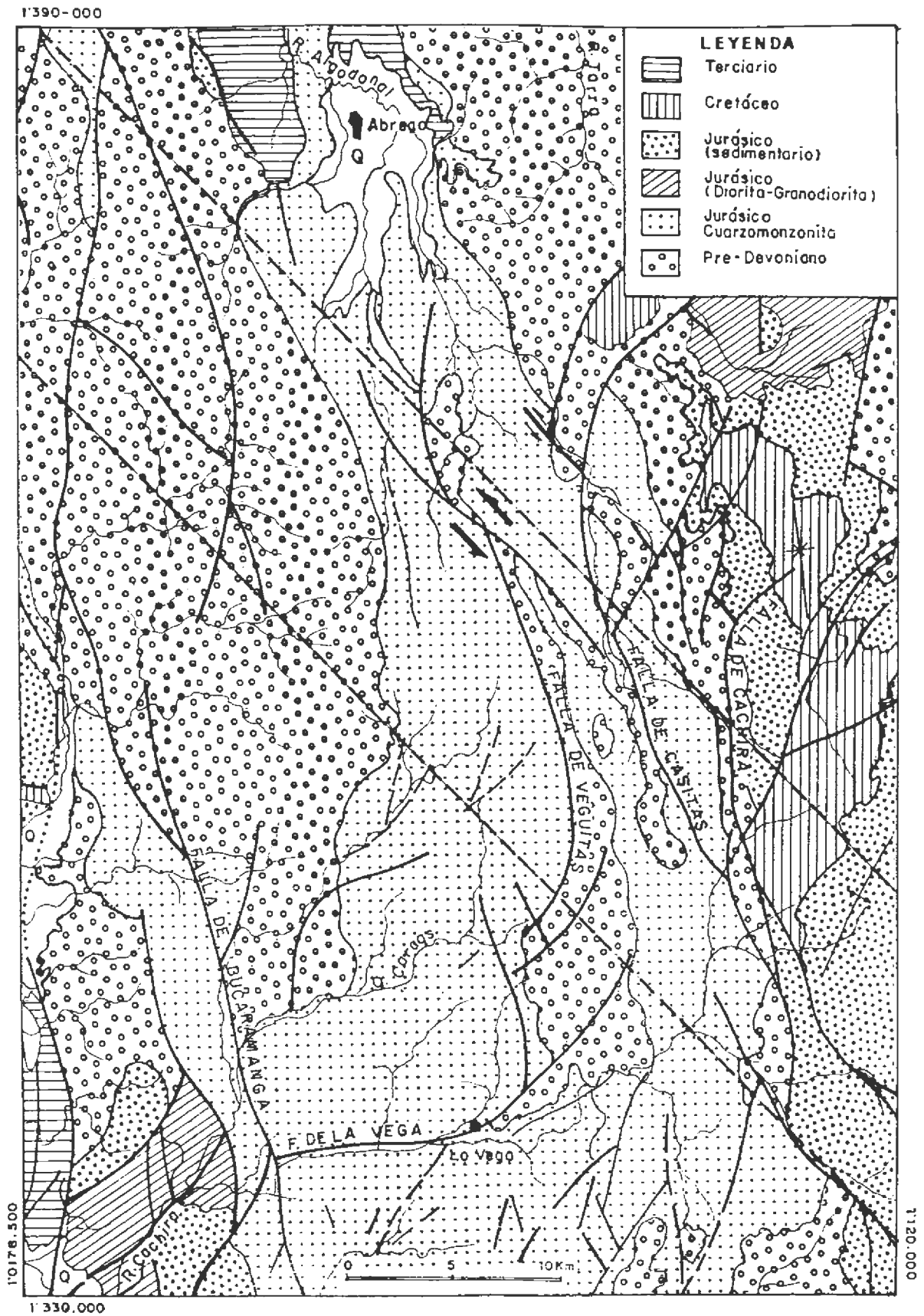


Figura 7. Lineamiento Labateca. Note el desplazamiento lateral izquierdo en rocas predevonianas. Figura tomada del Mapa Geológico de las Planchas 86-Abrego y 97-Cáchira (Vargas & Arias, 1981 a y b).

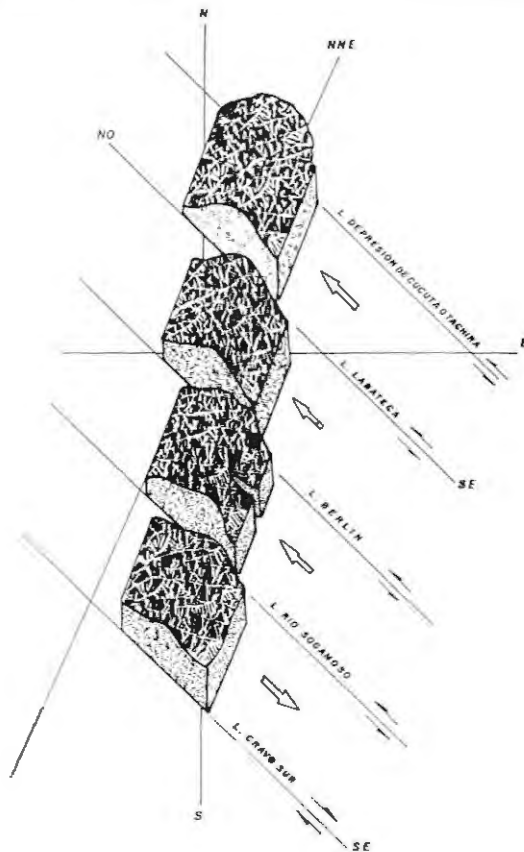


Figura 9. Movimiento de bloques a lo largo de lineamientos de dirección NO-SE.

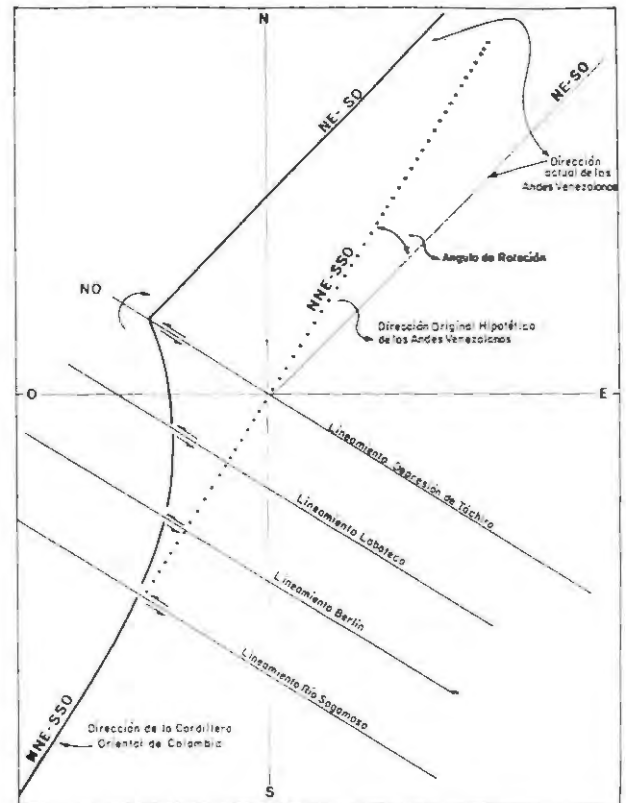


Figura 10. Modelo de desplazamiento de los Andes de Mérida con respecto a la Cordillera Oriental de Colombia a lo largo de lineamientos NO-SE.

El modelo propuesto (Fig. 10) es consistente con la separación lateral izquierda de los Andes de Venezuela con respecto a la Cordillera Oriental de Colombia y con la ausencia de evidencia geológica de desplazamiento de cizalladura de gran escala.

Bibliografía

- Campbell, C.J., 1965. The Santa Marta Wrench Fault of Colombia and its Regional Setting. IV Caribbean Geol. Conf., Trinidad.
- Centro Regional de Sismología para América del Sur, Ceresis, 1985. Mapa de Sismicidad de América del Sur (1520-1981). Escala 1: 5.000.000. Santiago de Chile.
- Daconte, R. & Salinas, R., 1980. Mapa Geológico, Plancha 76, Ocaña. Escala 1: 100.000, Ingeominas, Bogotá.
- González de Juana, C., de Arozena, J.M. & Picard, X., 1980. Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Foninves, 2 tomos, 1001 p., Caracas.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1980. Mapa en Relieve de la República de Colombia. Escala 1: 1.500.000, Bogotá.
- Irving, E.M., 1971. La Evolución Estructural de los Andes más Septentrionales de Colombia. Bol. Geol., v. XIX, n. 2, 90 p., Ingeominas, Bogotá.
- Jain, V.E., 1980. Geotectónica General. Editorial Mir, Parte I, 358 p., Parte II, 304 p., Moscú.
- Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, 1976. Mapa de Unidades Geomorfológicas de Venezuela. Prep. A. Zambrano, Plancha NB-18-II. Caracas.
- Macellari, C., 1982. Tectónica Compresional en el sur de los Andes venezolanos. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología. Actas, 1: 403-418, Argentina.
- Ujueta, G., 1990. Lineamientos de dirección Noroeste-Sureste en la Cordillera Oriental de Colombia (Sector Girardot-Cúcuta) y en los Andes venezolanos. Trabajo presentado a la Universidad Nacional de Colombia como requisito parcial para ser admitido como profesor titular. Bogotá.
- , 1991a. Tectónica y actividad ígnea en la Cordillera Oriental de Colombia (Sector Girardot-Cúcuta). Simposio sobre Magmatismo Andino y su Marco Tectónico. T.I: 151-192, Manizales.
- , 1991b. Lineamientos de dirección Noroeste-Sureste en los Departamentos de Santander y Norte de Santander, Colombia. Bol. de Geol. UIS, v. 20, n. 35: 27-51, Bucaramanga.
- , 1992. Lineamientos Río Ariari, Bogotá y Gachalá en los Departamentos de Cundinamarca y Meta,

- Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **18** (70): 345-355, Bogotá.
- Vargas, R. & Arias, A. et al., 1981a, Mapa Geológico, Plancha 97—Cáchira, Escala 1: 100.000 Ingeominas, Bogotá.
- . 1981b, Mapa Geológico, Plancha 86—Abrego, Escala 1: 100.000 Ingeominas, Bogotá.
- Ward, D., Goldsmith, R. Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. & Gómez, E. 1969. Mapa Geológico del Cuadrángulo H--12, "Bucaramanga", Colombia. Escala 1: 100.000, Ingeominas, Bogotá.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J., Jaramillo, L. & Vargas, R. 1970. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-13 "Pamplona", Colombia. Escala 1: 100.000, Ingeominas, Bogotá.

ESTUDIO DE UN MODELO MATEMATICO PARA LA PROPAGACION DEL SIDA

por

Hernán Estrada B.*, Ignacio Mantilla P.**

Resumen

Estrada, H. & I. Mantilla: Estudio de un modelo matemático para la propagación del SIDA. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **19** (72): 107 - 116. ISSN 0370-3908.

Después de dar a conocer conceptos básicos sobre la enfermedad del SIDA, se presenta un modelo matemático determinístico que describe la evolución de la enfermedad en una población de alto riesgo. Se hace un estudio de los parámetros que intervienen y se presentan finalmente algunos resultados sobre los efectos que puede tener la modificación de algunos de estos.

Abstract

After some introductory ideas about the AIDS disease, it is developed a deterministic mathematical model which describes the evolution of AIDS in a high risko population. It is analyzed the effect of the changes in the parameters that the model involves.

1 Introducción

Resultados de recientes estudios teóricos y empíricos sobre la propagación del SIDA, realizados especialmente en los Estados Unidos y Europa, son empleados en la actualidad para ilustrar sobre los factores que tienen mayor influencia en el desarrollo de la enfermedad (Anderson y May (1986, 1992)). Es así como por ejemplo, la distribución del número de parejas sexuales diferentes por unidad de tiempo, en

comunidades homosexuales, juega un papel esencial en la futura tendencia e incidencia del SIDA. La Organización Mundial de la Salud (OMS) cita, en tono optimista, la posibilidad de poder reducir el número de casos de la enfermedad a nivel mundial, mediante la promoción de los programas de prevención del SIDA (Burks (1992)). En ausencia de una vacuna o cura en los países desarrollados, y aún con ella a corto plazo en tales países, nosotros nos veremos obligados a aprender a convivir con la enfermedad un largo período de tiempo, antes de lograr tener a nuestro alcance esta anhelada solución. Ante este panorama parece ser que nuestra mejor alternativa es empezar por entender la enfermedad y

* Departamento de Física

** Departamento de Matemáticas y Estadística Universidad Nacional Santafé de Bogotá, Colombia

comprender su desarrollo para reforzar las campañas de prevención tendientes a estimular los cambios especialmente en nuestro comportamiento sexual y consecuentemente en nuestra conducta humana. El público debe entender cómo es transmitido el virus y qué cambios en la conducta sexual pueden reducir el riesgo de infección. Un intento por lograr el conocimiento del comportamiento de la enfermedad en una población de alto riesgo, es el objetivo central del presente trabajo. Mediante un análisis de resultados obtenidos a través de un modelo matemático, pretendemos explicar de una manera precisa y didáctica, el positivo efecto que puede tener la modificación de algunos de los parámetros que intervienen en el modelo, así como el efecto que puede tener una campaña de prevención. Tratándose de un modelo determinístico, es de esperarse que las soluciones que de él se obtengan sean aproximadamente válidas, mientras el modelo está en su fase exploratoria (Isham (1988)). Pero el modelo es ante todo una poderosa herramienta en la búsqueda del entendimiento de la enfermedad.

Los modelos matemáticos en epidemiología, como en otras ciencias, ofrecen un método para pensar acerca de problemas complejos en una forma precisa. En particular el modelo puede ayudar a identificar qué necesita ser medido o estimado y más importante aún, nos ayuda a desenmarañar las complejas relaciones entre la biología de la infección en individuos y la transmisión de la infección en comunidades, describiendo un continuo desarrollo de la enfermedad durante varias décadas (Anderson y May (1992), Mantilla (1992)). Debido a la revelación que nos puede brindar un modelo, es de esperarse que juegue un papel importante en el convencimiento de gobiernos y entidades internacionales de salud, de lo importante que es ahora y no después.

Los parámetros que intervienen en el modelo que presentamos en este trabajo no han sido estimados con datos de Colombia, porque en esta etapa exploratoria del modelo estamos interesados ante todo en ver la dinámica de la evolución de la enfermedad. Actualmente existen algunos datos de registro de pacientes estimados por la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá y estamos seguros que en un futuro cercano con ayuda de un proceso de registro confiable será posible perfeccionar, ajustar y adaptar el modelo a nuestro país (Ardila (1992-a, -b)).

2 Conceptos básicos

El virus de inmunodeficiencia humana VIH, da origen al síndrome de inmunodeficiencia adquirida, SIDA. Hoy se sabe que el intervalo de tiempo entre la infección inicial por el VIH y la aparición de los anticuerpos detectables en la sangre (seroconversión o ventana inmunológica) oscila entre 4 semanas y 3 meses, que es el período latente (Petrman y otros (1985), Ardila (1992-b)). Cuando los anticuerpos del VIH son detectados, el paciente está infectado y se dice que es seropositivo o VIH-positivo. Después hay un período de incubación antes que el paciente

muestre completamente el desarrollo del SIDA, la etapa final y terminal de la enfermedad.

El VIH puede ser transmitido por contacto sexual, por la práctica de compartir jeringas y agujas contaminadas entre usuarios de drogas intravenosas, por transfusión de sangre o productos sanguíneos contaminados y por transmisión directa de madres infectadas a sus hijos durante el período prenatal. Con respecto a esta última forma de propagación, se estima que el riesgo de transmitir el VIH a través de la leche materna es también posible, pero probablemente muy pequeño comparado con el riesgo de transmisión durante la gestación o el parto. La probabilidad promedio de resultar infectado a partir de un solo contacto con una persona infectada es pequeña, del orden de 10^{-3} a 10^{-2} por un contacto sexual o pinchazo de una aguja infectada (Stanley (1990)). La transmisión de la infección de una madre a un feto ocurre en el 20% al 50% de los casos; sin embargo hay evidencia de que la infectividad en las personas es extremadamente variable (Stanley (1990)).

Una vez infectado, el sistema inmunológico de la persona es destruido lentamente, llevando al paciente eventualmente al SIDA y a la muerte. El tiempo que transcurre entre el momento del contagio y la manifestación cabal de la enfermedad es diferente para cada individuo. En adultos el período de incubación dura por lo menos dos años y cerca del 50% desarrolla el SIDA sólo después de 10 años de la seroconversión (Anderson y May (1992), Stanley (1990), Armstrong (1991)). Sin embargo, en el caso de los niños este período de incubación es mucho más corto, menor de 5 años. Se estima que una pequeña fracción de seropositivos es resistente al virus y nunca desarrolla el SIDA; aún no se sabe si este grupo de infectados también transmite el virus al igual que cualquier otro VIH-positivo durante su período de incubación (Anderson y May (1986), Lemos (1992), Hyman y otros (1988), Murray (1990)).

Una vez el SIDA se desarrolla, el tiempo promedio antes de la muerte es de 9 a 13 meses. Con AZT (AZIDOTHIMIDINA) se puede prolongar la vida del paciente (en caso de tolerarlo) de 6 a 12 meses, con muy altos costos (Stanley (1990)).

No es conocido porqué el tiempo, desde el momento del contagio hasta la exhibición de los síntomas del SIDA por parte del paciente y la infectividad en las personas son tan variables. A pesar de todo lo que se ha aprendido hasta ahora acerca del virus, el proceso que lleva al deterioro del sistema inmunológico y eventualmente del cerebro está pobremente comprendido. Esta longitud variable del período de incubación y la pequeña probabilidad de contagio, ofrecen las mayores dificultades en el estudio del SIDA; tal como veremos en el análisis de nuestros resultados.

Sobre los orígenes del SIDA existen tres teorías (Armstrong (1991), Lemos y otros (1992)) cada una con sus defensores y detractores: la primera acusa a la ingeniería genética de haber creado el virus en una

guerra biológica y que probado en los presos ofrecidos como voluntarios a cambio de una reducción de sus penas, se habría propagado. Una segunda teoría acusa al ambiente de gran promiscuidad en la década de los setenta, al continuo intercambio de pareja sexual y al constante abuso de las drogas de todo tipo. La tercera teoría afirma que el SIDA comenzó a propagarse en Africa Oriental, en las riveras del lago Victoria a mediados de la década de los setenta y que el responsable es el mono verde (*Cercopithecus aethiops*), pues es tan abundante allí que se constituye en una verdadera plaga, que se usa como cabeza de caza, mascota y otros usos propios del hombre. Se mencionan también posibles relaciones sexuales del hombre con estos animales. No obstante, aunque se sabe que el virus VIH causa el Sida, no se conoce con certeza si es el único retrovirus causante de la enfermedad. En fin, se ignora su origen, se desconoce la forma de contenerlo y retener su avance letal. Cada día el virus presenta nuevos aspectos clínicos que hacen temer que la epidemia del SIDA pudiera ser un problema de salud catastrófico por muchos años.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que actualmente en todo el mundo hay 10 millones de personas seropositivas y un millón de casos de SIDA registrados (Armstrong (1991), Schaffer (1990)).

3 Presentación del modelo

Aquí presentaremos un modelo determinístico que describe la propagación del SIDA en una población homosexual. En este modelo se supone que el número de susceptibles es grande, de tal manera que su densidad y la de los infectados puede ser aproximada por medio de variables continuas y que la propagación de la infección parte de valores iniciales fijos. Es claro que el modelo es más realista si los contactos ocurren al azar teniendo en cuenta la probabilidad de transmisión de la infección a cada susceptible. En general, usando un modelo determinístico obtenemos solamente una aproximación, pero muchos de los modelos matemáticos para la descripción de la propagación del SIDA son determinísticos y éstos serían más realistas si se estudiaran grupos heterogéneos de individuos considerando por ejemplo edad, comportamiento del individuo, grupo social al que pertenece, hábitos sexuales, frecuencia de contactos con individuos pertenecientes a otros grupos de alto o bajo riesgo, etc. y asumiendo una mezcla homogénea entre los diferentes grupos (Isham (1988), Hyman y otros (1988), Hethcote y otros (1987)).

Una razón válida para evitar un modelo estocástico es que las soluciones explícitas son en general mucho más difíciles de obtener que en los correspondientes modelos determinísticos. La justificación de nuestro modelo determinístico es que para poblaciones grandes, que son las involucradas en la epidemia del SIDA, el modelo determinístico ofrece soluciones que son por lo menos aproximadamente válidas (Hethcote y otros (1987)).

En la actualidad hay mucha incertidumbre acerca de las suposiciones y valores de los parámetros que son apropiados para describir la transmisión del VIH y el principal objetivo de un modelo matemático como el que presentamos a continuación, es determinar los efectos que pueden tener los cambios de los valores de los parámetros que éste involucra en la propagación de la enfermedad. Sin embargo se debe tener cuidado en la aplicabilidad de las conclusiones obtenidas de un modelo determinístico, ya que para propósitos predictivos la variación aleatoria es importante, especialmente dentro de grupos relativamente pequeños (Isham (1988)).

Consideremos una población homosexual no constante de tamaño $N(t)$ para un tiempo $t \geq 0$ y supongamos que nuestra población se encuentra repartida en cuatro clases disyuntas S, I, A, Z . Definimos la densidad de la población en cada una de estas clases como :

- $S(t) =$ Número de susceptibles en un tiempo t ; es decir, homosexuales no portadores del virus.
 $I(t) =$ Número de infectados después de un tiempo t , éstos es, homosexuales VIH-positivos.
 $A(t) =$ Número de pacientes de SIDA.
 $Z(t) =$ Número de seropositivos que no desarrollan el SIDA.

Así, tenemos que $N(t) = S(t) + I(t) + A(t) + Z(t)$ para todo $t \geq 0$. La densidad de pacientes de SIDA $A(t)$ es considerada pequeña comparada con $N(t)$ y en $t=0$ debe tenerse $S \approx N$.

Supondremos que cualquier individuo de la población puede morir por alguna causa natural (diferente del SIDA) en cualquier momento e independientemente de la clase a la que pertenezca en ese momento. Esta tasa de mortalidad será la misma en todas las clases y la denotaremos por μ . También asumiremos que hay una tasa de inmigración constante B a la cual se introducen susceptibles en la comunidad homosexual. Definimos ahora:

$d :=$ la tasa de mortalidad a causa del SIDA, es decir que teniendo en cuenta que una vez se desarrolla el SIDA, el paciente sobrevive a lo más 13 meses, debe cumplirse que $\frac{1}{d} \leq 13$ meses.

Sea λ la probabilidad de adquirir la infección en sólo un contacto con una pareja. Entonces este parámetro debe ser proporcional a la razón entre el número de infectados y el número total de individuos en la población, con una constante de proporcionalidad β , que indica la probabilidad de transmisión:

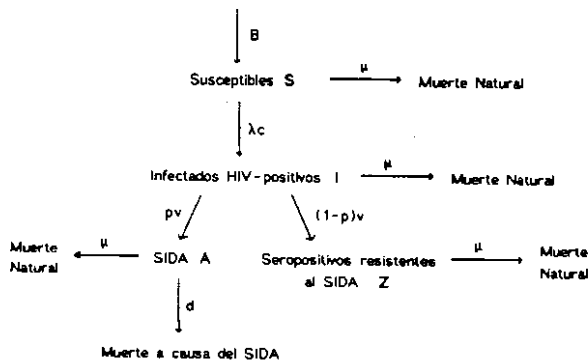
$$\lambda = \frac{\beta I}{N}$$

Se asume que los infectados y los susceptibles se mezclan homogéneamente (hipótesis de acción de masas). Puesto que la probabilidad de adquirir la

enfermedad, lógicamente anmenta al aumentar el número de parejas sexuales c , el parámetro βc es el indicador más importante en el comportamiento de la enfermedad.

Debemos ahora introducir el parámetro p para indicar la proporción de seropositivos que desarrollan el SIDA, así como la cantidad v que nos va a indicar la rata a la cual individuos de la clase de los infectados se convierten en enfermos de SIDA; es decir que $\frac{1}{v}$ denotará el período de incubación. Supondremos además en el modelo, que la población perteneciente a la clase A se aísla y no tiene contacto con los individuos de las otras clases.

El siguiente diagrama de flujo ilustra la distribución de la población afectada por la enfermedad sobre la cual se basa el modelo:



El anterior diagrama sugiere entonces el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= B - \mu S - \lambda c S, \quad \lambda = \frac{\beta I}{N} \\ \frac{dI}{dt} &= \lambda c S - (\mu + v) I \\ \frac{dA}{dt} &= p v I - (d + \mu) A \\ \frac{dZ}{dt} &= (1 - p) v I - \mu Z \\ N(t) &= S(t) + I(t) + A(t) + Z(t), \quad t \geq 0 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Notemos que a partir del sistema anterior se deduce que

$$\frac{dN}{dt} = B - \mu N - dA, \tag{3.1-a}$$

lo cual indica que nuestra población es no constante. Esta es una característica de poblaciones infectadas por enfermedades epidémicas con períodos de incubación largos (Busemberg y otros (1991)).

De la segunda ecuación del modelo se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{dI}{dt} &= \frac{\beta c I S}{N} - (\mu + v) I \\ &\approx (\beta c - \mu - v) I \end{aligned}$$

para t cercano a cero.

Ahora bien, si tenemos en cuenta que el período de incubación $\frac{1}{v}$ es pequeño comparado con el período de vida natural $\frac{1}{\mu}$, podemos hacer

$$\frac{dI}{dt} \approx (\beta c - v) I,$$

que tiene como solución:

$$I(t) = I(0)e^{(\beta c - v)t}, \tag{3.2}$$

es decir, que para

$$R = \frac{\beta c}{v} > 1 \tag{3.3}$$

el número inicial de infectados crece (la epidemia se extiende) y en el caso contrario, la enfermedad debe extinguirse. R se conoce con el nombre de rata de reproductividad básica de la epidemia. El umbral de la epidemia puede entonces aproximarse por medio de R y está dado en términos del número de parejas sexuales c , la probabilidad de transmisión β y el período de incubación $\frac{1}{v}$. De (3.2) podemos obtener también el tiempo de doblaje t_d , que es el tiempo necesario para que el número inicial de infectados se duplique.

$$t_d = \frac{\ln(2)}{\beta c - v} = \frac{\ln(2)}{v(R-1)}, \quad R > 1 \tag{3.4}$$

Este es un dato importante y crítico en la etapa inicial de la enfermedad.

Para el sistema (3.1) podemos obtener los valores N^* , S^* , I^* , A^* y Z^* para los cuales éste presenta un estado estable, esto es, la densidad de población en las diferentes clases permanece constante:

Evidentemente para A debe obtenerse este equilibrio cuando:

$$A^* = \frac{B - \mu N^*}{d} \tag{3.5}$$

y de la segunda ecuación de (3.1) se obtiene:

$$\begin{aligned} 0 &= \lambda c S - (v + \mu) I \\ &= \frac{\beta I}{N} c S - (v + \mu) I, \end{aligned}$$

es decir,

$$S = \frac{(v + \mu) I N}{c \beta I},$$

por lo tanto para S se cumple

$$S^* = \frac{(v + \mu) N^*}{c \beta}. \tag{3.6}$$

De la tercera ecuación de (3.1) tenemos

$$0 = p v I - (d + \mu) A,$$

por lo tanto

$$\begin{aligned} I^* &= \frac{(d + \mu) A^*}{p v} \\ &= \frac{(d + \mu)(B - \mu N^*)}{p v d}. \end{aligned} \tag{3.7}$$

Para Z debe cumplirse entonces de la cuarta ecuación de (3.1)

$$Z^* = \frac{(1-p)vI^*}{\mu} = \frac{(1-p)(d+\mu)(B-\mu N^*)}{pd\mu} \quad (3.8)$$

La población total en equilibrio, N^* , se obtiene ahora de:

$$N^* = S^* + I^* + A^* + Z^* = \frac{cB\beta[\mu(v+d+\mu) + vd(1-p)]}{\mu[v+\mu][c\beta(d+\mu) - dpv]}$$

Estos valores asintóticos nos dan una idea del comportamiento de las clases que intervienen en el modelo después de un período muy grande de tiempo, suponiendo que los parámetros que intervienen no son modificados de manera alguna durante este período.

4 Determinación de los parámetros

Las ecuaciones (3.2)-(3.3) permiten escribir

$$I(t) = I(0)e^{v(R-1)t}$$

donde $I(0)$ es el número inicial de infectados en el tiempo $t=0$. En otras palabras, la rata de crecimiento de la población seropositiva está dada por

$$r = v(R-1)$$

Esta rata de crecimiento r fue estimada por Anderson y May (1986) tomando como base un estudio de seropositividad realizado con un grupo de 6875 hombres homosexuales y bisexuales en San Francisco (U. S. A.) sobre el período comprendido entre 1978 y 1985.

Un cálculo del valor de r por cada período anual, y comparado con una estimación hecha en Londres para el período 1982-1984 basada en el estudio de un grupo de homosexuales asistidos médicamente por presentar enfermedades de transmisión sexual, arroja como resultado promedio:

$$r = 0.88 \text{ a}^{-1} \text{ (a = años)}$$

La estimación de R , obtenida por Anderson y May (1986) de la ecuación

$$\frac{dI}{dt} = (\beta c - v)I = v(R-1)I = rI$$

es de $R = 3 - 4$ años.

Los demás parámetros son estimados crudamente así:

$$d = 1 - 1.33 \text{ a}^{-1}$$

$$v = 0.22 \text{ a}^{-1}$$

$$c = 2 - 6 \text{ parejas/mes}$$

$$\mu = 1/32 \text{ a}^{-1}$$

$$p = 10\% - 30\% \text{ (Para } p=1, \frac{dZ}{dt} = 0)$$

Inicialmente diferentes autores consideraron este parámetro p cercano a 0.3 (Anderson y May (1986)). Actualmente se cree que p debe ser cercano a 1.0, lo cual indicaría que todo seropositivo debe desarrollar el SIDA. Este argumento se sustenta en el hecho de que el período de incubación puede ser muy largo y que pacientes que después de su etapa inicial de registro se creía que no desarrollaban el SIDA, han presentado la enfermedad. Sin embargo hay incluso investigadores que sostienen que el VIH no causa el SIDA (Baltimore y otros (1989), Jackson (1990)), lo cual confirmaría que es adecuado considerar $0 < p < 1$.

Obsérvese que de (3.3):

$$r = v(R-1) = \beta c - v$$

así que $\beta = (r+v)/c$, es decir que la probabilidad de transmisión de la enfermedad depende decisivamente del número de parejas sexuales por mes c . Así por ejemplo, para el parámetro $c \in [2,6]$ estimado por

Anderson y May (1986), $\beta \in [\frac{r+v}{6}, \frac{r+v}{2}]$, es decir $0.18 < \beta < 0.55$.

Con estos parámetros se obtiene un tiempo de doblaje (ver ecuación (3.4))

$$t_d \approx 9 \text{ meses} - 1 \text{ año}$$

Si elegimos una población inicial $N(0) = 100000$ con $S(0) = 99999$, $I(0) = 1$, $A(0) = Z(0) = 0$, y tomamos $B = 1000$, las ecuaciones (3.5) - (3.9) con los parámetros antes mencionados, obtenemos:

$$N^* \approx 25383$$

$$A^* \approx 208$$

$$S^* \approx 5699$$

$$I^* \approx 3554$$

$$Z^* \approx 15922$$

como cantidades en las que la población se estabiliza.

5 Algunas simulaciones numéricas

Haciendo uso del método de Runge-Kutta de cuarto orden para ecuaciones diferenciales ordinarias, podemos dar solución numérica al sistema acoplado (3.1).

Para el tratamiento numérico del modelo consideraremos una población homosexual de 100000 individuos, es decir $N(0) = 100000$, de los cuales sólo un individuo es seropositivo en el instante $t=0$; ésto es: $S(0) = 99999$, $I(0) = 1$, $A(0) = Z(0) = 0$. Eligiendo como rata de inmigración constante $B = 1000$, examinemos el comportamiento de las diferentes curvas en un período de 60 años.

Con estos parámetros, las figuras (1-a) y (1-d) muestran el número máximo de infectados aproximadamente a los 16 años, al igual que la mayoría de las víctimas del SIDA. La población susceptible muestra un rápido decrecimiento en los primeros 20 años y tiende a estabilizarse después. Así mismo se

observa que en los primeros 25 años el número de individuos que no desarrollan el SIDA es creciente, pero después de este período decrece lentamente. La población total presenta hasta los 60 años un continuo decrecimiento.

En las figuras (1-b) y (1-e) se aprecia, comparando con (1-a) y (1-d), el efecto que tiene duplicar el número de compañeros sexuales por mes, manteniendo todos los demás parámetros iguales. Se observa que el número máximo de infectados aumenta aproximadamente en un 60% y éste se presenta ahora 8 años antes, es decir, a los 8 años aproximadamente. A los 9 años la población susceptible presenta una baja densidad y su decrecimiento que antes ocurría durante el período de los primeros 20 años, ahora es de más del 100% más rápido. El aumento del número máximo de individuos que mueren a causa del SIDA

es del orden del 40% al 50% y este máximo se presenta en la mitad del tiempo necesario anteriormente, o sea alrededor de los 8 años, lo cual indica un rápido crecimiento del número de víctimas en los primeros años. El tamaño de la población que no desarrolla la enfermedad parece mayor ahora, sin embargo hay que observar que esto sólo ocurre en los primeros años, pues ya después del período de los primeros 25 años, coincide con los valores obtenidos anteriormente. La población total muestra un comportamiento similar al anterior.

En las figuras (1-c) y (1-f) se puede examinar el efecto de disminuir ahora a la mitad, comparando con (1-a) y (1-d), el número de parejas sexuales por mes. La población susceptible es mayor, decrece más lentamente y esto ocurre durante un período de tiempo

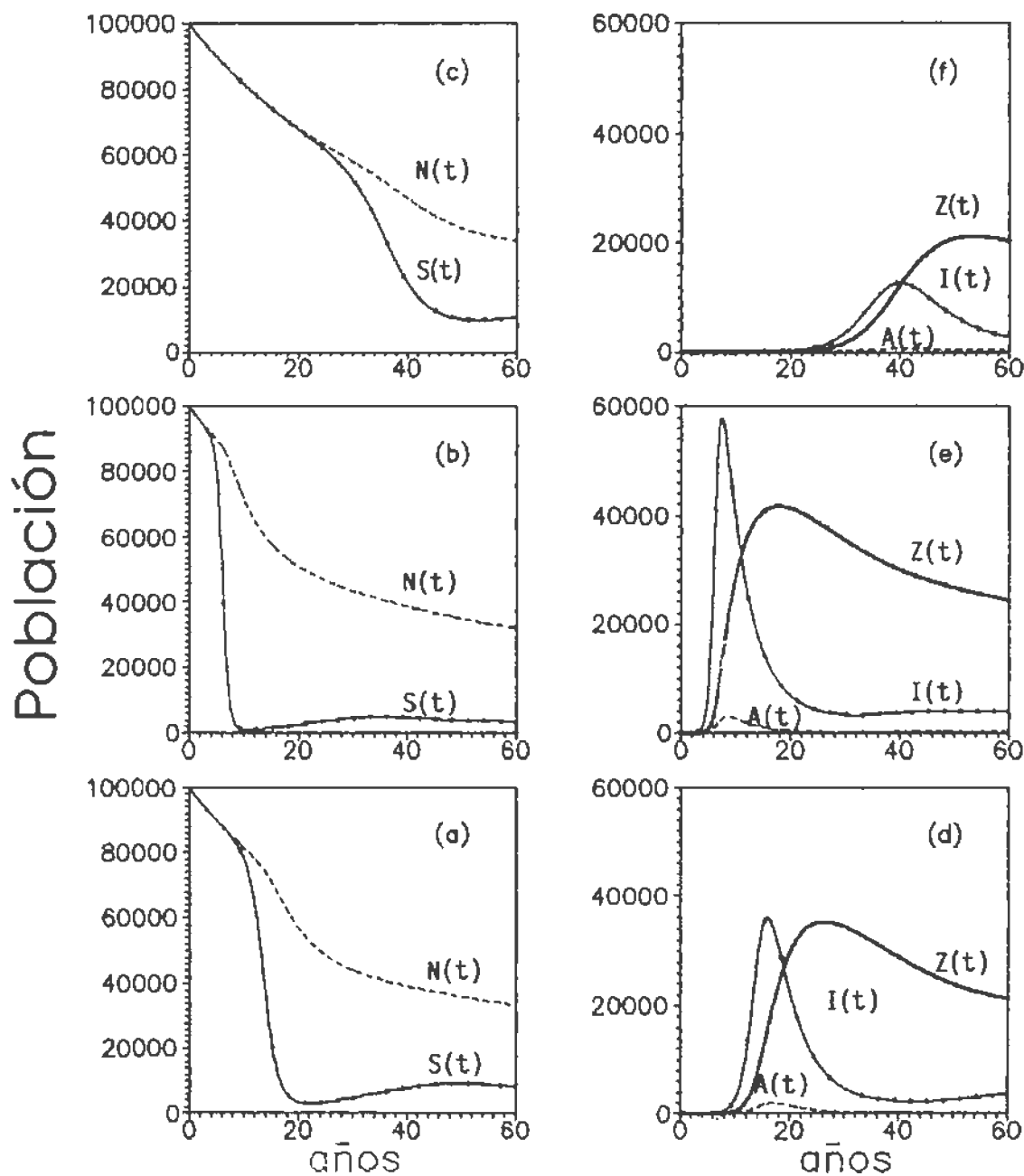


FIGURA 1: Evolución temporal de $S(t)$, $I(t)$, $A(t)$, $Z(t)$ y la población total $N(t)$ con los siguientes parámetros: $S(0) = 99999$, $I(0) = 1$, $A(0) = Z(0) = 0$, $B = 1000$, $\lambda = 0.03125$, $\nu = 0.2$, $d = 1.0$, $p = 0.3$ y $a = 0$. Para las figuras (a) y (d) $\beta c = 1.03$, (b) y (e) $\beta c = 2.06$, (c) y (f) $\beta c = 0.51$.

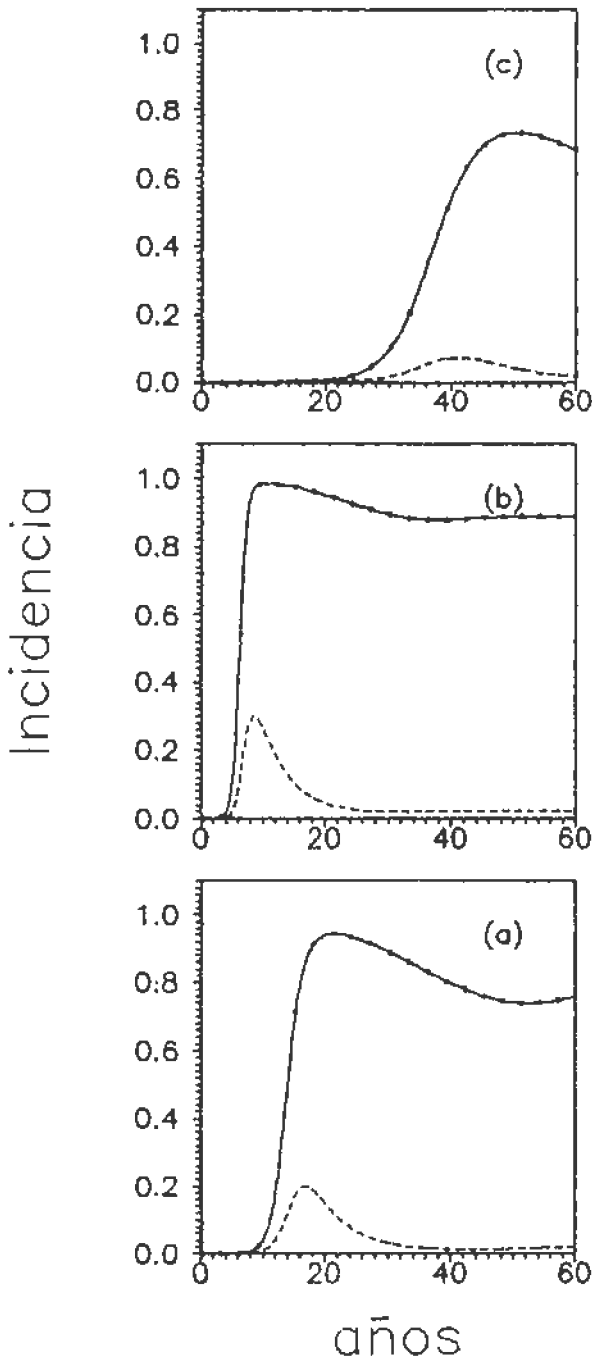


FIGURA 2: Incidencia de seropositivos (curva continua) e incidencia del SIDA (curva punteada) con los siguientes parámetros. $S(0) = 99999$, $I(0) = 1$, $A(0) = Z(0) = 0$, $B = 1000$, $i = 0.03125$, $v = 0.2$, $d = 1.0$, $p = 0.3$, $a = 0$, y $P_0 = 10000$. Para las figuras (2-a) $Bc = 1.03$, (2-b) $Bc = 2.06$, (2-c) $Bc = 0.51$.

mucho más largo, 50 años; pero el número de víctimas a causa del SIDA disminuye notoriamente y sólo alrededor de los 40 años de iniciada la propagación del virus es apreciable. La cantidad máxima de infectados disminuye aproximadamente en un 65% y se presenta alrededor de los 40 años, lo cual indica un retraso de más de 20 años, comparado con (1-a) y (1-d), de la etapa crítica. El número de personas que no exhiben los síntomas del SIDA, aunque es menor y creciente durante un período mucho más largo, después de los 50 años decrece más lentamente y para un período grande parece constante y mayor que en los casos anteriores. El decrecimiento de la población total es similar al de los casos anteriores.

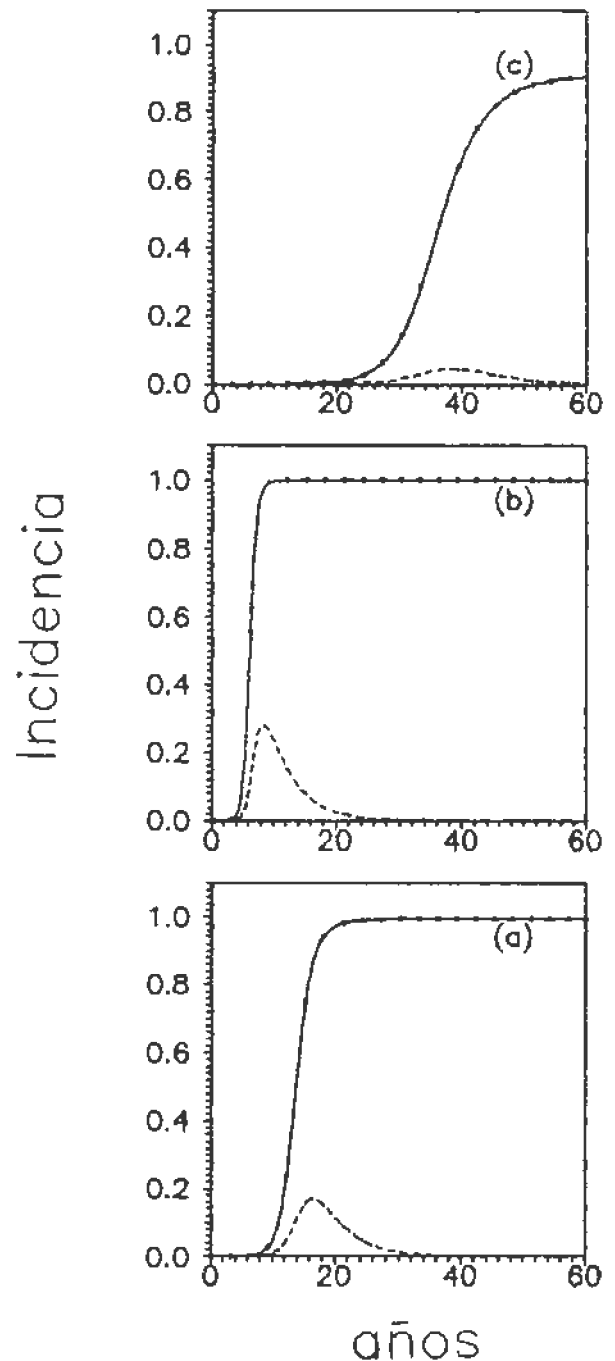


FIGURA 4: Como en la figura 2 con $p = 1.0$.

Para poder apreciar mejor el efecto del SIDA en la población considerada, examinemos las siguientes gráficas de $(I + A + Z)/N$ y A/P_0 (ver figura 2), donde $(I + A + Z)/N$ mide la incidencia de seropositivos y A/P_0 la incidencia del SIDA en la población. Comúnmente P_0 es tomado como $N(0)/10$, lo cual nos permite observar mejor la evolución de $A(t)$. La figura (2-a) muestra la incidencia, con los mismos parámetros elegidos en las figuras (1-a) y (1-d). La figura (2-b) nos permite observar el efecto de duplicar (como en las figuras (1-b) y (1-e)) el número de parejas sexuales c . Además de lo observado en el análisis de la figura 1, notamos que a diferencia del comportamiento en la figura (2-c), la incidencia del SIDA en (2-b) es constante a partir de los 22 años,

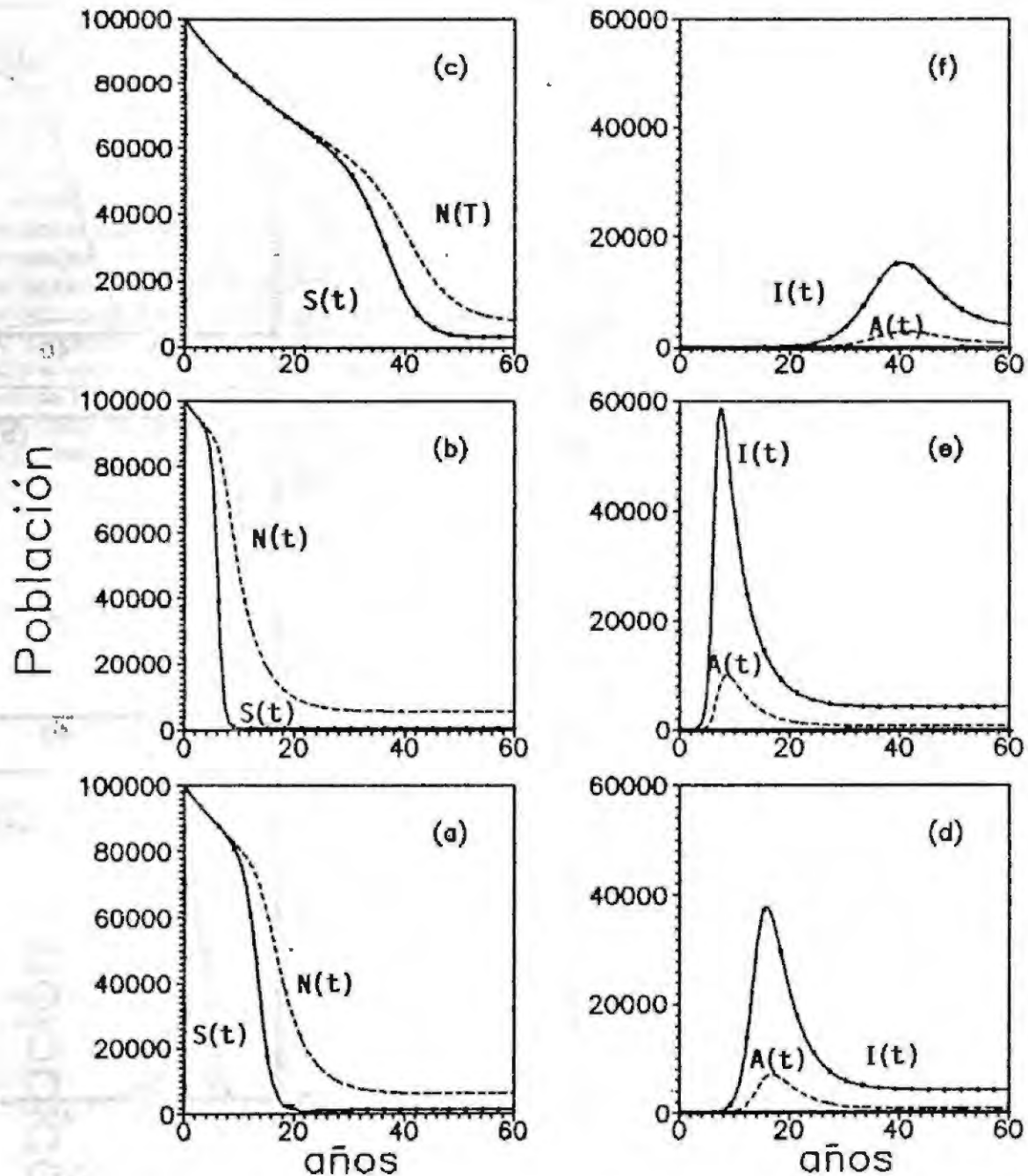


FIGURA 3: Como en la figura 1 con $p = 1.0$.

mientras que en (2-a) tiene una evolución oscilatoria presentando al menos un valor mínimo de casos de SIDA en cercanías a los 40 años. La presencia de un valor mínimo cercano a cero casos no significa que la enfermedad se haya extinguido o que no pueda aumentar posteriormente el número de casos. Este efecto vale la pena ser tenido en cuenta para evitar pronósticos optimistas cuando se presenta una reducción del número de casos.

La incidencia de seropositivos presenta un rápido incremento al aumentar el número de parejas sexuales. El período de tiempo necesario para que sea apreciable esta incidencia, disminuye al aumentar el número de parejas por mes. También se observa que a medida que el número de compañeros sexuales aumenta, la curva de incidencia de seropositivos se estabiliza más rápidamente.

Los análisis de las figuras 1 y 2 muestran que el parámetro que mide el número de parejas diferentes por unidad de tiempo es decisivo en la evolución de la enfermedad.

En la figura 3 se considera $p = 1$, esto es, todos los infectados desarrollan SIDA, lo cual significa a partir del sistema (3.1), que $Z(t) = 0$ durante todo el tiempo.

Durante la etapa inicial, los comportamientos de las curvas comparados con los de la figura 1 son similares, mas aún $I(t)$ no muestra grandes cambios durante el período total. La pequeña variación de $S(t)$ a partir del tiempo en el cual la curva termina su rápido decrecimiento es debido al parámetro λ , pues éste depende de $N(t)$ y éste a su vez de $A(t)$ (ver (3.1)). La población total tiene una densidad menor que en el caso de la figura 1 como es de esperarse, ya

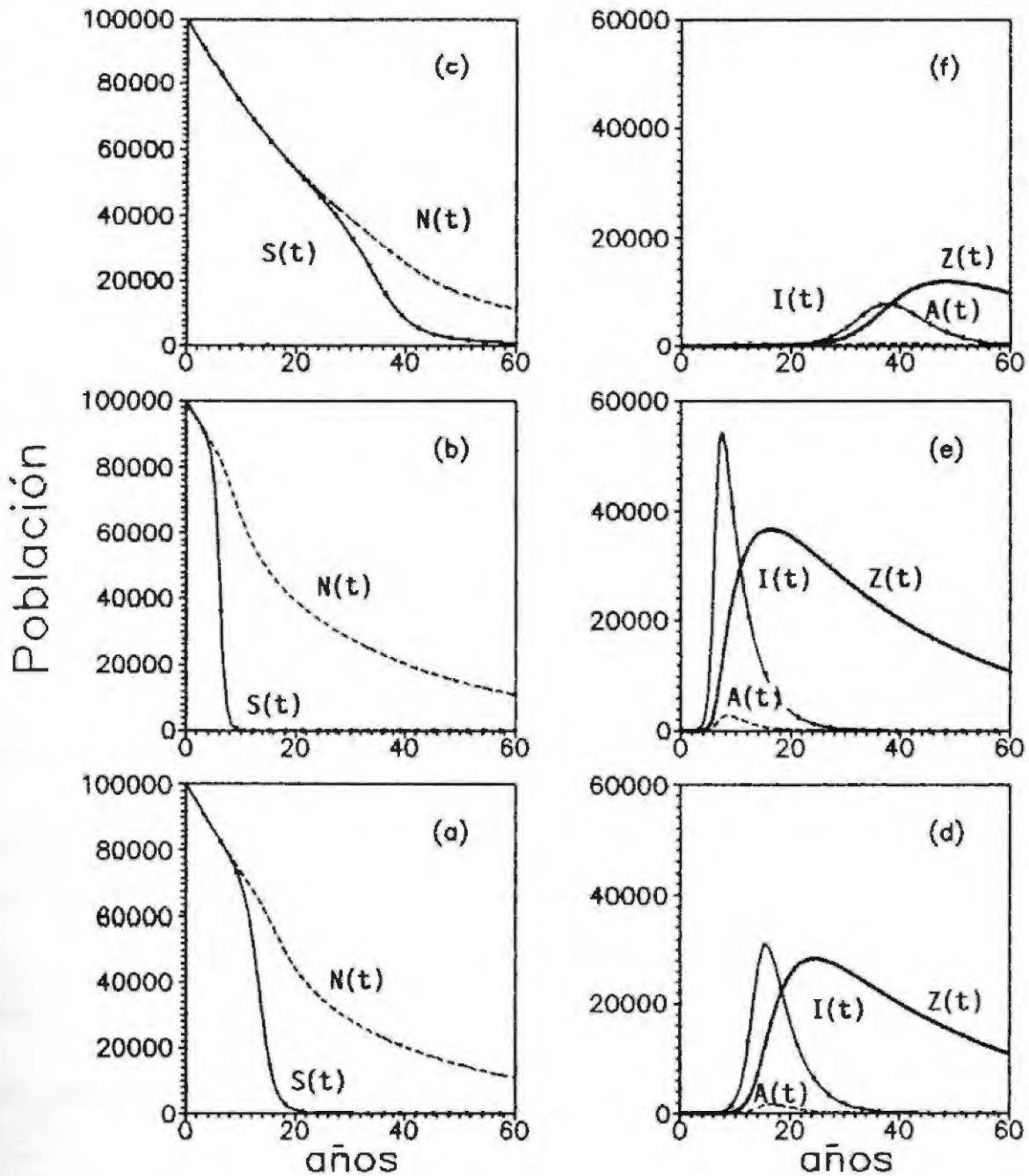


FIGURA 5: Como en la figura 1 con $\delta = 1.0$.

que el número de víctimas de la epidemia es mayor al suponer que todo seropositivo desarrolla SIDA. Esto puede observarse también en la ecuación (3.1-a). La curva correspondiente a los pacientes de SIDA muestra un aumento de 4 a 5 veces el valor observado para $p = 0.3$ en la figura 1. Para apreciar de una manera más nítida este comportamiento, referimos al lector a la figura 4. Este análisis es válido para los tres diferentes valores del parámetro βc .

Para concluir el presente estudio, hemos querido observar el efecto que puede tener un ingreso controlado en la población susceptible. Para ello, reemplazamos el valor constante B por la función $Be^{-\alpha t}$ con $\alpha > 0$ en la primera ecuación de (3.1).

Para $B = 1000$ como antes, $\alpha = 1$, y manteniendo los demás parámetros como en las figuras 1 y 2, se

obtienen los resultados que se muestran en las figuras 5 y 6. Los comportamientos de las curvas son similares a los de las figuras 1 y 2 en la etapa inicial, pero para períodos largos de tiempo se ve claramente la eficiencia de la campaña, si se observa la disminución de susceptibles, infectados y pacientes de SIDA. Este experimento muestra que el disminuir paulatinamente el ingreso de susceptibles, sólo tendrá un efecto a largo plazo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Física y al Departamento de Matemáticas y Estadística, así como al Bienestar Estudiantil Universitario y a la Rectoría de la Universidad Nacional por su apoyo para la realización de este trabajo.

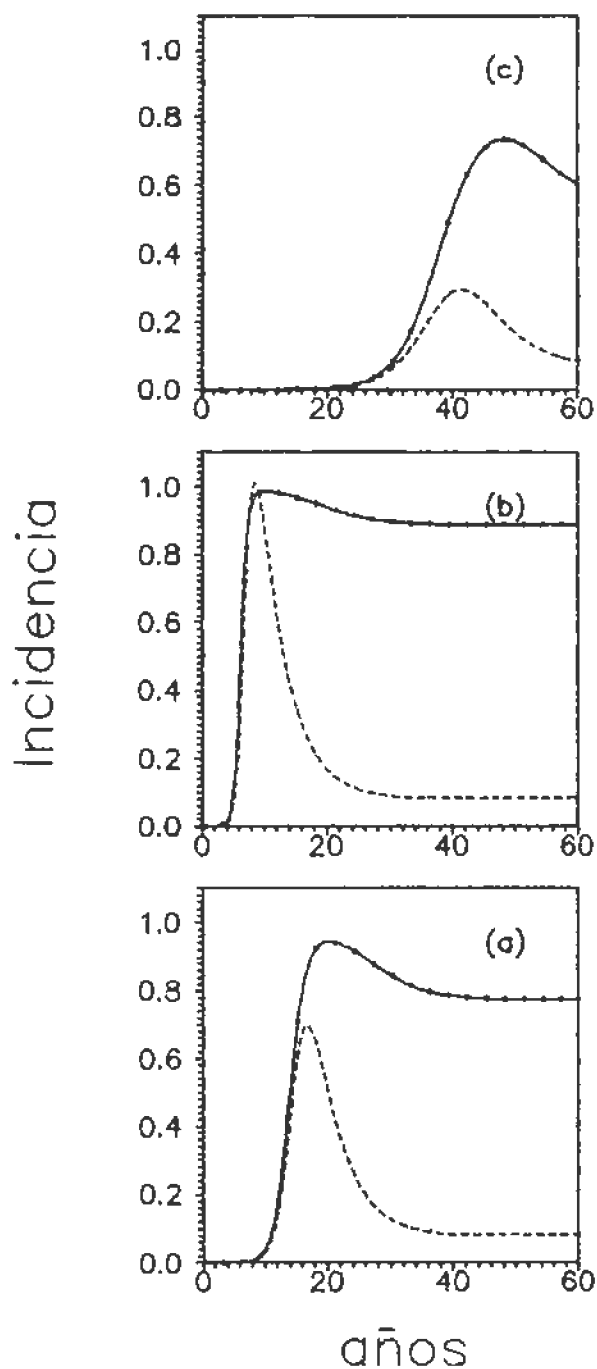


FIGURA 6: Como en la figura 2 con $d = 1.0$.

Bibliografía

Anderson R. M., May R. M. (1986) The invasion, persistence and spread of infectious diseases within animal and plant communities. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B314*, 533.

Anderson R. M., May R. M. (1992) Understanding the AIDS pandemic. *Sci. Am.* mayo pg 20.

Ardila II. A. (1992) Evaluación del programa de prevención y control del VIH/SIDA de la Secretaría Distrital de Salud de Santafé de Bogotá y propuesta de reestructuración (agosto).

Ardila II. A. (1992) Los aspectos básicos que como educador Ud. debe conocer sobre la infección por el virus VIH y el SIDA. *Boletín de la División de la*

Atención en Salud. Vicerrectoría de Bienestar Universitario.

Armstrong J. (1991) Repercusiones socioeconómicas del SIDA en los países en desarrollo. *Finanzas y desarrollo Dic.* pg 14.

Baltimore D., Feinberg M. (1989) *New England Journal of medicine* 321 #24.

Burks S. (1992) OMS menciona rápido aumento del SIDA en el mundo. *Boletín científico USIS.* sept 2 pag. 25.

Busenberg S., Vargas C. (1991) Modelling Chagas disease: variable population size and demographic implications. *CINVESTAV México (reporte interno)*.

Hethcote II. W., W. van Ark. (1987) Epidemiological models for heterogeneous populations: proportionate mixing parameter estimation and immunization program. *Math. Biosciences* 84, 85.

Byman J. M., Stanley E. A. (1988) Using mathematical models to understand the AIDS epidemic. *Mathematical Biosciences* 10, 415.

Isham V. (1988) Mathematical modeling of the transmission dynamics of HIV infection and AIDS: a review. *J. Roy. Statist. Soc. A151*, 5.

Jackson J. (1990) *Journal of Clinical Microbiology* 28.

Lemos L. y Ceballos M. C. (1989) SIDA: Análisis de la situación. *CHASQUI N° 33* pag. 11

Mantilla I. (1991) Numerische Behandlung der Zeitlich Räumlichen Entwicklung einer Epidemie. *Disertación Universidad de Mainz (Alemania)*.

Murray J. D. (1990) *Mathematical Biology.* Springer Verlag.

Peterman T., Drotman D. P., Curran. J. W. (1985) Epidemiology of the acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). *Epidemiology Reviews* 7, 7.

Schaffer J. (1990) SIDA se convierte en un importante problema de desarrollo. *USIS.*

Stanley E. (1990) Mathematical models of the AIDS epidemic: A historical perspective. *Lectures in the sciences of complexity.* Ed. por D. Stain. Addison Wesley.

UNA NOTA ACERCA DE LA DIFERENCIA ENTRE LOS MODELOS DE ESTADOS GAUSSIANOS CONVENCIONAL Y CONDICIONAL

por

Fabio H. Nieto*

Resumen

Nieto, F. H.: Una nota acerca de la diferencia entre los modelos de estados gaussianos convencional y condicional. Rev. Acad Colomb. Cienc. 19 (72): 117 - 119. 1994
ISSN 0370-3908.

En ocasiones las hipótesis estadísticas convencionales de un modelo de estados para una serie cronológica se deben reemplazar por hipótesis condicionales sobre cierta información conocida. En este artículo se destaca la diferencia básica entre los dos conjuntos de hipótesis y se demuestra que las ecuaciones del Filtro de Kalman son válidas en ambos casos.

Abstract

Sometimes the conventional statistical hypotheses of a state space model for a time series must be replaced for conditional hypotheses on some known information. In this paper, the basic distinction between the two sets of hypotheses is emphasized and the fact that the Kalman Filter equations are valid in both cases is shown.

1. Introducción.

En algunos libros o artículos sobre modelos de estados o el Filtro de Kalman (FK) se considera solo el modelo en el cual las matrices de covarianzas de los términos de error son no singulares y la distribución de probabilidad de ellos es multinormal (no singular), ver por ejemplo Harvey (1989) o West y Harrison (1989), quizás los más completos y clásicos sobre el tema. En otros, estas hipótesis son debilitadas en el sentido de permitir matrices de covarianzas singulares, tal es el caso por ejemplo de Anderson y Moore (1979), Kohn y Ansley (1983), Catlin (1989) y Aoki (1990), pero en ellos no se utiliza la teoría de la distribución multinormal singular para deducir el filtro. Recientemente Nieto (1993) considera el modelo en el cual se supone que los términos de error tienen distribución multinormal *singular* y se hace la deducción del FK bajo esta hipótesis fundamental. Este modelo es una extensión del de Harvey (1989) o del de West y Harrison (1989) y salvo por distribuciones, cubre también el caso del modelo de Anderson y

Moore, Kohn y Ansley, Catlin y Aoki. Para futura referencia, el modelo tratado por Nieto (1993) será llamado *Gaussiano convencional* o simplemente *convencional*.

En ocasiones, es necesario considerar que la distribución de un término de error (o ambos) en un tiempo t en un modelo de estados está *condicionada* por la información observada hasta el tiempo $t-1$ tal como es tratado por Harvey (1989) y West y Harrison (1989). En esta forma surge el modelo *condicional*. Harvey afirma que las ecuaciones del FK del caso convencional son todavía válidas pero no se demuestra, ni se indica una justificación sobre la afirmación. Tampoco se indican referencias al respecto. Más aún, Harvey considera solo un modelo con matrices de covarianzas definidas positivas. De otro lado West y Harrison si presenta la deducción del FK pero en el contexto bayesiano y suponiendo matrices de covarianzas también definidas positivas.

* Profesor Asociado, Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D. C.

En este trabajo, se destaca la *diferencia* entre las hipótesis del modelo convencional y el modelo condicional y se demuestra que el FK es válido también en el último caso.

2. Modelos de estados Gaussianos condicionales.

Usando la notación de Harvey (1989), pp. 156, se define aquí también el modelo Gaussiano condicional o simplemente condicional por medio de las ecuaciones

$$\left. \begin{aligned} Y_t &= Z_t(\mathbf{Y}_{t-1}) \alpha_t + \varepsilon_t \\ \alpha_t &= T_t(\mathbf{Y}_{t-1}) \alpha_{t-1} + \eta_t \end{aligned} \right\} t = 1, 2, \dots \quad (1)$$

donde α_t , Y_t , ε_t y η_t son vectores aleatorios, $Z_t(\mathbf{Y}_{t-1})$, $T_t(\mathbf{Y}_{t-1})$ son matrices que dependen determinísticamente del vector $\mathbf{Y}_{t-1} = (Y_1, \dots, Y_{t-1})'$ donde " ' " denota transposición. Las hipótesis probabilísticas básicas sobre los vectores aleatorios ε_t y η_t son las siguientes:

- (i) $\varepsilon_t | \mathbf{Y}_{t-1} \sim N_s(0, H_t(\mathbf{Y}_{t-1}))$ y $\eta_t \sim N_s(0, Q_t(\mathbf{Y}_{t-1}))$ para cada $t = 1, 2, \dots$, donde N_s significa *multinormal singular* (Ver Nieto (1993) o Anderson (1984)).
- (ii) $\alpha_t | \mathbf{Y}_{t-1}$ y $\varepsilon_t | \mathbf{Y}_{t-1}$, y $\alpha_{t-1} | \mathbf{Y}_{t-1}$ y $\eta_t | \mathbf{Y}_{t-1}$ son, cada par, independientes estocásticamente para cada $t = 1, 2, \dots$
- (iii) $\alpha_0 \sim N_s(a_0, P_0)$, a_0 y P_0 conocidos.

Observación: aunque no se dice explícitamente, se supone que $Z_t(\mathbf{Y}_{t-1})$, $T_t(\mathbf{Y}_{t-1})$, $H_t(\mathbf{Y}_{t-1})$ y $Q_t(\mathbf{Y}_{t-1})$ son conocidas para cada t , $t = 1, 2, \dots$

En el modelo convencional no se asume que Z_t , T_t , H_t y Q_t dependen de la información hasta el tiempo $t-1$, \mathbf{Y}_{t-1} , y las hipótesis básicas son:

- (i) $\varepsilon_t \sim N_s(0, H_t)$ y $\eta_t \sim N_s(0, Q_t)$ para cada $t = 1, 2, \dots$
- (ii) Las sucesiones $\{\varepsilon_t\}$ y $\{\eta_t\}$ son, cada una, independientes mutuamente estocásticamente y cualquier conjunto finito de la forma $\{\varepsilon_t, \eta_{s_1}, \eta_{s_k}\}$ es mutuamente independiente.
- (iii) $\alpha_0 \sim N_s(a_0, P_0)$, y α_0 , $\{\varepsilon_t\}$ y $\{\eta_t\}$ son independientes mutuamente estocásticamente

Es claro que las diferencias esenciales están en las hipótesis (ii) y (iii) de ambos modelos. Más aún, al condicionar por \mathbf{Y}_{t-1} , las hipótesis del modelo convencional son reducidas notablemente, ya que la independencia mútua exigida en la hipótesis (ii) y la independencia mútua entre α_0 , $\{\varepsilon_t\}$ y $\{\eta_t\}$ de la hipótesis (iii) desaparecen.

Ahora bien, un hecho importante en el modelo convencional es que las hipótesis (ii) y (iii) implican que α_t y ε_t , Y_t , α_{t-1} y η_t , son, cada par, independientes estocásticamente y esta proposición es análoga a la hipótesis (ii) del modelo condicional. En virtud de esto se podría decir que la hipótesis (ii) del modelo condicional absorbe las hipótesis (ii) y (iii) del convencional, salvo por el supuesto $\alpha_0 \sim N_s(a_0, P_0)$. Este hecho permite la deducción del FK en el caso condicional como se mostrará a continuación.

3. Deducción del Filtro de Kalman en el caso condicional.

En lo que sigue se hará referencia al modelo (1) y la deducción se hace sin seguir el esquema formal *Teorema - Demostración*.

El vector de estado en $t = 1$ está dado por

$$\alpha_1 = T_1(\mathbf{Y}_0) \alpha_0 + \eta_1.$$

Al condicionar sobre \mathbf{Y}_0 (que representa solo el conocimiento de la distribución de α_0) se obtiene que (ver Nieto (1993))

$$\alpha_1 | \mathbf{Y}_0 \sim N_s(T_1 a_0, T_1 P_0 T_1' + Q_1) \quad (T_1 = T_1(\mathbf{Y}_0), Q_1 = Q_1(\mathbf{Y}_0))$$

Sean $a_{1|0} = T_1 a_0$

$$P_{1|0} = T_1 P_0 T_1' + Q_1.$$

Ahora, sean $V_1 = (\alpha_1' Y_1')$ y $X = (X_1' X_2')$ tales que X_1 y X_2 son compatibles con α_1 y Y_1 , respectivamente, para realizar producto interno. Entonces

$$X'V_1 = (X_1' + X_2' Z_1) \alpha_1 + X_2' \varepsilon_1 \quad (Z_1 = Z_1(\mathbf{Y}_0))$$

Nuevamente condicionando por \mathbf{Y}_0 se obtiene que V_1 tiene distribución multinormal singular (Nieto (1993)) con vector de medias

$$\begin{pmatrix} a_{1|0}' & a_{1|0}' Z_1' \end{pmatrix}'$$

y matriz de covarianzas

$$\begin{pmatrix} P_{1|0} & P_{1|0} Z_1' \\ Z_1 P_{1|0} & Z_1 P_{1|0} Z_1' + H_1 \end{pmatrix}.$$

con $(H_1 = H_1(\mathbf{Y}_0))$.

Aplicando los resultados de Marsaglia (1992) se obtiene que la distribución de α_1 condicional sobre un valor particular de Y_1 (dado \mathbf{Y}_0) es multinormal singular con media

$$a_1 = a_{1|0} + P_{1|0} Z_1' F_1 (Y_1 - Z_1 a_{1|0})$$

y matriz de covarianza

$$P_1 = P_{110} - P_{110} Z_1' F_1^{-1} Z_1 P_{110}$$

donde

$$F_1 = Z_1 P_{110} Z_1' + H_1(\mathbf{Y}_0)$$

y F_1^{-1} indica la pseudo - inversa de F_1 .

Si se supone que se conoce la distribución de α_{t-1} dado \mathbf{Y}_{t-1} , es decir,

$$\alpha_{t-1} \sim N_S(\mathbf{a}_{t-1}, P_{t-1}),$$

se utilizan las hipótesis del modelo, los resultados de Nieto (1993) sobre distribución multinormal singular y se procede como en el caso anterior $t = 1$, entonces se obtiene que

$$\alpha_t | Y_t, \mathbf{Y}_{t-1} \sim N_S(\mathbf{a}_t, P_t),$$

donde

$$\mathbf{a}_t = \mathbf{a}_{t|t-1} + P_{t|t-1} Z_t'(\mathbf{Y}_{t-1}) F_t^{-1} \left(Y_t - Z_t(\mathbf{Y}_{t-1}) \mathbf{a}_{t|t-1} \right) \quad (2)$$

$$P_t = P_{t|t-1} - P_{t|t-1} Z_t'(\mathbf{Y}_{t-1}) F_t^{-1} Z_t(\mathbf{Y}_{t-1}) P_{t|t-1} \quad (3)$$

con

$$\mathbf{a}_{t|t-1} = T_t(\mathbf{Y}_{t-1}) \mathbf{a}_{t-1}$$

$$P_{t|t-1} = T_t(\mathbf{Y}_{t-1}) P_{t-1} T_t(\mathbf{Y}_{t-1})' + Q_t(\mathbf{Y}_{t-1}) \quad y$$

$$F_t = Z_t(\mathbf{Y}_{t-1}) P_{t|t-1} Z_t(\mathbf{Y}_{t-1})' + H_t(\mathbf{Y}_{t-1})$$

Las ecuaciones (2) y (3) conforman el Filtro de Kalman para el modelo condicional y son análogas al caso convencional (Nieto (1992)).

En realidad el modelo de estados condicional presentado acá podría extenderse al caso en el cual el conjunto informativo sobre el que se con-

diciona, además de \mathbf{Y}_{t-1} , contiene información externa al proceso $\{Y_t\}$, inclusive hasta el tiempo t . Si I_t denota este nuevo conjunto y las hipótesis (i) - (ii) se reescriben condicionando sobre I_t , entonces las ecuaciones (2) - (3) siguen válidas. Esto extiende los resultados de West y Harrison (1989) sobre el mismo tópico.

Referencias

- Anderson, T. W. (1984), *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, John Wiley and Sons, Inc, New York.
- Anderson, D.O. and Moore, J. B. (1979), *Optimal Filtering*, Prentice -Hall, Inc., New Jersey (U. S. A.).
- Aoki, M. (1990), *State Space Modeling of Time Series*, Springer Verlag, Berlín.
- Catlin, D. (1989), *Estimation, Control and the Discrete Kalman Filter*, Springer-Verlag, Berlín.
- Harvey, A. C. (1989) *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kohn, R. and Ansley, C. F. (1983), Fixed interval estimation in state space models when some of the data are missing or aggregated, *Biometrika*, Vol. 70, 3, pp 683 - 8.
- Marsaglia, G. (1964), Conditional Means and Covariances of Normal Variables with Singular Covariance Matrix, *Journal of the American Statistical Association*, 59, pp. 1203 - 1204.
- Nieto, F. H., (1993), Deducción del Filtro de Kalman en el caso de modelos de estados gaussianos singulares, *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Vol. XVIII, 71, pp 539-543.
- West, M and Harrison, P. J. (1989), *Bayesian Forecasting and Dynamic Models*, Springer-Verlag, Berlín.

POLINOMIOS ORTOGONALES EN LA ESTIMACION DEL HIDROGRAMA UNITARIO

por

Ricardo A. Smith Q.*

Resumen

Smith, R.A.: Polinomios ortogonales en la estimación del Hidrograma unitario. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(72): 121-129, 1994. ISSN 0370-3908.

El hidrograma unitario es un modelo lineal del proceso lluvia-escorrentía de una cuenca. Hidrogramas de escorrentía directa pueden obtenerse mediante la convolución del hidrograma unitario y los correspondientes eventos de precipitación efectiva. Numerosos procedimientos de estimación del hidrograma unitario han sido propuestos en la literatura, entre ellos el uso de funciones ortogonales. Este procedimiento usa funciones ortogonales para invertir la ecuación de convolución anterior y estimar el hidrograma unitario (un hidrograma unitario para cada evento lluvia-escorrentía, teniéndose que promediar para definir el único hidrograma unitario de la cuenca). Dos procedimientos generales de estimación son presentados.

En este trabajo se introduce el uso de una función γ ortogonalizada como una función que representa más adecuadamente el comportamiento físico del proceso lluvia-escorrentía. Se presenta también un procedimiento nuevo que permite la estimación del único hidrograma unitario de la cuenca usando todos los eventos lluvia-escorrentía al mismo tiempo con funciones ortogonales.

Palabras clave: Polinomios Ortogonales.

Abstract

The unit hydrograph is a linear rainfall-runoff model of a watershed. Direct runoff hydrographs can be obtained by the convolution of the unit hydrograph and the corresponding excess rainfall events. Numerous unit hydrograph procedures have been presented in the literature, including the use of orthogonal functions. This procedure uses orthogonal functions to invert the convolution equation mentioned above and estimate the unit hydrograph (one unit hydrograph for each rainfall-runoff event, using averaging procedures to determine the unique unit hydrograph for the watershed). In this research the use of a γ orthogonalized function is introduced. γ functions adequately represent the damped response typical of natural watersheds. A new procedure that uses orthogonal functions allows the direct estimation of the unique unit hydrograph using all rainfall-runoff events at the same time (without averaging) is introduced.

1. Introducción

En este trabajo se presenta un análisis detallado mediante el uso de funciones ortogonales de la estimación de los modelos lluvia-escorrentía lineales del tipo hidrograma unitario. Estos modelos usan una relación tipo caja negra para el proceso precipitación-escorrentía

que permite estimar escorrentía en el punto de interés. La entrada al sistema, excitación, es convertida en la respuesta mediante la acción del sistema, el modelo, del cual sólo se conoce la función de transformación. Estos modelos son técnicas de estimación del sistema cuenca que transforma la precipitación en escorrentía suponiendo que el sistema es lineal, estacionario e inicialmente relajado. El concepto de hidrograma unitario está basado en el concepto de elemento unitario, es decir, en la

* Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia.

idea de que si el efecto debido a una acción unitaria es conocido, el efecto debido a cualquier otra acción está dado por la combinación de esa acción y el efecto de la acción unitaria. Esta combinación puede ser multiplicativa, divisoria o convolutiva. El hidrograma unitario fue introducido por Sherman (1932) y se puede definir como el hidrograma de escorrentía directa que resulta de una precipitación efectiva de profundidad unitaria, uniformemente distribuida sobre la cuenca y de una duración específica. Esta definición, combinada con las suposiciones de linealidad, estacionariedad, y de un sistema inicialmente relajado constituye lo que se conoce con el nombre de *teoría del hidrograma unitario* (Chow, 1964).

Si la duración de la lluvia se vuelve infinitesimal el hidrograma unitario resultante recibe el nombre de *hidrograma unitario instantáneo (HUI)*. De acuerdo con la definición de hidrograma unitario, cada elemento infinitesimal de precipitación efectiva produce un hidrograma de escorrentía directa igual al producto de ese elemento y el HUI. Usando el principio de superposición, el hidrograma de escorrentía directa está dado por la integral de convolución

$$Q(t) = \int_0^t U(w)P(t-w)dw, \quad (1)$$

en donde $P(t)$ y $Q(t)$ son, respectivamente, las funciones de entrada (precipitación neta) y respuesta (escorrentía directa), y $U(t)$ es el HUI. El HUI puede ser visto como una respuesta a una excitación impulsiva, o como una función núcleo (*kernel*), de un sistema agregado, invariante y lineal. Cuando el HUI es conocido, el hidrograma unitario de duración específica puede obtenerse mediante

$$U(T, t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t U(w)dw, \quad (2)$$

en donde $U(T, t)$ es el hidrograma unitario de T horas de duración y $U(t)$ es el HUI. En la ecuación (2) se supone que $t-T=0$ cuando $t < T$. La forma directa de la ecuación (1) puede escribirse en la forma

$$Q(t) = \sum_{i=1}^N U(T, i)P(t-i+1), \quad (3)$$

en donde N representa la memoria del sistema.

Desde la introducción del concepto de hidrograma unitario (Sherman, 1932), una gran cantidad de técnicas de estimación del mismo han sido presentadas en la literatura. Estas técnicas pueden ser clasificadas en dos grupos (Eagelson et al., 1966): *verdaderamente lineales* y *lineales óptimas*. Las técnicas verdaderamente lineales estiman el hidrograma unitario suponiendo que la ecuación (1) o la ecuación (3) son las únicas ecuaciones que caracterizan el sistema. Técnicas como la solución directa de la integral de convolución (Blank et al., 1971); el uso de funciones ortogonales (O'Donnell, 1960; Diskin, 1967; Dooge, 1973; Papazafiriou, 1975); el uso de transformaciones (Levi y Valdés, 1964; Delleur y

Rao, 1971; Bank et al., 1971); y mínimos cuadrados en forma matricial (Snyder, 1955; Newton y Vinyard, 1967; Dooge, 1973; Singh, 1976) forman parte de este grupo. Las técnicas lineales óptimas estiman el hidrograma unitario dándole una solución aproximada a la ecuación (3) mediante el uso de un procedimiento computacional que define el hidrograma unitario óptimo en cierto sentido (mínimos cuadrados o mínimas desviaciones absolutas). El uso de series de tiempo (Eagelson et al., 1966), el uso de modelos conceptuales (Nash, 1958; Dooge, 1959; Nash, 1960), el uso de programación lineal (Eagelson et al., 1966; Deiniger, 1969; Mays y Coles, 1980) el uso de procedimientos de búsqueda (Diskin y Boneh, 1975; Singh, 1977; Amisial et al., 1981) forman parte de este grupo.

La diferencia básica entre los dos grupos es que en general las técnicas verdaderamente lineales estiman un hidrograma unitario para cada evento de precipitación-escorrentía. Estas técnicas tienen que recurrir a procedimientos de promediación para definir un hidrograma unitario único para la cuenca. Las técnicas lineales óptimas pueden estimar un hidrograma unitario único para todos los eventos de precipitación-escorrentía, evitando de esta forma tener que estimar un hidrograma unitario promedio. Otra ventaja de estas técnicas es que, en general, todas ellas garantizan la estimación de hidrogramas unitarios físicamente posibles (sin ordenadas negativas), mientras que las técnicas verdaderamente lineales no pueden garantizar esto.

Se presenta ahora una descripción de las técnicas de estimación del hidrograma unitario usando funciones ortogonales.

2. Métodos de las funciones ortogonales

Las funciones ortogonales estiman el hidrograma unitario usando las características básicas de estas funciones para invertir bien sea la ecuación convolutiva (1) y definir el HUI, o la forma discreta de la ecuación (3) para obtener del HU de cierta duración. En la literatura se han sugerido dos métodos diferentes de estimación del hidrograma unitario usando funciones ortogonales (Dooge, 1973; Papazafiriou, 1975; Smith y Amisial, 1982). El primero de ellos expresa la escorrentía directa, la precipitación efectiva y el HUI como expansiones en funciones ortogonales. Los coeficientes de estas expansiones para la escorrentía directa y la precipitación efectiva pueden ser estimados ya que son variables conocidas. Introduciendo las tres expansiones en la ecuación convolutiva (1) pueden obtenerse los coeficientes de la expansión del HU en función de los coeficientes de las expansiones de la escorrentía directa y de la precipitación efectiva. Una vez estimados los coeficientes de la expansión del hidrograma unitario, éste se puede calcular usando la ecuación que corresponde a dicha expansión. Las funciones ortogonales de armónicos (O'Donnell, 1960), de Laguerre (Dooge, 1973; Dooge, 1977) y de polinomios de Meixner (Dooge, 1973) han sido utilizados en la estimación del HUI.

La segunda de las formas de estimación del hidrograma unitario, usando funciones ortogonales, ex-

presa este hidrograma como una expansión en funciones ortogonales. Esta expansión del hidrograma unitario es entonces reemplazada en la forma discreta de la ecuación convolutiva representada por la ecuación (3), resultando una ecuación del tipo de regresión múltiple que expresa la escorrentía directa como una función de la precipitación efectiva, de las funciones ortogonales y de los coeficientes de la expansión del hidrograma unitario. La estimación de los coeficientes de regresión múltiple es equivalente a la estimación de los coeficientes de la expansión del hidrograma unitario. Una vez estimados estos coeficientes, el hidrograma unitario puede definirse mediante la ecuación respectiva de la expansión de este hidrograma. Funciones ortogonales de armónicos (Papazafiriou, 1957), de Chevyshev (Papazafiriou, 1975), de peso unitario (Papazafiriou, 1975), de Laguerre, de polinomios de Meixner, y funciones ortogonalizadas han sido utilizados en la estimación del hidrograma unitario mediante esta metodología.

3. Método de relación de coeficientes

La excitación del sistema $P(t)$ (precipitación efectiva), la respuesta del mismo $Q(t)$ (escorrentía directa) y la función de transformación (el HUI) pueden expresarse como expansiones en funciones ortogonales en la forma

$$P(t) = \sum_{m=0}^{\infty} a_{p,m} f_m(t), \quad (4)$$

$$Q(t) = \sum_{m=0}^{\infty} a_{q,m} f_m(t), \quad (5)$$

$$U(t) = \sum_{m=0}^{\infty} a_{u,m} f_m(t), \quad (6)$$

en donde $a_{p,m}$, $a_{q,m}$ y $a_{u,m}$ son los coeficientes de la expansión de la precipitación efectiva, de la escorrentía directa y del HUI , respectivamente, y $f_m(t)$ es el sistema ortogonal usado. Los coeficientes $a_{p,m}$ y $a_{q,m}$ pueden ser estimados ya que $P(t)$ y $Q(t)$ son funciones conocidas.

Reemplazando las expansiones anteriores en la ecuación convolutiva (1), se obtiene que

$$Q(t) = \int_0^t \left(\sum_{m=0}^{\infty} a_{p,m} f_m(w) \right) \left(\sum_{m=0}^{\infty} a_{u,m} f_m(t-w) \right) dw.$$

Haciendo uso de las propiedades de las funciones ortogonales esta ecuación puede reescribirse como

$$Q(t) = \sum_{m=0}^{\infty} a_{p,m} a_{u,m} \int_0^{\infty} f_m(w) f_m(t-w) dw,$$

reemplazando ahora $Q(t)$ por la expansión (5) e igualando término a término las sumatorias de ambos lados de la ecuación resultante, se llega a que

$$a_{q,m} f_m(t) = a_{p,m} a_{u,m} \int_0^{\infty} f_m(w) f_m(t-w) dw,$$

lo cual permite concluir que

$$a_{u,m} = \frac{a_{q,m} f_m(t)}{a_{p,m} \int_0^{\infty} f_m(w) f_m(t-w) dw}, \quad (7)$$

ecuación que permite estimar los coeficientes de la expansión del HUI en función de los coeficientes de las expansiones de la precipitación efectiva y de la escorrentía directa (conocidos) y del sistema ortogonal usado $f_m(t)$. Una vez estimados los coeficientes $a_{u,m}$, el HUI puede definirse usando la ecuación (6).

Las funciones ortogonales usadas dentro de esta metodología para la estimación del HUI han sido las funciones de armónicos de Fourier (O'Donnell, 1960), los polinomios de Laguerre (Dooge, 1973) y los polinomios de Meixner (Dooge, 1973).

4. Método de regresión múltiple

La expansión del hidrograma unitario de T horas de duración en funciones ortogonales puede escribirse en la forma

$$U(T, t) = \sum_{m=0}^M a_{u,m} f_m(t), \quad (8)$$

donde M es el orden de la expansión. Reemplazando esta expresión del hidrograma unitario en la ecuación (3) se puede escribir

$$Q(t) = \sum_{m=0}^M a_{u,m} \sum_{n=1}^N f_m(n) P(t-n), \quad (9)$$

y definiendo la función

$$F_m(t) = \sum_{n=1}^N f_m(n) P(t-n), \quad (10)$$

permite reescribir la ecuación (9) en la forma

$$Q(t) = \sum_{m=0}^M a_{u,m} F_m(t), \quad (11)$$

que expresa la escorrentía directa en función de los coeficientes de la expansión del hidrograma unitario y de las funciones $F_m(t)$.

Si el número de ordenadas de la escorrentía directa y de la precipitación efectiva es el mismo, la ecuación (11) representa un sistema con igual número de ecuaciones y de incógnitas. En general, el número de ordenadas de la precipitación efectiva es mucho menor que el de la escorrentía directa, y la ecuación (11) representa un sistema indeterminado de ecuaciones. El método empleado para estimar las incógnitas (los coeficientes de la expansión del hidrograma unitario) de este sistema indeterminado es el de regresión múltiple (Papazafiriou, 1975). Este método no sólo permite estimar los coeficientes sino también determinar el orden de la expansión, bien sea por algún procedimiento del tipo *stepwise* (Papazafiriou, 1975), o por escogencia del orden de una regresión polinómica (Smith y Amisial, 1982). Además

de las expansiones del hidrograma unitario en funciones de armónicos, en polinomios de Laguerre, y en polinomios de Meixner, presentados en la sección anterior, el uso de funciones Chebyshev y de peso unitario también ha sido sugerido (Papazafiriou, 1975).

5. Uso de funciones no ortogonales

Existen funciones en hidrología que no son ortogonales pero que tienen un mejor sentido físico para representar el hidrograma unitario que otras funciones ortogonales tradicionalmente utilizadas (armónicos, pesos unitarios, Chebyshev, etc.). Las funciones del tipo de las funciones gamma o Lognormal representan de una manera más adecuada la respuesta de cada monótona, típica de las cuencas naturales.

Dooge (1973) sugirió definir las relaciones de los coeficientes de las expansiones en términos de las funciones gamma en lugar de términos de los coeficientes de los polinomios de Laguerre. La excitación (precipitación efectiva), el hidrograma unitario instantáneo y la respuesta (escorrentía directa), pueden escribirse como expansiones de funciones gamma en la forma

$$P(t) = \sum_{m=0}^{\infty} d_m \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^m}{2m!}, \quad (12)$$

$$Q(t) = \sum_{m=0}^{\infty} D_m \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^m}{2m!}, \quad (13)$$

$$U(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \delta_m \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^m}{2m!}. \quad (14)$$

Debido a que las funciones gamma no son ortogonales, no es posible obtener los valores de los coeficientes d_i y D_i directamente, sino a través de los correspondientes coeficientes a_r y A_r de los polinomios de Laguerre, como

$$d_m = (-2)^{m+1} \sum_{r=m}^{\infty} \binom{r}{m} a_r \quad (15)$$

y

$$D_m = (-2)^{m+1} \sum_{r=m}^{\infty} \binom{r}{m} A_r. \quad (16)$$

mediante la integral de convolución podemos escribir

$$\begin{aligned} \sum_{p=0}^{\infty} D_p \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^p}{p!} &= \\ &= \left(\sum_{m=0}^{\infty} d_m \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^m}{m!} \right) * \left(\sum_{n=0}^{\infty} \delta_n \frac{e^{-t/2} \left(\frac{t}{2}\right)^n}{n!} \right), \end{aligned}$$

y comparando ambos miembros de la ecuación anterior, se obtiene

$$D_m = 2 \sum_{k=0}^{m-1} d_k \delta_{m-k-1}. \quad (17)$$

Expresando los valores del coeficiente desconocido δ_m en función de los coeficientes D_m y d_m se puede escribir que,

$$d_0 \delta_m = D_{m+1} - \sum_{k=1}^m d_k \delta_{m-k} \quad (18)$$

y si $d_0 = 0$, que

$$d_1 \delta_{m-1} = D_{m+1} - \sum_{k=2}^m d_k \delta_{m-k}, \quad (19)$$

ecuaciones que permiten calcular inductivamente los coeficientes de la expansión en términos de funciones gamma del hidrograma unitario.

El éxito de esta propuesta de Dooge fue limitado ya que la función gamma propuesta no es ortogonal.

Una propuesta alternativa es la de usar las funciones no ortogonales propuestas, pero ortogonalizarlas previamente. Esto permitiría usar estas funciones en cualquiera de los procedimientos anteriores para estimación del hidrograma unitario mediante funciones ortogonales.

Para aplicar este procedimiento se pueden ortogonalizar funciones de mayor significado físico como

$$\text{-gamma} \quad F_m(j) = \frac{e^{-m/2} \left(\frac{m}{2}\right)^j}{2(j)!} \quad (20)$$

$$\text{-Lognormal} \quad F_m(j) = \frac{1}{jm\sqrt{2\pi}} e^{-[\ln(m)/\sqrt{2}j]^2} \quad (21)$$

Para ortogonalizar estas funciones se puede utilizar el procedimiento de ortogonalización de E. Schmidt. Este procedimiento permite además ortonormalizar funciones que son ya ortogonales expresándolas en forma matricial. Una vez se hayan ortonormalizado estas funciones, se pueden usar para definir la expansión del hidrograma unitario. Los coeficientes de dicha expansión son entonces calculados mediante procedimientos conocidos. Una vez estimados los coeficientes del hidrograma unitario mediante la ecuación (11) y el uso de regresión múltiple, el hidrograma unitario puede ser estimado usando su respectiva expansión en términos de funciones ortogonales.

6. Hidrograma unitario único

Los métodos de funciones ortogonales propuestos estiman un hidrograma unitario para cada tormenta. Para definir un hidrograma unitario único para la cuenca se deben usar procedimientos de promediación similares a los sugeridos para el método de los volúmenes.

Sin embargo, el método de regresión múltiple de las funciones ortogonales sugiere una metodología que permite estimar un hidrograma unitario único para la cuenca, usando todas las tormentas al mismo tiempo. Este procedimiento eliminaría el inconveniente de definir el hidrograma unitario por promediación.

Se define inicialmente:

- (1) I : Número de tormentas.
- (2) N_i : Número de ordenadas de la escorrentía directa para la tormenta i .
- (3) L_i : Número de ordenadas de la precipitación efectiva para la tormenta i .
- (4) M : Número de ordenadas del hidrograma unitario único de la cuenca.

En general, se debe calcular inicialmente el valor de M_i para cada tormenta como:

$$M_i = N_i - L_i + 1, \quad (22)$$

y luego escoger M como el mayor de esos valores:

$$M = \text{Máx} \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_I\}. \quad (23)$$

En aquellas tormentas donde $M_i < M$ se aumenta el número de ordenadas de escorrentía directa (N_i) con ceros hasta que se cumpla para todas las tormentas que

$$M = N_i - L_i + 1. \quad (24)$$

Se definen también

- (1) $Q(i, n)$: la ordenada n de la escorrentía directa de la tormenta i .
- (2) $P(i, l)$: la ordenada l de la precipitación efectiva de la tormenta i .
- (3) $U(m)$: la ordenada m del hidrograma unitario único para la cuenca.

usando la ecuación (3) se puede escribir para cada tormenta i que

$$Q(i, t) = \sum_{m=0}^M U(m)P(i, t-m), \quad (25)$$

y la expansión del hidrograma unitario se puede escribir usando la ecuación (8) como

$$U(t) = \sum_{j=0}^k a_{n,j} f_j(t), \quad (26)$$

donde k es el orden de la expansión. Reemplazando la ecuación (26) en la (25) da como resultado

$$Q(i, t) = \sum_{m=0}^M P(i, t-m) \sum_{j=0}^k a_{n,j} f_j(m),$$

o sea,

$$Q(i, t) = \sum_{j=0}^k a_{n,j} \sum_{m=0}^k f_j(m)P(i, t-m) \quad (27)$$

y definiendo la función

$$F_j(i, t) = \sum_{m=0}^k f_j(m)P(i, t-m), \quad (28)$$

se puede escribir

$$Q(i, t) = \sum_{j=0}^k a_{n,j} F_j(i, t). \quad (29)$$

La función $F_j(i, t)$ es una función de valores conocidos, pues sólo depende de la precipitación efectiva y de las funciones ortogonales usadas.

La escorrentía directa definida por la ecuación (29) representa la escorrentía directa calculada o estimada usando el hidrograma unitario y la precipitación efectiva. Si se define $Q_o(i, t)$ como la ordenada t de la escorrentía directa observada para la tormenta i , los coeficientes de la expansión ortogonal del hidrograma unitario pueden calcularse mediante la expresión de mínimos cuadrados

$$\text{Mín} \left[\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^{N_i} \left(Q_o(i, t) - \sum_{j=0}^k a_{n,j} F_j(i, t) \right)^2 \right]. \quad (30)$$

Esta expresión puede ser resuelta para $a_{n,j}$ usando métodos de búsqueda como los de Hooke y Jeeves, Powell, o cualquier otro método conocido. Este procedimiento permitiría definir el único hidrograma unitario instantáneo para la cuenca usando todas las tormentas al mismo tiempo. En este caso no habría necesidad de promediar hidrogramas unitarios.

7. Aplicación y resultados

Los procedimientos descritos de estimación del hidrograma unitario usando funciones ortogonales discretos fueron utilizados para estimar el hidrograma unitario de cuatro horas de duración del río Potomac cerca de Cumberland, Maryland, Estados Unidos, usando cuatro tormentas (Singh K.P., 1976), y el hidrograma unitario del río Cache en Forman, Illinois, Estados Unidos, usando ocho tormentas (Diskin y Boneh, 1975). El área del río Potomac cerca a Cumberland es de 2.266 km^2 y la del río Cache, en Forman, de 630 km^2 . Todas las tormentas utilizadas están dadas como eventos de precipitación efectiva-escorrentía directa.

Los hidrogramas unitarios estimados usando las diferentes metodologías propuestas fueron utilizados para calcular el hidrograma de escorrentía directa para cada evento usando la precipitación efectiva correspondiente. Los resultados obtenidos con cada método, para cada tormenta en cada cuenca, fueron comparados usando diversos índices que miden la bondad del ajuste del hidrograma de escorrentía directa calculado. Entre estos índices se incluyen las características más importantes del hidrograma (caudal pico, tiempo al pico, volumen y algunos índices estadísticos), medidas del error de predicción (en porcentaje) y medidas de comportamiento

Tabla 1. Resultados para la Tormenta 4, Ríos Potomane a Cumberland

| INDICE | OBSERVADO | RESULTADOS ORIGINALES | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | | |
|--|-----------|-----------------------|----------------------------------|----------|---------|------------|---------------|----------------------|
| | | | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | CHEBYSH EV | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 0.089 | 0.092 | 0.091 | 0.091 | 0.092 | 0.092 | 0.095 | 0.094 |
| TIEMPO AL PICO | 40.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.00 | 44.000 | 44.000 | 44.000 |
| VOLUMEN | 3.400 | 3.390 | 3.350 | 3.400 | 0 | 3.380 | 3.470 | 3.590 |
| MEDIA | 0.031 | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 3.380 | 0.031 | 0.032 | 0.032 |
| DESVIACION TIPICA | 0.033 | 0.032 | 0.032 | 0.032 | 0.031 | 0.033 | 0.034 | 0.033 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.032 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | | -3.70 | -2.60 | -2.20 | 1.000 | -3.80 | -6.90 | -5.50 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | | 0.200 | 1.500 | -0.10 | -3.00 | 0.700 | -2.10 | -2.10 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | | 0.988 | 0.988 | 0.988 | 0.600 | 0.985 | 0.989 | 0.990 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | | 0.976 | 0.976 | 0.976 | 0.988 | 0.970 | 0.977 | 0.980 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | | 0.994 | 0.994 | 0.994 | 0.976 | 0.992 | 0.994 | 0.995 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | | 0.985 | 0.982 | 0.985 | 0.994 | 0.971 | 0.982 | 0.989 |

| INDICE | METODO RELACION DE COEFICIENTES | | | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | |
|--|---------------------------------|-----------|---------|----------------------------------|----------|---------|---------------|----------------------|
| | ARMONICOS | LAGUERR E | MEIXNER | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 0.087 | 0.100 | 0.095 | 0.091 | 0.095 | 0.089 | 0.091 | 0.090 |
| TIEMPO AL PICO | 40.000 | 44.000 | 48.000 | 44.000 | 44.000 | 48.00 | 48.000 | 48.000 |
| VOLUMEN | 3.220 | 3.360 | 3.500 | 3.360 | 3.430 | 0 | 3.410 | 3.430 |
| MEDIA | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 0.031 | 0.032 | 3.370 | 0.032 | 0.026 |
| DESVIACION TIPICA | 0.030 | 0.036 | 0.033 | 0.033 | 0.032 | 0.032 | 0.033 | 0.029 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.000 | 1.100 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.033 | 1.000 | 1.100 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | 2.500 | -14.0 | -6.90 | -2.70 | -6.30 | 1.000 | -1.80 | -0.10 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | 5.400 | 1.300 | -2.80 | 1.200 | -0.80 | -1.80 | -0.40 | 0.880 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | 0.965 | 0.943 | 0.990 | 0.992 | 0.991 | -0.40 | 0.991 | 0.972 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | 0.928 | 0.866 | 0.972 | 0.983 | 0.981 | 0.991 | 0.983 | 0.909 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | 0.981 | 0.965 | 0.995 | 0.996 | 0.995 | 0.983 | 0.996 | 0.976 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | 0.924 | 0.786 | 0.996 | 0.994 | 0.998 | 0.996 | 0.996 | 0.946 |

(coeficientes de correlación, de eficiencia y residuales). Una descripción de estos índices puede encontrarse en Aitken (1973) y en Sarma et al. (1973).

Para el análisis comparativo de las metodologías presentadas se elaboraron tablas con los índices mencionados y figuras con los hidrogramas de escorrentía directa observados y calculados para cada tormenta. A manera de ejemplo de los resultados obtenidos, en la Tabla 1 y en la Figura 1 se presentan algunos de los resultados

para una de las tormentas del río Potomac, y, en la Tabla 2 y Figura 2, algunos de los resultados para una de las tormentas del río Cache. A partir de los resultados obtenidos se pueden hacer los siguientes comentarios:

- La segunda columna de las tablas muestra los resultados obtenidos usando los hidrogramas unitarios obtenidos por los autores de cuyos trabajos se tomaron las tormentas utilizadas en el presente trabajo (Singh K.P., 1976; Diskin y Boneh, 1975).

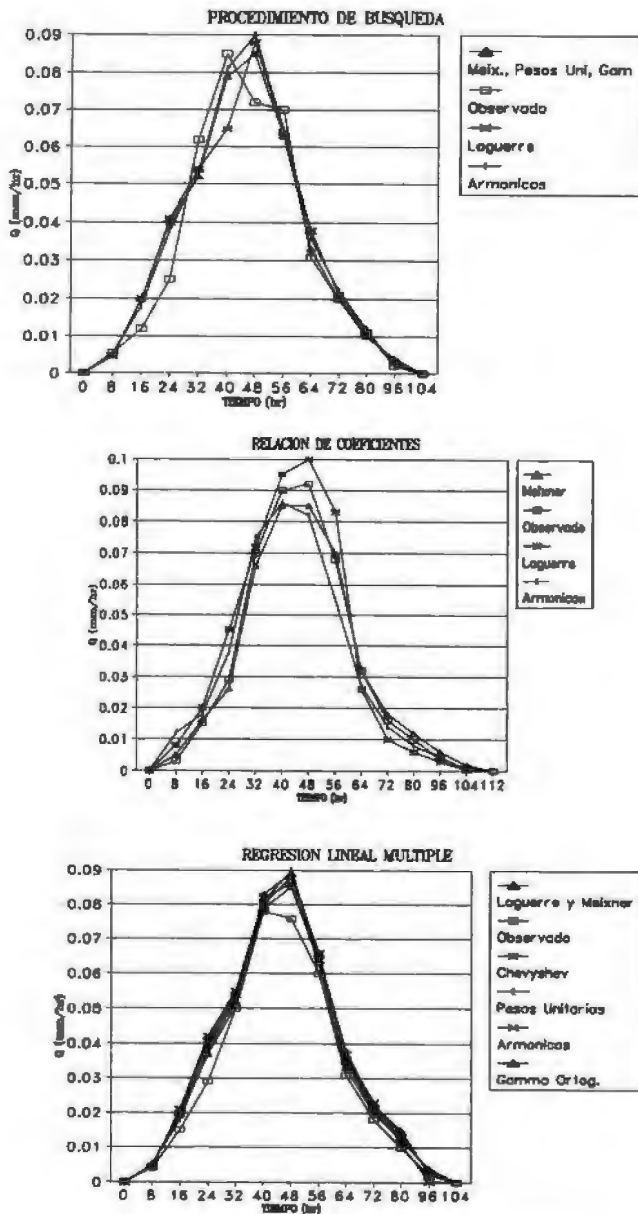


Figura 1. Hidrogramas observados y calculados, tormenta 4 río Potomac, cerca a Cumberland.

- Los peores resultados fueron obtenidos usando el método de la relación de coeficientes. No fue siempre posible obtener resultados razonables con esta metodología cuando se usaron los polinomios de Meixner.

- Los resultados obtenidos con el método de regresión lineal múltiple fueron muy buenos en la mayoría de los casos. El uso de hidrogramas unitarios promedios en este caso arrojó resultados satisfactorios. El uso de los polinomios ortogonales de Chebyshev produjo los peores resultados con esta metodología.

- El uso de funciones gamma ortogonalizadas conjuntamente con el procedimiento de regresión lineal múltiple produjo resultados comparables a los obtenidos mediante el uso de otras funciones ortogonales.

- En el caso del método de regresión lineal múltiple los picos más altos se obtuvieron usando funciones de peso unitario y funciones gamma ortogonalizadas. Las funciones de Laguerre dieron, en la mayoría de los casos, los menores errores de predicción del caudal pico.

Los caudales picos más bajos se obtuvieron con los polinomios de Chebyshev. Usando esta metodología se obtuvieron resultados comparables usando funciones de armónicos, Laguerre, Meixner, pesos unitarios y gamma ortogonalizadas.

- Los mejores resultados se obtuvieron usando el procedimiento de búsqueda para estimar directamente el único hidrograma unitario de la cuenca usando todas las tormentas al mismo tiempo. Estos resultados son comparables a los obtenidos usando los hidrogramas unitarios derivados por los autores de los trabajos donde se tomaron los datos utilizados en el presente trabajo (Singh K.P., 1976; Diskin y Boneh, 1975).

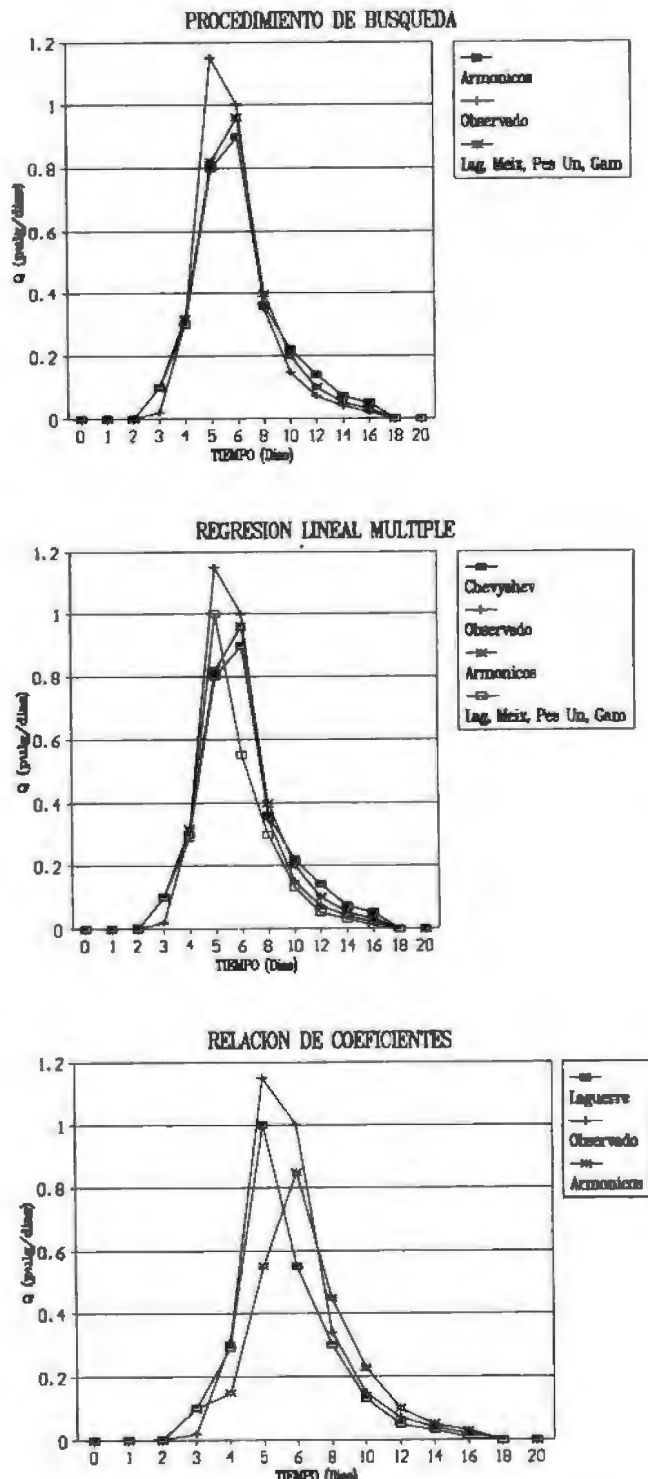


Figura 2. Hidrogramas observados y calculados, tormenta 2, río Cache en Forman.

Tabla 1. Resultados para la Tormenta 4, Rio Potomac en Cumberland

| INDICE | OBSERVADO | RESULTADOS ORIGINALES | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | | |
|--|-----------|-----------------------|----------------------------------|----------|---------|-----------|---------------|----------------------|
| | | | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | CHEBYSHEV | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 0.089 | 0.092 | 0.091 | 0.091 | 0.092 | 0.092 | 0.095 | 0.094 |
| TIEMPO AL PICO | 40.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 |
| VOLUMEN | 3.400 | 3.390 | 3.350 | 3.400 | 3.380 | 3.380 | 3.470 | 3.590 |
| MEDIA | 0.031 | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 0.032 |
| DESVIACION TIPICA | 0.033 | 0.032 | 0.032 | 0.032 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.033 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | | -3.70 | -2.60 | -2.20 | -3.00 | -3.80 | -6.90 | -5.50 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | | 0.200 | 1.500 | -0.10 | 0.600 | 0.700 | -2.10 | -2.10 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | | 0.988 | 0.988 | 0.988 | 0.988 | 0.985 | 0.989 | 0.990 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | | 0.976 | 0.976 | 0.976 | 0.976 | 0.970 | 0.977 | 0.980 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | | 0.994 | 0.994 | 0.994 | 0.994 | 0.992 | 0.994 | 0.995 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | | 0.985 | 0.982 | 0.985 | 0.985 | 0.971 | 0.982 | 0.989 |

| INDICE | METODO RELACION DE COEFICIENTES | | | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | |
|--|---------------------------------|----------|---------|----------------------------------|----------|---------|---------------|----------------------|
| | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 0.087 | 0.100 | 0.095 | 0.091 | 0.095 | 0.089 | 0.091 | 0.090 |
| TIEMPO AL PICO | 40.000 | 44.000 | 48.000 | 44.000 | 44.000 | 48.000 | 48.000 | 48.000 |
| VOLUMEN | 3.220 | 3.360 | 3.500 | 3.360 | 3.370 | 3.370 | 3.410 | 3.430 |
| MEDIA | 0.031 | 0.031 | 0.032 | 0.031 | 0.032 | 0.032 | 0.032 | 0.026 |
| DESVIACION TIPICA | 0.030 | 0.036 | 0.033 | 0.033 | 0.032 | 0.033 | 0.033 | 0.029 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.000 | 1.100 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.100 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | 2.500 | -14.0 | -6.90 | -2.70 | -6.30 | -1.80 | -1.80 | -0.10 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | 5.400 | 1.300 | -2.80 | 1.200 | -0.80 | -0.40 | -0.40 | 0.880 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | 0.965 | 0.943 | 0.990 | 0.992 | 0.991 | 0.991 | 0.991 | 0.972 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | 0.928 | 0.866 | 0.972 | 0.983 | 0.981 | 0.983 | 0.983 | 0.909 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | 0.981 | 0.965 | 0.995 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.976 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | 0.924 | 0.786 | 0.996 | 0.994 | 0.998 | 0.996 | 0.996 | 0.946 |

Tabla 2. Resultados para la Tormenta 2, Cache River en Forman.

| INDICE | OBSERVADO | RESULTADOS ORIGINALES | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | | |
|--|-----------|-----------------------|----------------------------------|----------|---------|-----------|---------------|----------------------|
| | | | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | CHEBYSHEV | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 1.180 | 1.000 | 0.920 | 0.960 | 0.950 | 0.880 | 0.940 | 0.950 |
| TIEMPO AL PICO | 5.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 | 6.000 |
| VOLUMEN | 4.040 | 4.040 | 4.040 | 4.050 | 4.060 | 4.010 | 4.040 | 4.020 |
| MEDIA | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.240 |
| DESVIACION TIPICA | 0.370 | 0.330 | 0.310 | 0.310 | 0.310 | 0.310 | 0.310 | 0.310 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.500 | 1.300 | 1.300 | 1.300 | 1.300 | 1.300 | 1.300 | 1.300 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | | 14.000 | 22.000 | 18.000 | 20.000 | 26.000 | 20.000 | 19.000 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | | 0.000 | 0.000 | -0.21 | -0.46 | 0.830 | 0.020 | 0.550 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | | 0.989 | 0.979 | 0.976 | 0.978 | 0.965 | 0.980 | 0.977 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | | 0.971 | 0.942 | 0.937 | 0.929 | 0.916 | 0.943 | 0.939 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | | 0.990 | 0.980 | 0.978 | 0.979 | 0.970 | 0.980 | 0.979 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | | 0.995 | 0.983 | 0.982 | 0.981 | 0.980 | 0.982 | 0.984 |

| INDICE | METODO RELACION DE COEFICIENTES | | | METODO REGRESION LINEAL MULTIPLE | | | | |
|--|---------------------------------|----------|---------|----------------------------------|----------|---------|---------------|----------------------|
| | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | ARMONICOS | LAGUERRE | MEIXNER | PESO UNITARIO | GAMMA ORTOGONALIZADA |
| CAUDAL PICO | 0.850 | 1.000 | --- | 0.970 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| TIEMPO AL PICO | 6.000 | 5.000 | --- | 6.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 6.000 |
| VOLUMEN | 3.600 | 3.110 | --- | 4.310 | 4.210 | 4.150 | 4.130 | 4.260 |
| MEDIA | 0.210 | 0.180 | --- | 0.250 | 0.240 | 0.240 | 0.240 | 0.250 |
| DESVIACION TIPICA | 0.270 | 0.280 | --- | 0.320 | 0.340 | 0.340 | 0.340 | 0.340 |
| COEFICIENTE DE VARIACION | 1.200 | 1.500 | --- | 1.200 | 1.300 | 1.400 | 1.400 | 1.300 |
| ERROR DE PREDICION DEL PICO | 28.000 | 12.000 | --- | 18.000 | 15.000 | 13.000 | 13.000 | 13.000 |
| ERROR DE PREDICION DEL VOLUMEN | 11.000 | 23.000 | --- | -6.80 | -4.20 | -2.60 | -2.20 | -5.40 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION | 0.877 | 0.979 | --- | 0.984 | 0.992 | 0.993 | 0.993 | 0.992 |
| COEFICIENTE DE EFICIENCIA | 0.745 | 0.894 | --- | 0.953 | 0.977 | 0.983 | 0.983 | 0.980 |
| COEFICIENTE DE CORRELACION ESPECIAL | 0.908 | 0.963 | --- | 0.984 | 0.992 | 0.994 | 0.994 | 0.993 |
| COEFICIENTE DE LA CURVA DE MASA RESIDUAL | 0.789 | 0.930 | --- | 0.989 | 0.995 | 0.996 | 0.995 | 0.995 |

- El uso de la función gamma ortogonalizada conjuntamente con el procedimiento de búsqueda produjo resultados satisfactorios, pero no tanto como se esperaba. Esta función produjo los picos más altos para esta metodología. Los menores errores de predicción del caudal pico con el método de búsqueda se obtuvieron usando las funciones de pesos unitarios y los polinomios de Meixner.

8. Conclusiones y recomendaciones

Con base en la metodología desarrollada y los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El método de regresión lineal múltiple arrojó siempre mejores resultados que el método de la relación de coeficientes. En el caso de la estimación del hidrograma unitario usando funciones ortogonales se debe usar siempre el método de regresión múltiple.

- El procedimiento de los métodos de búsqueda para estimar el hidrograma unitario con funciones ortogonales permite estimar directamente el único hidrograma unitario de la cuenca usando todas las tormentas al mismo tiempo. Las otras metodologías estiman un hidrograma unitario por tormenta y luego promedian estos hidrogramas para definir el único hidrograma unitario de la cuenca.

- En cuanto al uso de una función gamma ortogonalizada para estimar el hidrograma unitario, y a pesar de que esta función tiene más significado físico que las otras funciones ortogonales, los resultados obtenidos son comparables con los que se deducen mediante otras funciones ortogonales.

- Los mejores resultados se obtuvieron usando la metodología de búsqueda propuesta en este trabajo. En este caso varias funciones ortogonales (armónicos, Laguerre, polinomios de Meixner, pesos unitarios, y gamma ortogonalizada) producen prácticamente los mismos resultados.

- Se recomienda, entonces como metodología para estimar el hidrograma unitario mediante funciones ortogonales, el método de búsqueda que usa todas las tormentas al mismo tiempo para estimar directamente el único hidrograma unitario de la cuenca. En este caso se pueden usar indistintamente las funciones ortogonales de armónicos, Laguerre, Meixner, pesos unitarios o gamma ortogonalizada, pues todas producen resultados comparables.

Referencias

- Aitken A.P., *Assessing systematic errors in rainfall-runoff models*, Journal of Hidrology 20 (1973), 121-136.
- Amisial R.A., Smith R.A., Bandes T.A. y Castro M., *Incidencia de los métodos de generalización y regionalización sobre la selección de las medidas de control de inundaciones. Informe de Avance al CONICIT*, Mérida, Venezuela, 1981.
- Blank D., Delleur J.W. y Giorgini A., *Oscillator and Kernel functions in linear hydrologic models*, Water Res. Res. 7(5) (1971), 1102-1117.
- Delleur J.W. y Rao R.A., *Linear system analysis in hidrology - The transform approach, the Kernel oscillations and the effect of noise*. In: *System Approach to Hydrology*, Yevjevich V. (Ed), Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado.
- Diskin M.H. y Boneh A., *Determination of an optimal instantaneous unit hydrograph for linear time invariant systems for multi-storm records*, Journal of Hidrology 24 (1976), 57-76.
- Diskin M.H., *On the derivation of linkage equation for Laguerre function coefficient*, Journal of Hydrology 32 (1977), 321-327.
- Dooge J.C.I., *Problems and methods of rainfall runoff modelling*. In: *Mathematical models of surface Water Hidrology*, Ciriani T.A., Maione U. y Wallis J.R. (Ed.) (1977), John Wiley and Sons, New York.
- Hall M.J., *On the smoothing of oscillations in finite period unit hydrograph derived by the harmonic method*, Hydrol. Sciences Bulletin 22(2) (1977), 313-324.
- Levi E. y Valdes J., *A method for direct analysis of hydrographs*, Journal of Hydrology 2(2) (1964), 182-190.
- Mays L.W. y Coles L., *Optimization of Unit Hydrograph determination*, Jour. Hydr. Div. ASCE 106(HY2) (1980), 85-97.
- Nash J.E., *The form of the instantaneous unit hydrograph*, Inter. Assoc. Hydr. Science Publication 42 (1957), 114-118.
- Newton D.W. y Vinyard J.W., *Computer determined unit hydrograph from floods*, Jour. Hydr. Div., ASCE 93(HY5) (1967), 219-235.
- O'Donnell T., *Instantaneous unit hydrograph derivation by harmonic analysis*, Inter. Assoc. Hydr. Science Publication 51 (1960), 546-557.
- Papazafiriou Z.G., *Polynomial approximation of the Kernel of close linear hydrologic systems*, Journal of Hydrology 27 (1975), 319-329.
- Sarma P.B.S., Delleur J.W. y Rao A.R., *Comparison of rainfall runoff models for urban areas*, Journal of Hydrology 18 (1973), 329-347.
- Singh K.P., *Unit hydrograph, a comparative study*, Water Resources Bulletin 12(2) (1976), 381-392.
- Singh V.P., *Comparison of two mathematical models of surface runoff*, Hydrol. Sciences Bulletin 21(2) (1976), 285-299.
- Smith R.A. y Amisial R.A., *A comparative analysis of various rainfall runoff models. International Symposium on Hydrometeorology, June 13-17, Denver, Estados Unidos.*

ENTRE LOS ULTRAS: MACRO Y MICRO DE LA COSMOQUIMICA A LA BIOLOGIA ATOMICA

por

Marco Quijano-Rico*

Resumen

Quijano-Rico, M.: Entre los ultras: macro y micro de la Cosmoquímica a la Biología Atómica. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **19** (72): 131-136. 1994. ISSN 0370-3908.

Se describen brevemente, en orden cronológico, algunos trabajos de investigación realizados, en el LIQC, sobre lo que se puede definir como "biología atómica" del café y de la roya. Se dan ejemplos de posibles aplicaciones para el control químico, con mayor eficacia y menor impacto financiero y ecológico, de esta enfermedad.

Abstract

Research done at the LIQC, on some aspects of "Atomic Biology" of the coffee plant and rust are chronologically, briefly described. Examples are given for perfected chemical control of the disease with higher efficacy, lower financial and ecological impact.

1. Introducción

Durante mis estudios, tuve la oportunidad de especializarme en química atómica y nuclear, en Suiza. Más tarde en el Instituto Max Planck, en Mainz, debía combinar estas disciplinas con el desarrollo de métodos analíticos para la investigación sobre problemas de química cósmica, nucleosíntesis de litio, berilio y boro, el tema de W.A. Fowler (1983). Con mi llegada al campo del café me vi obligado a ponerme en contacto con lo biológico y

a familiarizarme con algunos aspectos de bioquímica. El trabajo que vamos a presentar abreviadamente aquí, es el resultado de la combinación de estas diversas disciplinas y de los enfoques que se adquieren a través de su estudio. Aunque he tenido cierta actividad en Química Aplicada, la cual ha producido algunas patentes, el estudio sobre bioquímica de los metales de transición me ha permitido mantener contacto con la investigación científica, que no podría abandonar. La dedicatoria que escribí para mi maestro en Mainz, el Profesor Heinrich Waenke, resume este panorama, (Cuadro 1).

2. Antecedentes

En la evolución de la tierra, de la etapa prebiótica a la etapa biótica, los iones de metales juga-

* LIQC: Laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café y de los Productos Naturales, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Calle 26A No. 37-28, Santafé de Bogotá.

ron, probablemente, un rol central como catalizadores que aceleraron la aparición de las primeras manifestaciones de la materia pre-biológicamente organizada. Con el correr del tiempo los catalizadores fueron progresando. De iones de metales pasamos a pre-enzimas, a enzimas, Dose (1980) y luego a moléculas cada vez más especializadas y sofisticadas, Fig. 1. Es tal vez por esta razón que los iones de metales de transición influyen tan fuertemente a los sistemas vivos, Mahler (1961). En el caso de las metaloenzimas y otras metaloproteínas actuales, los átomos metálicos disponen de ayudas moleculares especializadas para facilitar su acción catalítica, no es ya un efecto sino un "acto" catalítico, Kraut (1988).

Estas especulaciones nos llevaron a dar especial importancia a nuestro hallazgo de diferencias importantes de los contenidos en cobre y manganeso según las especies y variedades, que observamos en hojas y granos de cafetos, de la colección de la

Cuadro 1

"EIN DOKTOR VATER"

El Profesor **Heinrich Waenke**, Director en el Instituto Max Planck para la Química, en Mainz, es mi "Padre de Doctorado".

No llegaba a imaginar la grandeza de esta denominación alemana otorgada a un científico que se toma la responsabilidad de entrenar a alguien para la realización de trabajos de investigación científica.

Creo que las características tradicionalmente sobresalientes del complejo científico-cultural en Alemania están asociadas con el carácter tan especial que se le imprime a esta función.

Desde el comienzo de mi permanencia en el Instituto en Mainz hasta hoy, he experimentado la permanente guía de **Heinrich Waenke** en todas mis actividades: científicas, administrativas, vitícolas... y vinícolas. Le debo mucho de lo que he logrado realizar.

Aprendí con él sobre la importancia de los elementos trazas en los escenarios del sistema solar.

Al opuesto de esos ambientes hiperdimensionales, este trabajo se realizó en sistemas biológicos con dimensiones de pocos micrones, para entender el papel de los elementos trazas al nivel submicroscópico.

El puente entre tan diferentes temas es el resultado de la visión científica global de **Heinrich Waenke**, de sus enseñanzas. Le dedico este trabajo de Investigación en ocasión de su sexagésimo aniversario.

M. Quijano-Rico (1987), Dedicación a **Heinrich Waenke**; en Clues of trace element role in biochemical phenomena associated with the infection by coffee rust and its chemical control, Conferencia ASIC, Montreux.

Federación Nacional de Cafeteros, en Cenicafé, Chinchiná. Tales cafetos se prestan bien para un estudio de este género porque están plantados en condiciones ecológicas idénticas, Quijano-Rico & Spettel (1975); Gutiérrez y Quijano-Rico (1979), Fig. 2.

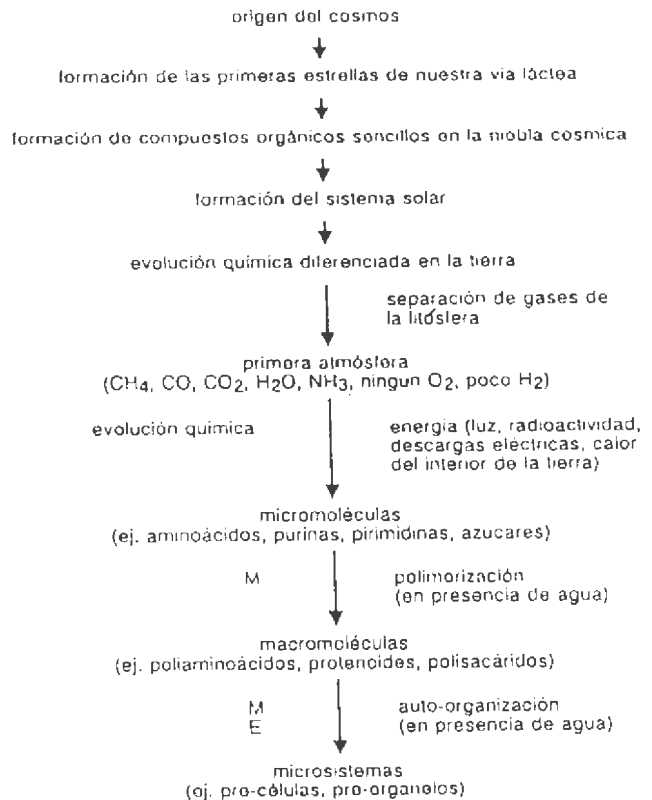


Figura 1. Esquema de la evolución prebiótica en la tierra. M: etapa en la cual la catalisis por iones o compuestos de metales pudo haber desempeñado un papel Clave; E: aparición de pre-enzimas, adaptado de Dose (1980).

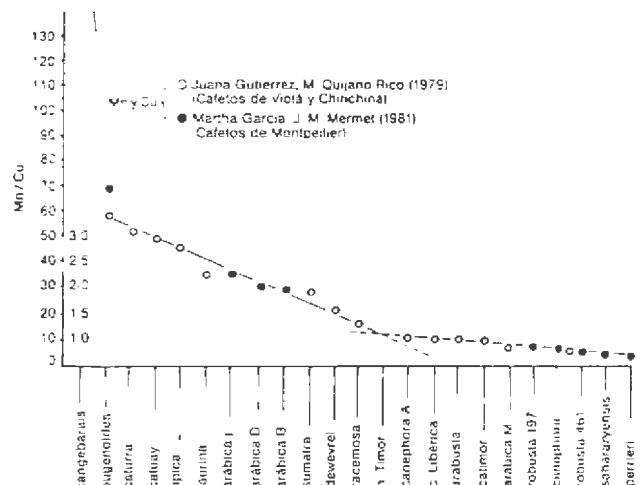


Figura 2. La relación Mn/Cu en hojas de cafetos cultivados en diferentes localidades, Quijano-Rico et al (1982).

3. Enfoque y marcha de las investigaciones

Una de nuestras inquietudes fue la de saber si las diferencias mencionadas tenían que ver en algu-

na forma con las relaciones cafeto-roya. Se observaba cierta tendencia hacia una mayor susceptibilidad de los cafetos ricos en manganeso y lo opuesto en el caso de aquellos ricos en cobre, Quijano-Rico y Spettel (1975).

En consecuencia, nuestros experimentos iniciales tenían por objeto observar los efectos de iones de estos metales sobre una manifestación medible de la roya del cafeto en el laboratorio: la tasa de germinación de las esporas.

Posteriormente disponiendo de datos sobre estos efectos, que mostraban la inhibición ya bien conocida por el cobre, de la germinación de esporas, desde las más bajas dosis, pero la promoción de la misma y efecto protector, frente al cobre, por el manganeso, no descritos en la literatura, se realizó toda una serie de investigaciones. Nos fueron mostrando que estábamos ante efectos no lineales, causados por los iones en cuestión, es decir, atribuibles a la activación o inhibición de enzimas, Quijano-Rico et al. (1982).

El estudio de los fenómenos enzimáticos que probablemente ocurrían, se hizo por medio de la comparación de los efectos del cobre y del manganeso, basada en el análisis de sus propiedades químicas y bioquímicas, sobre la germinación y otras propiedades de las esporas. Es decir, se utilizaron los iones y sus características a manera de "sondas" bioquímicas, Quijano-Rico (1988).

Pudimos de este modo adquirir una idea, aparentemente razonable, de los mecanismos de acción de los iones estudiados. Se puso en evidencia la existencia de dos efectos de los iones de cobre

sobre la germinación: el uno reversible y el otro irreversible, Fig. 3. Se conoció la importancia y rol del manganeso para la germinación, como protector tanto en la toxicidad del superóxido y sus derivados, como de las metaloenzimas de manganeso del ciclo de Krebs, contra la inhibición por el cobre, Quijano-Rico et al. (1982).

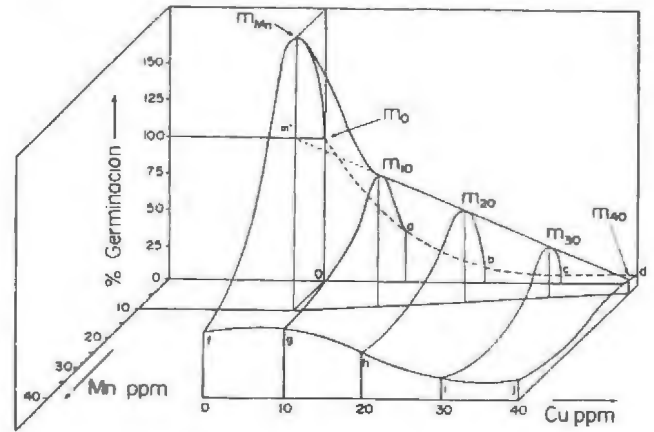


Figura 3. Efecto del Manganeso sobre la germinación de esporas de *U. Dianthi*, previamente tratadas con cobre, Quijano-Rico et al (1982).

Uno de los fenómenos más interesantes que pusieron al descubierto nuestras investigaciones, fue el de la producción eventual de superóxido, en las diversas reacciones asociadas con la acción del cobre en el interior de las esporas, Quijano-Rico (1987).

Continuando la búsqueda de un conocimiento más detallado de los fenómenos en estudio y tra-

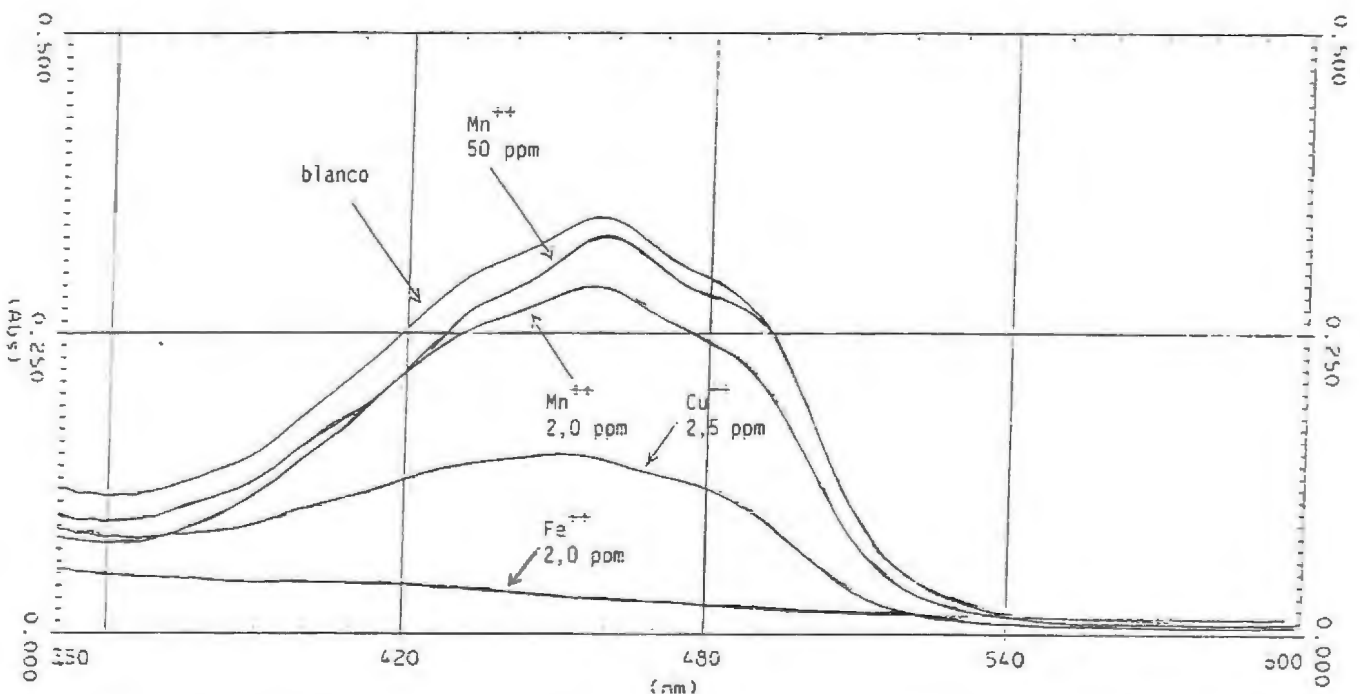


Figura 4. Efecto de Iones de Manganeso, Cobre y Hierro sobre los espectros de absorción de pigmentos de esporas de la Roya del Cafeto, esporas dopadas vs. no dopadas, Quijano-Rico et al. (1991A).

tando de comprobar la importancia de reacciones de oxidación, ocasionadas por derivados del superóxido, en la inhibición irreversible de la germinación por el cobre, introdujimos como tercera "sonda atómica" al hierro. Los resultados obtenidos muestran que probablemente las reacciones de oxidación juegan un rol determinante y que el hierro puede ser tanto o más tóxico que el cobre para esporas de la roya del cafeto. Es un caso excepcional no descrito en la literatura, Figs. 4, 5, Quijano-Rico et al (1991 a).

nación sino del índice de intensidad de la infección, Figs. 7, 8. Estos resultados nos muestran que es posible contribuir a disminuir los requerimientos en control químico por medio de una fertilización apropiada, con suministro adecuado de manganeso, por vía radicular y/o foliar, Quijano-Rico et al (1987) (1991a).

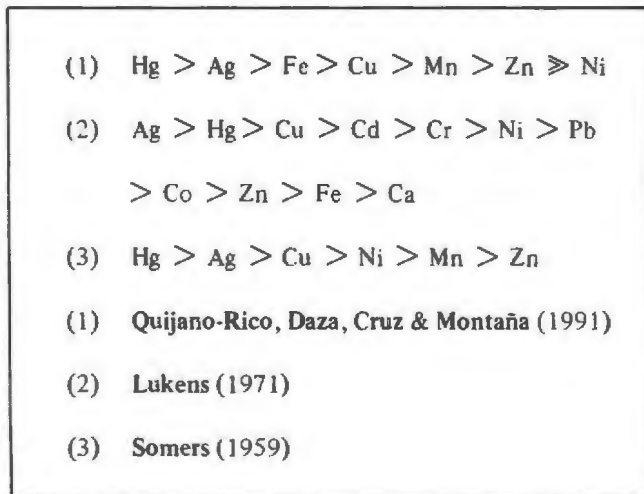


Figura 5. Toxicidad para hongos en orden decreciente de diversos iones

Por otra parte, teniendo en cuenta que el manganeso promueve la germinación de esporas en un cierto rango, para luego pasar a ser inhibidor, Figs. 3, 6, "dopamos" hojas de cafetos y luego plantas, con iones de cobre y de manganeso. Se trataba de saber si estos iones inducían cambios en el comportamiento del sistema cafeto-roya. Habíamos anticipado, dada la movilidad del manganeso y su baja fitotoxicidad para cafetos de la especie arábica, que se podrían lograr concentraciones de inhibición en las esporas producidas sobre hojas y plantas dopadas. Efectivamente observamos en los dos casos no sólo una disminución de la tasa de germinación sino del índice de intensidad de la infección, Figs. 7, 8. Estos resultados nos muestran que es posible contribuir a disminuir los requerimientos en control químico por medio de una fertilización apropiada, con suministro adecuado de manganeso, por vía radicular y/o foliar, Quijano-Rico et al (1987) (1991a).

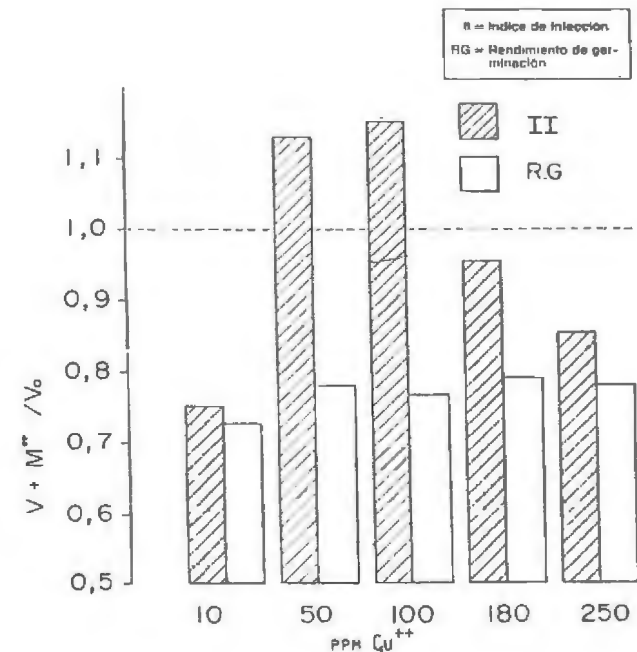


Figura 7A. Efecto del suministro peciolar de cobre (Cu) sobre el índice de infección y sobre la germinación de esporas de roya del cafeto, Quijano-Rico (1987).

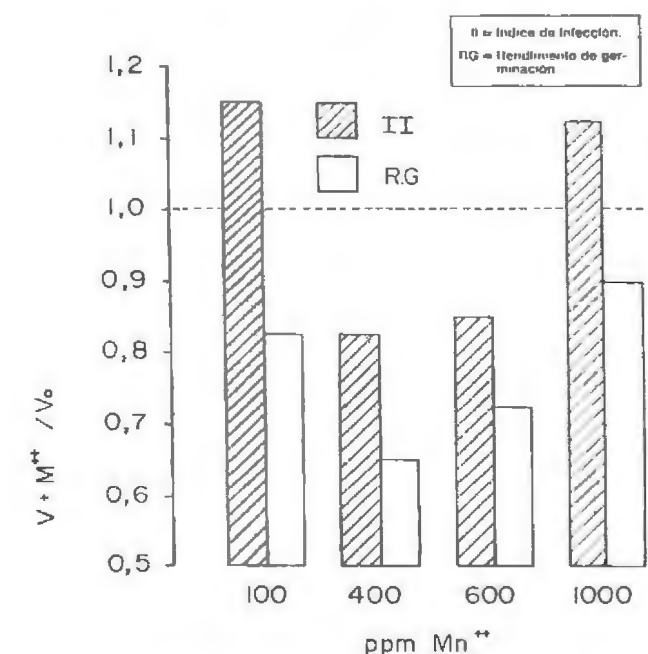
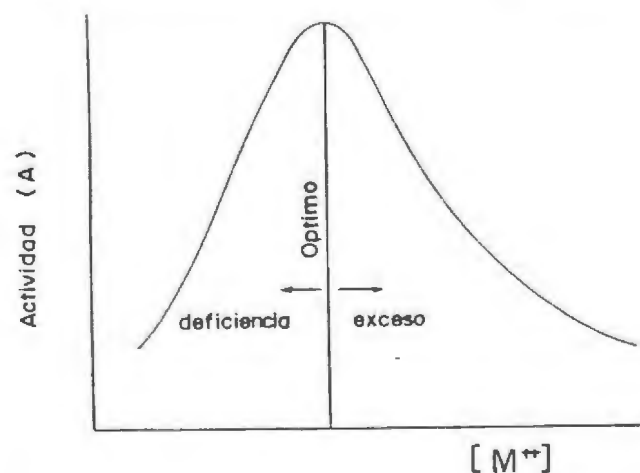


Figura 7B. Efecto del suministro peciolar de Mn sobre el índice de infección y sobre la germinación de esporas de roya del cafeto, Quijano-Rico (1987).

Figura 6. Efecto de la concentración de un Ión necesario sobre la actividad (A) de una enzima, Quijano-Rico (1991b).

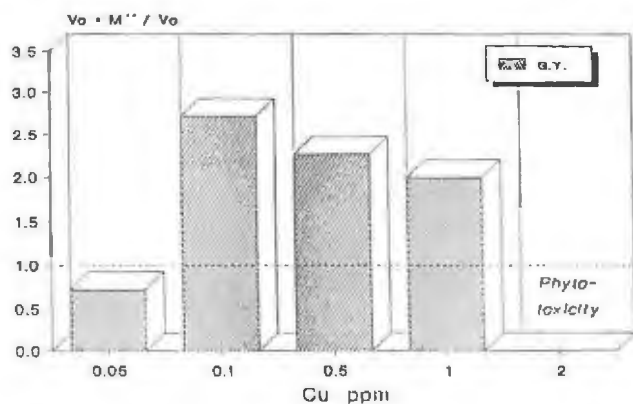


Figura 8A. Concentración de Cu II (en solución hidropónica) y rendimiento de germinación de esporas. Quijano-Rico et al (1991).

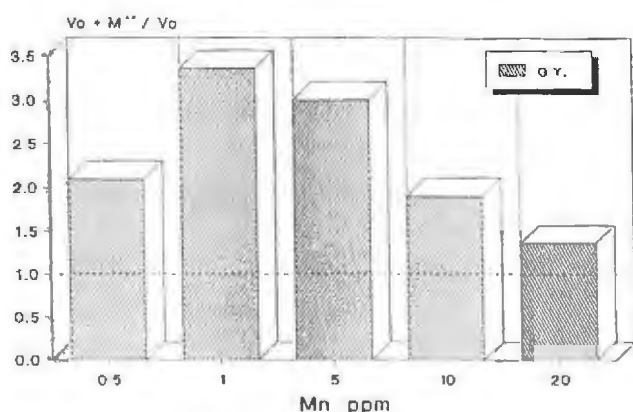


Figura 8B. Concentración de Mn II (en solución hidropónica) y rendimiento de germinación de esporas. Quijano-Rico et al (1991).

La aplicación de los conocimientos adquiridos ha servido para el perfeccionamiento de fungicidas: o bien a base de cobre, o bien a base de hierro.

El acetiluro de cobre, por las reducidas dimensiones de la molécula, por su estructura cristalina similar a la del grafito y por ser una fuente de iones cuprosos, es más eficaz que otros fungicidas de cobre desde varios puntos de vista:

1. facilidad de aplicación con aspersoras de ultrabajo volumen,
2. persistencia sobre las hojas
3. capacidad de inhibición de la germinación, Fig. 9.

Se encontró que algunos compuestos de hierro pueden ser excelentes fungicidas contra la roya del café. Estos compuestos son mucho menos tóxicos que los de cobre, no producen los mismos efectos sobre la microflora del suelo, las materias primas se encuentran en abundancia en Colombia y costarían máximo la tercera parte de los derivados del cobre. Nos aproximamos así al objetivo prác-

tico de estas investigaciones: "disminuir" el impacto económico y ambiental del control químico de la roya del café", Quijano-Rico et al. (1991a).

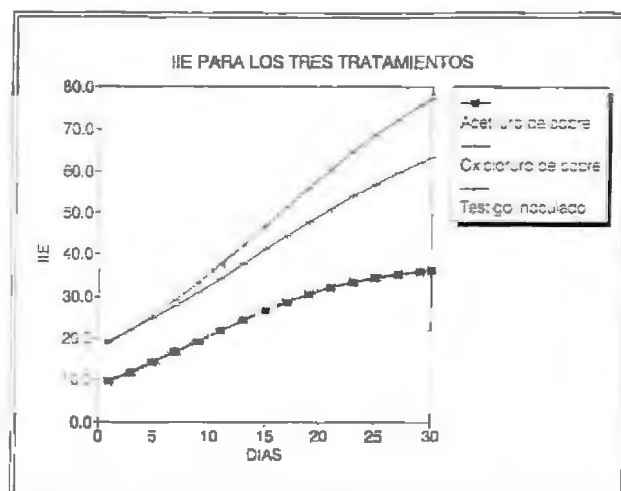


Figura 9. Comparación acetiluro de cobre – oxidocloruro de cobre, como fungicidas contra la roya, Rodríguez & Sánchez (1991).

En relación con los resultados científicos aprendimos que probablemente:

- el cobre actúa sobre todo por bloqueo y destrucción de enzimas del ciclo de Krebs.
- el cobre y el manganeso actúan esencialmente en el mismo sitio, el mitocondrio, Fig. 10.
- el manganeso protege a enzimas del ciclo de Krebs, en particular a las que son metaloenzimas de manganeso, malato deshidrogenasa e isocitrato deshidrogenasa.
- en sus reacciones con las mencionadas enzimas el cobre no sólo induce la producción de formas activadas de oxígeno sino que cataliza la destrucción de enzimas que están en la vecindad de sus iones.

4. Ejemplo de una "pista" para la investigación

Las esporas de la roya del café tienen un hermoso color anaranjado, Fig. 11. Se lo otorga un contenido elevado en carotenos. Estos son los más eficientes protectores naturales contra la fotooxidación. Además se producen en el envés de las hojas, en la sombra. Las esporas deben por lo tanto ser especialmente sensibles a la fotooxidación, o sea a las formas activadas del oxígeno y a quienes más catalizan su producción: iones de hierro y cobre, Quijano-Rico (1988).

5. Agradecimientos

Esta charla resume brevemente toda una serie de investigaciones realizadas principalmente

bajo la forma de trabajos de tesis con varias universidades. Son cerca de 30 tesis de grado y de postgrado y de 10 trabajos adicionales de investigación hechos sobre todo con el apoyo del Instituto Max Planck para la Química, en Mainz. Consigno para todos mis colaboradores mis más profundos sentimientos de gratitud, en los cuales involucro al Laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café, a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y las Universidades que nos han suministrado una porción de la primera materia prima nacional: la inteligencia, especialmente la Universidad Nacional y la Universidad Javeriana.

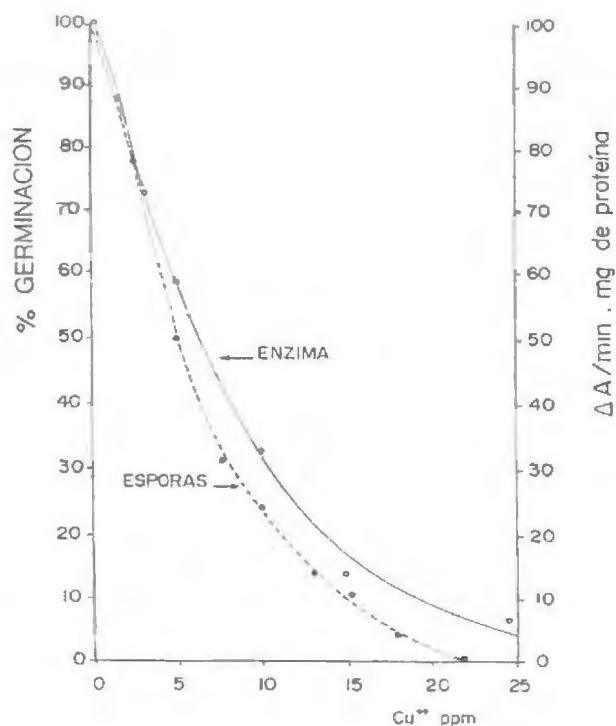


Figura 10. Efecto del Cu^{++} sobre la germinación de esporas de roya del café y sobre la actividad NADP-IDH, Bravo & Quijano-Rico (1988).



Figura 11. Esporas de la roya anaranjada del café, *H. vastatrix*, de diferentes razas, M. Quijano et al. (1986).

Bibliografía

- Dose, K. 1980. Biochemie. Eine Einführung. Berlin, Springer-Verlag.
- Fowler, W.A. 1983. The quest for the origin of the elements, Nobel Lecture, Les Prix Nobel, Nobel Foundation, Stockholm.
- Gutiérrez, J. & Quijano-Rico, M. 1979. Determinación del contenido en bioelementos en hojas de diferentes especies y variedades de cafetos por espectrometría de emisión óptica con fuente de plasma. LIQC, Bogotá.
- Kraut, J. 1988. How do enzymes work? Science, 533-539, 242.
- Lukens, R.J. 1971. Chemistry of fungicidal action, 79-80, Springer Verlag, Berlin.
- Mahler, H.R. 1961. Mineral metabolism, en C.L. Comas & F. Bronner (Eds.) Academic Press, N.Y., 1, B, 743-879.
- Quijano-Rico, M.; M. Daza, C. Cruz & J.S. Montaña, 1991a. La biología atómica, el café y la roya. 14 International ASIC Conference, 190-201, San Francisco.
- Quijano-Rico, M. 1987. Clues for the understanding of trace element role in biochemical phenomena associated with the infection by coffee rust and its chemical control, 12 International ASIC Conference, 633-647, Montreux.
- . 1988. Use of trace elements as probes in atomic biology, international conference on the chemistry of the terrestrial planets, Mainz.
- . 1991b. La química bionorgánica en la interacción café roya y en el control químico, en: La roya del café, conocimiento y control, GTZ, 205-263, Eschborn.
- ; Huth, J.; & F. Kuenstler, 1986. F. Anwendung der Rasterelektronen-Mikroskopie energiedispersive-Röntgenspektrometrie zur Erforschung Kaffeerostsporen, MPIC, Mainz.
- ; Bravo, I., G. Ayala, J. Tabima & A. Peláez, 1982. Química bioinorgánica del café y de esporas de royas. El manganeso y el cobre. 10a. International ASIC Conference, 193-218, Salvador.
- & Spettel, B. 1975. Determinación en el contenido en varios elementos de muestras de café de diferentes variedades, 7o. International ASIC Conference, 165-174 Hamburg.
- Rodríguez, C.L.; & R. Sánchez, 1991. Evaluación a nivel de campo de un fungicida experimental para la roya del café, Tesis Bacteriología, Universidad Javeriana LIQC, Bogotá.
- Somers, E. 1959. Fungitoxicity of metal ions, Nature, Suppl. 7, 184, 475.

ESTABLECIMIENTO DE UN METODO PARA LA DETERMINACION DE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA DE L-FENILALANINA AMONIO LIASA (PAL) EN CAFETO

por

M. F. Almario*, C. Ocampo* y V. Montes de Gómez**

Resumen

Almario, M.F., C. Ocampo V. Montes de Gómez: Establecimiento de un método para la determinación de enzimática del L. Fenilalanina Amonio Liasa (PAL) en Cafeto. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72):137 - 140, 1994. ISSN 0370-3908.

Se estableció un método de medida de la actividad de PAL en extractos crudos de material foliar de cafeto, mediante la cuantificación del ácido trans-cinámico, producto de la reacción de PAL, por cromatografía líquida de alta eficiencia, después de su extracción con cloroformo. Igualmente se estudió el comportamiento de esta enzima en segundos pares de hojas de materiales resistentes a *Hemileia vastatrix* Berk & Br (Híbrido de Timor y var. Colombia) y de una variedad susceptible (var. Caturra). De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas en la actividad basal de PAL entre los materiales resistentes a la roya, var. Colombia y el H. de Timor, siendo de $10,6 \pm 3,0$ y $13,18 \pm 3,0$ Kat/mg proteína respectivamente. Estos materiales resistentes, presentaron valores basales de actividad mayores a los encontrados para la variedad Caturra, registrando esta última un valor de actividad basal de $3,57 \pm 0,6$ p Kat/mg. proteína.

Palabras claves: *Coffea* spp., fenilalanina amonio liasa, metabolismo fenilpropanoide.

Abstract

In this work a method was established for measuring the activity of PAL in crude extracts of coffee leaves. The product of the PAL reaction trans-cinnamic acid, was quantitated by high performance liquid chromatography, after its extraction with chloroform.

The presence of the enzyme in leaves of resistant (Timor Hybrid and Colombia) and susceptible varieties (caturra) to *Hemileia vastatrix* Berk & Br., was studied.

According to the results, there is no significant difference in the basal activity of PAL among rust resistant materials. In the varieties Colombia and Timor Hybrid; the values were $10,6 \pm 3,0$ and $13,18 \pm \mu\text{Kat/mg}$ protein, respectively. These resistant materials showed basal values of activity greater than those found for the Caturra variety, ($3,57 \pm 0,6$ pKat/mg protein).

Abreviaturas.- PAL: L-fenilalanina amonio liasa; DTT: ditiotreitól; PVPP: polivinilpolipirrolidona; P/V: peso a volumen; ODS: octadecilsilano; HPLC: cromatografía líquida de alta eficiencia; AU: unidades de absorbancia.

Introducción

Entre las enfermedades que atacan al Cafeto, la roya causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, Berk & Br., ha sido considerada desde fines del siglo pasado como la de mayor gravedad. El efecto de la roya en la

disminución de la producción es gradual y los costos del control químico se incrementan a medida que se propaga la enfermedad. La alternativa que permite mantener la producción y evitar los costos del control químico es el empleo de variedades resistentes.

Para estudiar las causas de esta resistencia, es necesario identificar a nivel bioquímico, los mecanismos que intervienen en ella, estudiando las enzimas de las rutas metabólicas posiblemente involucradas en la capacidad de resistencia de las plantas.

* Asistente de Investigación e investigador científico respectivamente del laboratorio de Investigaciones sobre la Química del Café (LICQ). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

** Profesor Asociado Departamento de Química Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia.

Entre estas enzimas tenemos la L-fenilalanina amonio liasa (E.C. 4.3.1.5) descrita por primera vez en cebada (Koukol and Conn 1961), la cual cataliza la conversión de la L-fenilalanina a ácido trans-cinámico (Figura No.1)

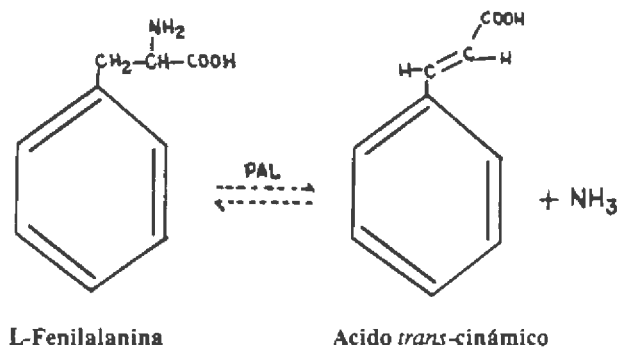


Figura 1. Reacción de deaminación de L-fenilalanina catalizada por PAL

La importancia de esta enzima radica en que es la primera enzima reguladora del metabolismo fenilpropanoide en plantas superiores, dentro del cual se encuentran varios de los productos que han sido relacionados con los mecanismos de defensa de las plantas contra patógenos. Muchos de estos compuestos presentan propiedades antimicrobianas. Algunos, las fitoalexinas, son producidas por la planta como respuesta a la infección debida a bacterias, virus u hongos, otros, de este metabolismo fenilpropanoide, modifican las paredes celulares, contribuyendo así a la resistencia a enfermedades.

En trabajos previos realizados conjuntamente entre el LICQ, y la Universidad Nacional de Colombia, fué posible detectar la actividad enzimática de PAL a partir de extractos crudos de hojas de cafeto pero sin lograr su cuantificación (Martínez y Restrepo, 1981). Posteriormente, Tobar y Zamora (1982) empleando la técnica de polvos de acetona pudieron determinar cuantitativamente, por espectrofotometría, la actividad de esta enzima en hojas sanas de diferentes variedades de cafeto.

Debido al alto costo y a los problemas actuales de Colombia para la consecución de la acetona, junto con la dificultad para procesar un elevado número de muestras al emplear esta técnica, en este trabajo se estableció un método alternativo para la medida de la actividad de PAL a partir de extractos crudos de hojas de cafeto.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal: segundos pares de hojas de ramas de *Coffea* spp., entendiéndose por esto, aquellas ubicadas en segundo término desde el extremo de la rama en dirección al tallo principal de la planta.

Preparación del extracto crudo a partir de hojas de cafeto.

Las hojas de cafeto recolectadas se sometieron a limpieza con agua destilada y secado posterior al aire.

Se pesaron (aproximadamente 1 g) y se pulverizaron en presencia de nitrógeno líquido, homogenizándose posteriormente a 4°C con una solución tampón de boratos 0.1 M pH 8.8, previamente enfriada, en una relación 1:5 p/v. Esta solución contenía DTT 3 mM y metabisulfito de sodio 5 mM junto con PVPP al 5% p/v, estos con el fin de evitar la oxidación de los extractos debido al alto contenido de fenoles presentes en el cafeto.

El homogenizado así obtenido, se centrifugó a 28.000 g. durante 20 minutos a 4°C. El sobrenadante final constituyó el extracto enzimático utilizado para la medición de la actividad de PAL.

La concentración de proteína, proveniente del extracto anterior, en la mezcla de reacción enzimática fué de 0.270 mg/ml, determinada por el método de Bradford. Como sustrato, se utilizó el aminoácido L-fenilalanina en una concentración final de 10 mM en solución tampón de boratos. El blanco de reactivos lo constituyó el extracto enzimático en la solución tampón de boratos en la misma concentración anterior.

Tanto los blancos como las mezclas de reacción se incubaron a 40°C durante un periodo de dos horas, tiempo en el cual se tomaron muestras cada 30 minutos, parando la reacción por la adición de 0.3 ml de HCl 6N a cada una ellas.

Posteriormente se adicionaron 1.5 ml de cloroformo, se agitó durante 30 minutos, se centrifugó a 1300 x g. por cinco minutos. De la fase orgánica, se tomó 1 ml y se evaporó.

La cuantificación espectrofotométrica del ácido trans cinámico se hizo de acuerdo con el método de Moerschbacher Col. (1986), determinando la absorbancia a 270 nm.

El residuo clorofórmico obtenido fué resuspendido en 50 μ l de la solución tampón de boratos, 20 μ l de los cuales fueron inyectados al cromatógrafo, provisto de una columna de ODS de 8x100 mm y 10 micras de diámetro interno. Como fase móvil se empleó una solución de metanol: agua (35:65) a un flujo de 2.0 ml/min. Para la cuantificación del ácido se realizó una curva patrón de este compuesto en el rango de 0.06 a 10 mM, bajo las condiciones anteriormente descritas.

La determinación de la actividad de PAL mediante la técnica de HPLC, consistió en un seguimiento del incremento en el área del pico característico del ácido trans cinámico producido en la mezcla de reacción. Estas medidas se efectuaron cada 30 minutos durante un período de dos horas.

La actividad de PAL se expresó como actividad específica en pkatales/mg proteína. La proteína se midió por el método de Bradford (Bradford 1976).

RESULTADOS Y DISCUSION

La cuantificación espectrofotométrica del ácido trans-cinámico no mostró diferencias significativas de absorbancia, en función del tiempo de reacción, debido a que al estar presente la cafeína en altas concentraciones, enmascara los pequeños incrementos del ácido trans-cinámico.

Estos resultados sugieren la posibilidad de que el cloroformo esté extrayendo además del ácido trans-cinámico, otros compuestos que interfieren en la determinación espectrofotométrica del ácido trans-cinámico, ya que aun el blanco presenta máximos de absorción en la región de 270 nm. En este último caso no puede atribuirse a la concentración basal de ácido trans-cinámico ya que esta es tan baja que en trabajos anteriores no ha sido posible su detección (Duque y López, 1987).

Teniendo en cuenta la presencia en hojas de café de compuestos solubles en cloroformo, que además de estar presentes en altas concentraciones, absorbieran en la región de 270 a 280 nm, se planteó la a la cafeína como posible interferente en la medida espectrofotométrica de la actividad de PAL. Esta se encuentra en altas concentraciones en la hoja, alcanzando una concentración en el líquido de lavado intercelular de 90-100 µg/ml (Sievers, 1983).

Por otra parte, este compuesto presenta una alta solubilidad en cloroformo, siendo aproximadamente dos veces más soluble en éste solvente que el mismo ácido trans-cinámico (Index Merck, 1983).

Lo anterior se comprobó mediante la comparación de la curva espectral del ácido trans-cinámico con el de la cafeína.

Es importante anotar, que el sustrato L-fenilalanina no es extraído por el cloroformo, bajo las condiciones aquí descritas, razón por la cual no es el interferente.

Como se observa en la Figura No.2 es posible separar el ácido trans-cinámico de la cafeína bajo las condiciones aquí descritas. De igual forma, en esta misma figura se observa el incremento en el área del pico correspondiente al ácido trans-cinámico en función del tiempo de reacción. Este incremento no se observó en los blancos correspondientes.

En el cromatograma inicial ($t=0$) el área del ácido trans-cinámico es $7,67 \times 10^{-4}$ AU*min correspondiente a una concentración de 0,012 nmoles/20 µl de inyección, confirmando los resultados de Duque y López (1987). A las dos horas de reacción el ácido trans-cinámico presenta un área de 482×10^{-4} AU*min, correspondiente a una concentración de 6,23 n moles/20 µl de inyección.

La cafeína permaneció constante a través del tiempo con un área de 1,39 AU*min (dato suministrado por el sistema de integración del equipo), la relación entre las áreas de la cafeína y el ácido trans-cinámico, que son un reflejo de la relación de concentraciones explica los resultados obtenidos por espectrofotometría en los cuales la cafeína enmascara la presencia del ácido trans-cinámico.

Se puede concluir, de acuerdo con estos resultados, que tanto el método de extracción como el de medida de la actividad de PAL permiten su determinación en café.

La extracción con cloroformo, aquí utilizada, además de eliminar los posibles compuestos interferentes,

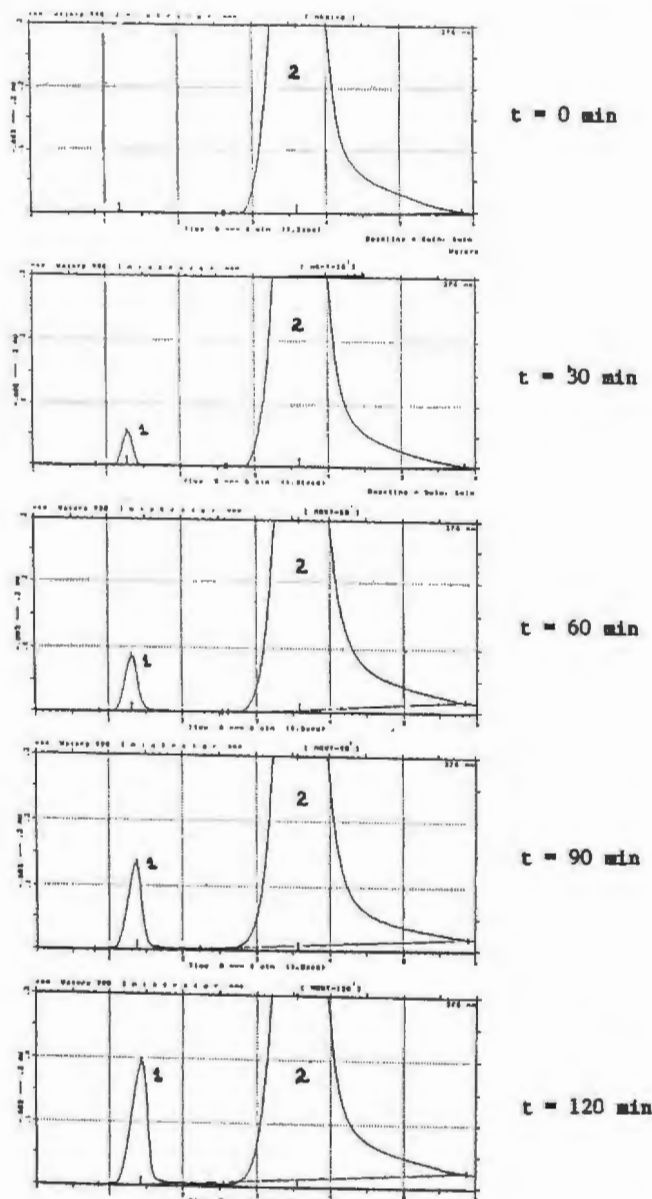


Figura 2. Determinación de la actividad del PAL por HPLC. El área del pico del ác. trans-cinámico (1) se evaluó a través del tiempo, a partir de extractos crudos de hojas de café

permite la concentración del ácido trans-cinámico producido, facilitando su cuantificación.

De igual manera, la medida de actividad de PAL por HPLC, permite emplear cantidades mayores del extracto enzimático en la mezcla de reacción, que en el método espectrofotométrico, con lo cual se produce una concentración mayor de ácido trans-cinámico.

Las medidas de actividad de esta enzima en hojas sanas de tres variedades de café permitió establecer mediante un análisis de varianza complementado con el test de Duncan, diferencias significativas entre las plantas resistentes a *H. Vastatrix* (Híbrido de Timor y var Colombia) y la susceptible (var. caturra).

De acuerdo con los resultados obtenidos (figura No.3) se encontraron niveles mayores de actividad de PAL en las variedades resistentes (Híbrido de Timor:

$13,18 \pm 3,0$ pKat/mg proteína y variedad Colombia: $10,6 \pm 3,0$ pKat/mg proteína) sin que se presentaran valores de actividad significativamente diferentes entre ellas. La variedad susceptible (caturra) mostró una actividad significativamente más baja: $3,57 \pm 0,6$ pKat/mg proteína.

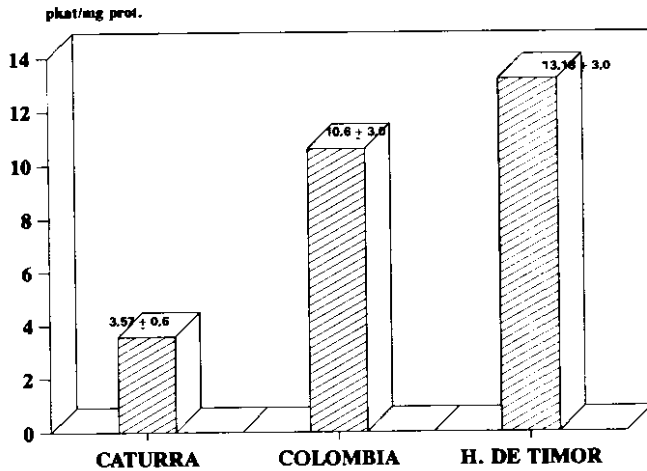


FIGURA 3. Actividades basales de PAL en tres variedades de café

CONCLUSIONES

Con este trabajo se confirmó la presencia de fenilalanina amonio liasa en hojas de café y se estableció que la cafeína, por tener su máximo de absorción en la región de 270 nm, estar en altas concentraciones en los extractos crudos de material foliar de café y ser soluble en cloroformo, impide la aplicación del método espectrofotométrico de Moerschbacher y Col., (1986) para la determinación de PAL en hojas de café.

El empleo de la cromatografía líquida de alta eficiencia en las condiciones aquí descritas, permite separar el ácido trans-cinámico de la cafeína, y por lo tanto hace posible la determinación de la actividad de PAL en el café.

El hecho de que las variedades resistentes a *Hemileia vastatrix* presenten actividades basales de PAL mayores que la variedad susceptible, sugiere la posibilidad de que esta enzima pueda jugar un papel en los mecanismos pasivos de resistencia del café a este hongo.

BIBLIOGRAFIA

- BRADFORD M., 1976A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. *Anal. Biochem.*, **72**:248-254.
- DUQUE A. & O. LOPEZ, 1987 Análisis de compuestos fenólicos presentes en explantes de hojas, callos y células en suspensión de café (*Coffea arabica* L.) Tesis de Grado, Departamento de Química y Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- KOUKOL J. & E. CONN, 1961 The metabolism of aromatic compounds in higher plants. Purification and properties of the Phenylalanine deaminase of *Herdeum vulgare*. *J. Biol. Chem.*, **236**: 2692 - 2698.
- MARTINEZ P. & P. RESTREPO, 1981 Detección y localización de la polifenoloxidasa y la L-fenilalanina amonio liasa en hojas de café caturra y efecto de un fungicida cuprico sobre la actividad de estas dos enzimas. Tesis de grado, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- MERCK INDEX, 1983 Tenth Ed. Merck and Co. Inc. Rahway N.Y; USA.
- MOERSCHBACHER B., KOGEL H.K., NOLL U. & REISNER H.J., 1986 An elicitor of the hypersensitive lignification response in wheat leaves isolated from the rust fungus *Puccinia graminis* f.sp. tritici. Partial purification and characterization. *Z. Naturforsch* **41**, 830 - 838.
- SIEVERS, S., 1983 The intracellular washing fluid of *Coffea* leaves as tool to study resistance mechanism against *Hemileia vastatrix* Berk & Br. In Simposio sobre ferrugens de cafeeiro. Oeiras Portugal 7-20 -X- 1983. Sumarios das comunicacoes. Oeiras Centro de Investigacao das Ferrugens do cafeeiro. pp 24.
- TOBAR M. & H. ZAMORA., 1982 Determinación de la L-fenilalanina amonio liasa en extractos de hojas de cuatro variedades de café y en otros tejidos vegetales. Tesis de grado, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

QUIMICA DEL GENERO *Chromolaena* (COMPOSITAE)

por

Cecilia Espitia de Pérez*

Resumen

Espitia de Pérez, C.: Química del género *Chromolaena* (Compositae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19(72): 141 - 145. 1994. ISSN 0370-3908.

Se presenta una revisión de la química del género *Chromolaena* (Compositae). Se registran las especies estudiadas químicamente y las estructuras aisladas de ellas, agrupándolas por tipos de compuestos, efectuando un análisis comparativo de las diferentes especies estudiadas.

Abstract

This work reviews the *Chromolaena* genus chemistry. The species which have been studied are recorded, together with the chemical structures of isolated compounds. A comparative analysis of the studied species is carried out.

La familia Compositae o Asteraceae, es una de las más grandes familias botánicas. Esta familia ha sido motivo de muchos estudios químicos que han llevado al descubrimiento de interesantes estructuras químicas, resultando varias de ellas promisorias para ser utilizadas en diferentes campos. Se destacan las lactonas sesquiterpénicas, los flavonoides y los poliacetilenos entre los compuestos que han resultado con actividad biológica y que podrían ser aplicables al campo de los medicamentos, insecticidas, etc. Igualmente otras han resultado de utilidad para la industria de alimentos, como aromatizantes, edulcorantes, etc. Además, los estudios químicos sistematizados han servido de soporte a estudios taxonómicos.

Colombia es un país destacado por la riqueza y diversidad de su flora. La familia Compositae está ampliamente distribuida en el país, sin embargo son todavía pocos los estudios químicos que sobre esta familia se han realizado con plantas colombianas. Del género *Chromolaena* no son muchos los estudios realizados a nivel mundial, si se tiene en cuenta que sólo se han adelantado estudios con 18 especies de aproximadamente 130 que conforman el género.

Con este estudio se desea contribuir al conocimiento químico de *Chromolaena*, recopilando las estructuras aisladas, lo cual constituye una herramienta útil para los investigadores en el área y para ayudar al descubrimiento del potencial de este género, al mismo tiempo que se dan las bases para continuar estudios químicos de otras especies del género. El género *Chromolaena* está ubicado dentro de la subtribu *Praxelinae* de la tribu Eupatorieae, familia Compositae. De los géneros que conforman la subtribu *Praxelinae*, *Chromolaena* es uno de los que contiene mayor número de especies (aproximadamente 130) y se halla distribuido principalmente en América Tropical, encontrándose muy concentrado en Brasil. Las tres especies más ampliamente distribuidas son: *Chromolaena ivaeifolia* (L) King & H. Rob.; *C. laevigata* (Lam) King & H. Rob. y *C. odorata* (L) King & H. Rob. (King & Robinson, 1977).

La revisión de la literatura muestra que se han publicado estudios químicos sobre 18 especies del género *Chromolaena*. Las especies estudiadas se presentan en la Tabla 1, en la que se indica los compuestos aislados de cada una de ellas y la parte de la planta de donde fueron aislados.

Las estructuras de los compuestos aislados se muestran en las Figuras 1-7, ordenadas según el tipo de compuesto. En general, en las estructuras no se indica la

* Profesora Asociada. Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

estereoquímica, debido a que en la mayoría de los casos, los autores no la especifican.

Con base en los estudios químicos realizados, se puede deducir que la química del género *Chromolaena* es muy variada. De la mayoría de las especies se han aislado terpenos (figura 1) entre los que sobresalen los sesquiterpenos y triterpenos, sin embargo muchos de ellos no se pueden considerar como metabolitos característicos del género, ya que los primeros están ampliamente distribuidos en muchas familias y los triterpenos aparecen como metabolitos comunes en la familia Compositae, la cual se considera acumuladora de triterpenos (Hegnauer, 1977).

Otros sesquiterpenos particulares, los cadinenos (Figura 2) se han encontrado en nueve especies diferentes, los cuales si pueden considerarse como metabolitos característicos de este género, siendo entre ellos los más frecuentes los furano cadinenos (estructuras 33-44).

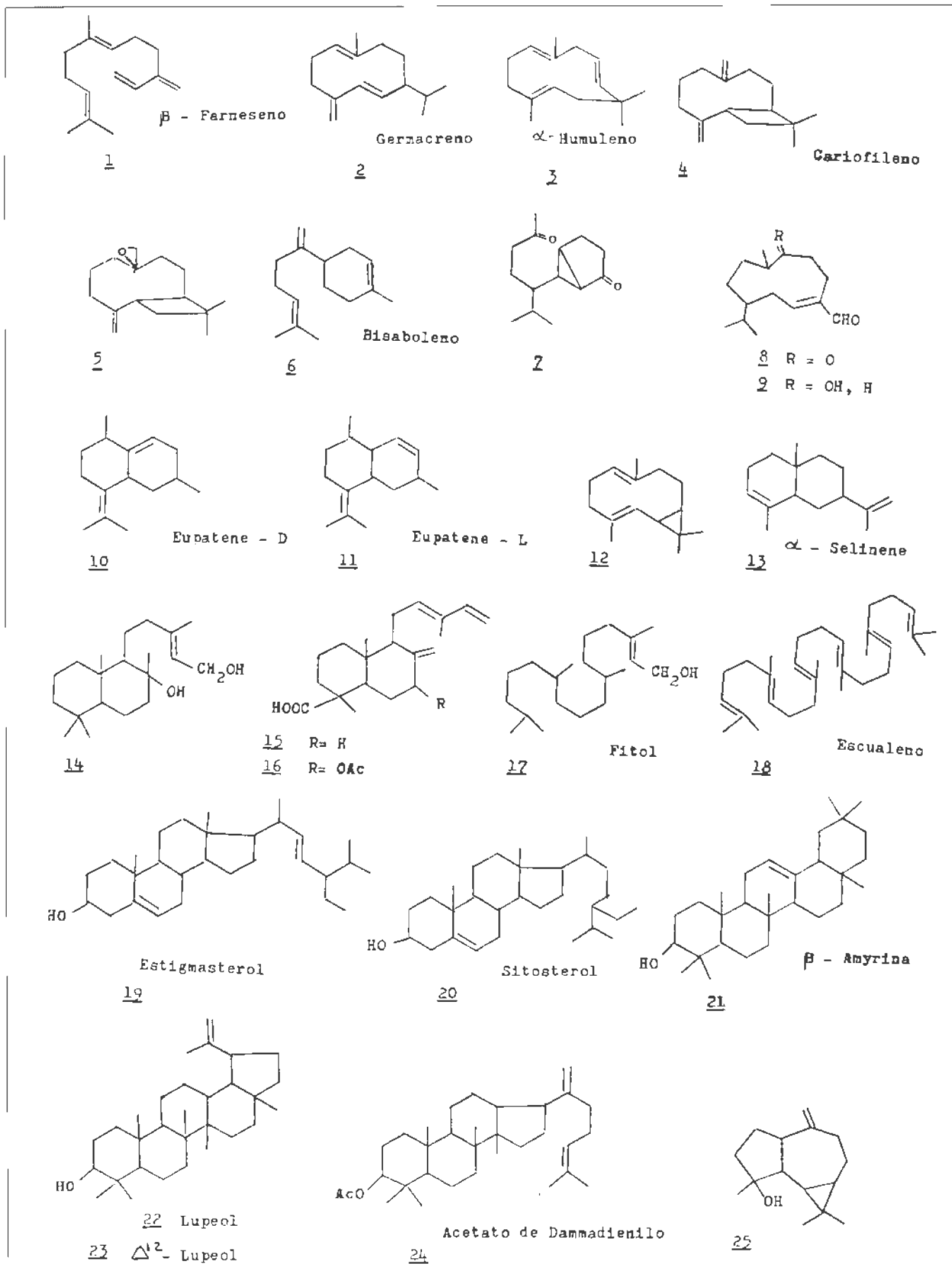
Los derivados del clerodano (Figura 3) y los ácidos carboxílicos tipo prostaglandinas (Figura 4) aislados de dos especies, son estructuras de rara ocurrencia en la familia Compositae; pero con relación a estas estructuras y a las lactonas sesquiterpénicas no es posible hacer alguna correlación, en razón de los pocos ejemplos hasta ahora conocidos. Con relación a los compuestos tipo prostaglandinas se destaca el hecho de haberse aislado diversos isómeros de una misma especie. Aun-

Tabla 1
Especies del Género *Chromolaena* Estudiadas Químicamente y Sustancias Aisladas

| Especie | Sustancias aisladas * | Parte de la planta ** | Referencia |
|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| <i>C. arnottiana</i> | 1, 2, 31, 33-36, | R | Bohlmann, 1979 |
| | 3, 22, 23, 74, 75, | A | Bohlmann, 1979 |
| | 30, 78, 79, 80, | A | Boeker, 1986 |
| <i>C. collina</i> | 5, | A | Bohlmann, 1981b |
| | 15, 16, | A,R | Bohlmann, 1981b |
| <i>C. connivens</i> | 5, 14, 45-48, 55, 88-90 | A | Tamayo, 1989 |
| <i>C. corymbosa</i> | 1, 2, 4, 6, 31-36, | A | Boeker, 1986 |
| <i>C. cryptantha</i> | 2, 3, 18, 32-36, | A | Bohlmann, 1984 |
| <i>C. chaseae</i> | 2, 19, 20, | R | Bohlmann, 1982 |
| | 2, 55, 58, 83, 87, 97-98 | A | Bohlmann, 1982 |
| <i>C. christieana</i> | 2-5, 17-20, 37-40, 44, | A | Bohlmann, 1984 |
| | 81, 82, 24, 29, | R | |
| <i>C. glaberrima</i> | 2, 18 | A | Bohlmann, 1978 |
| | 70 | A | Ahmed, 1985 |
| | 71 | A | Ahmed, 1986 |
| | 13 | R | Bohlmann, 1978 |
| <i>C. heteroclinia</i> | 93-96, 101 | A | Boeker, 1986 |
| <i>C. laevigata</i> | 5, 7-9, 18, 25, 28, | A | Misra, 1985 |
| | 39-42, 49-54, 59-62, 76 | | |
| | 10, 35, 36, | A | Bohlmann, 1977 |
| | 37, 38 | A | Braga, 1978 |
| <i>C. leptoccephala</i> | 2, 10, 72, 73 | | Bohlmann, 1977 |
| <i>C. meridensis</i> | 88-90, 102, 104 | A | Amaro, 1983 |
| <i>C. morii</i> | 18, 26, 27, 56, 103, 105 | A | Bohlmann, 1981a |
| | 2-4, 12, | A,R | Bohlmann, 1981a |
| | 55, 57, 63-65 | A | Bohlmann, 1982 |
| <i>C. odorata</i> | 21-23, 99, 100 | | Talapatra, 1974 |
| | ácidos aromáticos y alcohol alifático | | Ahmad, 1969 |
| | 10, 11 | | Dhingra, 1956 |
| | 20 | | Ahmad, 1967 |
| | 84, 86, 91, 92, 99-101 | A | Barua, 1978 |
| | 36 | | Bose, 1973 |
| <i>C. opadoclinia</i> | 66-69 | A | El-Sayed, 1988 |
| <i>C. pseudinsignis</i> | 1, 18, 43, 81, 82 | R | Bohlmann, 1982 |
| | 2, 6, 32-36 | A,R | Bohlmann, 1982 |
| | 17, 37, 38 | A | Bohlmann, 1982 |
| <i>C. roseorum</i> | 2,10 | | Bohlmann, 1977 |
| <i>C. tunariensis</i> | 2 | A,R | Tamayo, 1989 |
| | 3, 4, 77, 81, 82 | A | Tamayo, 1989 |
| | 74, 75, 91, 92 | A | Bohlmann, 1979 |

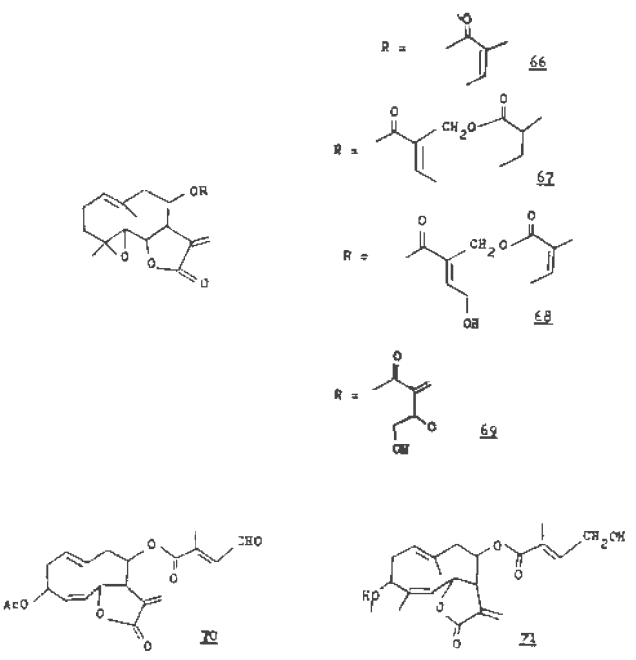
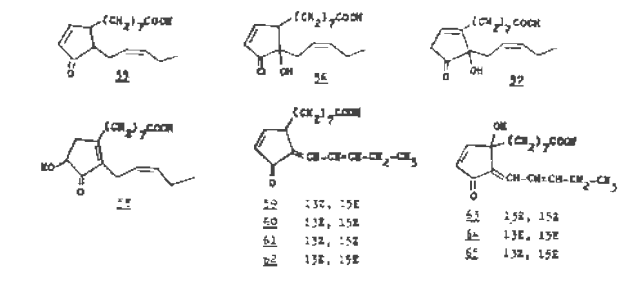
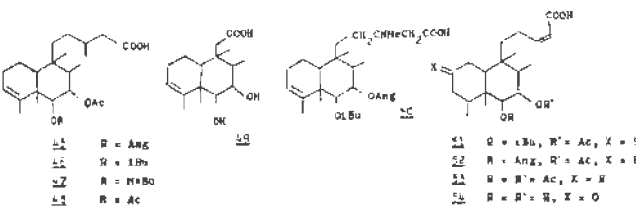
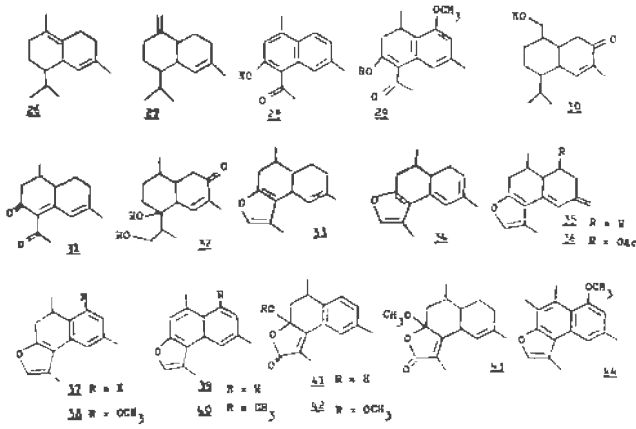
* Ver estructuras en las Figs. 1-7.

** R=raíz, A=parte aérea.

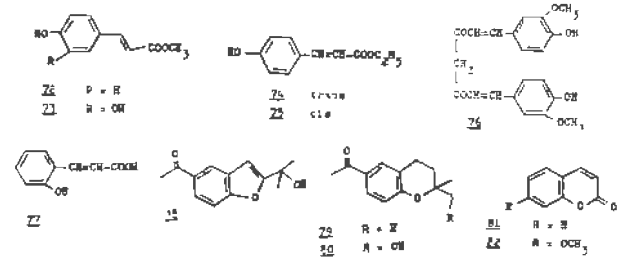


que en general se ha omitido la estereoquímica de los compuestos, en este caso especial se ha registrado, ya que llama la atención el gran número de compuestos obtenidos por variación de la estereoquímica de la cadena alifática.

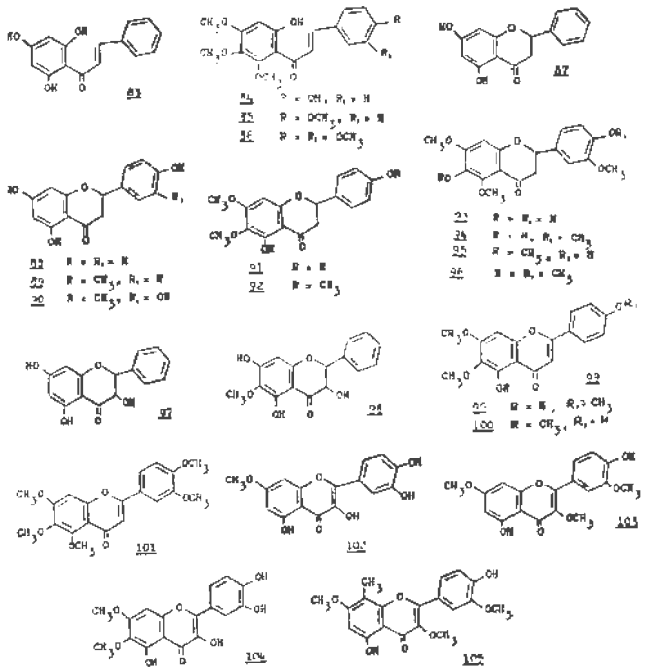
Lactonas sesquiterpénicas (Figura 5), que son estructuras propias de la familia Compositae, sólo se han aislado de dos especies, observándose que todas las estructuras aisladas poseen anillo germacranólido como estructura básica.



Derivados del ácido cinámico (Figura 6) se han aislado de cuatro especies, pero su presencia es común en otros géneros de la misma familia. Se destaca el bajo número de cumarinas aislado (dos) ya que estas son comunes en géneros afines.



Son diversas las estructuras de compuestos flavonoides aisladas de siete especies (figura 7) siendo las más frecuentes las estructuras de flavonoles y flavanonas. Aunque los flavonoides son estructuras ampliamente distribuidas en las plantas, por sus características químicas son invaluables marcadores taxonómicos e indicativos del grado de evolución de las especies. La tribu Eupatorieae se ha caracterizado por la presencia de flavonas y flavonoles polimetoxilados. Entre las estructuras aisladas del género *Chromolaena* se nota un alto grado de metoxilación, sin embargo es significativo el hecho de ser muy escasas las estructuras del tipo flavona aisladas y de que predomine el anillo flavanona, lo cual se podría interpretar como indicativo de un género con un grado menor de evolución con relación a los otros géneros de la tribu Eupatorieae. Se observa también la presencia de la estructura de tipo chalcona, estructuras éstas muy cercanas a las flavanonas en la línea biosintética. No se debe descartar la posibilidad de que las flavanonas aisladas sean artefactos, dada la facilidad de interconversión con las chalconas correspondientes; es así como la estructura 100 aislada de *C. odorata* se ha considerado artefacto, teniendo en cuenta su nula actividad óptica y por el hecho de haberse aislado también la correspondiente chalcona (Bohm, 1982).



Con relación a la presencia de los metabolitos en determinada parte de la planta, se observa que la mayoría de los estudios se han realizado con la parte aérea y la comparación con los pocos estudios hechos con la raíz, evidencia que no hay ninguna especificidad en cuanto a su localización.

De los resultados obtenidos en los estudios químicos de este género, se puede concluir que aunque hay ciertos compuestos que se perfilan como característicos del género, es necesario obtener más datos y especialmente estudiar un mayor número de especies para llegar a conclusiones más amplias.

En cuanto a la variedad de compuestos aislados del género *Chromolaena* es importante destacar que muchos de ellos caen dentro de varios tipos que han presentado actividad biológica. Entre ellos están los ácidos tipo prostaglandinas, las lactonas sesquiterpénicas, los flavonoides y otros terpenos. Sería importante hacer evaluaciones cuantitativas de actividad y contenido de dichas estructuras, con miras a buscar su utilidad.

Bibliografía

- Abmad, M. & M.N. Nabi, 1967. Chemical investigations on the leaves of *Eupatorium odoratum*. Sci. Res. Dacca. Pak. 4, 154. In C.A. 72, 28870 u.
- 1969. Chemical investigations on the leaves of *Eupatorium odoratum*. Sci. Res. Dacca. Pak. 6, 37. In C.A. 68, 57405 u.
- Amaro, J.M. & A. Morales Mendez, 1983. Phytochemical studies of Venezuelan andean flora. Flavonoids of *Chromolaena meridensis*. Rev. Latinoamer. Quim. 14, 86-88.
- Ahmed, A., A.T. Whittmore, & T.J. Mabry, 1985. A heliangolide from *Chromolaena glaberrima*. Phytochemistry 24, (3): 605-606.
- 1986. A guaianolide from *Chromolaena glaberrima*. J. Nat. Prod. 49, (2): 363-364.
- Barua, R.N., R.P. Sharma, G. Thyagarajan, & W. Hertz, 1978. Flavonoids of *Chromolaena odorata*. Phytochemistry 17, 1807-1808.
- Boeker, R. & F. Bohlmann 1986. Flavanones from *Chromolaena heteroclinium*. Rev. Latinoamer. Quim. 17, (1-2): 45-46.
- Boeker, R., F. Bohlmann & R.M. King, 1986. A further cadinene derivative from *Chromolaena arnottiana*. Rev. Latinoamer. Quim. 17, (1-2): 47.
- Braga de Oliveira, A., G. De Oliveira, F. Carazza, R. Braz Filho, C.T. Moreira Bacha, L. Bauer, G.A. Silva, & N. Siqueira, 1978. Laevigatin, a sesquiterpenoid furan from *Eupatorium laevigatum* Lam. Tetrahedron Letters 30, 2653-2654.
- Bohlmann, F. & C. Zdero 1977. Einige inhaltstoffe der Gattung *Chromolaena*. Chem. Ber. 110, 487-490.
- Bohlmann, F. & L. Fiedler, 1978. Notiz uher ein neues Germacranolid aus *Chromolaena glaberrima*. Chem. Ber. 111, 408-410.
- Bohlmann, F., C. Zdero, R.M. King, & H. Robinson 1979. Neue cadinen-derivative und andere inhaltsstoffe aus *Chromolaena*-arten. Phytochemistry 18, 1177-1179.
- Bohlmann, F., R.K. Gupta, R.M. King, & H. Robinson 1981a. Prostaglandin-like fatty acid derivative from *Chromolaena morii*. Phytochemistry 20, (6): 1417-1418.
- Bohlmann, F., C. Zdero, L. Fiedler, H. Robinson, & R.M. King, 1981b. A lahdane derivative from *Chromolaena collina* and a p-hydroxyacetophenone derivative from *Stomatantes corumbensis*. Phytochemistry 20, (5): 1141-1143.
- Bohlmann, F., N. Bortbakur, R.M. King, & H. Robinson, 1982a. Further prostaglandin-like fatty acids from *Chromolaena morii*. Phytochemistry 21, (21): 125-127.
- Bohlmann, F., P. Singh, J. Jakupovic, R.M. King, & H. Robinson, 1982b. Three cadinene derivatives and a prostaglandin-like acid from *Chromolaena* species. Phytochemistry 21, (2): 371-374.
- Bohlmann, F., G. Schmeda-Hirschmann, J. Jakupovic, N. Goren, R.M. King, & H. Robinson, 1984. New chromolaenin derivatives from *Chromolaena christiana*. Bol. Soc. Chil. Quim. 19, (4): 367-371.
- Bohm, B.A. 1982. «The Flavonoids. Advances in research» (Harborne, J.B. and Mabry, T.J., eds.), Chapman and Hall, London, p. 368-369.
- Bose, P.K., P. Chakrabarti, J. Chakrabarti, & A.K. Barua, 1973. Flavonoid constituents of *Eupatorium odoratum*. Phytochemistry 12, 667.
- Dhingra, S.N., D.R. Dbingra, & N. Bhattacharyya, 1956. Perfum. Essent. oil. Reccord. 47, 312. In C.A. 51, 3513 e.
- El-Sayed, N.H., M. Miski, A.T. Whittmore, & T.J. Mabry, 1988. Sesquiterpene lactones from *Chromolaena opadoclinia*. Phytochemistry 27, (10): 3312-3314.
- Hegnauer, R. 1977. The chemistry of the Compositae In «The Biology and Chemistry of the Compositae» (Heywood, V.H., Harborne, J.B. and Turner, B.L., eds.) Academic Press, London, p. 283-310.
- Misra, L.N., J. Jakupovic, & F. Bohlmann 1985. Isodaucane derivatives, norsesquiterpenes and clerodanes from *Chromolaena laevigata*. Tetrahedron 41, (22): 5353-5356.
- Robinson, H. & R.M. King, 1977. Eupatoriae, Systematic Review In «The Biology and Chemistry of the Compositae» (Heywood, V.H., J.B. Harborne, B.L. Turner eds.), Academic Press, London, p. 437-486.
- Talapatra, S.K., D.S. Bhar, & B. Talapatra, B. 1974. Flavonoids and terpenoid constituents of *Eupatorium odoratum* Phytochemistry 13, 284.
- Tamayo-Castillo, G., J. Jakupovic, F. Bohlmann, R.M. King, & H. Robinson, 1989. Ent-clerodane derivatives from *Chromolaena connivens*. Phytochemistry 28, (2): 641-642.

ALTERACIONES EN LA FAUNA DE ANELIDOS POLIQUETÓS DE ARAÇA, SÃO SEBASTIÃO (SP-BRASIL)*

por

Amaral, A.C.Z.** & E.H., Morgado**

Resumen

Amaral, A.C.Z. & E.H. Morgado: Alteraciones en la fauna de anélidos poliquetos de Araçá, São Sebastião (SP-Brasil). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72):147-152.1994. ISSN 0370-3908.

Se analizan las alteraciones ocurridas en la composición y densidad de la macrofauna de poliquetos de la zona intermareal, en la región de Araçá. Con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en una 1a. serie de muestreos (junio, octubre y diciembre de 1987) se realizó, después del inicio de la construcción de un desagadero submarino, una 2a. serie de recolecciones (mayo de 1989) en 5 estaciones distribuidas en los puntos previamente muestreados. Los resultados de la 1a. serie revelaron la presencia de 16 especies y una densidad máxima por estación de hasta 7.000 individuos/m². *Heteromastus filiformis* fue la especie más frecuente y abundante. Durante la 2a. serie de muestreos se constató una reducción marcada en el número de especies (6) y hubo variaciones en la densidad poblacional de algunas de ellas: *Capitella capitata*, *Laeonereis acuta* y *Heteromastus filiformis*.

Abstract

This work has the objective of analysing changes in the composition and density of polychaete macrofauna of the intertidal zone of the Araçá region. With the aim of comparing the results of a primer sampling series (July, October and December 1987), a 2nd sampling series (May 1989) was done, after the beginning of the construction of a submarine emissary, in the same 5 stations sampled during the 1st series. The first series results revealed the presence of 16 species and a maximum density per station of about 7.000 individual/m². *Heteromastus filiformis* was the most frequent and abundant species. During the 2nd series, a sharp reduction in number of species (6) and changes in the population density of some of them (*Capitella capitata*, *Laeonereis acuta* and *Heteromastus filiformis*) were detected.

* Apoyo FAP-UNICAMP, CNPq, CEBIMar-USP

** Departamento de Zoología, Instituto de Biología Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) . Caixa Postal: 6109 - 13.081 - Campinas, SP-Brasil.

Introducción

El litoral norte del Estado de São Paulo está formado por numerosas ensenadas y conjuntos de pequeñas y grandes islas. Entre éstas se destaca la Isla de São Sebastião con cerca de 35 km de exten-

sión, situada próxima al continente y separada de éste por un brazo de mar (Canal de São Sebastião). La región central de este canal abriga un puerto que lleva el mismo nombre además del terminal petrolero Almirante Barroso; próximo a ellos está localizada la región de Araçá. Durante la ampliación del puerto, fue enterrada una parte considerable de Araçá, restando un área con aspecto de una pequeña ensenada muy abrigada, ampliamente descubierta en los períodos de bajamar y sujeta constantemente a perturbaciones, principalmente producidas por la condición de región portuaria.

Los estudios referentes a las comunidades bentónicas de esta área son escasos y, con relación a la fauna, de carácter específico (Burdon Jones, 1962; Ditadi, 1967, 1969; Petersen, 1965; Rodríguez, 1971). Recientemente, en 1987, la composición faunística de la zona entremareas de Araçá fue estudiada como parte de un proyecto orientado a analizar la composición de la macrofauna de las playas del litoral paulista. Así fue posible constatar que esta región abriga la fauna más rica, tanto en términos específicos como numéricos, entre las playas situadas al lado continental del Canal de São Sebastião (Amaral et al., 1990). En 1989 se iniciaron en el área obras para la construcción de un desagadero submarino para el drenaje de aguas negras. A pesar de no haber sido concluidas, fueron evidentes las perturbaciones introducidas en el medio.

Con el objetivo de comparar los resultados obtenidos en 1987 y después de la construcción del desagadero, se realizó en 1989 un nuevo levantamiento de la fauna.

Debido a que los anélidos poliquetos están entre los organismos más importantes en fondos blandos, ya que constituyen el grupo más abundante y frecuente, se les dio una especial atención. Algunas de estas especies son conocidas por reflejar con eficiencia las alteraciones ambientales. De esta forma, la composición de las poblaciones de poliquetos pueden, en la mayoría de las veces, constituir un indicador del grado de polución (Gambi & Giangrande, 1986; Amaral et al., 1987; Pearson & Rosenberg, 1978; Solís-Weiss, 1982; Hily & Glémarec, 1986).

Material y Métodos

La región de Araçá, donde están situadas las playas de Pernambuco, Germano y Topo, está limitada al norte por el Puerto de São Sebastião y al sur por la Punta de Araçá (Figs., 1, 2). Se caracteriza por presentar una suave pendiente en toda su extensión, así como fajas de vegetación de manglares. En el sur de esta región están presentes dos bloques rocosos: las islas de Pernambuco y Pedroso.

Las colecciones fueron efectuadas principalmente en el sur, debido a las obras que en la parte central del área dificultaban el acceso al extremo

norte. La extensa fosa abierta y el grave estado de estancamiento a que fue reducido ese lado de la playa no ofrecían seguridad de trabajo (Fig. 2).

Para comparar los datos obtenidos en la 1a. serie de colecciones realizadas en junio, octubre y diciembre de 1987, después del inicio de la construcción del desagadero submarino se hizo una 2a. serie de colecciones en 6 estaciones (mayo de 1989) de las cuales 5 son los mismos puntos muestreados anteriormente. Estas estaciones se encuentran distribuidas a lo largo de 2 transectos dispuestos perpendicularmente a la línea del agua (Fig. 2). Para recoger las muestras en ambas series, fue demarcado un cuadrado de 1 m de lado en cada estación, del cual se retiraron dos muestras utilizando un delimitador con 0,025 m² y 10 cm de profundidad, totalizando 0,05 m² de área. Durante las recolecciones fueron retiradas en cada estación muestras de sedimento para análisis de granulometría, (según la metodología por Suguio, 1973).

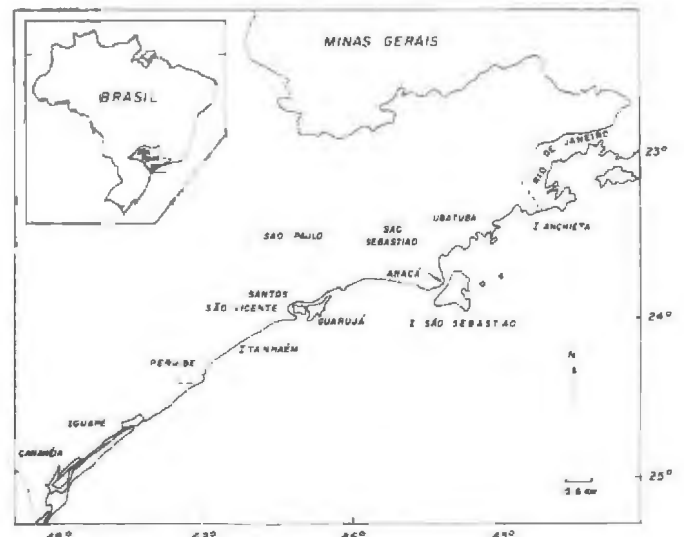


Figura 1. Localización del Estado de São Paulo y de la región de Araçá.

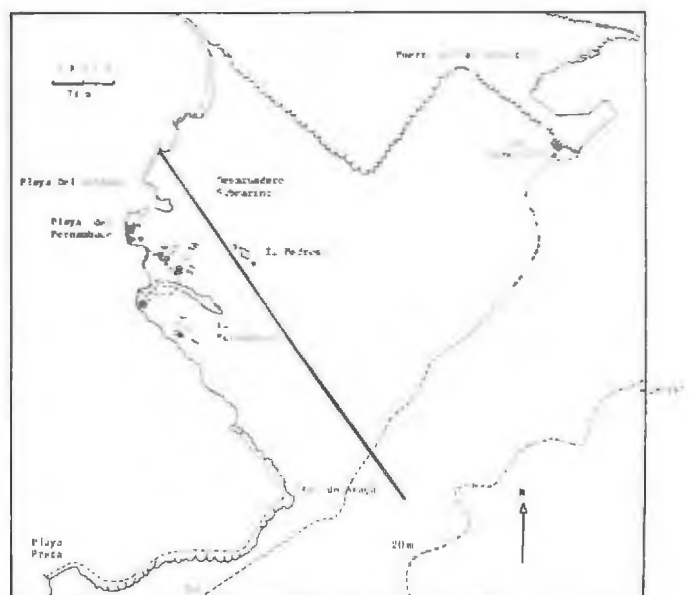


Figura 2. Localización de las estaciones de recolección en 1987 y 1989 y del desagadero submarino en Araçá.

Posteriormente, las muestras fueron lavadas y separadas en harneros con mallas de 1.0 y 0.5 mm, como lo recomienda Knox (1977). Los especímenes fueron conservados en alcohol a 70%.

Resultados y Discusión

La macrofauna bentónica de playas arenosas está compuesta principalmente por representantes de tres grandes grupos: crustáceos, poliquetos y moluscos (McLachlan, 1983). Entre éstos, los anélidos poliquetos demostraron ejercer fuerte dominancia numérica y específica en la composición de la macrofauna de la zona entremareas de Araçá.

Los resultados de la 1a. serie de colecciones revelaron la presencia de 16 especies y una densidad máxima por estación de hasta 7.000 individuos/m² (Fig. 3). *Heteromastus filiformis* fue la especie más frecuente y abundante, alcanzando valores del orden de 4.400 individuos/m² (Fig. 4). Durante la 2a. serie de recolecciones fue constatada una reducción marcada en el número de especies (6) así como variaciones en la densidad poblacional de algunas de ellas. *Capitella capitata* tuvo una densidad elevada de 1.540 para 4.940 individuos/m², *Laeonereis acuta*, de 240 para 840 individuos/m², en tanto que la población de *Heteromastus filiformis* sufrió un descenso de 4.400 para 1.260 individuos/m² (Fig. 4). Según Pearson & Rosenberg (1978), las secuencias de mudanzas tienden a ocurrir en comunidades bentónicas afectadas por la polución, entre ellas, la primera que se manifiesta, es la desaparición de especies sensibles, lo que torna la comunidad progresivamente más pobre por reducción en el número de especies. La identificación de los indicadores biológicos de las condiciones de contaminación, se hace posible en áreas perturbadas, porque al mismo tiempo que un número considerable de especies desaparece, otras, como *Capitella capitata*, proliferan rápidamente (Solís-Weiss, 1982).

Con base en los datos presentados en la figura 4, se puede verificar una notable inversión numérica entre *H. filiformis* y *C. capitata* en las estaciones muestreadas durante los dos períodos. Ambas especies aparecieron tanto en las estaciones localizadas junto con la marea alta, como en aquellas próximas a la línea de agua. Las variaciones notables observadas en relación con la abundancia de las dos especies, fueron ocasionadas probablemente por las severas alteraciones introducidas en la naturaleza del substrato, causadas por las obras de construcción del desagadero. Se constataron profundas modificaciones en la topografía del área, con la formación de bancos de arena en lugares próximos al nivel medio de la marea baja y sobre el sedimento original de la región se depositó una espesa camada de lama.

De acuerdo con Weber & Bicego (1987), los sedimentos marinos son registros geológicos de los procesos naturales que suceden en este ambien-

te. Buena parte del conocimiento de estos procesos, ha sido obtenido a partir de análisis de los sedimentos marinos. Así, los estudios de impacto ambiental emplean los sedimentos como indicadores de polución.

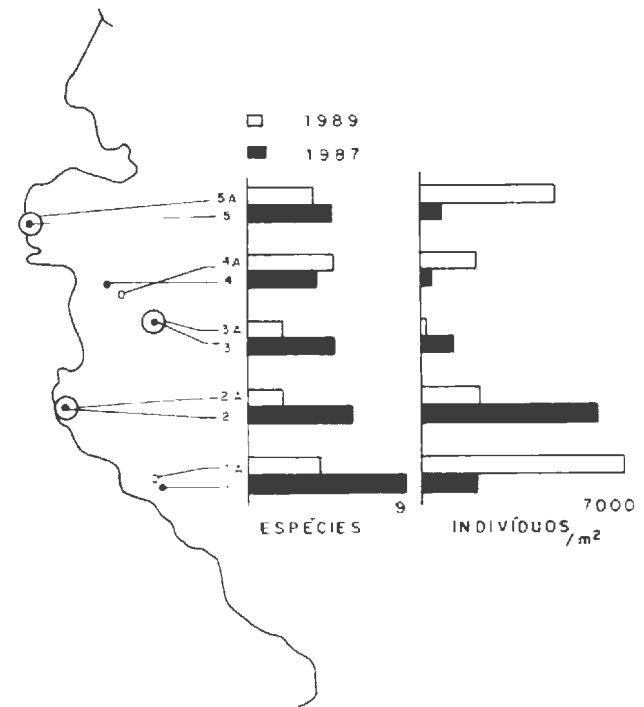


Figura 3. Número de especies e individuos/m² de poliquetos, colectados en cada estación en los dos períodos en Araçá.

Durante la 1a. serie de muestreos, los tipos de sedimento más frecuentes fueron: arena fina y muy fina, pero de una manera general, los sedimentos no se mantuvieron, texturalmente estables (Fig. 5). En el 2o. período, solamente en la estación 1A fueron encontradas las mismas características granulométricas. Las demás estaciones (3A, 4A y 5A) pasaron a ser dominadas por un sedimento más grosero, y pobremente seleccionado; aunque la contribución de partículas finas haya sido significativa, como puede observarse en la figura 5.

Heteromastus filiformis mantiene una densidad elevada, preferencialmente en locales donde predominan granos de tamaño medio, mientras que *Capitella capitata* se presenta en diferentes tipos de sedimento (Fig. 6). Las alteraciones en las propiedades del sedimento favorecen el crecimiento poblacional de *Capitella*, reconocida como especie oportunista inclusive en substratos alterados por la deposición de sedimentos finos (Eagle & Rees, 1973). El éxito de *C. capitata* al ocupar los más diversos ambientes se debe al hecho de producir larvas todo el año, tener un ciclo de vida corto y poder reproducirse mediante larvas planctónicas y bentónicas. Estos aspectos garantizan la supervivencia de la especie en un área determinada, aunque sea sometida a condiciones desfavorables. Según

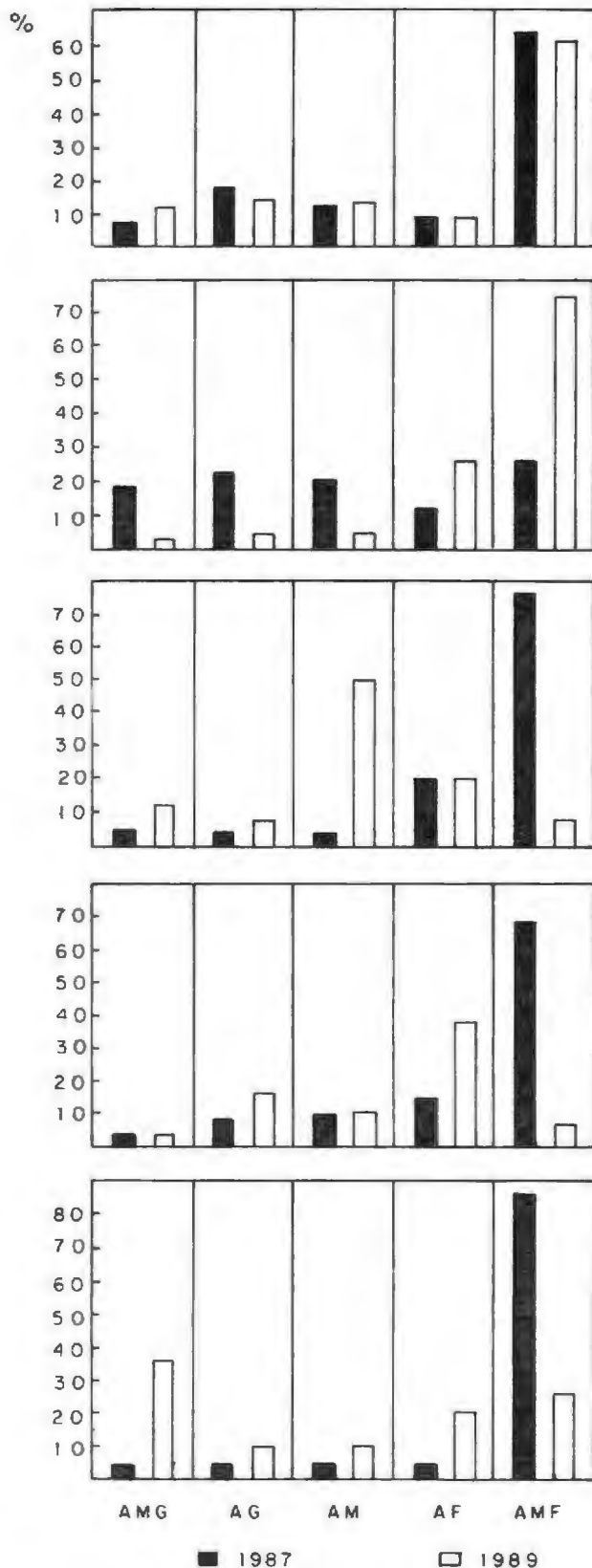


Figura 4. Distribución y abundancia de poliquetos en el área de Araçá en 1987 y 1989. Arena: Media (AM), Fina (AF) y Muy Fina (AMF).

Gray (1981), *Capitella* no aprovecha la tolerancia como estrategia adaptativa, pero se adapta a constantes disturbios por reproducción continua. De esta forma es capaz de colonizar cualquier espacio disponible y repoblar continuamente sedimentos

sujetos a polución orgánica. El considerable aumento poblacional de Nereidae *Laonereis acuta*, también debe ser atribuido al hecho de que esta especie posee la misma estrategia reproductiva: larvas bentónicas que ocupan los 2 cm superiores de los sedimentos (Mazurkiewicz, 1975).

La importancia de la composición del sedimento en la distribución de la macrofauna bentónica ha sido ampliamente demostrada por varios autores como: Amaral (1979), Whitlatch (1980), Dexter (1983) y McLachlan (1983). Las concentraciones mayores de materia orgánica en sedimentos más finos tenderían a favorecer la presencia de especies detritívoras, como lo reiteran Sanders (1960), Whitlatch (1980) & Morgado (1988).

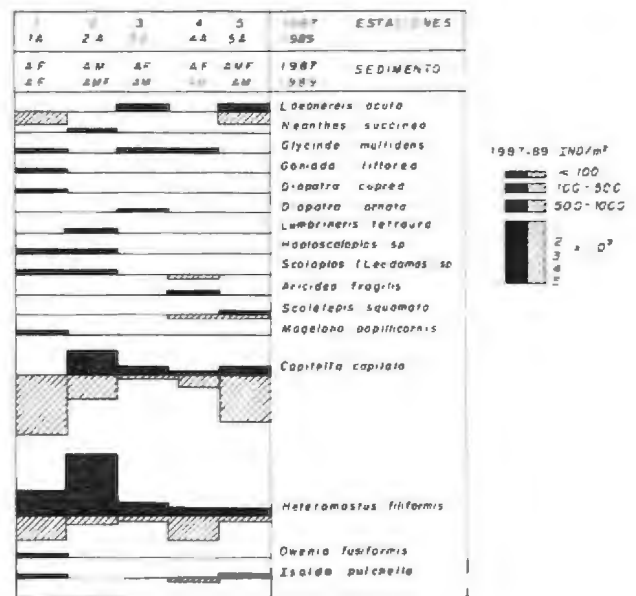


Figura 5. Distribución del sedimento en clases granulométricas por estación recolectado durante 1987 y 1989. Arena: Muy Gruesa (AMG), Gruesa (AG), Media (AM), Fina (AF) y Muy Fina (AMF).

Con base en tales consideraciones, los patrones de distribución de los anélidos poliquetos, han sido interpretados por un conjunto de estrategias relacionadas con la alimentación y la movilidad de los organismos que a su vez están en función de los procesos de sedimentación (Lana, 1981; Gambi & Giangrande, 1986; Gaston, 1987 y Morgado, 1988).

Las variaciones en la estructura de las asociaciones son evidentes cuando se relacionan con alteraciones en el tipo de sustrato y con estrategias alimentarias. Entre las 10 especies que no aparecieron en 1989 están incluidas: 5 predadores (discretamente móviles: *Glycinde multidentis*, *Goniada littorea*, *Diopatra cuprea*, *D. ornata* y móviles: *Lumbrineris tetraural*), 4 detritívoras (móviles: *Haploscoloplos sp.*, *Aricidea fragilis* y discretamente móviles: *Neanthes succinea* y *Magelona papillicornis*) y un filtrador (*Owenia fusiformis*). La do-

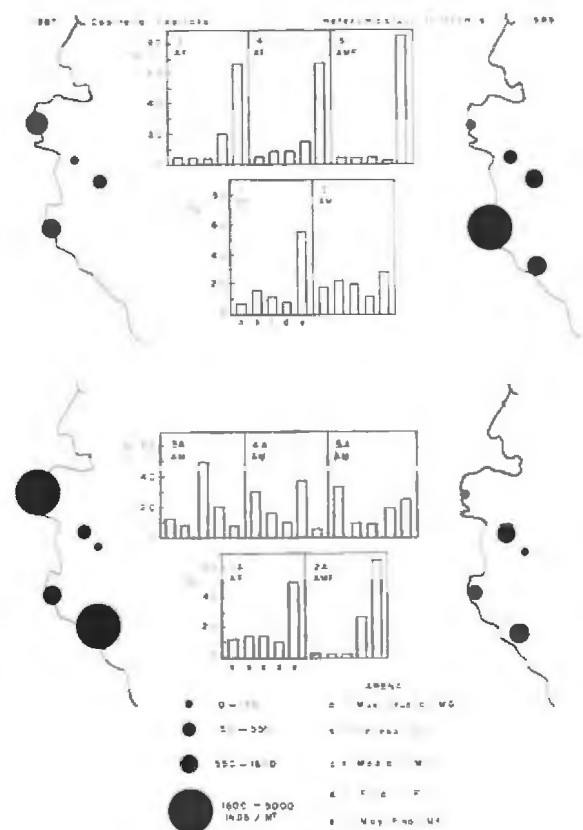


Figura 6. Distribución y abundancia de *Capitella capitata* y *Heteromastus filiformis* en los diferentes tipos de sedimento en 1987 y 1989.

minancia de detritívoros, entre los cuales se destacan *Laeonereis acuta*, *Capitella capitata* y *Heteromastus filiformis* pasó a ser dominante en el período de 1989, al no registrarse especies predatoras.

Según Chaves (1979) los riesgos por acumulación biológica de contaminantes a través de la cadena alimenticia son elevados, principalmente para las especies carnívoras que serían las más afectadas. Tales condiciones reducirían considerablemente la productividad y la diversidad específica, promoviendo acentuadas modificaciones en la composición faunística y en la substitución de elementos dominantes por otros más resistentes.

Accidentes en la región costera, como los que se presentan, son actualmente constantes y difícilmente reversibles, impidiendo el reconocimiento de estructuras biocenóticas. Las alteraciones severas que favorecen la proliferación de ciertas especies y la desaparición progresiva de otras confirman el estado de "stress" o desgaste de estos ambientes.

Bibliografía

Amaral, A.C.Z. 1979. Ecologia e contribuição dos anelídeos poliquetos para a biomassa benthica da zona das marés,

no litoral norte do Estado de São Paulo. Bolm. Inst. oceanogr., São Paulo, 28 (1): 1-52.

----- . E.F. Nonato, & E.H. Morgado, 1987. Alterações na fauna de anelídeos poliquetos da Praia do Saco da Ribeira, Ubatuba—SP. Anais I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Dueste Brasileira — Síntese dos Conhecimentos. Publ. ACIESP, São Paulo, 3 (54): 244-257.

----- . E.H. Morgado, P.P. Lopes, L.F. Belúcio, F.P.P. Leite, & C.P. Ferreira, 1990. Composition and distribution of the intertidal macrofauna on sandy beaches on São Paulo coast. Anais II Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira — Estrutura, Função e Manejo. Publ. ACIESP. São Paulo, 3 (71): 258-279.

Burdon Jones, C. 1962. The feeding mechanisms of *Balanoglossus gigas*. Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo, Zool., 24: 255-280.

Chaves, E.A. 1979. Principios metodológicos para la evaluación del impacto ambiental en especies acuáticas. Resúmenes VI Simposio Latinoamericano de Oceanografía Biológica, Costa Rica, 6: 90-91.

Dexter, D.M. 1983. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. In A. McLachlan and T. Erasmus (eds), Sandy Beaches as Ecosystems. The Hague, Junk, pp. 461-472.

Ditadi, A.S.F. 1967. Ocorrência de *Lissomyema mellita* (Echiura) no litoral de São Paulo. Ciênc. Cul., São Paulo, 19: 439-440.

----- . 1969. Contribuição ao Estudo da Ecologia e Fisiologia de *Lissomyema exiliü* (F. Müller, 1883) (Echiura). Tesis, Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 128 pp.

Eagle, R.A. & E.I.S. Rees, 1973. Indicator species a case for caution. Mar. Poll. Bull., 44 (2): 25.

Gambi, M.C. & A. Giangrande, 1986. Distribution of soft-bottom polychaetes in two coastal areas of the Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. Estuarine, coastal and Shelf Science, 23: 847-862.

Gaston, G.R. 1987. Benthic polychaeta of the middle Atlantic Bight: feeding and distribution. Mar Ecol. Prog. Ser., 36: 251-262.

Gray, J. 1981. The Ecology of Marine Sediments. Cambridge University Press — London, 185 pp.

Hily, C. & M. Glémarec, 1986. Polychaetes as biological indicators to measure organic enrichment. 2nd. International Polychaete Conference Copenhagen: 108.

Knox, G.A. 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. In D. Reish and K. Fauchald (eds), Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman. Los Angeles. Allan Hancock Fdn., pp. 547-604.

- Lana, P.C. 1981. Padrões de Distribuição e Diversidade Específica de Anelídeos Poliquetos na Região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Tesis, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 111 pp.
- Mazurkiewicz, M. 1975. Larval development and habitats of *Laeonereis culveri* (Webster) (Polychaeta: Nereidae). Biol. Bull. Mar. Lab. Woods Hole, 149: 186-204.
- McLachlan, A. 1983. Sandy beach ecology — a review. In A. McLachlan and R. Erasmus (eds.), Sandy Beaches as Ecosystems. The Hague, Junk, pp. 321-380.
- Morgado, E.H. 1988. Anelídeos Poliquetos do Sublitoral da Região de Ubatuba—SP, compreendida entre as Ilhas Achieta e Vitória. Tesis, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, 181 pp.
- Pearson, T.H., & R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 16: 229-311.
- Petersen, J.A. 1965. Contribuição para o conhecimento da Ecologia e Fisiologia de Enteropneustos do Brasil, com Descrição de uma Nova Espécie, *Willyea poya* sp.n. Tesis, Universidade de São Paulo, Fac. Fil. Ciênc. Letr., 97 pp.
- Rodriguez, S. de A. 1971. Mud shrimps of the genus *Callinassa* Leach from the Brazilian coast (Crustacea, Decapoda). Arq. Zool., São Paulo, 20 (3): 191-223.
- Sanders, H.L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III The structure of the soft-bottom community. Limnol. Oceanogr., 5: 138-153.
- Solís-Weiss, V. 1982. Estudio de las poblaciones macrobénticas en áreas contaminadas de la Bahía de Marsella (Francia). An. Inst. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton., México, 9 (1): 1-18.
- Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. Blucher/EDUSP, São Paulo, 312 pp.
- Weber, R.R. & M.C. Bicego, 1987. Distribuição e origem dos hidrocarbonetos parafínicos de sedimentos de superfície da costa do Estado de São Paulo entre Ubatuba e Cananéia. Anais I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira — Síntese dos Conhecimentos. Publ. ACIESP, 2 (54): 307-336.
- Whitlatch, R.B. 1980. Patterns of resources utilization and coexistence in marine intertidal deposit-feeding communities. J. Mar. Res., 38 (4): 743-765.

TRES NUEVAS ESPECIES DE *ATELOPUS* A.M.C. DUMERIL & BIBRON 1841 (AMPHIBIA: BUFONIDAE) DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA

por

Pedro M. Ruiz-Carranza*, María Cristina Ardila-Robayo* & Jorge I.
Hernández-Camacho**

Resumen

Ruiz-C. P.M., M.C.Ardila-R., & J.I.Hernández-C.: Tres nuevas especies de *Atelopus* A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 153 - 163, 1994. ISSN 0370-3908.

Se describen y nominan tres nuevas especies endémicas de *Atelopus* de las partes altas de la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, N de Colombia: *A.laetissimus* y *A.nahumae*, de la Cuchilla de San Lorenzo, 1900m. y *A.leoperezii* de la Serranía de Cebolleta, 3400m., ninguna de ellas aparentemente relacionadas entre sí o con especies previamente conocidas. Así se considera el Macizo como un centro secundario de diversificación del género *Atelopus*. Se discute el posible origen y los procesos que llevan a su establecimiento en la Sierra Nevada de Santa Marta, procedentes de la Serranía adyacente de Perijá.

Palabras clave. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Atelopus*, nuevas especies, taxonomía, biogeografía, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Abstract

Three new endemic species of the genus *Atelopus* are nominated and described from the highlands of the Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, northern Colombia (*A.laetissimus* and *A.nahumae* from the Cuchilla de San Lorenzo, 1900m. and *A.leoperezii* from the Serranía de Cebolleta, 3400m.) none of which are closely related among them or with previously know species. With these additions the Sierra Nevada de Santa Marta has five species of this genus and consequently this area appears as a significant secondary center for the diversification of *Atelopus*. A discussion is included about the possible origin of that process and it is provisionally concluded that the original populations become established in this area after more of one successful invasion coming from Perijá range, followed perhaps by events of geographic speciation into the Santa Marta Massif.

Key words. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Atelopus*, nuevas especies, taxonomía, biogeografía, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Introducción

El género *Atelopus* presenta una amplia distribución altitudinal (prácticamente desde el nivel del mar hasta los 4800m.) siendo quizás, dentro de los Anura, el género con mayor tolerancia térmica y altitudinal, ya que ésta última equivale a ca 28°C (temperaturas medias del

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

Director Científico Unidad de Investigaciones Federico Medem (UNIFEM), División Fauna, Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente-INDERENA, Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

aire). La opción para establecer tan amplio rango altitudinal se relaciona con un proceso adaptativo dentro del cual descuellan las adaptaciones larvianas hacia ambientes acuáticos cf. Ruiz-C., 1980. No obstante en la tolerancia anotada, no existen especies conocidas representantes de este género en áreas de sabanas naturales con selvas riparias o freatófitas que bordeen cursos de agua permanentes o transitorios, como tampoco en áreas con bosques caducifolios (o higrofiticos) isomegatérmicos como los que caracterizan, además en gran parte, la planicie litoral del norte de Colombia.

Lo anterior contribuye a poner de relieve la significación ecológica y evolutiva de la presencia de especies endémicas de *Atelopus* en el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, aislado dentro de la planicie litoral Caribe con un hábitat al menos actualmente inhóspito tanto para especies de *Atelopus* como para especies de muchos otros géneros de animales y plantas que exhiben preferencias marcadamente higrófilas.

Hasta ahora para el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, tan sólo se han registrado dos especies del género *Atelopus*: *A. carrikeri* Ruthven, 1916 (*loc. typ.*: Páramo de Macotama, 2350-4410m) y *A. walkeri* Rivero, 1963 (*loc. typ.*: Don Diego, = "heights east of San Miguel, 6000-7000 ft." *vide Walker in Rivero*, 1963: 119, nota al pie). El hallazgo de tres especies indescritas provenientes del citado macizo, motiva el presente artículo.

Como acrónimos se han utilizado los siguientes: ICN= Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, Colombia; UTM= Universidad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta, Colombia. Además se han empleado las abreviaturas *sensu* Ruiz-C. & Osorno-M., en la misma entrega de esta revista.

Atelopus nahumae sp. nov. Figs. 1A, 2A, 3A

Holotipo. Hembra adulta coleccionada por Pedro M. Ruiz-C. & Gonzalo Aguirre, octubre 5 de 1970, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 00439.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento del Magdalena, Municipio de Santa Marta, vertiente SE de la Cuchilla de San Lorenzo, al SW de la estación Forestal de San Lorenzo, sector NW Sierra Nevada de Santa Marta, ca. 11° 11' latitud N, 74° 3' longitud W de Greenwich, 1900m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 0440, 444, hembras ICN 430, 432, coleccionados con el holotipo; machos ICN 4002-6, coleccionados por P.M. Ruiz-C., abril 11 de 1977.

Parátipos. Ejemplar macho adulto: Departamento del Magdalena, municipio de Ciénaga, corregimiento San Pedro de la Sierra, Cuchilla Cebolleta, col. L. Pérez, mayo 27 de 1992, 2000-2800m., UTM 027 (ex ICN 32428).

Etimología. El epíteto específico alude a *Nahumae*, personaje épico de las etnias supérstites (Arsario, Ika y

Kogi) de la Sierra Nevada de Santa Marta, quien cumplió gran labor en el desarrollo de la cultura aborigen en la región donde se ubica la localidad típica.

Diagnosis. Una especie del género *Atelopus* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) adultos de tamaño grande, longitud rostro-urostilar hasta 51.0mm en 4 hembras y 37.16mm en 7 machos; 2) miembros posteriores de moderada longitud (LT equivalente al 36.04-44.66 de la LRU y la LF al 36.92-43.77% de la LRU); 3) fórmula falangeal manual: 2-2-3-3, palmeadura vestigial; 4) pie con dedos I, II, III completamente palmeados, las falanges distales del IV con fino reborde lateral; 5) rostro acuminado o subacuminado, proyectándose considerablemente por delante del nivel anterior de la mandíbula; 6) tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes. 7) piel de las superficies dorsales lisa con gránulos, tubérculos pequeños cónicos y verrugas pequeñas en la región timpánica, en brazo-antebrazo y flancos, o sin ellos; 8) procesos neurales vertebrales pronunciados, que forman fina cresta continua y visible exteriormente; 9) color dorsal *in vivo* uniforme y completa o parcialmente café oscuro, café claro, punteado o no de café, una X grande café en región supraescapular, algunos con línea vertebral completa café oscuro.

Su mayor palmeadura pedial, la textura de la piel, la mayor elongación del rostro, los procesos neurales vertebrales pronunciados, que forman fina cresta continua visible exteriormente, hacen diferenciable esta especie.

Descripción de la serie típica. Porte más bien esbelto; longitud rostro-urostilar 45.18-51.0mm (\bar{x} =47.25mm, S=2.667, n=4) en hembras y 32.42-37.16mm (\bar{x} =35.87mm, S=1.742, n=7) en machos, la anchura cefálica equivale al 24.55-28.24% (\bar{x} =26.92%, S=1.626, n=4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 29.13-31.93% (\bar{x} =30.59%, S=1.164, n=7) en machos, y al 84.71-88.73% (\bar{x} =84.77%, S=4.101, n=4) de la longitud cefálica en hembras y 85.15-92.42% (\bar{x} =87.97%, S=2.780, n=7) en machos; la longitud cefálica equivale al 31.02-32.47% (\bar{x} =31.74%, S=0.596, n=4) de la longitud rostro urostilar en hembras y al 33.24-35.9% (\bar{x} =34.45%, S=1.219, n=7) en machos. Rostro acuminado, prolongado por delante de la arcada mandibular, con carina amplia entre el extremo apical y el labio superior. Mandíbula se extiende algo por delante de las narinas externas. *Canthi rostrales* angulares, algo gruesos, con bordes laterales casi rectos en vista dorsal, convergen anteriormente hacia las narinas, luego de formar sendos ángulos ampliamente obtusos que se prolongan hasta el borde anterior del rostro. Párpado superior con borde externo algo engrosado. Superficie dorsal de la cabeza plana a ligeramente cóncava. Narinas externas poco prominentes, laterales, con aperturas dirigidas posteroventralmente, situadas más cerca del extremo del rostro que del ángulo anterior de la órbita; diámetro anteroposterior de la órbita equivalente al 53.33-65.45% (\bar{x} =59.87%, S=5.174, n=4) de la distancia ojo-rostro en hembras y al 64.15-71.74% (\bar{x} =68.09%, S=3.207, n=7) en machos y al 88.89-97.14% (\bar{x} =93.86%, S=3.513, n=4) de la distancia ojo-narina en hembras y 117.24-137.5%

(\bar{x} =128.03%, S=7.924, n=7) en machos. Región loreal algo cóncava, vertical. Tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes. Crestas supratimpánicas protuberantes. Narinas internas ovaladas, pequeñas, lateralmente cubiertas en parte por la lámina ósea palatal, ampliamente separadas entre sí, maxila, prevómeres y paladar edéntulos. Lengua espatulada, sin escotadura aparente, libre en su 1/3 posterior. Glándulas paratoideas no evidenciables. Machos sin hendiduras vocales.

Miembro anterior en hembras largo y delgado, en machos más corto y robusto, antebrazo en machos adultos bastante muscular. Dedos manuales delgados, largos, extremos algo dilatados ventralmente, con palmeadura basal muy vestigial. *Pollex* en machos adultos con excrecencia nupcial muy desarrollada que cubre toda la superficie expuesta del dedo I, cornificada, tapizada de abundantes y diminutas espínulas. Tubérculos subarticulares manuales redondos, pequeños, sencillos, *thenar* redondo, poco definido, dos veces el tamaño del palmar en cual es grande, plano, redondo. Palmeadura basal interdigital manual muy vestigial en hembras y en machos.

Miembros posteriores moderadamente robustos; longitud tibial equivalente al 36.04-39.02% (\bar{x} =37.88%, S=1.291, n=4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 41.12-44.66% (\bar{x} =42.48%, S=1.155, n=7) en machos, y al 89.62-101.72% (\bar{x} =96.6%, S=5.054, n=4) de la longitud femoral en hembras y 97.53-103.3% (\bar{x} =100.91%, S=2.060, n=7) en machos. Cuando los muslos permanecen perpendiculares al plano sagital del cuerpo y las piernas se flejan hacia atrás los talones se sobrepone levemente en los machos y en las hembras; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón alcanza el nivel posterior de la órbita en los machos y algo menos en hembras; cuando el miembro anterior se halla flexado hacia atrás y el posterior hacia adelante, codos y rodillas se sobrepone algo en machos y distan considerablemente de hacerlo en hembras. Longitud femoral equivale al 36.92-42.87% (\bar{x} =39.3%, S=2.542, n=4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 40.15-43.77% (\bar{x} =42.10%, S=1.323, n=7) en machos. Rodillas, talones y tarso sin pliegues; tubérculo metatarsal interno ovalado, aplanado, de tamaño pequeño, tubérculo metatarsal externo subcónico, su diámetro alcanza ca 1/2 de la longitud del interno. Tubérculos subarticulares sencillos poco definidos, redondos, algo aplanados. Dedos algo dilatados en sus extremos ventralmente. Pie de moderado tamaño, su longitud equivale al 41.39-42.1% (\bar{x} =41.79%, S=0.364, n=3) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 42.2-45.4% (\bar{x} =43.80%, S=1.180, n=7) en machos. Palmeaduras interdigitales delgadas, dedos I, II, III completamente palmeados, el IV 1/3 palmeados con alguna variabilidad.

Fórmula falangeal manual 2-2-3-3, dedos I<II<IV<III, *prepollex* compuesto por un elemento óseo delgado.

Piel de las superficies dorsales lisa, brazos, con tubérculos pequeños, cónicos y verrugas adicionales en región timpánica, brazo, antebrazo y flancos, o sin ellos;

ventralmente areolada. Abertura de la cloaca situada a nivel medio de los muslos, dirigida posteriormente, con infundíbulo cloacal corto y grueso.

Coloración *In vivo*. Dorsalmente uniforme y completa o parcialmente café oscuro o crema, o sobre éste densas puntuaciones agrupadas o no en forma de una X grande en la región escapular, algunos con línea vertebral completa o incompleta, café oscuro. Ventralmente amarillo o crema en el vientre con densas puntuaciones o moticas café en los machos, en las hembras con manchas difusas, dicontinas café oscuro en gula, pecho y vientre; palmas y plantas crema.

Coloración en etanol 70%. La coloración descrita *in vivo*, se atenúa en el líquido preservativo.

Dimensiones del holotipo (en mm). Longitud rostro-urostilar 47.32, longitud cefálica 14.98, anchura cefálica 12.96, longitud femoral 18.47, longitud tibial 18.0, longitud del pie 19.82, diámetro anteroposterior de la órbita 3.6, distancia ojo-narina 3.8, distancia ojo-extremo rostral 5.8, distancia entre narinas 4.7, anchura interorbital 5.2, anchura párpado superior 2.7.

Atelopus laetissimus sp.nov. Figs. 1B, 2B, 3B

Holotipo. Hembra adulta coleccionada por *Pedro M. Ruiz-C & Gonzalo Aguirre*, octubre 5 de 1970, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 00410.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento del Magdalena, Municipio de Santa Marta, vertiente SE de la Cuchilla de San Lorenzo, al SW de la estación Forestal de San Lorenzo, sector NW Sierra Nevada de Santa Marta, ca. 11° 11' latitud N, 74° 3' longitud W de Greenwich, 1900m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 0415, 0417-8, 0420 coleccionados con el holotipo; ICN 1196, 1199, 33734-7 coleccionados por *P.M. Ruiz-C., M. de Ruiz, F. Flórez*, julio 27 de 1972.

Parátipos. Ejemplares machos adultos: Departamento del Magdalena, municipio de Ciénaga, corregimiento San Pedro de la Sierra, col. *P.M. Ruiz-C., et al*, mayo 24 de 1975, 2400m., ICN 2901; Cuchilla Cebolleta, col. *L. Pérez*, mayo 27 de 1992, 2000-2500m., UTM 025-6 (ex ICN 32471-2); municipio de Santa Marta, alto valle del Río Buritaca, col. *O. Rangel*, agosto 13 de 1977, 2880m., ICN 3422.

Etimología. El epíteto específico se deriva del latín *laetus* (= alegre) por referencia al colorido vívido del tegumento de esta especie, en contraste con el de las otras especies de la zona.

Diagnosis. Una especie del género *Atelopus* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) adultos de gran tamaño, longitud rostro-urostilar (LRU) hasta 54.4mm en una hembra y 39.1mm en 14 machos; 2) miembros posteriores de moderada longitud (LT equivalente al 41.54-48.3% de la LRU y LF al 39.98-45.82% de la LRU; 3) fórmula falangeal manual: 2-2-3-

3, palmeadura vestigial; 4) pie con dedos I, II y III completamente palmeados, IV y V, 1/3 palmeados; 5) rostro subacuminado con moderada proyección por delante de la mandíbula; 6) tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes; 7) piel de la superficie dorsal anterior de la cabeza lisa; tronco, flancos y superficies expuestas de los miembros granulares a fuertemente verrugosos, con hilera dorsolateral completa de verrugas; 8) *in vivo* dorsalmente una X grande oscura se extiende del párpado hasta la escápula y 1-2 ^ troncales sobre fondo de color variado, ventralmente moteado o punteado o con vermiculaciones café oscuro sobre crema, oliva o ferruginoso; 9) larvas de tamaño moderado (cf. *A. leoperezii*), cuerpo trapezoide, dorsalmente negro y amarillento hacia los márgenes con escasas motas negras en la base de la cola, aletas caudales con puntuaciones negras escasas y dispersas.

Su tamaño grande, su textura verrugosa con pliegue dorsolateral conspicuo, su variado colorido, su palmeadura pedial, y las características de las larvas lo hacen diferenciable fácilmente de otras especies del género.

Descripción de la serie típica. Porte moderadamente esbelto; longitud rostro-urostilar 54.4mm en una hembra y 35.2-39.1mm (\bar{x} = 37.06mm, S= 1.039, n=14) en los machos; cabeza tan ancha como el cuerpo, la anchura cefálica equivale al 31.25% de la longitud rostro-urostilar en la hembra y al 30.09-33.79% (\bar{x} =31.3%, S=1.170, n=14) en machos, al 93.92% de la longitud cefálica en la hembra y al 85.29-96.25% (\bar{x} =89.1%, S= 3.043, n=14) en machos; la longitud cefálica equivale al 33.27% de la longitud rostro-urostilar en la hembra y al 33.6-37.64% (\bar{x} =35.15%, S=1.142, n=14) en machos. Rostro en aspecto dorsal subacuminado en la hembra, algo más agudo en los machos, de aspecto lateral oblicuamente descendente en sentido posteroventral, moderadamente prolongado por delante del borde anterior de la mandíbula, con leve carina medial ventral algo pronunciada, el borde anterior de la mandíbula alcanza el nivel de las narinas externas. *Canthi rostrales* pronunciados, obtusamente angulosos en aspecto dorsal, romos. Párpado superior con borde lateral verrugoso, muy pronunciado, que se continúa sobre la cresta supratimpánica y dorsalmente sobre el tronco por una hilera de glándulas redondeadas a veces cuadrangulares para terminar a nivel de las ingles (eventualmente de color más claro). Cerca de la superficie dorsal de la cabeza (ca 1/2 anterior), algo cóncava anteroposteriormente y con piel lisa; un surco medial longitudinal fino que alcanza la región interorbital puede estar presente. Narinas externas poco prominentes, laterales, situadas más cerca del extremo del rostro que del ángulo anterior de la órbita, diámetro anteroposterior de la órbita equivalente al 58.11% de la distancia ojo-rostro en la hembra y al 53.33-70.37% (\bar{x} =60.9%, S=4.451, n=14) en machos, al 89.58% de la distancia ojo-narina en la hembra y 94.59-126.67% (\bar{x} =107.0%, S=8.571, n=15) en machos. Borde interno de la supraescápula algo prominente exteriormente en la mayor parte de los individuos examinados. Región loreal cóncava. Tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes. Crestas supratimpánicas poco prominentes. Narinas internas pequeñas circulares, am-

pliamente separadas entre sí, situadas casi a nivel del borde interno de la maxila; maxila, prevómeres y paladar edéntulos. Lengua espatulada, extremo anterior más angosto que el posterior, sin escotadura aparente, libre en su 1/3 posterior. Machos sin hendiduras vocales.

Miembro anterior en la hembra esbelto, antebrazo bastante robusto en machos. Dedos manuales cilíndricos, más bien largos, con extremos redondeados y algo dilatados ventralmente, con palmeadura basal apenas vestigial, algo engrosada entre los dedos I y II. *Prepollex* no discernible exteriormente. *Pollex* en machos adultos con excrecencia nupcial como un parche que sólo deja el borde anterior del dedo I libre, además pequeñas manchas en el borde interno y base del dedo II en algunos ejemplares, tapizada de diminutas espículas cornificadas. Tubérculos subarticulares manuales redondos, bien diferenciados, sencillos o dobles, *thenar* ovalado, con diámetro ca. del doble del diámetro del palmar, éste es ovalado a redondeado y aplanado. Tubérculos palmares supernumerarios granulares, pequeños, bien diferenciados.

Miembros posteriores algo robustos; longitud tibial equivalente al 41.54% de la longitud rostro-urostilar en la hembra y al 42.35-48.3% (\bar{x} =45.74%, S=1.599, n=14) en machos, y al 41.54% de la longitud femoral en la hembra y 93.37-108.8% (\bar{x} =104.1%, S=4.184, n=14) en machos. Cuando los muslos permanecen perpendiculares al plano sagital del cuerpo y las piernas se flejan hacia adentro, los talones casi contactan entre sí en los machos y algo se sobreponen en la hembra; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón alcanza el nivel de la axila en la hembra y la parte posterior de la órbita en machos; cuando el miembro anterior se halla flexado hacia atrás y el posterior hacia adelante, codos y rodillas alcanzan a sobreponerse en machos y distan considerablemente de hacerlo en la hembra. Longitud femoral equivalente al 39.98% de la longitud rostro-urostilar en la hembra y al 42.17-45.82% (\bar{x} =43.9%, S=1.382, n=14) en machos. Rodillas, talones y tarso sin pliegues; tubérculo metatarsal interno ovoide, aplanado, de tamaño moderado, tubérculo metatarsal externo subcónico, su diámetro alcanza la 1/2 de la longitud del interno. Tubérculos subarticulares plantares sencillos o dobles, algo aplanados, los proximales de mayor tamaño que los distales. Tubérculos plantares supernumerarios abundantes, granulares, bien diferenciados, pequeños. Dedos en sus extremos algo dilatados ventralmente. Pie grande, su longitud equivale al 47.65% de la longitud rostro-urostilar en la hembra y al 45.65-51.16% (\bar{x} =47.9%, S=1.744, n=14) en machos. Palmeaduras interdigitales algo más gruesas en la hembra, que en los machos, dedos I, II y III completamente palmeados, IV y V apenas 1/3 palmeados con alguna variabilidad individual.

Fórmula falangeal manual 2-2-3-3, dedos I<II<IV<III, *prepollex* compuesto por un elemento. Fórmula falangeal pedial 2-2-3-4-3, *prehallux* con 2 elementos, extremos distales de las falanges manuales y pediales globosos.

Piel de las superficie dorsal anterior de la cabeza lisa, Tronco, miembros, flancos, con gránulos, tubércu-

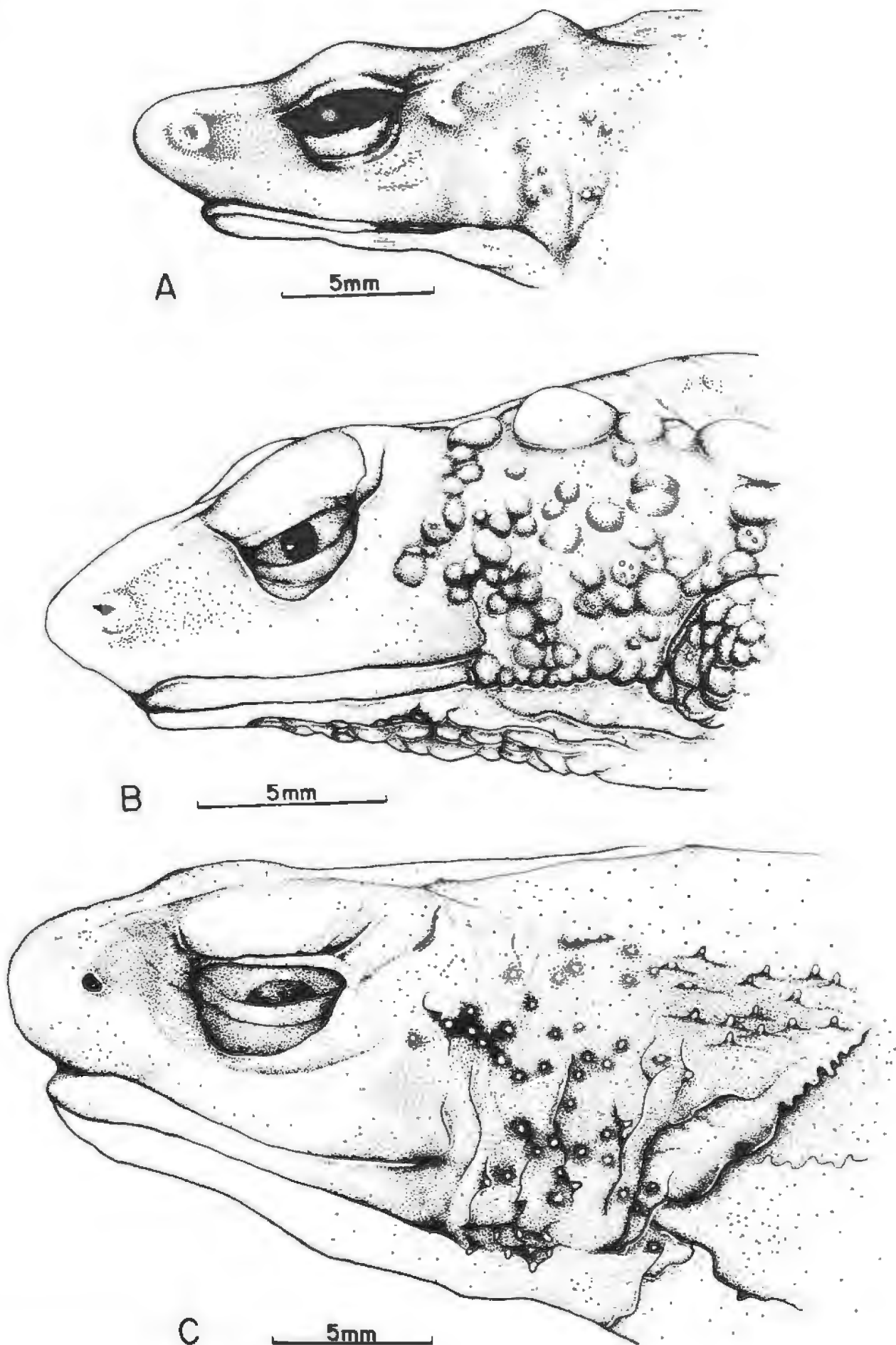


Figura 1. Aspecto lateral de las cabezas de: A) *Atelopus nahumae* sp. nov., holótipo ICN 0439, hembra adulta LRU= 47.32mm; B) *A. laetissimus* sp. nov., holótipo ICN 0410, hembra adulta LRU= 54.4mm.; C) *A. leoperezi* sp. nov., paratopótipo ICN 2988, hembra adulta LRU= 54.0mm.

los, o verrugas, éstas particularmente abundantes en la región timpánica, en el rictus y en la superficie posterior de los muslos; del párpado superior a la ingle, una hilera dorsolateral de verrugas glandulares grandes, redondeadas o angulares forman un pliegue bastante conspicuo; gula, pecho y vientre anterior con gránulos y tubérculos pequeños, moderadamente esparcidos, posteriormente areolado, granuloso. Abertura de la cloaca situada a nivel medio de los muslos, dirigida posteriormente, con infundíbulo cloacal corto, grueso.

Coloración *In vivo*. Dorsalmente verde oliva, oliva amarillento u ocre con manchas, un diseño en forma de X grande bien delimitado se dibuja sobre los párpados superiores y la supraescápula y junto con los diseños troncales en forma de ^, son café oscuro. Ventralmente oliva, crema o ferruginoso con manchas, motas o vermiculaciones verde claro, lila pálido o café. Flancos, y lados de la cabeza café vináceo. Área circumcloacal café oscuro. Miembros posteriores con interespacios angostos claros que separan amplias barras más oscuras, éstas de colorido similar al del tronco. Peritoneo parietal, testicular y otros, claros. Parte interna de la mano y el pie de color crema.

Coloración en etanol 70%. Dorsalmente verde amarillento, verde oliva, gris verdoso, café claro con gránulos o verrugas café oscuro a negro, la X y la ^ descritas *in vivo* son café. Superficies laterales de cabeza y flancos troncales café. Ventralmente crema con o sin manchitas, motas o vermiculaciones café. Toda la serie típica con otros colores algo más desvanecidos que los descritos *in vivo*.

Dimensiones del holotipo (en mm). Longitud rostro-urostilar 54.4, longitud cefálica 18.1, anchura cefálica 17.0, longitud femoral 21.75, longitud tibial 22.6, longitud del pie 25.92, diámetro anteroposterior de la órbita 4.3, distancia ojo-narina 4.8, distancia ojo-extremo rostral 7.4, distancia entre narinas 6.2, anchura interorbital 6.2, anchura párpado superior 4.6.

Atelopus leoperezii sp.nov Figs. 1C, 2C, 3C

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por León Pérez-C., Mayo 27 de 1992, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales- Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 32430.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento del Magdalena, Municipio Ciénaga, Serranía de Cebolleta al E de San Pedro de la Sierra, flanco NNW de la Sierra Nevada de Santa Marta, 10° 54' latitud N, 74° 03' longitud W de Greenwich, 3400m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 33728-9, 33730 (esqueleto coloreado), hembras ICN 32431, 32468-70, UTM 028 (ex ICN 33727), coleccionados con el holotipo por L. Pérez & E. Carbonó; hembras ICN 2986-88, coleccionadas por P.M. Ruiz-C. et al., mayo de 1976.

Etimología. Nos complace dedicar esta nueva especie al profesor León Pérez Carmona, de la Universi-

dad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta, por su invaluable colaboración y empeño en la obtención de la mayor parte de la serie típica.

Diagnosis. Una especie de *Atelopus* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) adultos de gran tamaño, y cuerpo muy robusto, longitud rostro-urostilar hasta 56.5mm en 7 hembras y 46.7mm en 3 machos; 2) miembros posteriores de moderada longitud (LT equivalente al 35.4-41.2 de la LRU y la LF al 35.93-42.6x% de la LRU; 3) mano sin palmeadura, fórmula falangeal manual: 2-2-3-3; 4) pie con dedos I-II completamente palmeados, II-III-IV 1/2 palmeados y IV-V 1/3 palmeados; 5) rostro poco proyectado por delante del extremo anterior de la mandíbula, redondeado en aspecto lateral; 6) tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes; 7) piel de todas las superficies dorsales lisa, muy gruesa, regiones timpánica, escapular, flancos, brazo y antebrazo con abundantes verrugas pequeñas o con gránulos espiculados o no, ventralmente areolada o rugosa; 8) crestas craneales no exostosadas; 9) colorido general *in vivo* de las superficies dorsales negro, gris plomizo u oliváceo con pequeñas manchas difusas variables, amarillo o con puntuaciones densas de color ocre, o el colorido general amarillento ocre con manchas difusas o puntuaciones negras, plomizo u oliváceas; 10) larvas con tamaño grande (aproximadamente el doble de la longitud de las especies conocidas), con cuerpo ovalado, dorsalmente densamente punteado de negro intenso, cola basalmente algo pedunculada, con abundantes manchas negras sobre la zona muscular, aletas con algunas motas negras laterales.

Su gran tamaño corporal, la gran corpulencia de su habitus, la textura de su piel, su apagado colorido, su palmeadura pedial, y las características de las larvas, lo hacen fácilmente diferenciable.

Descripción de la serie típica. Porte bastante robusto, longitud rostro-urostilar 51.82-56.5mm ($x=54.61$ mm, $S=1.812$, $n=7$) en hembras y 41.1-46.7mm ($x=43.51$ mm, $S=2.901$, $n=3$) en machos, cabeza menos ancha que el cuerpo; la anchura cefálica equivale al 28.67-31.91% ($x=30.74$ %, $S=1.114$, $n=7$) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 31.16-34.27% ($x=32.85$ %, $S=1.569$, $n=xx$) en machos, y al 90.1-97.29% ($x=94.9$ %, $S=2.434$, $n=7$) de la longitud cefálica en hembras y 92.39-97.1% ($x=94.59$ %, $S=2.361$, $n=3$) en machos; la longitud cefálica equivale al 31.2-33.74% ($x=32.39$ %, $S=0.803$, $n=7$) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 33.73-35.30% ($x=34.71$ %, $S=0.853$, $n=3$) en machos. Rostro subacuminado, poco se prolonga por delante de la arcada mandibular. *Canthi rostrales* redondeados, gruesos, de bordes laterales cóncavos en vista dorsal, convergen anteriormente en las narinas, luego de formar sendos ángulos ampliamente obtusos que se prolongan hasta el borde anterior del rostro. Párpado superior con borde externo grueso. Superficie interorbital plana, sin crestas craneales, exteriormente discernibles, glándulas paratoideas no diferenciadas. Superficie dorsal de la cabeza ligeramente plana a ligeramente cóncava en sentido anteroposterior. Narinas externas poco prominentes, laterales, con aperturas de dirección oblicua

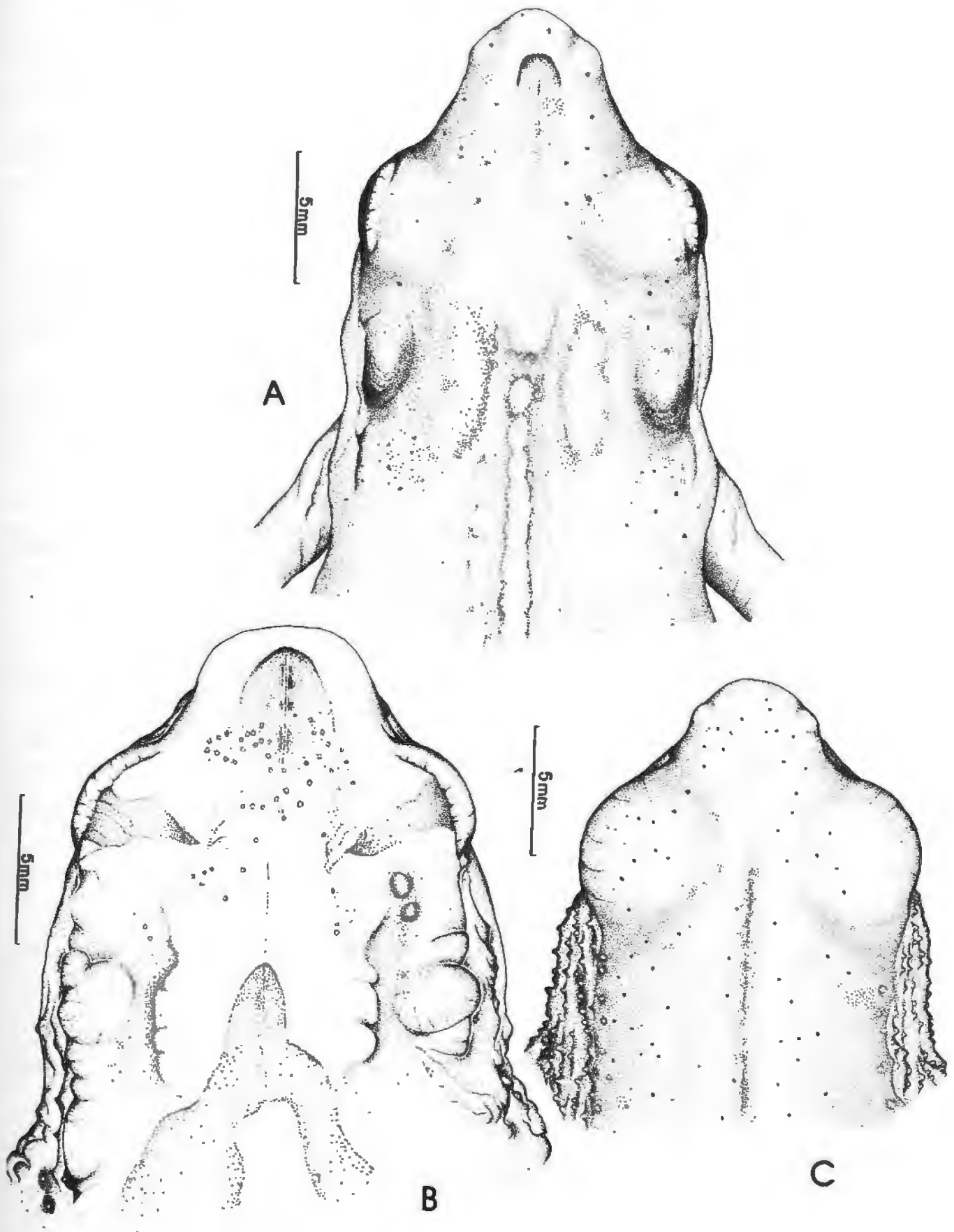


Figura 2. Aspecto dorsal de las cabezas de: A) *Atelopus nahumae*, holotipo ICN 0439; B) *A. laetissimus*, holotipo ICN 0410; C) *A. leoperezii*, paratopónimo ICN 2988.

anterodorsal-posteroventral, situadas más cerca del extremo del rostró que del ángulo anterior de la órbita; diámetro anteroposterior de la órbita equivalente al 52.17-64.29% (\bar{x} =57.04%, S=4.801, n=6) de la distancia ojo-rostró en hembras y al 61.4-72.22% (\bar{x} =65.97%, S=5.603, n=3) en machos y al 82.93-95.0% (\bar{x} =90.29%, S=4.240, n=6) de la distancia ojo-narina en hembras y al 100.0-121.88% (\bar{x} =110.32%, S=10.322, n=3) en machos. Región loreal cóncava. Tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes. Narinas internas circulares, pequeñas, ampliamente separadas entre sí, situadas a nivel del borde interno de la arcada maxilar; maxila, prevómeres y paladar edéntulos. Lengua espatulada, extremo anterior más angosto que el posterior, sin escotadura aparente, libre en sus 2/3 posteriores. Machos sin hendiduras vocales.

Miembro anterior en hembras largo y delgado, en machos antebrazo bastante robusto y musculoso. Dedos largos y delgados, bien cilíndricos, excepto el I que es muy amplio, grueso y corto, algo incurvado en machos y recto en hembras, con extremos distales libres, dilatados ventralmente, con palmeadura muy vestigial entre los dedos I y II. *Prepollex* no discernible externamente, recubierto en machos adultos por un parche de excrescencias cornificada (con abundantes espínulas diminutas café) que cubren toda la superficie expuesta del dedo I. *Pollex* en machos adultos con excrescencia nupcial que cubre toda la superficie expuesta del dedo I, cornificada, tapizada de abundantes y diminutas espínulas. Tubérculos subarticulares manuales grandes, sencillos o dobles, prominentes, los supernumerarios abundantes y pequeños que confieren a la palma un aspecto rugoso o granular, *thenar* ovalado a redondeado, algo prominente, ligeramente más largo que ancho, palmar subcónico, pequeño. Palmeadura basal interdígital manual vestigial en hembras y en machos. Tubérculos palmares grandes de contorno redondo, casi planos, el basal doble y de mayor tamaño, los supernumerarios abundantes y pequeños, confieren a la palma un aspecto rugoso o granular.

Miembros posteriores bastante robustos; longitud tibial equivalente al 35.4-38.82% (\bar{x} =36.97%, S=1.118, n=7) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 36.13-41.2% (\bar{x} =39.36%, S=2.806, n=3) en machos, al 98.15-99.39% (\bar{x} =98.54%, S=0.774, n=3) de la longitud femoral en hembras y al 95.66-99.27% (\bar{x} =97.13%, S=1.896, n=3) en machos. Cuando los muslos permanecen perpendiculares al plano sagital del cuerpo y las piernas se flejan completamente los talones casi entran en contacto en machos y hembras; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el tubérculo metatarsal interno llega a nivel del hombro en hembras y casi a nivel del ángulo anterior de la órbita en machos; cuando el miembro anterior se halla flexado hacia atrás y el posterior hacia adelante, codos y rodillas apenas si contactan en machos y distan considerablemente de hacerlo en hembras. Longitud femoral equivale al 35.93-39.14% (\bar{x} =37.52%, S=0.983, n=7) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 37.46-42.6% (\bar{x} =40.52%, S=2.709, n=3) en machos. Rodillas, talones y tarso sin pliegues; tubérculo metatarsal interno ovoide, aplanado, de tamaño mo-

derado, tubérculo metatarsal externo subcónico, su diámetro alcanza la 1/2 de la longitud del interno. Tubérculos subarticulares plantares redondos, sencillos, más pequeños que los correspondientes manuales. Tubérculos plantares supernumerarios de mediano tamaño. Superficie plantar rugosa. Dedos con extremos algo dilatados ventralmente. Pie grande, su longitud equivale al 43.34-48.26% (\bar{x} =46.11%, S=1.581, n=7) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 44.95-48.3% (\bar{x} =46.69%, S=1.677, n=3) en machos. Palmeaduras interdígitalas gruesas, dedos I, II completamente palmeados, II-IV 1/2 palmeados, V 1/3 palmeado.

Fórmula falangeal manual 2-2-3-3, longitud de los dígitos I<II<IV<III, prepollex compuesto por un elemento óseo. Fórmula falangeal pedial 2-2-3-4-3, prehallux con 2 elementos, extremos distales de las falanges globosos.

Piel de las superficies dorsales lisa, gruesa, tachonada casi uniformemente de diminutos poros de una tonalidad negra, más intensa que en la piel circundante; verrugas pequeñas abundantes en la parte posterior lateral de la cabeza; superficie dorsal del antebrazo, superficie lateral posterior de la gula y en menor cantidad en los flancos desde la axila a la ingle, espiculadas o no, granulares o con gránulos espiculados y región sacra verrugosa en algunos ejemplares; gula, pecho, vientre areolados o rugosos; región posteroventral de los muslos con abundantes verrugas gruesas y toscas, de mayor tamaño, confluentes en su mayor parte. Abertura de la cloaca situada a nivel medio superior de los muslos, dirigida ventralmente, con infundíbulo cloacal cilíndrico.

Coloración *In vivo*. Dorsal y ventralmente uniformemente negro a gris oscuro, algunos ejemplares presentan motas difusas o áreas mal delimitadas, densamente punteadas de color ocre o amarillo citrino en el tronco y los flancos; palmas y plantas uniformemente negras o gris oscuro.

Coloración en etanol 70%. Los ejemplares preservan los colores anotados *in vivo*, salvo las moteaduras claras, que se atenúan.

Dimensiones del holótipo (en mm). Longitud rostro-urostilar 54.7, longitud cefálica 117.9 anchura cefálica 17.3, longitud femoral 20.2, longitud tibial 19.1, longitud del pie 25.2, diámetro anteroposterior de la órbita 3.9 distancia ojo-narina 4.2, distancia ojo-extremo rostral 6.4, distancia entre narinas 5.7, anchura interorbital 4.5, anchura párpado superior 4.6.

Comentarios

Como en los párrafos introductorios se indicó, el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta constituye una verdadera "isla" tanto fisiográfica como biogeográficamente, ya que se levanta aislado del sistema andino, prácticamente desde el nivel del mar hasta los 5775m.s.n.m. en los picos Cristóbal Colón y Simón Bolívar, con un área total de ca. 1'800.000 ha. (por encima de la cota altitudinal de los 200m.s.n.m.). Singulaliza además este macizo la circunstancia de ser la mon-

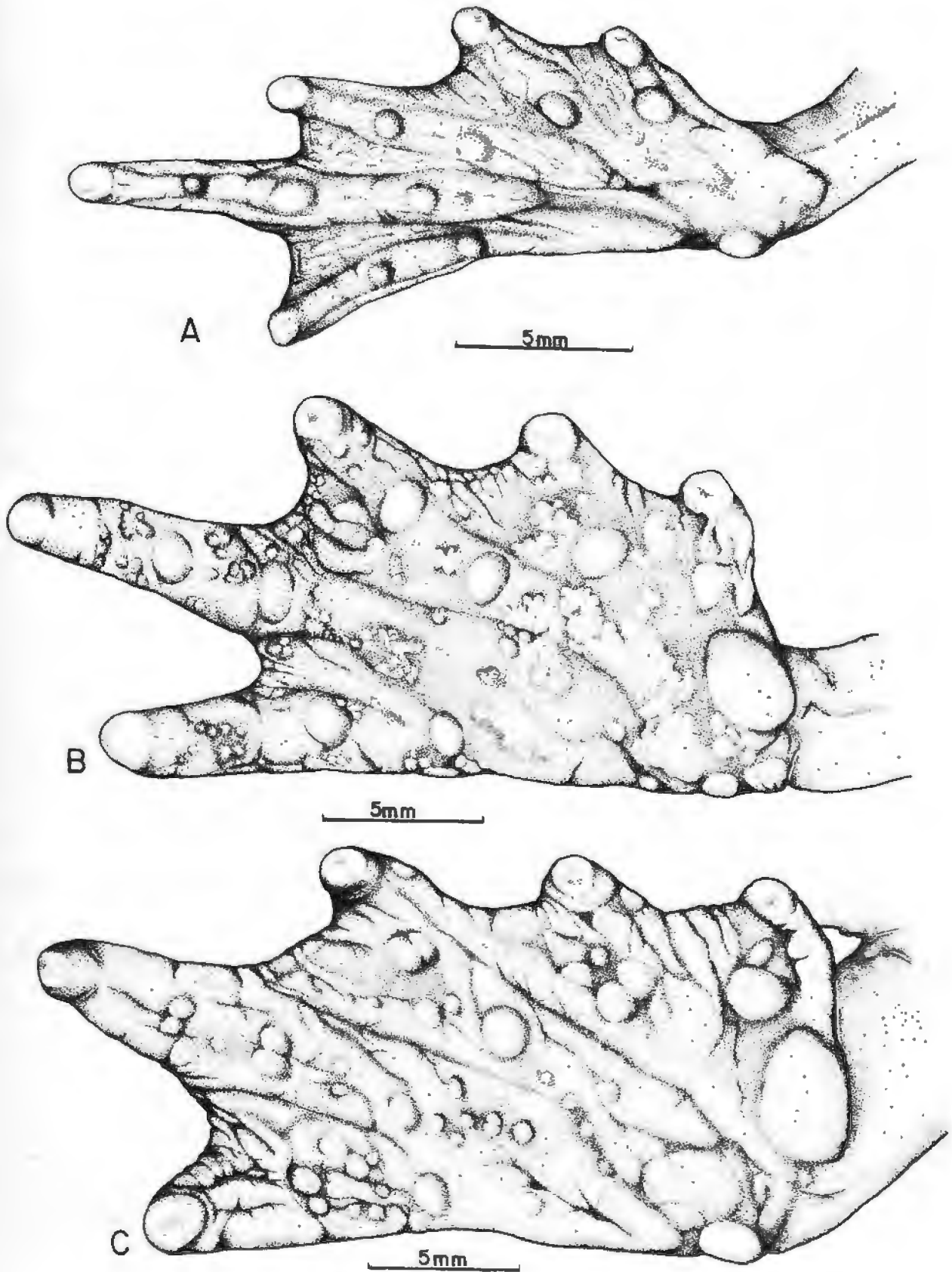


Figura 3. Aspecto plantar del pie derecho de: A) *Atelopus nahumae*, holótipo ICN 0439; B) *A. laetissimus*, holótipo ICN 0410; C) *A. leoperezii*, paratopótipo ICN 2988.

taña más elevada del mundo inmediata al litoral marino y situada dentro de la zona intertropical, factores éstos que agregan interés particular desde el punto de vista biogeográfico y de los procesos de especiación geográfica. Además, el batolito central del macizo incluye rocas metamórficas, cuya metamorfización data de 1350 millones de años según fechamiento por el método del potasio/argón. Acerca de la geología del macizo véanse *i.a.* Gansser, 1955, Radelli, 1962, Tschanz *et al.*, 1969 y para información climática, glaciológica, pedológica, ecológica, fitosociológica, zoológica (invertebrados), etc., véase Van der Hammen & Ruiz-C., 1984.

Dentro de la amplia variabilidad altitudinal en el macizo aparece una cliserie altitudinal (S.L.) que generalmente se inicia según la vertiente y condiciones climáticas imperantes en el piso térmico cálido con bosques subxerófitos, subhigrófitos y áreas de sabanas (quizás antropógenas en parte), pasando de los pisos térmicos templado y frío a selvas húmedas higrófitas o subhigrófitas, y finalmente a páramos y subpáramos que preceden la cubierta nival permanente. Los niveles de condensación favorecen la frecuencia de nieblas que contribuyen particularmente en los flancos N y W a incrementar la humedad, mientras que el flanco SE tiene una tendencia hacia su disminución.

Presumiblemente el género *Atelopus* tuvo su origen en áreas selváticas húmedas cálidas al E de los Andes, durante el Terciario (o Cretácico superior?) y allí adaptándose a cursos de agua torrentosos adquirió las adaptaciones que luego, como resultado de movimientos tectónicos ocurridos durante el Mioceno, el Plioceno y Pleistoceno inferior produjeron la orogénesis andina y ofrecieron nuevos hábitats para la ocupación por parte de elementos provenientes de tierras bajas. Este planteamiento armoniza básicamente con el postulado de diversos autores en líneas generales, desde Chapman (1917), como explicación parcial para la génesis de las biotas andinas.

La existencia misma del macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta como una montaña elevada que ofrecía ambientes altitudinales favorables para la ecesis altitudinal por elementos de tierras bajas quizás se remonte al Mioceno, suponiendo una sincronía con los episodios de la orogénesis andina, siendo de notar que esta orogénesis, que probablemente afectó también la Serranía de Perijá (actualmente prolongación septentrional de la Cordillera Oriental de Colombia), contribuyó a individualizar como elemento orográfico aislado al citado macizo. En efecto, la única conexión de este macizo con el sistema andino se halla en el sector de Cuestecitas (Guajira) con una elevación inferior a 200m. interrumpida por el Río Ranchería o Calancala, que encañonado bisecta dicha conexión, cuya cubierta vegetal actual es higrófitica y no apta para un intercambio biótico de elementos higrófilos entre el macizo y la Serranía de Perijá. Como en los párrafos introductorios se advirtió, el macizo en cuestión se halla rodeado en el W, NE y SE por áreas con cobertura vegetal natural de tendencia más o menos xérica, no tolerable para muchos elementos higrófilos como las especies de *Atelopus* de tal manera que el macizo se halla ecológicamente aislado de la úni-

cas posibles fuentes de poblamiento por estirpes de *Atelopus* como son la planicie circundante y la Serranía de Perijá.

Por otra parte importa señalar que Rivero (1963:120) indicó que *Atelopus walkeri* muestra algunos caracteres en común con *A. oxyrhynchus* Boulenger, 1903 (*loc. typ.*: Río Albarrega, La Culata, Sierra Nevada de Mérida, Venezuela, 10000-11000 pies) y que ambas especies pueden haberse derivado de un antecesor común que habitó tierras bajas, en cuyo caso las semejanzas aludidas pueden haberse derivado por un proceso de convergencia evolutiva, ya que ambas especies "were subjected to similar environmental forces".

No obstante, como Rivero (*ut supra*) lo destaca, podría caber la posibilidad de que los Andes de Mérida hubiesen tenido una conexión o continuidad con el macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta (hipótesis planteada por Todd & Carriker 1922:87 y Schuchert, 1935: 680), en cuyo caso *A. walkeri* y *A. oxhyrrinchus* se habrían diferenciado por un proceso de especiación geográfica a partir de una especie antecesora común que habría poblado las montañas de Mérida y Santa Marta y cuyo areal se fragmentó.

Además Rivero (*ut supra*) sugiere que *A. cruciger* (Lichtenstein & Martens), 1856 (*loc. typ.*: Veragua, Panamá, *errore*= Venezuela, *cf.* Rivero, 1961:173) de la Cordillera de La Costa (incluyendo el Macizo de Turumiquire), Venezuela, pudo haber tenido un antecesor común con *A. walkeri* y *A. oxhyrrinchus*. Una dificultad que existe por ahora para poder esclarecer las posibles relaciones e historial evolutivo de las especies de *Atelopus* del Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, es la carencia de material del género colectado en la Serranía de Perijá (donde con toda probabilidad el género existe) y de otras localidades geográficamente intermedias entre el macizo aludido y la Cordillera de Mérida (vgr. páramos de Santurbán y Tamá, Norte de Santander, y páramos de Berlín y del Almorzadero, Norte de Santander-Santander) donde los autores del presente artículo (P.M.R.C. & M.C.A.R.) y los Biólogos Vladimir Corredor, Juan M. Renjifo, Vivente Rueda, han tenido la oportunidad de coleccionar con cierta intensidad.

Es evidente en numerosos casos la estrecha afinidad biótica existente entre el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de Perijá y las cordilleras de Mérida y de La Costa, lo cual sin duda contribuyó decisivamente a que Todd & Carriker (*ut supra*) postulasen una conexión continua por lo menos entre el macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera de Mérida, obviamente a través de la serranía de Perijá. No existe ninguna evidencia geológica en favor de una conexión como la propuesta por Schuchert y por Todd & Carriker.

La explicación más plausible de la presencia de cinco especies endémicas de *Atelopus*, así como del género *Geobatrachus* (Ardila-R., 1979) y varias especies del género *Eleutherodactylus* (Lynch & Ruiz-C., 1985), en el Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, es la ecesis a este macizo a partir de la Serranía de Perijá,

cuyo poblamiento a su vez se habría derivado de poblaciones más sureñas de la Cordillera Oriental de Colombia o de la Cordillera de Mérida. Bajo las actuales circunstancias climáticas y ecológicas el paso de estirpes de *Atelopus* desde la Serranía de Perijá hacia el Macizo sería imposible dadas las condiciones imperantes de semiaridez, y obviamente ello hubiese ocurrido únicamente bajo un régimen climático bastante más húmedo que el actual, que pudo haber operado quizás en varias oportunidades bajo condiciones climáticas distintas a las actuales durante el Pleistoceno (y Plioceno superior?). Para el macizo se tiene información que durante los eventos climáticos fríos extremos ocurridos durante el Pleistoceno, el límite superior del bosque descendió más de 1300-1500 m. por debajo del actual (Van der Hammen, 1984), pero no existe información suficiente que apoye la existencia de corredores húmedos entre ambos sistemas montañosos. Por otra parte, cambios climáticos similares probablemente permitieron la ocupación de la Sierra de Macuira (NE de Guajira) por elementos provenientes de la Sierra de Perijá a través de un corredor húmedo, que se desarrolló en sectores actualmente desérticos.

La amplia diferenciación entre los caracteres de las 5 especies conocidas ahora del Macizo sugiere que la diversificación del género allí haya ocurrido como resultado de dos o más invasiones sucesivas procedentes de las estribaciones de la Serranía de Perijá, y no como resultado de procesos sucesivos de especiación geográfica a partir de una única estirpe invasora. No obstante, dentro del macizo han ocurrido procesos de subespeciación como el caso de *Hemicorhina leucophrys* (Aves, Troglodytidae) que pueden ser el resultado de fragmentación de áreas de selvas nubladas durante eventos del Pleistoceno y no parece descartable, al menos por ahora, que procesos de esta índole hayan contribuido a la diversificación del género *Atelopus* dentro del macizo.

Agradecimientos

El trabajo de campo fue financiado por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional y COLCIENCIAS, Programa Fauna de Colombia. El Licenciado Uriel Buitrago elaboró las gráficas.

Bibliografía

- Ardila-R., M. C., 1979. Status sistemático del género *Geobatrachus* Ruthven 1915 (Amphibia:Anura). *Caldasia* 12 (59):383-495.
- Chapman, F., 1917. The distribution of bird life in Colombia; a contribution to a biological survey of South America. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 36: 729pp.
- Gansser, A. 1955. Ein Beitrag zur geologie und petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta. *Bull. Suisse de Mineralogie et Petrographie*, 35 (2): 209-279.
- Lynch, J. D. & P. M. Ruiz-C., 1985. A synopsis of the frog of the genus *Eleutherodactylus* from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Occ. Pap. Univ. Chicago*, (711): 1-59.
- Radelli, L., 1962. Introducción al estudio de la geología y de la petrografía del Macizo de Santa Marta (Magdalena-Colombia). *Serv. Geol. Nal., Rev. Geología Colombiana*, 2:41-115.
- Rivero, J.A., 1961. Salientia of Venezuela. *Bull. Mus. Com. Zool.*, 126 (1): 1-207.
- 1963. The distribution of Venezuelan frogs. II The Venezuelan Andes. *Caribbean Journal of Science*, 3 (2-3): 87-101.
- 1963. Five new species of *Atelopus* from Colombia, with notes on other forms from Colombia and Ecuador. *Ibid.*, : 103-123.
- Ruiz-C., P.M. 1980. Adaptaciones larvarias de *Atelopus* (Amphibia:Bufonidae) a la ecesis en ambientes norandinos. I Reunión Iberoamericana. *Zoología de Vertebrados. La Rábida*, 1977. pp.397-398
- Schuchert, Ch., 1935. Historical geology of the Antillean-Caribbean Region or the lands bordering the Gulf of Mexico and the Caribbean sea. N.Y., xxvi-811pp.
- Todd, W.E.C. & M.A. Carriker. 1922. The birds of the Santa Marta Region of Colombia: a study of altitudinal distribution. *Ann. Carnegie Mus.*, 14: vii-611pp.
- Tschanz, Ch., J.A. Cruz B. *et al.* 1969. Mapa geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. *Inst. Nal. de Inv. Geol. Mineras*, Bogotá.
- Van der Hammen, 1984. Datos sobre la historia del clima, vegetación y glaciación de la Sierra Nevada de Santa Marta., 56-581pp. *In* Van der Hammen & P. M. Ruiz, 1984. (Eds.) *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buritaca-La Cumbre. Estudios de ecosistemas tropoandinos*. Vol. 2., 604pp.
- & P. M. Ruiz, 1984. (Eds.) *La Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) Transecto Buritaca-La Cumbre. Estudios de ecosistemas tropoandinos*. Vol. 2., 604pp.

TRES NUEVAS ESPECIES DE *ATELOPUS* A.M.C. DUMERIL & BIBRON 1841 (AMPHIBIA: BUFONIDAE) DE LA CORDILLERA CENTRAL DE COLOMBIA

por

Pedro M. Ruíz-Carranza* & Mariela Osorno-Muñoz.**

Resumen

Ruiz-C. P.M. & M.Osorno-M.: Tres nuevas especies de *Atelopus* A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia:Bufonidae) de la Cordillera Central de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 165 - 179. 1994. ISSN 0370-3908.

Se nominan y describen dos nuevas especies de *Atelopus* del Grupo *ignescens*: *A. simulatus* de las estribaciones SE del Nevado del Huila, Cauca, 2800m y *A. sernai* de la Serranía de Las Baldías, Antioquia, 2800-3000m, y una del Grupo *longirostris*, *A. quimbaya* de la vertiente occidental de la Cordillera Central, Quindío y Risaralda, 2200-2900m. Se discute la validez de las relaciones morfométricas, distribución altitudinal y color, al igual que el número de falanges en el primer dedo manual en la definición de grupos naturales.

Palabras clave. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Atelopus*, nuevas especies, *A.simulatus*, *A.quimbaya*, *A.sernai*, taxonomía, Cordillera Central, Colombia.

Abstract

Two new species of *Atelopus* from the Group *ignescens* are named and described: *A. simulatus* from the SE slopes of Nevado del Huila, Cauca, 2800 and *A. sernai* from Serranía de las Baldías, Antioquia, 2800-3000m, one from the Group *longirostris*: *A. quimbaya* from the western slope of the Cordillera Central, Quindío and Risaralda, 2200-2900m. The validity of the morphometrical relationships, altitudinal distribution and color, as well as the number of phalanx in the first finger in order to define natural groups is discussed.

Key words. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Atelopus*, new species, *A.simulatus*, *A.quimbaya*, *A.sernai*, taxonomy, Cordillera Central, Colombia.

Introducción

El género *Atelopus*, endémico del neotrópico, se distribuye desde el noroccidente de Costa Rica hasta el noroeste de Bolivia. Frost (1985) incluye cuarenta y una especies, Duellman (1993) informa siete adicionales y tres más aparecieron mientras este último autor prepara-

ba su catálogo de adiciones y correcciones. Del total de 51 especies, diez y nueve se encuentran distribuidas en el sistema montañoso de los Andes en Colombia a elevaciones comprendidas entre 300m y 4410m, una se encuentra en la Isla de Gorgona y el litoral pacífico adyacente, tres viven en las tierras bajas del Chocó al noroeste de Colombia y una es amazónica.

En la Cordillera Central se distribuyen dos especies: *Atelopus sanjosei* Rivero & Serna, (1989) Departamento de Antioquia, Anorí, 450m, y *Atelopus eusebianus* Rivero & Granados-D., (1993) Departamento del Cauca, Totoró, 2995m.

* Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Apartado 7495, Santa fé de Bogotá, D.C., Colombia.

** Bióloga, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Estudio de las colecciones herpetológicas del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional y del Inderena han puesto de manifiesto la presencia de varias especies indescritas, tres de las cuales, de la Cordillera Central, nominamos a continuación.

Metodología. A los ejemplares fijados en formol 10% y preservados en etanol 70%, se tomaron con un calibrador de precisión de 0.02mm, bajo estereoscopio, las siguientes medidas:

- LRU = Longitud rostro-urostilar (sensu Peters, 1973)
- LC = Longitud cefálica tomada desde la articulación mandibular hasta el extremo del rostro
- AC = Anchura máxima cefálica a nivel de la articulación mandibular.
- LF = Máxima distancia entre las articulaciones femoro-tibiales, manteniendo los muslos perpendiculares al plano sagital corporal, dividido el valor por 2
- LT = Longitud tibio-fibular, de la rodilla al talón
- LP = Longitud del pie, desde el borde proximal del tubérculo metatarsal interno hasta el extremo del dedo IV
- DO = Distancia entre el ángulo anterior y posterior de la órbita (= ojo según varios autores)
- IO = Distancia interorbital, menor distancia entre las órbitas
- ON = Ojo-narina, distancia del ángulo anterior de la órbita al extremo posterior de la apertura nasal
- OR = Ojo-rostro, distancia (cuerda) del ángulo anterior de la órbita al extremo del rostro
- IN = Internarinas, menor distancia entre las narinas externas
- AP = Mayor anchura del párpado superior

Abreviaturas de los datos morfométricos:

- N = número de ejemplares
- V = límites de variabilidad observada
- x = promedio aritmético
- S = desviación "standar" de la serie

Para la información osteológica los ejemplares fueron coloreados según la técnica diferencial de **Dinkerker & Uhler** (1977). La fórmula modal de las palmeaduras pediales se determinó *sensu* **Myers & Duellman** (1982).

Se usan los acrónimos siguientes: ICN Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural Universidad de Colombia, Bogotá; IND-AN Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA)-Anfibios, Bogotá; UV-C Universidad del Valle del Cauca, Cali.

Atelopus simulatus sp. nov. Fig.9

Holotipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por **Pedro M. Ruiz-C et al.**, Octubre 27 de 1980, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales- Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No.ICN 07261.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento del Cauca, Municipio Belalcázar (= Páez), Km 11 carretera Belalcázar-Tóez, flanco oriental Cordillera Central, 2° 45' latitud N, 76° 00' longitud W de Greenwich, 2800m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: hembras ICN 06708-09, 07259, machos ICN 06710, 07260, 07262-64 coleccionados con el holotipo, mismos colectores y fecha. IND - AN 5644-64 coleccionados por **Vicente Rueda**, diciembre 6 de 1994.

Parátipos. Ejemplares adultos: Departamento del Cauca, municipio de Inzá, vereda Río Sucio, Km 61-67 carretera Popayán-Inzá, cols. **P.M. Ruiz-C, J.M. Renjifo**, marzo 24 de 1982, 2600-2800m., hembra ICN 11331, machos ICN 11332-33, 11346-47; Departamento del Tolima, municipio Ibagué, corregimiento Toche, hacienda "La Arabia", quebrada San Juan, tributaria del Río Toche, ca. 2500m, coleccionados por **Hernando Chiriví, Jorge Hernández y Heliodoro Sánchez**, 19 hembras y 27 machos IND-AN 4953-54, 4956-66, 4970-5001.

Etimología. El epíteto específico, proviene del latín *simulatus* en alusión al diseño variegado dorsal de la especie que se mimetiza con la vegetación donde vive.

Diagnosis. Una especie de *Atelopus* del grupo *ignescens* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) adultos de moderado tamaño, longitud rostro-urostilar 31.2-37.3mm (x=33.68mm, S=1.45, n=25) en hembras y 21.2-26.5mm (x=24.48mm, S=1.14, n=36) en machos; 2) rostro corto; 3) fórmula falangeal manual: 2-2-3-3; 4) pie 1/2 palmeado; 5) piel dorsal lisa, pústulas y verrugas espinuladas en flancos y miembros; 6) superficies expuestas verde claro, moteadas, variegadas o reticuladas de café rojizo, o invertido; flancos café claro, hembras y machos ventralmente verde amarillento con puntos y/o manchas café claro, en hembras la superficie posterior del vientre naranja; 7) larvas con cuerpo café oscuro, rostro depigmentado y dos manchas transversas laterales, alargadas, ligeramente anteriores al espiráculo, aletas caudales translúcidas con mancha medial alargada café, y retículo en la aleta dorsal.

Atelopus simulatus es similar a *A. quimbaya* pero difiere en el colorido dorsal que en ésta última es grisáceo con pequeñas marcas café oscuro; de *A. minutulus*, si bien su colorido es similar, no tiene el diseño reticulado, ni gránulos blancos en los flancos y es de tamaño mayor.

Descripción de la serie típica. Porte moderadamente esbelto; la anchura cefálica equivale al 24.0-29.0% (x=27.0%, S=0.011, n=25) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 28.0-34.0% (x=32.0%, S=0.012, n=36) en machos; al 82.0-102.0% (x=92.0%, S=0.06, n=25) de la longitud cefálica en hembras y al 77.0-99.0% (x=87.0%, S=0.13, n=36) en machos; la longitud cefálica

equivale al 28.0-32.0% (\bar{x} = 30.0%, S =0.013, n =25) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 32.0-42.0% (\bar{x} =35.0%, S =0.018, n =36) en machos. Rostro corto, subacuminado, en un ángulo de ca. de 30° con vértice en las narinas externas. *Canthi rostrales* agudos, bien diferenciados, ligeramente arqueados hacia la línea media. Párpado superior carnoso, con borde externo grueso, muy diferenciado, que se continúa hasta alcanzar el extremo posterior de las crestas temporales que son bien marcadas, poco prominentes. Región interorbital plana y lisa, región intercantal moderadamente cóncava. Anchura del párpado superior equivalente al 51.0-110.0% (\bar{x} =74.5%, S =0.11, n =25) de la distancia interorbital en hembras y al 48.0-114.0% (\bar{x} =73.5%, S =0.14, n =36) en machos. Rostro en aspecto lateral protrusivo, poco saliente por delante del labio inferior, oblicuo posteroventralmente, sin carina medial. Narinas externas ovaladas, moderadamente prominentes, de dirección posteroventral, situadas ligeramente por delante de 1/2 distancia ojo-extremo rostral el cual es equivalente al 140.0-260.0% (\bar{x} =176.0%, S =0.23, n =25) del diámetro anteroposterior de la órbita en hembras y al 124.0-197.0% (\bar{x} =163.0%, S =0.13, n =36) en machos. La distancia ojo-narina equivale al 72.0-116.0% (\bar{x} =88.0%, S =0.11, n =25) del diámetro orbital en hembras y al 68.0-168.0% (\bar{x} =86.0%, S =0.17, n = 36) en machos. Región loreal de concavidad amplia y moderadamente profunda, labio superior no carnoso. Tímpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes. Narinas internas pequeñas circulares, ampliamente separadas entre sí; maxila, prevómeres y paladar edéntulos. Lengua entera, espatulada gruesa, libre en su 1/3 posterior. Machos con sacos vocales no evidenciables, hendiduras vocales, cuando presentes, cortas, dirigidas de la parte posterior de la lengua hacia la articulación mandibular; el 28% de los machos examinados (n =36) sólo presentan la del lado derecho, el 11% la del izquierdo, el 14% en ambos lados y sin ellas el 47%.

Piel de las superficies dorsales de cabeza y tronco lisas, con ocasionales verrugas pequeñas, espiculadas o no en el tronco. Región temporal y flancos troncales con verrugas espiculadas o no y pústulas de moderada a baja densidad. Miembros anteriores y posteriores densamente verrugosos y pustulares, espiculados o no; en la región anterior proximal del brazo y en la temporal tales estructuras aumentan. Verrugas confluentes, superficialmente similares a glándulas paratoideas, pueden estar presentes en los machos en la región posttemporal. Parte posterior de la gula y pecho con gránulos pequeñas muy abundantes en machos, con menor cantidad en las hembras y vientre menos granular a liso en hembras y machos. Abertura de la cloaca situada a nivel medio de los muslos, dirigida posteriormente, con vaina anal corta, gruesa.

Miembro anterior en hembras esbelto, antebrazo muy robusto en machos, sin pliegue ulnar. Dedos manuales cortos, cilíndricos, con extremos bulbosos ventralmente, su tamaño relativo $I < II < IV < III$. *Prepollex* exteriormente no discernible del I dedo manual. *Pollex* en machos adultos con excrecencia nupcial bastante abultada, tapizada de espínulas cornificadas localizadas dorsal y posterodorsalmente sobre el dedo I y base del dedo

II. Tubérculos subarticulares manuales sencillos y poco definidos, tubérculo *thenar* algo prominente, con diámetro longitudinal equivalente al del *hypothenar*, éste es redondeado y aplanado, de tamaño similar en hembras y machos. Membrana manual basal gruesa y muy vestigial en hembras y en machos. Tubérculos palmares supernumerarios granulares, gruesos (Fig. 1).

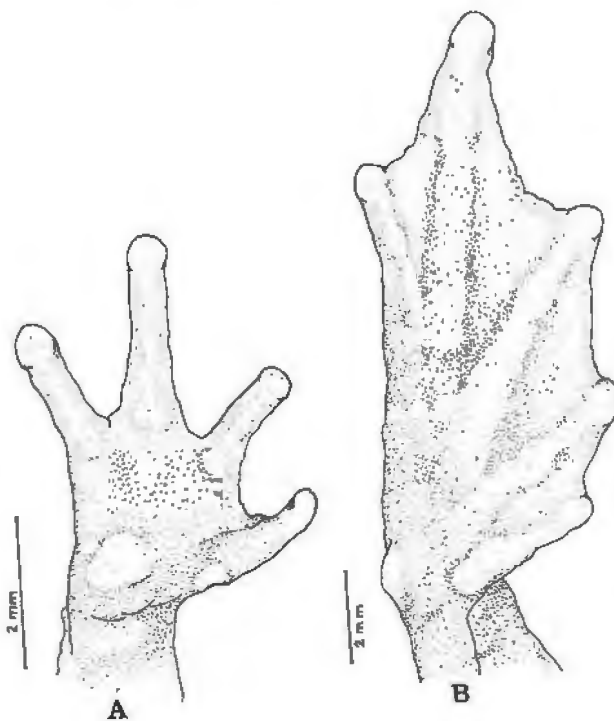


Figura 1. *Ateopus simulatus* sp. nov., vista palmar (A) de mano derecha y plantar (B) de pie derecho de ICN 7261, hembra adulta, holotipo.

Miembros posteriores delgados; longitud tibial equivalente al 34.0-40.0% (\bar{x} =37.0%, S =0.017, n =25) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 34.0-45.0% (\bar{x} =41.0%, S =0.023, n =36) en machos, y corresponde al 46.0-52.0% (\bar{x} =50.0%, S =0.18, n =25) de la longitud femoral en hembras y al 44.0-53.0% (\bar{x} =49.0%, S =0.021, n =36) en machos. Cuando los muslos permanecen perpendiculares al plano sagital del cuerpo y las piernas se flejan hacia atrás paralelas a los muslos los talones distan bastante de entrar en contacto; cuando el miembro posterior se halla adpreso hacia adelante, el talón alcanza la mitad del tronco en hembras y la región temporal posterior en machos; cuando el miembro anterior se halla flexado hacia atrás y el posterior hacia adelante, codos y rodillas entran en contacto en machos y distan de hacerlo en hembras. Longitud femoral equivalente al 66.0-82.0% (\bar{x} =76.0%, S =0.019, n =25) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 72.0-92.0% (\bar{x} =84.0%, S =0.018, n =36) en machos. Rodillas, talones y tarso sin pliegues; tubérculo metatarsal interno ovoide, aplanado, tubérculo metatarsal externo subcónico, su base alcanza la 1/2 de la longitud del interno. Tubérculos subarticulares plantares no diferenciados. Tubérculos plantares supernumerarios, poco diferenciados, granulares, pequeños (Fig. 1). Dedos de extremos distales redondeados, algo dilatados ventralmente, su tamaño relativo

$I < II < III < V < IV$. Longitud del pie equivale al 33.0-41.0% ($\bar{x}=38.0\%$, $S=0.019$, $n=25$) de la longitud rostro urostilar en hembras y al 34.0-46.0% ($\bar{x}=41.0\%$, $S=0.028$, $n=36$) en machos. Membranas interdigitales gruesas, fórmula modal de la palmeadura pedial en 9 machos y 5 hembras: I (0-1/2) - (1/2-2) II (1/2-2) - (1-3 1/2) III (1-2) - (2-3 1/2) IV (2-3 1/2) - (1/2-1 1/2) V.

Osteología. Esqueleto bien osificado (parátipo IND-AN 4954, longitud rostro-urostilar 35.2mm). Nasales lisos, grandes, separados moderadamente en la parte anterior y divergentes posteriormente, con proceso maxilar largo y agudo. Cartílago nasal muy reducido. Frontoparietales amplios, lisos, sin crestas, de bordes laterales paralelos, bordes anteriores, regulares, situados a nivel del plano anterior de la órbita, con fisura medial linear anterior angosta, articulados posteriormente a los proóticos, expandiéndose moderadamente sobre la parte posterior interna de la órbita, con gotera occipital descubierta tan solo en los extremos. Esfenetmoides prolongado hasta el extremo anterior de los nasales, totalmente osificado. Proóticos amplios y triangulares. Rama zigomática y ótica del escamoso en conjunto triangular vista dorsalmente, con leve cresta en su borde interno, siendo la posterior más larga y aguda; rama ventral del escamoso casi perpendicular al plano ventral craneal. Palatinos triangulares, algo amplios, cortos, vómeres pequeños, triangulares, bastante reducidos, situados en el borde anterior interno de las narinas internas, sus bordes internos y los posteriores externos casi rectos, borde anterior externo algo cóncavo. Pterigoides muy robusto, su rama anterior en amplia articulación con la maxila, llegando su extremo anterior hasta ca. 1/5 del plano anterior de la órbita; rama media corta, se articula sobre la parte anterior de la cápsula ótica muy cerca del forámen trigémino. Cuadradoyugal corto, no articulado con la maxila. Proceso cultriforme del paraesfenoides triangular, alcanza anteriormente el nivel medio de la órbita, los procesos alares de bordes subparalelos y casi perpendiculares al plano sagital, angostándose algo distalmente. Maxila robusta con un proceso nasal bien definido. Premaxilas ampliamente disectadas en su borde posterior con un proceso palatino corto y de base amplia, proceso nasal rectangular, amplio, de inclinación dorsolateral (Fig.2).

Esqueleto hialolaríngeo con los elementos típicos del género (McDiarmid, 1971:20-21, fig.7) pero es de notar que tiene una lámina angosta con bordes ampliamente cóncavos y un hipobranquial I constituido por un pedúnculo dilatado distalmente en sentido anteroposterior (Fig.3).

Cintura pectoral firmisternal, *sternum oseo* de bordes paralelos, muy ligeramente dilatado y condricificados hacia su extremo posterior, borde distal con dos escotaduras poco profundas. Cótilos cervicales separados, atlas fusionado totalmente a la segunda vertebra, este complejo con apófisis transversas cortas y dirigidas anterolateralmente, las cuatro siguientes con apófisis perpendiculares al plano sagital del cuerpo, en la sexta y séptima algo dirigidas anterolateralmente. Crestas neurales no imbricadas. Sacro con procesos transversos muy expandidos distalmente, sin marca evidente de al-

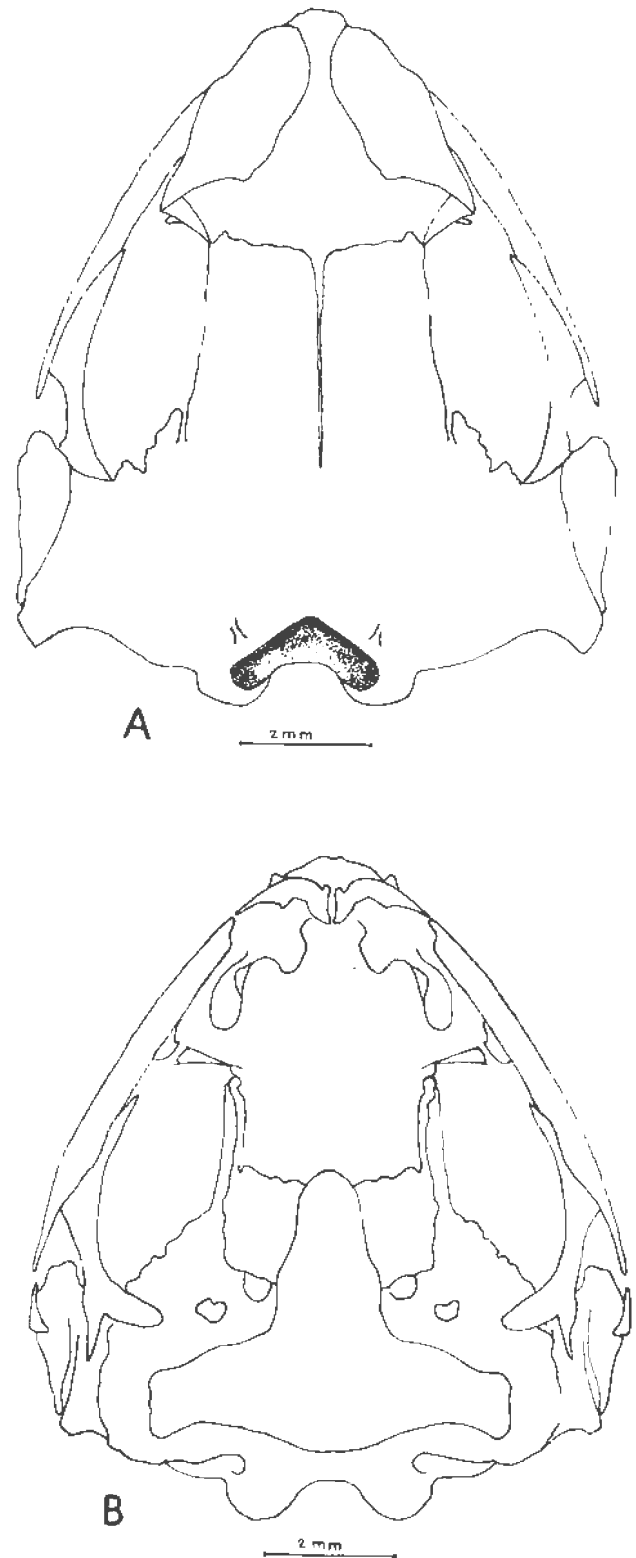


Figura 2. *Atelopus simulatus* sp. nov., vista dorsal (A) y ventral (B) del cráneo IND-AN 4954, hembra adulta, parátipo.

guna fusión de elementos vertebrales adicionales, urostilo sin rebordes laterales y con cresta amplia en la región proximal. Articulación sacro-coccígea bicondilar.

Fórmula falangeal manual 2-2-3-3, *prepollex* compuesto por un elemento. Fórmula falangeal pedial 2-2-3-4-3, *prehallux* con 2 elementos, extremos distales de las falanges globosos.

Coloración *In vivo*. Dorsalmente en cabeza y tronco el diseño más sencillo está constituido por marcas

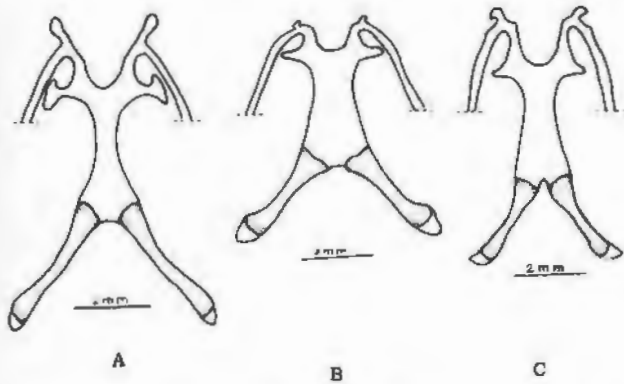


Figura 3. (A) Aspecto ventral del esqueleto hialolaríngeo de *Atelopus simulatus* sp. nov. IND-AN 4954, parátipo; (B) *A. quimbaya* sp. nov. ICN 32475, paratopótipo; (C) *A. sernal* sp. nov. ICN 04269, paratopótipo.

alargadas, sencillas o compuestas, irregulares o X cefálica de tamaño y configuración variable café rojizo sobre verde claro; una invasión progresiva de café rojizo resulta en la disminución del verde. En las formas contrastantes el café rojizo invade casi totalmente dejando algunas marcas verdes que llegan a reducirse a puntos (Fig.4). Flancos café rojizo, en algunos ejemplares el café forma retículo que delimita pequeñas manchas verdes. Labio superior verde con ocasionales manchitas café rojizo. En algunos ejemplares el diseño troncal puede agruparse a manera de barras en las superficies expuestas de los miembros.

Gula desde una línea o marca café oscura central longitudinal con motas adicionales hasta mancha muy densa y amplia que la cubre casi por completo. Vientre immaculado, o con banda medial, o puntos densos y dispersos o concentrados formando motas, o mancha muy irregular sobre fondo verde a verde amarillento. Hembras con la parte posterior del vientre y muslos proximales naranja. Palmas y plantas café a gris verdoso, tubérculos manuales y pediales crema, palmeadura pedial con borde amarillo. Iris negro con pupila orlada de amarillo.

Dada la gran variabilidad en el diseño dorsal y ventral no se advierte un dimorfismo sexual cromático (Fig. 4), aunque es de anotar que el color café dorsal se presenta con mayor frecuencia en los machos (Fig.4, F, G, H) Los diseños ventrales con mayor extensión de café (Fig. 4 N,O,P,Q,R) se presentan con mayor frecuencia en hembras siendo el diseño con puntos agrupados finos (Fig.4 O) exclusivo de las hembras (36%).

Coloración en etanol 70%. El color verde claro se torna crema verdoso, el café rojizo pasa a café oscuro, las superficies ventrales son verde grisáceo con diseño café y el tono naranja ventral de las hembras se torna crema.

Dimensiones del holótipo: (en mm) Longitud rostro-urostilar 33.9, longitud cefálica 9.4, anchura cefálica 9.6, longitud femoral 12.4, longitud tibial 11.7, longitud del pie 13.6, diámetro ocular 2.8, distancia ojo-narina 2.4, distancia ojo-extremo rostral 4.8, distancia entre narinas 3.3, anchura interorbital 2.9, anchura párpado superior 2.9.

Véase para la variabilidad morfométrica de la serie típica véase la Tabla 1, para proporciones morfométricas la Tabla 2.

Atelopus quimbaya sp. nov. Fig. 10

Holótipo. Hembra adulta depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, No. ICN 23339, de una serie coleccionada por *Marcela Morales*, noviembre 15 1989.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento Risaralda, municipio Pereira, corregimiento La Florida, Parque Regional Natural Ucumarí (Corporación Autónoma Regional de Risaralda), camino El Cedral-La Pastora, flanco occidental, Cordillera Central, 4° 41' latitud N, 75° 31' longitud W de Greenwich, 2200-2500m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: machos ICN 23341-47, ICN 32475 (esqueleto coloreado); hembra ICN 23340, coleccionados con el holótipo, mismo colector y fecha; machos ICN 28774, 32511-28, UV-C 11182-3 (ex ICN 32509-10), hembras ICN 32507-08, coleccionados por *J.H. Restrepo*, noviembre 17, 1990.

Parátipos. ejemplares adultos: machos ICN 25830-34, 25839, 25841, 25843; hembras ICN 25827, 25838, 25842, col. *P. M. Ruiz-C.*, octubre 30, 1990; macho ICN 29819, col. *M. Morales*, febrero 2, 1991, Departamento del Quindío, Municipio Salento, 4-5 Km E de La Cocora, Alto valle Río Quindío, camino a la Finca "La Montaña", (Corporación Regional del Quindío), márgenes del río Quindío y quebrada las Mirlas, 2650-2900m.

Etimología. El epíteto específico, sustantivo usado en aposición, en referencia a los Quimbayas, ocupantes de la región en época precolombina, que alcanzaron un alto índice cultural y artístico.

Diagnosis. Una especie de *Atelopus* del Grupo *longirostris* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) fórmula falangeal manual 1-2-3-3; 2) adultos de tamaño moderado, longitud rostro-urostilar 30.2-33.3mm (\bar{x} =32.4, S=2.25, n= 5) en hembras y 22.5-27.3mm (\bar{x} =25.0, S=1.1, n=16) en machos; 3) rostro largo y acuminado; 4) 1/4 palmeada; 5) verrugas pequeñas de densidad moderada uniformemente distribuidas en tronco, flancos y superficies dorsales de los miembros, flancos con espínulas; 6) en vivo, superficies expuestas gris a gris verdoso con flecos, vermiculaciones o líneas café oscuro y ocasionales manchitas amarillas; hembras con gula y pecho café, vientre con manchas amarillas, machos con gula amarillenta rosácea y vientre moteado de café y amarillo. 7) larvas con cuerpo y margen superior de la musculatura caudal negro, rostro y aletas incoloros.

Las especies colombianas *Atelopus farci*, *A. nicefori* y *A. pictiventris* son de tamaño similar a los ejemplares de *A. quimbaya*, ésta se diferencia de *A. farci* por tener diseño dorsal y un colorido general grisáceo vs. verde oliva; de *A. nicefori* por la forma del diseño dorsal y por el color verde pino de esta última. *A. pictiventris* carece de diseño dorsal contrastante, su co-

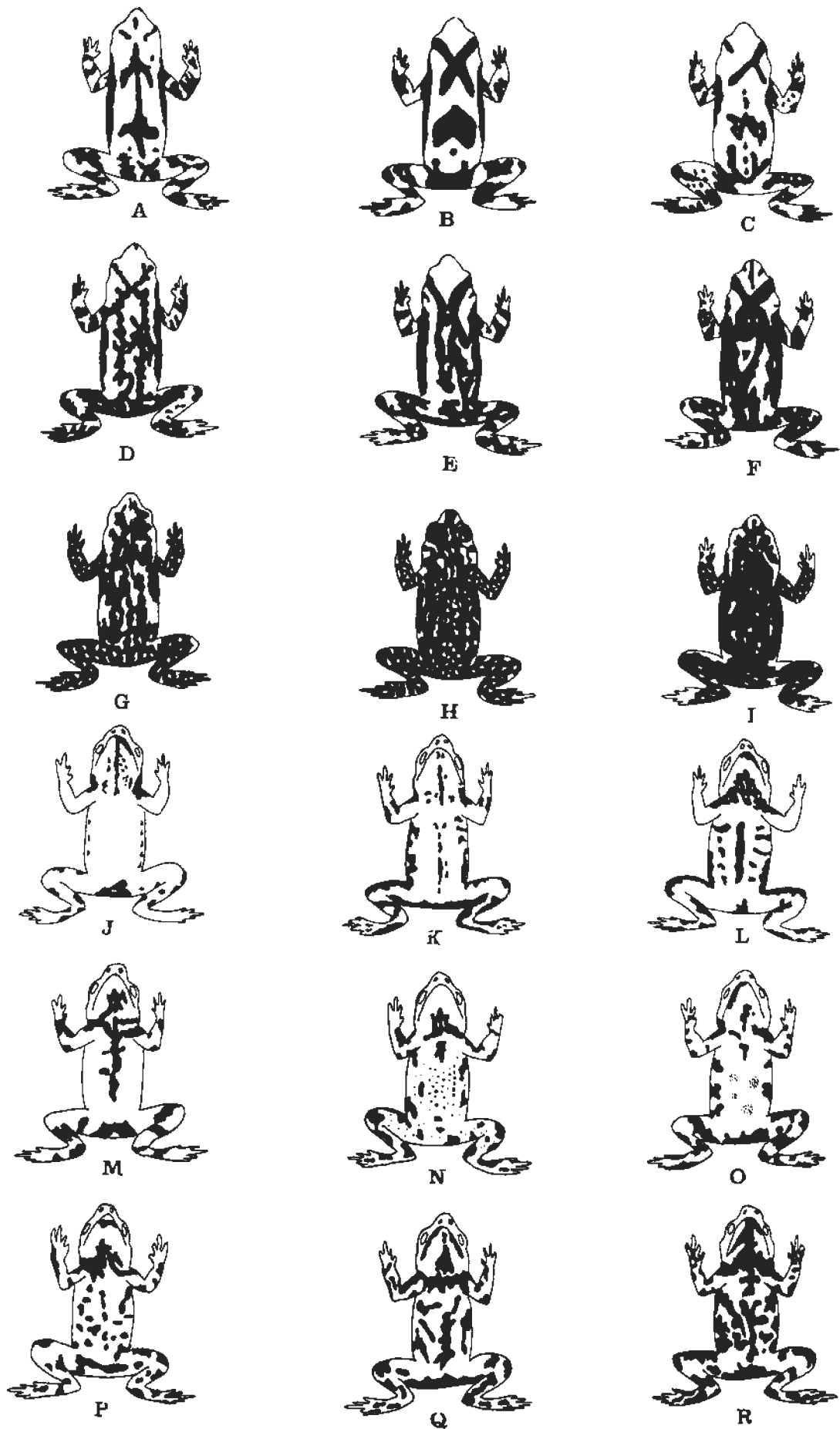


Figura 4. Variabilidad de diseño de *Atelopus simulatus* sp. nov. Dorsal: (A) IND-AN 4997; (B) ICN 11333; (C) ICN 07260; (D) ICN 06710; (E) ICN 07261; (F) IND-AN 4989; (G) IND-AN 4975; (H) IND-AN 4999; (I) IND-AN 4982. Ventral: (J) IND-AN 4983; (K) IND-AN 4985; (L) IND-AN 4992; (M) ICN 11331; (N) IND-AN 4997; (O) IND-AN 4961; (P) IND-AN 4993; (Q) IND-AN 4965; (R) ICN 07261.

Tabla 1. Variabilidad morfométrica de la serie típica de *A. Simulatus*, *A. quimbaya* y *A. Sernai*.

| | ATELOPUS SIMULATUS | | ATELOPUS QUIMBAYA | | ATELOPUS SERNAI | | |
|------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|
| | HEMBRAS (N=25) | MACHOS (N=36) | HEMBRAS (N=5) | MACHOS (N=16) | HEMBRAS (N=4) | HEMBRAS JOVENES (N=5) | MACHOS (N=2) |
| LR-U | V=31.28-37.36 x=33.68 S=1.45 | 21.20-26.56 24.48 1.14 | 30.22-33.34 32.46 2.25 | 22.52-27.32 25.05 1.10 | 30.10-33.00 31.23 1.07 | 21.04-24.94 22.86 1.28 | 20.8-26.02 |
| LC | V=9.20-11.08 x=10.25 S=0.56 | 7.74-9.58 8.71 0.43 | 10.00-11.70 10.58 0.58 | 8.82-9.16 8.94 0.28 | 9.20-9.90 9.61 0.27 | 7.50-8.90 8.02 0.56 | 7.54-8.32 |
| AC | V=8.90-9.78 x=9.27 S=0.24 | 7.00-8.54 7.82 0.38 | 8.70-9.78 9.12 0.36 | 7.08-8.22 7.62 0.31 | 8.28-8.56 8.44 0.11 | 6.80-7.70 7.16 0.35 | 6.50-6.90 |
| LF | V=11.62-13.90 x=12.68 S=0.58 | 8.82-11.15 10.25 0.64 | 12.75-13.48 13.17 0.29 | 10.21-13.05 10.84 0.64 | 11.80-13.20 12.54 0.66 | 9.12-10.21 9.74 0.45 | 8.26-9.64 |
| LT | V=11.46-14.00 x=12.59 S=0.71 | 9.10-11.60 10.08 0.66 | 12.66-13.60 13.12 0.34 | 10.00-11.18 10.41 0.33 | 11.60-13.20 12.18 0.62 | 8.44-10.14 9.29 0.65 | 8.62-9.42 |
| LP | V=11.56-14.68 x=13.00 S=0.69 | 8.26-11.28 10.05 0.76 | 13.34-15.10 14.22 0.65 | 9.94-11.68 10.89 0.45 | 12.6-13.3 12.95 0.23 | 8.10-10.30 8.97 0.83 | 8.34-8.82 |
| DO | V=2.26-3.40 x=2.75 S=0.25 | 2.08-2.86 2.42 0.19 | 2.82-3.32 2.98 0.18 | 2.40-3.08 2.62 0.18 | 2.50-2.90 2.72 0.14 | 2.00-2.60 2.36 0.18 | 2.06-2.86 |
| IO | V=2.84-3.84 x=3.38 S=0.27 | 2.08-3.60 2.97 0.36 | 3.58-3.94 3.83 0.13 | 2.36-3.40 3.01 0.30 | 3.20-3.60 3.51 0.17 | 3.00-3.60 3.25 0.20 | 2.7-2.96 |
| O-N | V=2.14-2.84 x=2.41 S=0.19 | 1.60-3.70 2.09 0.35 | 2.52-2.82 2.69 0.10 | 2.08-2.54 2.24 0.13 | 2.10-2.40 2.26 0.09 | 1.80-2.10 1.98 0.10 | 1.68-2.16 |
| O-R | V=4.32-5.90 x=4.80 S=0.28 | 3.44-4.38 3.99 0.19 | 4.68-5.50 5.04 0.26 | 4.00-4.72 4.36 0.21 | 4.50-4.80 4.70 0.18 | 3.00-3.60 3.80 0.21 | 3.62-3.82 |
| IN | V=2.76-4.18 x=3.35 S=0.32 | 2.44-3.34 2.23 0.23 | 2.92-3.34 3.22 0.15 | 2.50-3.20 2.79 0.24 | 3.24-3.50 3.34 0.11 | 2.50-3.14 2.74 0.22 | 2.16-2.84 |
| AP | V=1.94-3.50 x=2.50 S=0.28 | 1.70-2.58 2.15 0.28 | 2.36-2.70 2.53 0.10 | 1.92-3.50 3.32 0.37 | 2.0-2.7 2.40 0.29 | 1.70-2.10 1.90 0.12 | 1.94-2.26 |

lor dorsal es achocolatado y tiene las manchas amarillas ventrales bien delimitadas.

Descripción de la serie típica. Porte moderadamente esbelto, anchura cefálica equivalente al 27.0-29.0% (\bar{x} =28.0%, S=0.011, n=5) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 28.0-38.0% (\bar{x} =31.0%, S=0.02, n=16) en machos; al 83.0-89.0% (\bar{x} =86.0%, S=0.023, n=5) de la longitud cefálica en hembras y al 80.0-91.0% (\bar{x} =85.0%, S=0.02, n=16) en machos; la longitud cefálica equivale al 30.0-35.0% (\bar{x} =32.0, S=0.016, n=5) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 33.0-36.0% (\bar{x} =36.0%, S=0.013, n=16) en machos. Rostro acuminado y largo por elongación de la distancia narina-extremo rostral, en vista dorsal bastante proyectado. *Canthi rostrales* algo carnosos, delgados, bien diferenciados, muy ligeramente cóncavos en vista dorsal, forman un ángulo obtuso a nivel de las narinas. Párpado superior carnoso, con borde externo prominente, continua posteriormente con las crestas temporales, evidentes pero poco levantadas. Dorso cefálico plano, región intercantal algo cóncava. Anchura del párpado superior equivalente al 53.0-69.0% (\bar{x} =63.0%, S=0.065, n=5) de la distancia

interorbital en hembras y al 62.0-100.0% (\bar{x} =77.0%, S=0.12, n=16) en machos. Rostro en aspecto lateral protrusivo, agudo, sobrepasa bastante el labio superior, protuberante ventralmente en el extremo. Narinas externas a nivel del borde anterior del labio inferior, ligeramente protuberantes con aberturas ovaladas, dirigidas posteroventralmente, equidistantes del extremo rostral y del ángulo anterior de la órbita. La distancia ojo-rostro equivale al 148.0-189.0% (\bar{x} =169.0%, S=0.16, n=5) del diámetro orbital anteroposterior en hembras y al 139.0-190.0% (\bar{x} =166.0%, S=0.13, n=16) en machos; la distancia narina-órbita equivale al 82.0-99.0% (\bar{x} =90.0%, S=0.05, n=5) del diámetro orbital anteroposterior en hembras y al 76.0-102.0% (\bar{x} =87.0%, S=0.07, n=16) en machos. Región loreal ampliamente cóncava, labio superior ligeramente engrosado.

Piel de las superficies dorsales de cabeza y tronco lisa a fina y densamente foveolada y en moderada cantidad verrugas planas, pústulas pequeñas y tubérculos cóncavos espinulados o no, algo más pequeños en los machos; algunos machos presentan 2 o 3 verrugas confluentes a manera de paratoides. Región temporal, miembro

Tabla 2. Proporciones morfométricas de la serie típica de *A. Simulatus*, *A. quimbaya* y *A. Sernai*.

| | ATELOPUS SIMULATUS | | ATELOPUS QUIMBAYA | | ATELOPUS SERNAI | |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | MACHOS | HEMBRAS | MACHOS |
| | (N=25) | (N=36) | (N=5) | (N=16) | (N=4) | (N=2) |
| LC/LR-U | V=0.28-0.32 x=0.30 S=0.013 | 0.32-0.42 0.35 0.018 | 0.30-0.35 0.32 0.016 | 0.33-0.36 0.36 0.013 | 0.28-0.32 0.30 0.01 | 0.31-0.36 |
| AC/LR-U | V=0.24-0.29 x=0.27 S=0.011 | 0.28-0.34 0.32 0.012 | 0.27-0.29 0.28 0.011 | 0.28-0.38 0.31 0.020 | 0.25-0.28 0.27 0.009 | 0.26-0.31 |
| AC/LC | V=0.82-1.02 x=0.92 S=0.060 | 0.77-0.99 0.87 0.13 | 0.83-0.89 0.86 0.023 | 0.80-0.91 0.85 0.020 | 0.83-0.91 0.87 0.020 | 0.82-0.86 |
| LF/LR-U | V=0.66-0.82 x=0.76 S=0.019 | 0.72-0.92 0.84 0.018 | 0.77-0.84 0.81 0.027 | 0.83-0.97 0.86 0.040 | 0.76-0.83 0.79 0.020 | 0.74-0.78 |
| LT/LR-U | V=0.34-0.40 x=0.37 S=0.017 | 0.34-0.45 0.41 0.023 | 0.38-0.42 0.40 0.015 | 0.39-0.45 0.41 0.010 | 0.37-0.40 0.39 0.010 | 0.36-0.41 |
| LT/LF | V=0.46-0.52 x=0.50 S=0.18 | 0.44-0.53 0.49 0.021 | 0.48-0.50 0.49 0.008 | 0.42-0.51 0.48 0.017 | 0.47-0.49 0.48 0.005 | 0.97-1.04 |
| LT/LC | V=1.13-1.41 x=1.23 S=0.058 | 0.99-1.28 1.16 0.069 | 1.10-1.41 1.27 0.10 | 1.08-1.24 1.16 0.047 | 1.18-1.38 1.26 0.070 | 1.13-1.14 |
| LP/LR-U | V=0.33-0.41 x=0.38 S=0.019 | 0.34-0.46 0.41 0.028 | 0.41-0.46 0.44 0.010 | 0.39-0.48 0.43 0.017 | 0.40-0.43 0.41 0.010 | 0.31-0.40 |
| O-N/DO | V=0.72-1.16 x=0.88 S=0.110 | 0.68-1.68 0.86 0.170 | 0.82-0.99 0.90 0.053 | 0.76-1.02 0.87 0.070 | 0.76-0.96 0.83 0.070 | 0.75-0.81 |
| O-R/DO | V=1.40-2.60 x=1.76 S=0.230 | 1.24-1.97 1.63 0.130 | 1.48-1.89 1.69 0.160 | 1.39-1.90 1.66 0.130 | 1.63-1.84 1.75 0.070 | 1.33-1.75 |
| AP/IO | V=0.51-1.10 x=0.745 S=0.110 | 0.48-1.14 0.735 0.140 | 0.53-0.69 0.63 0.065 | 0.62-1.00 0.77 0.12 | 0.57-0.84 0.68 0.10 | 0.72-0.76 |

anterior, flancos troncales con verrugas y tubérculos espinulados densos. Superficies expuestas de los miembros posteriores y posteroventral del muslo con abundantes verrugas uniformemente distribuidas; gula, peco y superficies ocultas de los miembros posteriores bastante granulares; vientre areolar a granuloso.

Hembras con miembros anteriores esbeltos, machos con antebrazos robustos. Membrana manual vestigial, algo engrosada; dedos de la mano cortos, no bulbosos en el extremo distal, de bordes subparalelos. El extremo distal del dedo II alcanza en 7 hembras la parte proximal de la penúltima falange del dedo III, en 16 machos llega hasta el extremo distal de la antepenúltima falange del dedo III. Tamaño relativo de los dedos manuales I<II<IV<III. Tubérculos subarticulares manuales distales redondeados, muy poco prominentes, ligeramente definidos, sencillos, tubérculos subarticulares basales redondeados, sencillos o bifidos, bien definidos; tubérculos supernumerarios abundantes, confieren a la superficie palmar aspecto finamente granular. Tubérculo *thenar* poco definido, de ovalado a elíptico, su diámetro mayor es 1/2 el del *hypothenar*, éste es aplanado, de ovalado a

ovoide y muy bien definido. Machos con excrecencia nupcial cornificada, cubre casi toda la superficie dorsal del *pollex* y su borde interno, además diminutos parches cornificados se localizan en la base del dedo II dorsalmente y en su parte media interna (Fig.5).

Miembros posteriores delgados, cuando se extienden hacia adelante, paralelos a los flancos, el tubérculo metatarsal externo alcanza el nivel anterior del ojo en hembras y el del rostro en machos. Longitud tibial equivalente al 38.0-42.0% (\bar{x} =40.0%, S=0.015, n=5) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 39.0-45.0% (\bar{x} =41.0%, S=0.01, n=16) en machos; al 48.0-50.0% (\bar{x} =49.0%, S=0.008, n=5) de la longitud femoral en hembras y al 42.0-51.0% (\bar{x} =48.0, S=0.017, n=16) en machos. La longitud femoral equivale al 77.0-84.0% (\bar{x} =81.0%, S=0.027, n=5) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 39.0-45.0% (\bar{x} =41.0%, S=0.01, n=16) en machos. Codos y rodillas distan de sobreponerse cuando los miembros son puestos paralelos al plano sagital del cuerpo en hembras, pero apenas se sobreponen en los machos. Los talones distan poco de entrar en contacto cuando las piernas se flejan, estando los muslos per-

pendiculares al plano sagital del cuerpo en hembras y machos. Longitud del pie equivale al 41.0-46.0% ($\bar{x}=44.0\%$, $S=0.01$, $n=5$) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 39.0-48.0% ($\bar{x}=43.0\%$, $S=0.017$, $n=16$) en machos; dedos pediales algo aguzados, sus extremos ligeramente dilatados ventralmente y su tamaño relativo $I < II < III < V < IV$. Tubérculo metatarsal externo pequeño, redondo u ovalado, prominente, tubérculo metatarsal interno plano, ovalado, dos veces más largo que ancho; tubérculos subarticulares discretos, sencillos, redondeados; tubérculos supernumerarios muy pequeños, abundantes (Fig. 5). Pliegue tarsal interno discreto y carnoso, en hembras recorre 1/2 a 3/4 del tarso, es algo mayor en machos. Membrana pedial gruesa, fórmula modal en 16 machos y 5 hembras: I 1/2 - (1/2-2) II (1/2-1 1/2) - (2-3) III (1-2) - (3-31/21/2) IV (3-31/2) - (1-2) V.

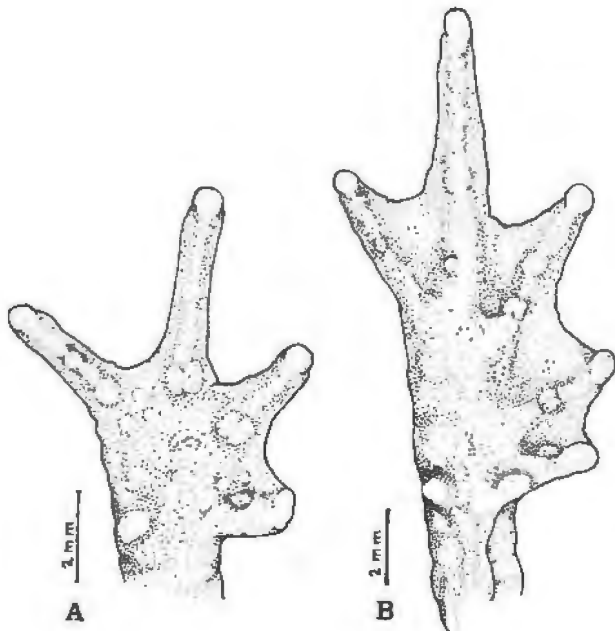


Figura 5. *Atelopus quimbaya* sp. nov., vista palmar (A) mano derecha ICN 23339, hembra adulta, holótipo y plantar (B) pie derecho ICN 25838, hembra adulta, parátipo.

Narinas internas ovaladas de mediano tamaño; dientes maxilares, vomerinos y palatinos ausentes; lengua espatulada, libre en el tercio posterior. Hendiduras vocales presentes al lado izquierdo en 5 machos y ausentes en 11. Abertura cloacal poco evidente, situada a nivel medio de los muslos, dirigida posteriormente, sin modificaciones dérmicas.

Osteología. Esqueleto bien osificado (macho ICN 32475, LRU=26.18mm): nasales grandes, planos dorsalmente, ampliamente separados en la línea media, triangulares, divergen gradualmente en sentido posterolateral, con proceso maxilar fuerte. Cartílago nasal sobrepasa extensamente las premaxilas. Frontoparietales relativamente grandes, de bordes anteriores agudos, irregulares, bordes laterales paralelos y algo ensanchados sobre el ángulo posterior interno de la

órbita; gotera occipital descubierta sólo en el extremo posterior. Esfenetmoides óseo, muy prolongado, sobrepasando por delante a los nasales, condricado anteriormente. Proóticos amplios, trapezoidales. Escamoso con sus ramas zigomática y ótica en vista dorsal elípticas, angostas, rama ventral casi perpendicular al plano dorsal craneal. Palatinos triangulares, alargados, vómeres casi vestigiales. Pterigoides robusto, su rama anterior en amplia articulación con la maxila, su extremo anterior llega hasta 1/5 del plano anterior de la órbita, rama media corta articulada sobre la parte anterior de la cápsula ótica. Cuadradoyugal bastante reducido, en leve articulación con el extremo posterior de la maxila. Proceso cultriforme del paraesfenoides fusiforme, de amplio vientre, su extremo anterior apenas sobrepasa el nivel medio de la órbita, procesos alares largos de bordes paralelos. Maxila con leve proceso nasal que casi entra en contacto con el proceso maxilar de los nasales. Premaxilas fuertes, con grandes y agudos procesos palatinos, con procesos laterales muy agudos en su extremo distal; proceso nasal amplio, de forma rectangular y dirigido dorsolateralmente (Fig. 6).

Lámina hioidea cartilaginosa, de bordes laterales cóncavos, proceso hipobranquial I corto, angosto, dirigido anterolateralmente, proceso anterior del manubrio corto, dirigido anteriormente, hipobranquial II ausente, hipobranquial IV osificado, aproximadamente tan largo como la lámina hioidea (Fig. 3).

Cintura pectoral firmisternal, *sternum oseo*, de bordes paralelos, rectangular, grande, condricado posteriormente, con una diminuta escotadura. Cótilos cervicales tipo II (*sensu Lynch*, 1971), atlas fusionado totalmente a la segunda vértebra, con apófisis transversas perpendiculares, cortas, dirigidas lateralmente, las tres siguientes con apófisis un tanto más largas y algo dirigidas posteriormente, las tres restantes con apófisis perpendiculares al eje vertebral y de igual longitud que las anteriores. Crestas neurales no imbricadas. Sacro con procesos transversos muy amplios distalmente, urostilo con un par de expansiones laterales óseas, rudimentarias, situadas en su parte basal, una diminuta cresta dorsal corre a lo largo del urostilo. Articulación sacrococcígea monocondilar.

Fórmula falangeal manual 1-2-3-3, pedial 2-2-3-4-3, *prepollex* con un elemento, casi tan largo como el metacarpal, grueso y curvado hacia la parte interna, *prehallux* con un elemento; hembra juvenil (ICN 25828) con fórmula falangeal manual 1-2-3-3, la última falange del dedo I alcanza la articulación entre la penúltima y antepenúltima falange del dedo II, otra hembra juvenil (ICN 32476) con fórmula falangeal manual 2-2-3-3, con la última falange en el dedo I vestigial que alcanza algo más que la articulación entre la penúltima y antepenúltima falange del dedo II. Esta última con pequeño *prepollex* delgado, recto, óseo, con un elemento y llega sólo a la mitad del metacarpal. Fórmula falangeal pedial en hembras 2-3-4-3 y *prehallux* con un elemento.

Coloración *In vivo*. No se advierte dimorfismo sexual por su colorido y patrón dorsal. En hembras y machos, superficies expuestas gris, gris verdoso o gris

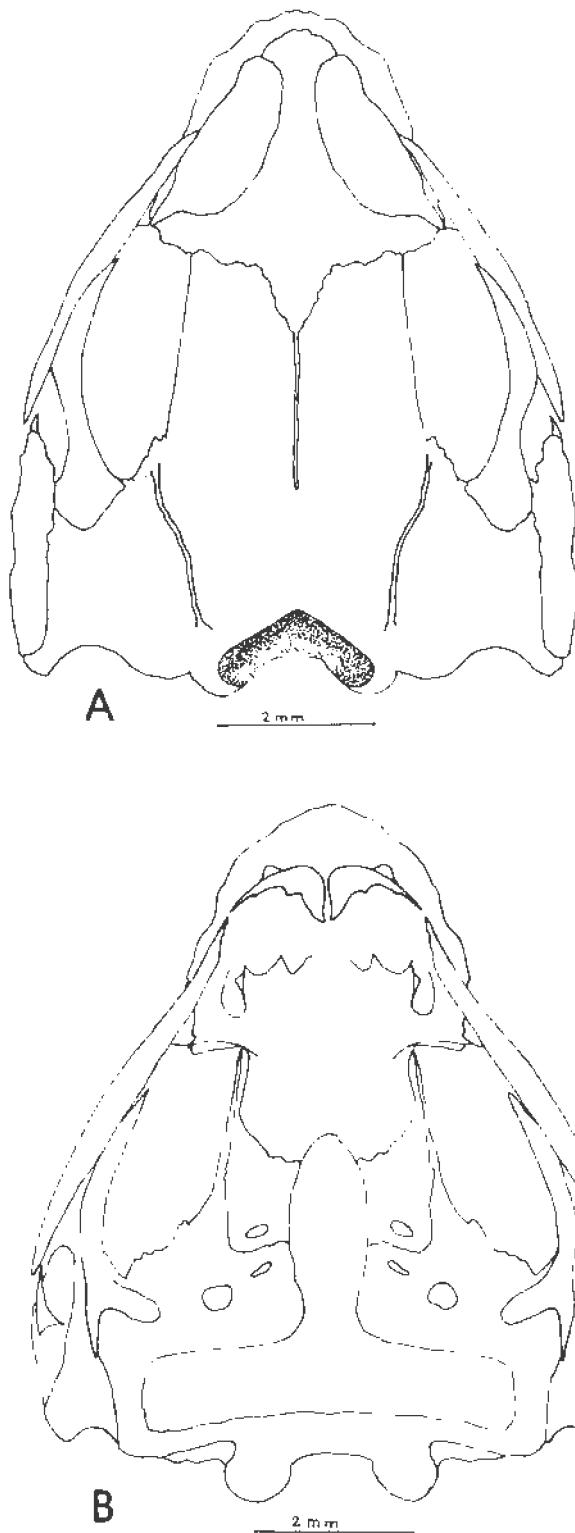


Figura 6. *Atelopus quimbaya* sp. nov., vista dorsal (A) y ventral (B) del cráneo de ICN 32475, macho adulto, paratopónimo.

castaño con puntos gruesos café oscuro, escasos en una hembra y en cinco machos, con flecos delgados, libres o confluentes café en dos hembras y tres machos, y con flecos gruesos café oscuro que forman bandas longitudinales en una hembra y en cinco machos, tres de éstos con una X post-cefálica muy definida; una hembra y dos machos con diseño muy difuso y un macho sin diseño. Mancha amarilla, pequeñas, ocasionales, de posición variable en cabeza y tronco en hembras y machos. Dedos internos manuales y pediales, palmas, plantas, mem-

branas pediales y tubérculos crema rosáceo, plantas en una hembra con motas negras.

Flancos café oscuro a claro, con puntos pequeños, flecos gruesos y verrugas negras, limitados dorsalmente por banda café oscura poco conspicua que se inicia o no en el extremo rostral, de longitud variable; línea similar de presencia menos constante, café, en los flancos ventralmente; una hembra con ingles amarillas. Borde anterior del brazo y del muslo con sendas bandas angostas, café oscuro, de anchura y longitud variable, contrastantes o no, presentes siempre; superficie posterior del muslo con dos bandas de iguales características.

Hembras con gula y pecho café claro, vientre amarillento, el holótipo y tres hembras adicionales con pecho y vientre con flecos muy escasos café oscuro, otra hembra en gula y pecho con patrón reticulado grueso café y el vientre limitado ventrolateralmente por banda café oscura que converge en la parte media ventral en forma de V, y que limita una gran mancha amarillo intenso. Estas manchas amarillas, de forma, tamaño y extensión variables se presentan tanto en machos como en hembras.

Machos con gula amarilla a crema rosáceo, vientre de café claro a crema, en cinco de ellos gula con puntos y o flecos café oscuro de densidad abundante a moderada, en diez con vermiculaciones o flecos gruesos o delgados muy escasos en el vientre; en cinco el diseño antes anotado en gula y vientre y cinco de ellos immaculados ventralmente. Iris negro con escasos puntos amarillos, pupila orlada de amarillo.

Coloración en etanol 70%. Superficies expuestas y flancos, en hembras y machos, de gris a gris verdoso, superficies ventrales, palmas y plantas de crema a grisáceo; el diseño café oscuro se torna negro, el color amarillo *in vivo* se torna crema.

Dimensiones del holótipo. (en mm). Longitud rostro-urostilar 30.2, anchura cefálica 8.9, longitud cefálica 10, longitud femoral 12.7, longitud tibial 12.7, longitud del pie 13.3, diámetro ocular 2.5, distancia ojo-narina 2.2, distancia interorbital 3.6, ojo-extremo rostral 4.7, distancia entre narinas 2.9, anchura del párpado superior 2.5.

Véase para la variabilidad morfométrica de la serie típica en la Tabla 1, y las proporciones morfométricas en la Tabla 2.

Distribución y aspectos ecológicos. La especie se distribuye en el flanco occidental de la Cordillera Central, entre los 2650 y los 2900m en los departamentos de Quindío y Risaralda. Habita en bosque húmedo montano bajo preservado por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER); los ejemplares fueron coleccionados bajo piedras o activos durante el día, capturado en el suelo cubierto de hojarasca seca en bordes de bosque primario meso-micrófilo a lo largo del camino, activos después de una suave llovizna hacia las 18:00 en parajes sombreados, algunos trepando en la vegetación hasta 1.50m de altura, al borde de carretera y al lado de pequeños cursos de agua; se han encontrado en

bosque nativo heterogéneo y en plantaciones homogéneas de *Alnus acuminatus*. Las larvas se han obtenido adheridas sobre o debajo de las rocas en los remansos de las quebradas.

Atelopus sernai sp. nov. Fig. 11

Holótipo. Hembra adulta de una serie coleccionada por Pedro M. Ruiz-C. y Pablo Bernal, agosto 9 de 1978, depositada en la colección batracológica del Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá No. ICN 04166.

Localidad típica. COLOMBIA, Departamento de Antioquia, Municipio de Bello, Serranía Las Baldías, Km.5-8 carretera San Félix-Boquerón, 6° 20' latitud N, 75° 35' longitud W. de Greenwich, 2800-3100m.

Paratopótipos. Ejemplares adultos: macho ICN 04120, hembra (esqueleto) ICN 04269; hembra joven ICN 04162 coleccionados con el holótipo; macho ICN 04242, hembra ICN 04243 coleccionados por G. Lozano, noviembre de 1978, hembras jóvenes ICN 09868-71, cols. J.D. Lynch & P.M. Ruiz-C., junio 9 de 1981; hembra ICN 23703, col. J.D. Lynch, diciembre 2 de 1985.

Etimología. El epíteto específico, genitivo masculino, en memoria de Marco Antonio Serna, F.S.C. (q.e.p.d.) de la Comunidad de los Hermanos de las Escuelas Cristianas, estudioso de la fauna colombiana.

Diagnosis. Una especie de *Atelopus* del Grupo *A. ignescens* reconocible por la siguiente combinación de caracteres: 1) fórmula falangeal manual 2-2-3-3; 2) adultos de mediano tamaño, longitud rostro-urostilar 30.0-33.0mm (\bar{x} =31.2mm, S=1.07, n=4) en hembras y dos machos de 20.8mm y 26.0mm; 3) rostro corto; 4) palmeadura pedial moderadamente extensa, 3/4 palmeada; 5) piel dorsal de lisa a finamente granular en hembras, más granular y pustular en machos; 6) superficies expuestas café rojizo con vermiculaciones verde opaco, flancos café rojizo con manchas amarillentas, superficies ventrales naranja con motas café oscuro, brazos, piernas y dedos internos amarillos; 7) larvas con cuerpo café oscuro, tres manchas incoloras pequeñas en el extremo rostral, 1/5 anterior de la cola café oscuro, resto de las aletas caudales translúcidas, musculatura caudal crema.

Atelopus sernai difiere de *A. nicefori* por su tamaño mayor y vermiculaciones dorsales verde opaco; se asemeja a *A. minutulus* en el color y diseño pero es una especie de mayor tamaño; *A. simulatus* es similar en tamaño pero difiere de *A. sernai* en el diseño dorsal, retículo vs. vermiculación y en el color ventral anterior, verde amarillento vs. naranja.

Descripción de la serie típica. Cuerpo y miembros esbeltos, anchura cefálica equivalente al 25.0-28.0% (\bar{x} =27.0%, S=0.09, n=4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 26.0-31.0% (n=2) en machos; al 83.0-91.0% (\bar{x} =87.0%, S=0.02, n=4) de la longitud cefálica en hembras y al 82.0-86.0% (n=2) en machos. Longitud cefálica equivale al 28.0-32.0% (\bar{x} =30.0%, S=0.01, n=4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 31.0-36.0%

(n=2) en los machos. Rostro proyectado moderadamente, formando un ángulo aproximado de 30-40° con su vértice en las narinas externas y con su extremo algo redondeado, región intercañal ligeramente cóncava medial y longitudinalmente. Anchura del párpado superior equivalente al 57.0-84.0% (\bar{x} =68.0%, S=0.10, n=4) de la distancia interorbital en hembras y al 72.0-76.0% (n=2) en machos. *Canthi rostrales* bien definidos, agudos, no carnosos, algo curvados hacia adentro en vista dorsal; párpado superior con un discreto reborde carnoso, cresta temporal muy bien definida aunque poco prominente. Timpano, anillo timpánico, *ostia pharyngea* y *columella auris* ausentes.

En vista lateral el rostro se proyecta ligeramente por delante del labio inferior, oblicuo anteroventralmente, una carina medial puede estar presente. Labio superior no carnoso ni engrosado. Región loreal ampliamente cóncava. Narinas ovaladas, orientadas posteroventralmente, abultadas, localizadas a los 3/4 de la distancia ojo-extremo rostral, la cual equivale al 163.0-184.0% (\bar{x} =175.0%, S=0.07, n=4) del diámetro orbital antero-posterior en hembras y al 133.0-175.0 (n=2) en machos; la distancia ojo-narina equivale al 76.0-96.0% (\bar{x} =83.0%, S=0.07, n=4) del diámetro orbital anteroposterior en hembras y al 75.0-81.0% (n=2) en machos. Coanas circulares, pequeñas, ampliamente separadas entre sí, paladar, maxila y prevómeros carentes de dientes, lengua angosta, espatulada, libre posteriormente en 1/2 de su longitud total, entera; sacos vocales ausentes, un macho adulto con hendiduras vocales en el lado derecho.

Superficies expuestas de cabeza y tronco en hembras adultas de liso a finamente granular, en hembras jóvenes LRU=21.04-24.94mm (\bar{x} =22.86mm, S=1.28, n=5) bastante más granular con espículas blanquecinas esporádicas hacia los flancos, en dos machos fuertemente granular con pústulas blanquecinas; paratoideas ligeramente notorias en la región postcefálica, cortas y situadas lateralmente.

Miembros anteriores y posteriores dorsalmente en hembras y machos adultos tapizados de densas pústulas pequeñas, espiculadas o no; las superficies ocultas de pierna y pie lisas. Flancos cefálicos y troncales en hembras adultas con escasas pústulas cónicas espiculadas. En machos los flancos son más pustulares que en hembras. Gula y vientre granulares, algo más áspero el pecho al igual que la región posteroventral del muslo. Abertura cloacal redonda, situada en el extremo de un corto y grueso tubo dérmico, localizada a nivel medio de los muslos y de dirección posterior.

Hembras con miembros anteriores esbeltos, machos con antebrazo muy robusto, sin pliegue ulnar. Dedos manuales relativamente largos, delgados, de extremos distales no bulbosos, de bordes subparalelos carentes de membranas interdigitales manuales, su tamaño relativo $I < II < IV < III$. Tubérculos subarticulares poco evidenciables, sencillos o bifidos. Tubérculo *hypothenar* redondo, plano, grande, bien definido; el *thenar* es ovoide, poco evidente, su diámetro mayor equivale a 1/2 del *hypothenar*; región palmar con tubérculos granulares, pequeños, uniformes. *Prepollex* no evidente externamen-

te, *pollex* en machos con excrecencia nupcial protuberante tapizada por espínulas diminutas, cornificadas, que lo cubren dorsal y posterodorsalmente (Fig.10). Rodillas y codos distan corta distancia de entrar en contacto en hembras y se sobreponen apenas en machos cuando brazos y muslos se ponen paralelos al cuerpo. Cuando los miembros posteriores se extienden hacia adelante, paralelos a los flancos, la articulación tibio-tarsal alcanza el extremo posterior de la cresta temporal en machos y llega a la base de la articulación humeral con el cuerpo en hembras. La longitud tibial equivale al 37.0-40.0% (\bar{x} =39.0%, S =0.01, n =4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 36.0-41.0% (n =2) en machos, al 47.0-49.0% (\bar{x} =48.0%, S =0.005, n =4) de la longitud femoral en hembras y al 97.0-104.0% (n =2) en machos. La longitud femoral equivale al 76.0-83.0% (\bar{x} =79.0%, S =0.02, n =4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 74.0-78.0% (n =2) en machos. Los talones distan un corto trayecto de entrar en contacto cuando las piernas se flejan, estando los muslos perpendiculares al plano sagital del cuerpo en hembras y machos. La longitud del pie equivale al 40.0-43.0% (\bar{x} =41.0%, S =0.01, n =4) de la longitud rostro-urostilar en hembras y al 31.0-41.0% (n =2) en machos; tamaño relativo de los dedos pediales $I < II < III < V < IV$, tubérculos subarticulares plantares, pequeños, redondos, muy poco diferenciados; tubérculo metatarsal externo pequeño, redondo, aplanado, ligeramente definido; el interno: menos definido, ovoide y de igual tamaño que el externo; superficies plantares casi lisas (Fig. 7). Membrana pedial

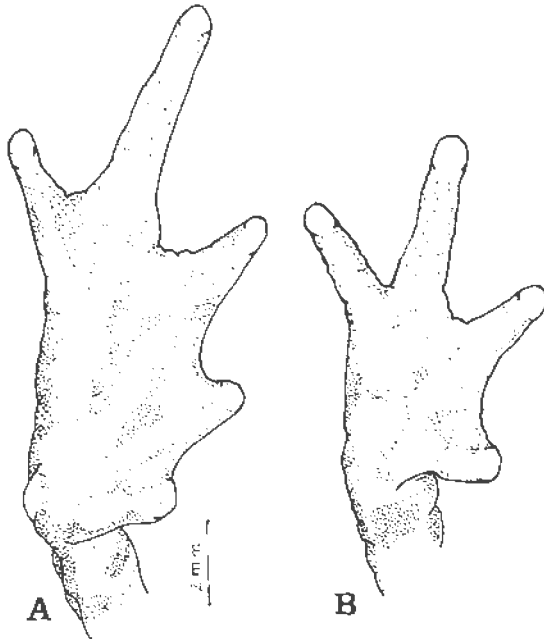


Figura 7. *Atelopus sernai* sp. nov., vista palmar (A) mano derecha y plantar (B) pie derecho de ICN 23703, hembra adulta, paratopótipo

delgada, fórmula modal de palmeadura manual en 2 machos y 4 hembras: I (0-1/2) - II 1/2 - (1/2-2) III (1/2-2) - (3-3 1/2) IV (3-3 1/4) - (1/2-2) V.

Osteología. Esqueleto bien osificado (hembra adulta ICN 04269, LRU 30.92 mm). Nasales grandes, lisos, amplios pero moderadamente convexos, separados por un espacio angosto, anteriormente, ligeramente triangu-

lares, divergentes hacia su extremo posterior. Cartilago nasal no agudo, sobrepasa anteriormente a las premaxilas. Frontoparietales amplios, de bordes anteriores transversos, irregulares, con escotadura medial anterior angosta, algo profunda, de bordes laterales paralelos anteriormente bastante expandidos sobre la parte 1/2 posterior de la órbita, articulados posteriormente a los proóticos, con gotera occipital cubierta solamente en breve trayecto en la parte posterior. Esfenetmoides sobrepasa el extremo anterior de los nasales, totalmente osificado. Proóticos elongados, cilíndricos, ensanchándose para su articulación con las ramas zigomática y ótica del escamoso; éstas algo triangulares en conjunto, con el extremo posterior agudo y la rama ventral perpendicular al plano dorsal craneal. Palatinos bastante grandes y vómeres reducidos, premaxilas fuertes, amplias, con procesos palatinos fuertes y agudos, sin procesos laterales. Pterigoides fuerte, bastante macizo, rama anterior en amplia articulación con la maxila casi a nivel del plano anterior de la órbita; rama media bastante maciza, corta, ampliándose para articularse con la cápsula ótica muy cerca al borde anterior y distal a los procesos alares del paraesfenoides. Cuadradoyugal corto, poco desarrollado, no articulado con la maxila. Proceso cultriforme del paraesfenoides fusiforme, de muy amplio vientre, procesos alares bastante largos, ligeramente inclinados posteriormente y algo dilatados en sus extremos distales (Fig.8).

Esqueleto hialolaríngeo con lámina cartilaginosa más bien angosta, proceso hipobranquial I corto y dirigido casi perpendicular a la línea media de la lámina, proceso hipobranquial 4 osificado (Fig.4). Cintura pectoral firmisternal, *sternum oseo* de forma trapezoidal, con el extremo posterior ancho, condricificado ampliamente en su extremo distal y varias indentaciones pequeñas en el borde posterior. Cótilos cervicales separados, siete vértebras presacras incluido el atlas el cual se fusiona totalmente a la segunda, este complejo con un apófisis transversa corta, casi perpendicular, tres siguientes apofisis más largas que la primera orientadas algo posterolateralmente, las tres últimas perpendiculares con tamaño progresivamente mayor. Crestas neurales proyectadas posteriormente sin llegar a sobreponerse sobre el arco neural de las vértebras siguientes. Sacro con sus apófisis transversas expandidas distalmente. Urostilo con ligero reborde lateral y algo expandido anteriormente, con fina cresta dorsal. Articulación sacro-coccígea bicondilar. Fórmula falangeal manual 2-2-3-3, *prepollex* compuesto por un elemento, fórmula falangeal pedial 2-2-3-4-3, *prehallux* con un elemento.

Coloración In vivo. Superficies expuestas café rojizo con manchas pequeñas, irregulares, puntos gruesos y/o vermiculaciones finas verde opaco uniformemente distribuidos; flancos café rojizo con pequeñas manchas amarillentas. Ventralmente, gula, pecho y vientre, muslos y plantas naranja, con puntos densos, manchas irregulares o motas café oscuro y en algunos ejemplares una fina línea medial gular café oscura, brazos, piernas y dedos internos amarillos. Iris oro con barras horizontales negras.

2.2, anchura interorbital 3.7, ojo-extremo rostral 4.7, anchura del párpado superior 2.6.

Véase para la variabilidad morfométrica la Tabla 1 y para proporciones morfométricas la Tabla 2.

Distribución y aspectos ecológicos. La especie es conocida hasta el momento únicamente de la localidad típica; diurna, sus posturas, pigmentados de amarillo, tiene 220 la hembra adulta ICN 04269 tomada para esqueleto. Se analizó el contenido estomacal de un ejemplar (ICN 09869) que corresponde a una hembra joven y se pudo determinar que la dieta incluye microartrópodos preferencialmente edáficos, familias Entomobryidae y Sminthuridae, insectos del orden Collembola, familia Formicidae del orden Hymenoptera y Curculionidae del orden Coleoptera; además Cryptostigmata, Arachnida del orden Acarina.

Discusión. Peters (1973) propuso los grupos fenéticos *Atelopus ignescens* y *A. longirostris* basado en los índices de las relaciones morfométricas de la longitud cefálica y de cada uno de los segmentos del miembro posterior con la longitud rostro-urostilar, de la longitud cefálica con su anchura, de la tibiofíbula con la longitud cefálica y de la misma con la longitud femoral, asociando las diferencias de color y la distribución altitudinal. Da mayor significancia a la relación longitud tibial/longitud rostro-urostilar por ser la más contrastante en los dos grupos y anota que la longitud del fémur y la longitud rostro-urostilar varía proporcionalmente en los mismos, mientras que la de la tibiofíbula es mucho mayor en el grupo *longirostris*; advierte que ciertas especies tienen índices intermedios para esta proporción. Zweifel (1956:4) utiliza la longitud de la tibiofíbula para comparaciones de *Eleutherodactylus* del grupo *augusti* y anota que no es recomendable su uso por cuanto las diferencias se reflejan no sólo en tal medida sino en todos los segmentos del miembro posterior dado que el incremento en el tamaño corporal y en el de cada segmento varían independientemente a lo largo de la ontogenia. Lynch (1993, en prensa) anota que en cualquiera de los dos grupos de *Atelopus* arriba anotados se presentan especies con miembros posteriores largos o cortos con relación a la longitud del cuerpo.

Las tres especies aquí estudiadas *Atelopus simulatus*, *A. quimbaya* y *A. senai* serían, según las condiciones de Peters, referibles al grupo *ignescens* por tener la proporción longitud tibial/longitud rostro-urostilar menor al 45% y la proporción longitud femoral/longitud rostro-urostilar en promedio menor al 90%, sin embargo la proporción anchura cefálica/longitud cefálica las sitúa dentro del grupo *longirostris* (= *flavescens*, J. Lynch, comunicación personal) con valores promedio inferiores al 92%.

Peters (1973) aclarando que no es conducente la separación de los grupos de especies por colores, señala que los colores brillantes y llamativos se presentan con mayor frecuencia en el grupo *longirostris* mientras que los oscuros lo son en el grupo *ignescens*, pero de acuerdo a nuestras observaciones *A. muisca* y otras dos especies en proceso de descripción de los alrededores de Bo-

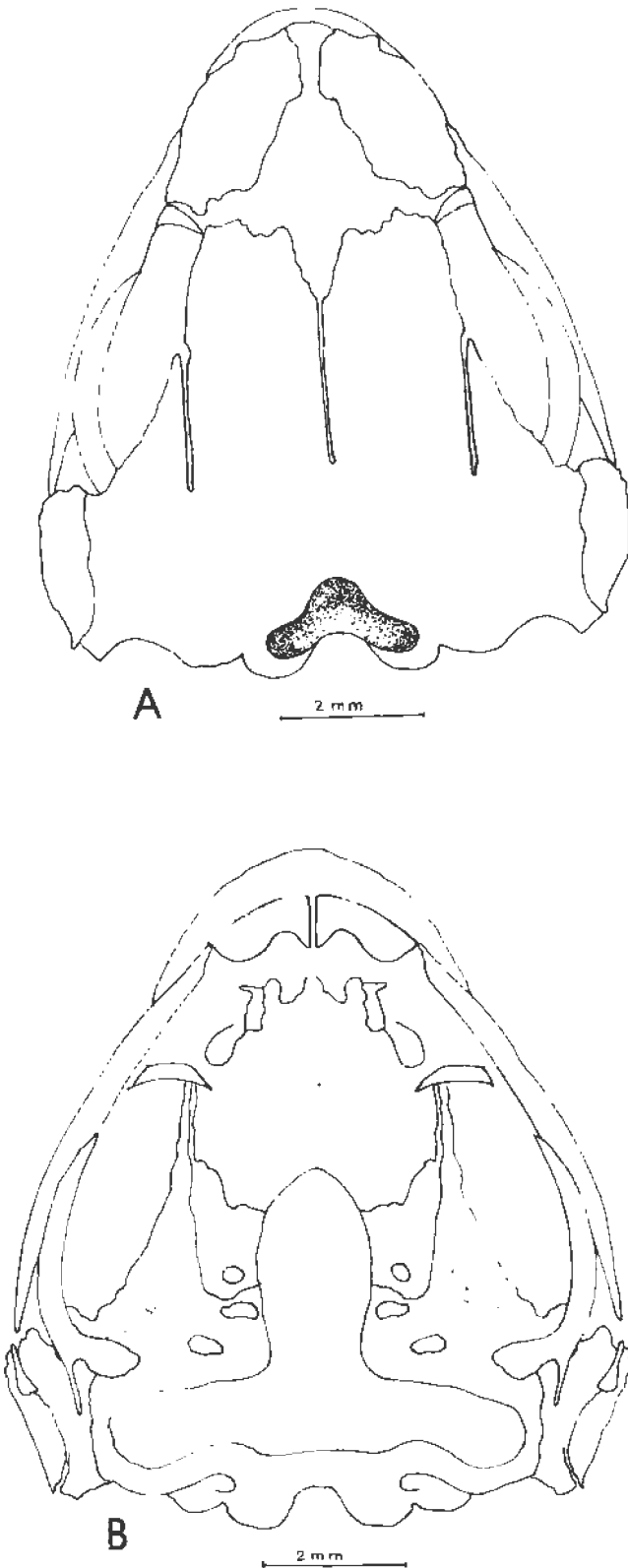


Figura 8. *Atelopus sernai* sp. nov., vista dorsal (A) y ventral (B) del cráneo de ICN 64269, hembra adulta, paratopótipo.

Coloración en etanol 70% El color dorsal café rojizo se torna café y el verde opaco se vuelve crema amarillento, el naranja se torna amarillento, las manchas café oscuro permanecen o se tornan negras.

Dimensiones del holótipo. (en mm) Longitud rostro-urostilar 30.1, longitud cefálica 9.8, anchura cefálica 8.5, longitud femoral 12.5, longitud tibial 12.1, longitud del pie 13.1, diámetro ocular 2.9, distancia narina-ojo

gotá, asignables, por proporciones, al grupo *ignescens* son muy vistosas en coloración lo mismo que *A. sorianoi* y *A. carbonerensis* de Venezuela.

La separación altitudinal de los dos grupos fenéticos *sensu* Peters, es válida para las especies colombianas *Atelopus carauta*, *A. elegans*, *A. galactogaster*, *A. longibrachius*, *A. lynchi*, *A. minutulus*, *A. spumarius* y *A. spurrelli*, que pertenecen al grupo *longirostris* y se distribuyen por debajo de los 2000m, sin embargo *A. chocoensis* vive a 1900m, *A. varius* a 200m y *A. walkeri* de 1800-2000m y por proporciones morfométricas pertenecen todas al grupo *ignescens*. Especies de este último grupo deben distribuirse *sensu* Peters (1973) por encima de los 2000m; dos especies indescritas de Santander distribuidas hacia los 2200m y con una diferencia de sólo 100m entre ellas, una se ubica claramente en el grupo *ignescens* por la proporción longitud tibial/longitud rostro-urostilar mientras que la otra tiene proporciones morfométricas intermedias al igual que las especies ecuatorianas *A. boulengeri* y *A. mindoensis*.

Lynch (1993 en prensa), buscando caracteres que permitan constituir grupos naturales, encuentra que muchas especies del grupo *ignescens* tienen un pulgar más largo (= dos falanges) que algunas del grupo *longirostris* (= una falange). McDiarmid (1971) informa, sin aplicarlo a la constitución de grupos, que en *Atelopus* hay reducción en número y longitud de falanges en el dedo I, así mismo comunica, en algunos especímenes, una fórmula falangeal manual 1-2-3-3 en una mano y 2-2-3-3 en la otra. Esta última observación también la hemos registrado en *Atelopus quimbaya*: tres ejemplares (2 machos adultos, ICN 25840, 32475 y una hembra joven ICN 25828) presentan fórmula falangeal manual 1-2-3-3, otra hembra joven (ICN 32476) presenta en la mano izquierda 2 falanges y en la derecha una con un pequeño remanente vestigial en el primer dedo manual. Este último es más largo con respecto al dedo II que el mismo dedo en los ejemplares con una sola falange debiéndose esta diferencia al parecer sólo al tamaño del remanente; lo anterior permitiría suponer que el tamaño menor del pulgar en el grupo *longirostris* proviene de una degeneración en la última falange y no de una reducción en la longitud de éstas. Sin embargo en dos especies indescritas hemos encontrado que aunque ambas poseen dos falanges en el primer dedo manual en una de ellas éstas son mucho más cortas que en la otra, hecho que obliga a constatar el número de falanges por disección o tinción diferencial.

De lo anterior podemos concluir que el uso del número de falanges en el dedo I manual en las especies de *Atelopus*, independiente del tamaño del mismo, es de mayor utilidad para la constitución de grupos naturales que las relaciones morfométricas entre segmentos corporales, diferencias altitudinales y diferencias en los colores como Peters (1973) lo propuso.

Ejemplares examinados de *A. simulatus* asignables a los diseños dorsales (A-I) y ventrales (J-R) establecidos en la Figura 5: A IND-AN 4997; B ICN 07263, 11331, 11333, 11346, 11347, IND-AN 4957, 4963, 4972, 4976, 4978, 4980, 4996, 4998; C ICN 07260, 07264; D ICN

06710, 07262; E ICN 06708, 07261; F IND-AN 4953, 4954, 4956, 4959, 4961, 4963, 4966, 4967, 4970, 4974, 4979, 4981, 4983, 4985, 4986, 4987, 4989, 4990, 4992, 5001; G IND-AN 4958, 4960, 4962, 4975, 4977, 4984, ICN 06709, 07259, H IND-AN 4964, 4973, 4988, 4991, 4993, 4994, 4995, 4999; I IND-AN 4965, 4971, 4982, ICN 11332; J IND-AN 4983, 4984, 4986; K IND-AN 4960, 4962, 4964, 4966, 4973, 4975, 4977, 4979, 4981; L IND-



Figura 9. *Atelopus simulatus* sp. nov., vista lateral de amplexantes: hembra adulta, ICN 11331, LRU=34.4mm; macho adulto, ICN 11332, LRU=24.7mm, parátipos.



Figura 10. *Atelopus quimbaya* sp. nov., vista lateral ICN 25827, hembra adulta, LRU 33.3mm, parátipo



Figura 11. *Atelopus sernai* sp. nov., vista lateral ICN 09868, hembra joven, LRC 23.2mm, paratopótipo.

AN 4968, 4971, 4988, 4992, 5001, ICN 07263, 11332, 11346, 11347; M ICN 11331; N IND-AN 4997; O IND-AN 4954, 4957, 4961, 4963, 4907, 4970, 4976, 4994, 4996; P IND-AN 4956, 4959, 4972, 4980, 4982, 4993, 4995, ICN 11333; Q IND-AN 4965, 4974, 49768, 4998, ICN 06710, 07260, 07262, 07264; R ICN 06709, 07259, 07261, IND-AN 4953, 4958, 4987, 4991.

Agradecimientos

Ejemplares de la serie típica de *A. simulatus* del Museo de Anfibios del INDERENA fueron amablemente facilitados por el Dr. Jorge Hernández-Camacho, el biólogo Vicente Rueda suministró la información correspondiente. La bióloga Marcela Morales contribuyó con la colección de ejemplares de *A. quimbaya* bajo la colaboración de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER; el biólogo Germán Amat determinó los contenidos estomacales de *A. sernai*, la bióloga Ruth Estupiñán y el Licenciado Uriel Buitrago elaboraron las gráficas, la bióloga Clara Lucía de Ulloa coleccionó las larvas de *A. quimbaya*.

Bibliografía

- Dingerkus, G. & L.D.Uhler, 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain. Tech.*, 52(4):229-231.
- Duellman, W.E., 1993. Amphibian species of the world: additions and corrections. The University of Kansas. *Mus. Nat. Hist. Special Publication No. 21*, 372 pp.
- Frost, D.R., 1985. Amphibian species of the world. Allen Press Inc. and the Association of Systematics Collections Lawrence, Kansas, U.S.A., 732 pp.
- Kattan, G. 1986. Nueva especie de rana (*Atelopus*) de los farallones de Cali, Cordillera Occidental de Colombia. *Caldasia* 14 (68-70):651-657.
- Lynch, J.D., 1971. Evolutionary relationships, osteology, and zoogeography of the leptodactyloid frogs. University of Kansas, Museum of Natural History, Misc. Publ. 53:
- _____. 1993. A new harlequin frog from the Cordillera Oriental of Colombia (Anura: Bufonidae: *Atelopus*). *Alytes* 000, en prensa.
- McDiarmid, R.W., 1971. Comparative morphology and evolution of frogs of the neotropical genera *Atelopus*, *Dendrophryniscus*, *Melanophryniscus* and *Oreophrynella*. *Los Angeles County Nat. Hist. Mus. Sci. Bull.* 12:1-66.
- Myers, C.W. & Duellman, W.E., 1982. A new species of *Hyla* from Cerro Colorado, and other tree frog records and geographical notes from Western Panama (2752): 1-32
- Peters, J.A., 1973. The frogs genus *Atelopus* in Ecuador (Anura: Bufonidae). *Smithsonian Contrib. Zool.*(45):1-49
- Rivero, J.A. & H. Granados-D., 1993. Nueva especie de *Atelopus* (Amphibia: Bufonidae) del Departamento del Cauca, de Colombia. *Caribbean Journal of Science*, 29 (1-2): 12-17.
- _____. & M.A. Serna, 1985. Nota sobre el *Atelopus nicefori*, con la descripción de una nueva especie de *Atelopus* (Amphibia: Bufonidae) de Colombia. *Ibid.* 21 (1-2): 79-82.
- _____. 1989. Una nueva especie de *Atelopus* (Amphibia: Bufonidae) de Colombia. *Ibid.* 25 (1-2): 36-40
- Ruiz-C., P.M., J. Hernández-C. & M.C. Ardila-R., 1988. Una nueva especie de *Atelopus* A.M.C. Dumeril & Bibron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Cordillera Oriental de Colombia. *Trianea (Act. Cient. Tecn. INDERENA)*, 1:57-69.
- Zwiefel, R.G., 1956. A survey of the frogs of the *augusti* group, genus *Eleutherodactylus*. *Am. Mus. Nov.*, 1813:1-35

SCORPION BIOGEOGRAPHIC PATTERNS AS EVIDENCE FOR A NEBLINA-SÃO GABRIEL ENDEMIC CENTER IN BRAZILIAN AMAZONIA

by

Wilson R. Lourenço*

Resumen

Lourenço, W.R.: Scorpion biogeographic patterns as evidence for Neblina-São Gabriel endemic center in Brazilian Amazonia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19(72): 181 - 185 .1994. ISSN 0370-3908.

Nuevas evidencias basadas en los modelos de la biografía de los escorpiones permiten ratificar como zona de endemismo la región de Imerí, y más concretamente el subcentro Neblina - San Gabriel (Venezuela-Brasil). Un 93% de las especies que habitan la región son endémicas de Imerí y el 100% lo son de la región Neblina-San Gabriel. Estos datos se comparan con los conocidos para otros centros de endemismo de escorpiones tales como Santa Marta (Colombia), Manaus (Brasil), e Imataca (Venezuela). Dos nuevas especies de Neblina-San Gabriel son descritas.

Palabras clave: Escorpiones, Endemismo, Biogeografía, Brasil, Amazonia, Pico de la Neblina.

Abstract

New evidence based on scorpion biogeographic patterns is proposed to further support an Imeri endemic center; more specifically a Neblina-São Gabriel endemic subcenter. Ninety-three percent of the species inhabiting the Imeri region are endemic; where as 100 percent are endemic in the Neblina-São Gabriel region. Comparative results are expressed for five well known scorpion endemic centers, i.e., Santa Marta (Colombia), Manaus (Brazil), Imataca (Venezuela) and Imeri/Neblina-São Gabriel (Venezuela and Brazil). Two new species from Neblina-São Gabriel are described.

Key words: Amazonia, Endemic center, Brazil, Pico de Neblina, Scorpion, Biogeography.

The Imeri refuge, a very complex area is comprised of parts of the Brazilian, Venezuelan and Colombian Amazonia (Prance, 1973, 1982; Lourenço, 1986). The extreme complexity of endemism in the upper Rio Negro area is discussed by Prance (1982), and Steyermark (1979). This paper retains the boundaries proposed and revised by Prance (1973, 1989) for the Imeri region, comprising Imeri (Prance, 1973, 1989) and Rio Negro refuges (Steyermark, 1982).

Because of their reduced vagility scorpions have frequently been used as biogeographic tools. Further studies on scorpion biogeographic patterns on the upper Rio Negro region yield new data on the Imeri region.

In addition to the definition and delimitation of a broader area as the Imeri endemic center, this paper proposes a more distinct subdivision of the Imeri region in agreement with Brown (1979, 1982). Following his studies on butterflies, Brown proposed two local endemic centers for the upper Rio Negro region: São Gabriel and Neblina. In this paper, patterns of scorpion distribution and differentiation are presented as new evidence in support of a single Neblina São Gabriel endemic center.

Description of the area

São Gabriel, pico da Neblina area is located in the upper Rio Negro region in western Brazilian Amazonia, State of Amazonas, on the border with Venezuelan Amazonia (from 0°S; 67°W to 1°N; 66°W). The pico da Neblina mountain is the highest site in Brazil (3014 m), being part of the «Sierra Imeri» which belongs to the

* Université Pierre et Marie Curie, U.F.R. des Sciences de la Vie, 4 Place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France.

Table 1
Measurements in mm of the described species

| | <i>Teuthraustes lisei</i> female | <i>Vachoniochactas ashleeae</i> female |
|---------------------|-------------------------------------|---|
| Total length | 38,5 | 27,7 |
| Carapace length | 5,2 | 3,4 |
| anterior width | 3,3 | 2,2 |
| Metasomal segment I | | |
| length | 2,5 | 1,6 |
| width | 3,5 | 2,2 |
| Metasomal segment V | | |
| length | 4,8 | 3,6 |
| width | 3,2 | 1,9 |
| depth | 3,1 | 1,6 |
| Vesicle | | |
| width | 2,2 | 1,4 |
| depth | 1,4 | 0,9 |
| Chelae | | |
| width | 2,2 | 1,5 |
| depth | 3,3 | 1,3 |
| Movable finger | | |
| length | 3,8 | 3,3 |

Roraima formation. According to **Brown** (1982), the Neblina-São Gabriel area is characterized by two major types of vegetation: rich, dense forests on rolling terrain, and cloud forests or montane forests. Annual rainfall in this area ranges from 3000 to 4000 mm.

Scorpions of Imeri endemic center

The scorpions of the Imeri endemic center belong to the two most common families in the Amazonia, i.e. Chactidae and Buthidae. In this specific region Chactidae scorpions are better represented than Buthidae. There are four genera and 10 species of Chactidae as compared to two genera and 4 species of Buthidae (Table 2). Within this region two new species of scorpions are described below. Two other scorpions, possibly new species, remain undescribed until more specimens can be collected.

Teuthraustes lisei n. sp. (Figs. 1-5).

Type data. Holotype female from Pico da Neblina, São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil, 10/X/1990 (A.A.Lise). Deposited in the Museu de Ciências da PUCRS, Porto Alegre, Brazil (no paratypes).

Etymology: Patronym in honor of our colleague Dr. A.A. Lise of the Museu de Ciências da PUCRS, Porto Alegre, Brazil.

Description: Based on holotype female. Measurements as on table 1.

Coloration: Base color reddish brown. Prosoma, mesosoma, metasoma and vesicle reddish brown; eyes surrounded with black pigments. Venter yellowish brown; chelicerae yellow brown, infuscate on fingers; teeth reddish. Pedipalps: base color reddish brown; chelae and

Table 2 Scorpion species present in the Imeri endemic center. See also figure 12

- * Species endemic to Imeri center.
- ** Species endemic to Neblina-São Gabriel subcenter.

BUTHIDAE

- Microtityus vanzolinii* Lourenço and Eickstedt
- * *Tityus filodendron* Gonzalez-Sponga
- * *Tityus urbinai* Scorza
- ** *Tityus* sp.

CHACTIDAE

- * *Botheas camposi* Gonzalez-Sponga
- * *Botheas lichyi* Gonzalez-Sponga
- * *Botheas mingueti* Gonzalez-Sponga
- ** *Botheas* sp.
- * *Chactopsis anduzei* Gonzalez-Sponga
- * *Chactopsis sujirima* Gonzalez-Sponga
- ** *Teuthraustes adrianae* Gonzalez-Sponga
- * *Teuthraustes carmelinae* Scorza
- ** *Teuthraustes lisei* n.sp.
- ** *Vachoniochactas ashleeae* n.sp.

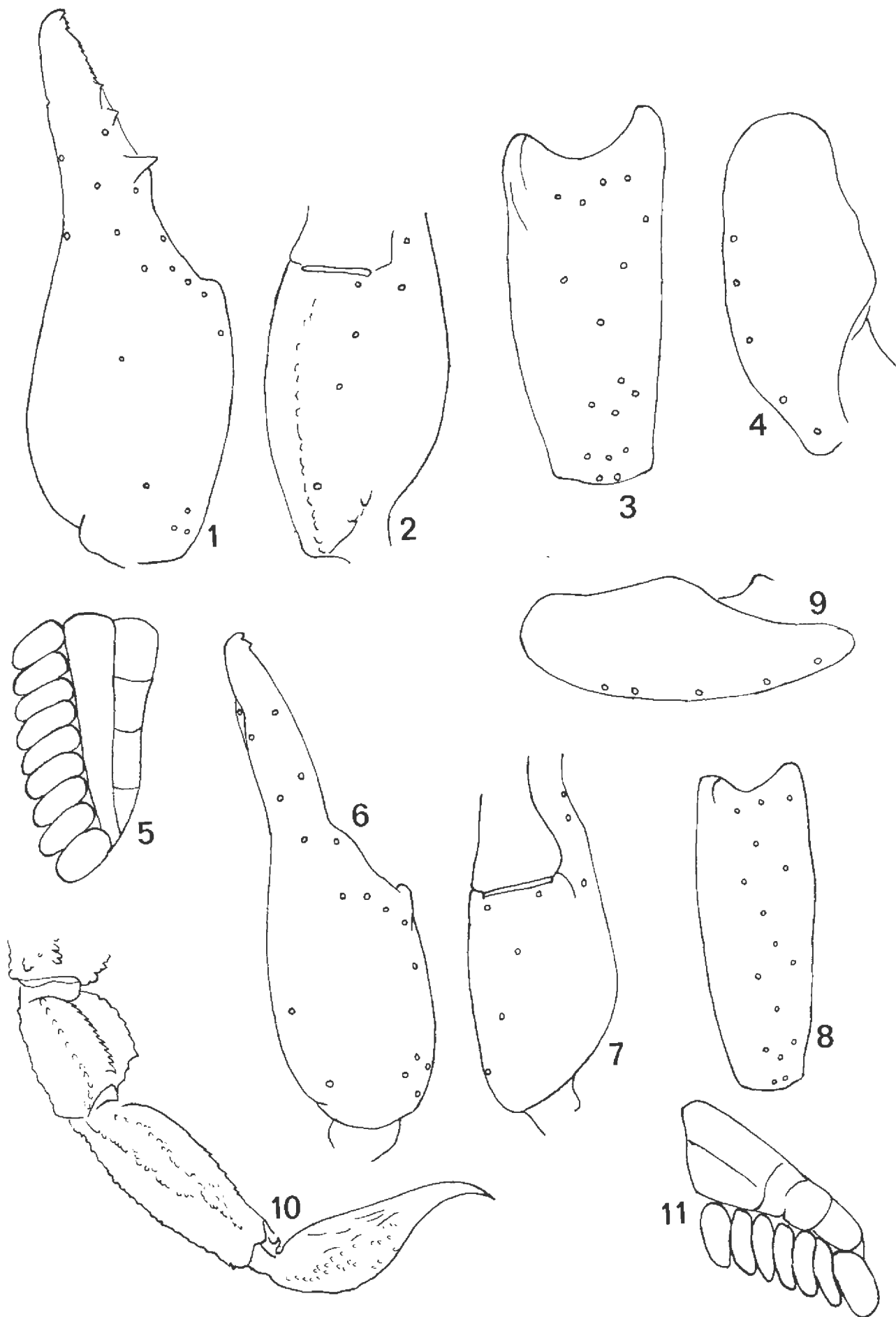
fingers reddish brown. Legs reddish with diffuse fuscous spots; tarsomeres yellowish.

Morphology: Prosoma: carapace almost smooth; anterior margin very feebly concave; median longitudinal and postero-lateral furrows distinct; median ocular tubercle distinctly anterior of middle; median eyes very small and widely separated by 1½ diameter; two pairs of lateral eyes directed more toward the anterior margin of carapace; a third pair of vestigial eyes directly in the back of the second pair. Sternum pentagonal, wider than long. Mesosoma: tergites feebly granular, without keels; pectines: 9-9 teeth, without fulcra; distal tooth slightly wider. Genital operculum divided, with two suboval to subtriangular plates. Sternites feebly punctate, acarinate; stigmata small, oval. Metasoma: segments I-IV with strong dorsal keels; other keels vestigial; ventral keels obsolete; segment V with strong ventral keels. Vesicle, fusiform; ventral aspect feebly granular; dorsal aspect smooth. Chelicerae: movable finger with one basal and two subdistal teeth. Pedipalps: femur with four keels; all faces smooth. Tibia and Chelae with obsolete keels; intercarinal spaces feebly granular. Fingers with six rows of denticles. Trichobothrial pattern (Figs. 1-4) type C, neobothriotaxic. Legs: tarsomere II with dense setae ventrally arranged in rows.

This species is related to *Teuthraustes adrianae* Gonzalez-Sponga, but differs for most of the morphometric values.

Vachoniochactas ashleeae n. sp. (Figs. 6-11).

Type data. Holotype female from Pico da Neblina, São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil, 8/X/1990 (A.A.Lise). Deposited in the Museu de Ciências da PUCRS, Porto Alegre, Brazil (no paratypes).



Figs. 1-5. *Teuthraustes lisei* n.sp. 1-4. Trichobothrial pattern. 1-2. Chelae, external and ventral aspects. 3-4. Tibia, external and ventral aspects. 5. Pecten. **Figs. 6-11.** *Vachoniochactas ashleeae* n. sp. 6-9. Trichobothrial pattern. 6-7. Chelae, external and ventral aspects. 8-9. Tibia, external and ventral aspects. 10. Metasomal segments IV, V and telson. 11. Pecten.

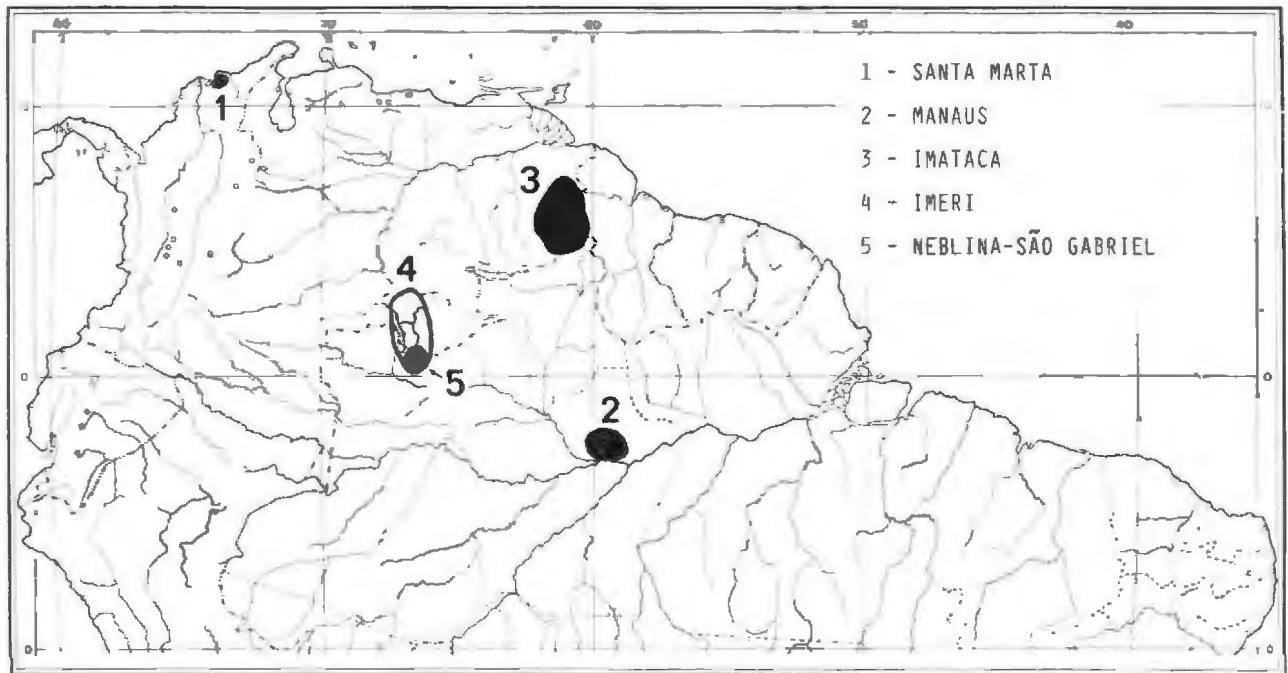


Fig. 12. Location and delimitation of the endemic centers treated in this work.

Etimology: Patronym in honor of Miss. **Ashlee Hedgecock** from Appalachian State University, Boone, N.C., USA.

Description: Based on holotype female. Measurements as on table 1.

Coloration: Base color yellow brown. Prosoma and mesosoma yellow brown; metasoma and vesicle reddish; eyes surrounded with black pigment. Venter yellowish; chelicerae yellow brown, infuscate on fingers; teeth reddish. Pedipalps: base color reddish brown; chelae yellow brown, fingers reddish brown. Legs yellowish with diffuse fuscous spots.

Morphology: Prosoma: carapace feebly granular; anterior margin feebly concave; median longitudinal and

postero-lateral furrows distinct; median ocular tubercle distinctly anterior of middle; two pairs of lateral eyes; the anterior pair larger and directed toward the anterior margin of carapace. Sternum pentagonal, wider than long. Mesosoma: tergites feebly granular, almost smooth, without keels; pectines 7-7 teeth, without fulcra; distal tooth slightly wider. Genital operculum divided, with two subolave plates. Sternites densely punctate, acarinate; stigmata small, round. Metasoma: segments I-V with strong keels, except for ventral, feebly granular; intercarinal spaces feebly granular. Vesicle, fusiform; ventral aspect granular; dorsal smooth. Chelicerae: movable finger with two basal and two subdistal teeth. Pedipalps: femur with four complete keels; all faces smooth. Tibia with five vestigial keels, intercarinal spaces feebly granular. Chelae with vestigial keels feebly granular. Fingers with seven rows of denticles. Trichobothrial pattern (Figs. 6-9) type C, neobothriotaxic. Legs: tarsomere II with dense setae ventrally, not arranged in rows.

My previous decision considering *Vachoniochactas* as a species group within *Broteochactas* (Lourenço, 1986) is herein modified; *Vachoniochactas* is reestablished as a valid genus, different from *Broteochactas* (see also Sissom, 1990). At present two species are known for this genus: *Vachoniochactas lasallei* González-Sponga, endemic to the «Cerro Venamo» within Imataca center in Venezuela and *V. ashleeae* n.sp. endemic to Neblina-São Gabriel subcenter.

Discussion

Although several scorpion endemic centers within Amazonia are characterized at present, only a few can be considered well known. Five of the better-known centers are compared below: Santa Marta in Colombia, Manaus in Brazil, Imataca in Venezuela and Guiana, and Imeri (with the Neblina-São Gabriel subcenter in Ve-

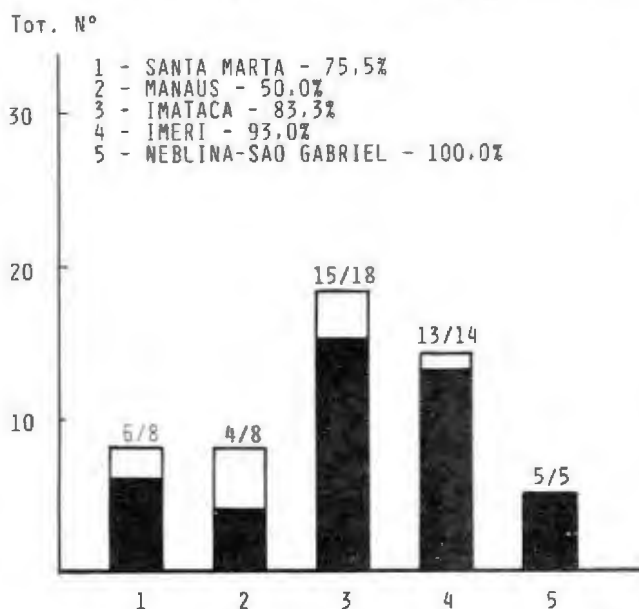


Fig. 13. Total number of species of scorpions in the five endemic centers referred in figure 12 (=total bar) and the number of endemics to each center (= black portion of bar), also expressed in percentage.

nezuela and Brazil). These centers are among the best studied sites scorpologically in South America. The comparative results are expressed graphically in figure 13.

The new evidence discussed in this paper, based on scorpion studies supports the importance of Imeri, and especially the Neblina-São Gabriel area, as endemic centers.

The comparisons of the Imeri/Neblina-São Gabriel with the three other well studied scorpion areas (i.e., Manaus, Santa Marta and Imataca) suggests the importance of Imeri and Neblina-São Gabriel. Moreover, scorpion distribution patterns are quite well correlated with the results previously obtained for other groups of organisms; e.g. butterflies (Brown, 1979, 1982); woody-plants (Prance, 1973, 1989); see also Steyermark (1979, 1986).

Having demonstrated the importance of these endemic centers, with their very high species diversity, one should ask about the present state of conservation units in these areas. According to Brown (1982), the status of the conservation units in the recovering areas of these five endemic centers can be considered as optimistic. In fact, Santa Marta already has two National Parks: Tayrona and Sierra Nevada (Lourenço, 1991a). Imataca has a forest reservation, and other southern areas have been set aside for conservation such as the Canaima National Park. Pico da Neblina area has National Parks in both Venezuelan and Brazilian sides of the border. North to the Venezuelan portion of Imeri two more units are present: Duida-Marahuaca and Orinoquia National Parks. However, because of the large size of the Imeri center more should be done. On the Brazilian side of the border, the São Gabriel area is partially protected by both Pico da Neblina National Park and the Rio Negro forest reserve. Manaus has at least one conservation unit: Reserva Ducke; however this reserve is covered mainly by Tropical rainforests on «Terra firme» latosol (Prance, 1990), and even if some small streams flood and create swamps in the rainy season, many species endemic to Manaus area, living exclusively in flooded ground areas (e.g. Tarumã-Mirim) are not present in Reserva Ducke; for this reason conservation programs concerning the «Varzea» areas should be taken more seriously in consideration locally.

Final conclusions on the actual composition of the scorpion fauna of these areas should be interpreted with caution because some of the results presented here may be biased by insufficient collecting in the field. Actually, scorpion inventory work can present some difficulties, because these organisms may be very cryptic. In some cases species can remain known from a single locality until better methods of sampling can be used. The precautions in the interpretation of results must be taken into consideration in any biogeographical work (Lourenço, 1991b; Prance, 1982).

Acknowledgments

I wish to express my gratitude to Dr. Arno A. Lise, PUCRS, Porto Alegre, Brazil, who allowed access to several scorpion specimens used in this study. I also thank Miss Ashlee Hedgecock, Appalachian State University, Boone, N.C., USA who kindly revised the English style of this paper- Two anonymous readers for reviewing this paper.

References

- Brown, K.S. 1979. *Ecologia Geográfica e Evolução nas florestas neotropicais*. São Paulo, Universidade de Campinas: 265p.
- 1982. Paleogeology and Regional Patterns of Evolution in Neotropical Forest Butterflies. In: G.T.Prance (Ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press, New York: 255-308.
- Lourenço, W.R. 1986. Diversité de la faune scorpionique de la région amazonienne; centres d'endémisme; nouvel appui à la théorie des refuges forestiers du Pléistocène. *Amazoniana*, 9(4): 559-580.
- 1991a. Les Scorpions de Colombie, II. Les faunes des régions de Santa Marta et de la Cordillère orientale. Approche biogéographique. *Senckenbergiana biol.*, 71(4-6): 275-288.
- 1991b. La «Province» biogéographique guyanaise; étude de la biodiversité et des centres d'endémisme en vue de la conservation des patrimoines génétiques. *C.R.Soc. Biogéogr.*, 67(2): 113-131.
- Prance, G.T. 1973. Phytogeographic support for the theory of Pleistocene forest refuges in the Amazon basin, based on evidence from distribution patterns in Caryocaraceae, Cbrysoalanaceae, Dichapetalaceae and Lecythidaceae. *Acta Amazonica*, 3(3): 5-28.
- 1982. Forest Refuges: Evidence from Woody Angiosperms. In: G.T.Prance(Ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press, New York: 137-158.
- 1989. Rates of loss of Biological Diversity: A global view. In: I.F.Spellerberg, F.B.Goldsmith and M.G.Morris(Eds.), *The scientific management of temperate communities for conservation*. Blackwell Sci. Publ. Press, London: 27-44
- 1990. The Floristic composition of the forests of central Amazonian Brazil. In: A.H.Gentry(Ed.), *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven: 112-140.
- Sissom, W.D. 1990. Systematics, Biogeography and Paleontology. In: G.A.Polis(Ed.), *The Biology of Scorpions*. Stanford University Press, Stanford: 64-160.
- Steyermark, J.A. 1979. Plant refuge and dispersal centers in Venezuela. Their relict and endemic elements. In: K.Larsen and B.Holm-Nielsen (Eds.), *Tropical Botany*. Academic Press, London: 185-221.
- 1982. Relationships of some Venezuelan forest refuges with lowland Tropical Floras. In: G.T.Prance(Ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. Columbia University Press, New York: 182-220.
- 1986. Speciation and Endemism in the Flora of the Venezuelan Tepuis. In: *High Altitude sub Trop*. Oxford University Press, London: 317-372.

TWO NEW SPECIES OF THE *ELEUTHERODACTYLUS* *CONSPICILLATUS* GROUP (AMPHIBIA: LEPTODACTYLIDAE) FROM THE CORDILLERA ORIENTAL OF COLOMBIA

by

John D. Lynch*

Resumen

Lynch, J.D.: Two new species of the *Eleutherodactylus conspicillatus* group (Amphibia: Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 187 - 193. 1994. ISSN 0370-3908.

Se describe *Eleutherodactylus carranguerorum* de los flancos orientales de la Cordillera Oriental de Boyacá. La especie tiene parentesco con *E. savagei*. Se describe *E. medemi* del piedemonte de Cundinamarca y Meta. La especie parece tener parentescos con *E. vilarsi*.

Abstract

Eleutherodactylus carranguerorum is described from the eastern slopes of the Cordillera Oriental in Boyacá. It is allied to *E. savagei*. *Eleutherodactylus medemi* is described from the piedmont in Cundinamarca and Meta, Colombia. It appears to be most closely related to *E. vilarsi*.

The frogs of the *Eleutherodactylus conspicillatus* Group were long confused with the superficially similar frogs of the Subgenus *Craugastor* (mostly the *E. fitzingeri* Group) until Lynch (1986a) pointed out that his (Lynch, 1976) *fitzingeri* group was a composite. At present the *conspicillatus* and *fitzingeri* groups differ in karyology (DeWeese, 1976) and jaw muscle formulae (Lynch, 1986a). The two groups may also be distinguished, even in newly hatched individuals, using a very superficial feature. Frogs of the *conspicillatus* group have the fifth toe longer than the third when each toe is adpressed against the fourth whereas frogs of the *fitzingeri* group have a more rudimentary fifth toe which is shorter than the third (Fig. 1).

At present, 17 species of the *conspicillatus* group are known from Colombia. *Eleutherodactylus conspicillatus*, *E. lanthanites*, *E. malkini*, *E. peruvianus*, *E. vilarsi*, and *E. zeuctotylus* are found in the lowlands of eastern Colombia (Lynch, 1980), *E. achatinus* and *E. caprifer* occur in lowlands of western Colombia (Lynch

and Myers, 1983), and *E. gaigei* is found in the lowlands of northern Colombia, western Colombia, and the interandean valleys (Lynch, 1986b). Eight species are known from cloudforests: *Eleutherodactylus carmelitae* and *E. insignitus* in the Sierra Nevada de Santa Marta (Lynch and Ruiz, 1985), *E. johannesdei*, *E. thectopternus*, and *E. viridicans* in the western cordilleras (Lynch, 1975, Rivero and Serna, 1987), *E. w-nigrum* in all three cordilleras (Lynch, 1979), and *E. bacchus* (however, see discussion) and *E. savagei* in the Cordillera Oriental (Lynch, 1984, Pyburn and Lynch, 1981).

Fieldwork on the eastern face of the Cordillera Oriental during the 1980s revealed that more than one (*E. savagei*) species occurred there. The additional species differ from *E. savagei* in size and in head shape. In 1989, during fieldwork in eastern Cundinamarca, two species were taken sympatrically but the ecological distinctions seemed elusive.

On the eastern flanks of the Cordillera Oriental, in the piedmont, the Serranía de la Macarena, and in the forests of the Amazonian-Orinoquian ecotone in Colombia, one finds four species of the *Eleutherodactylus*

* School of Biological Sciences, the University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68588, EE. UU.

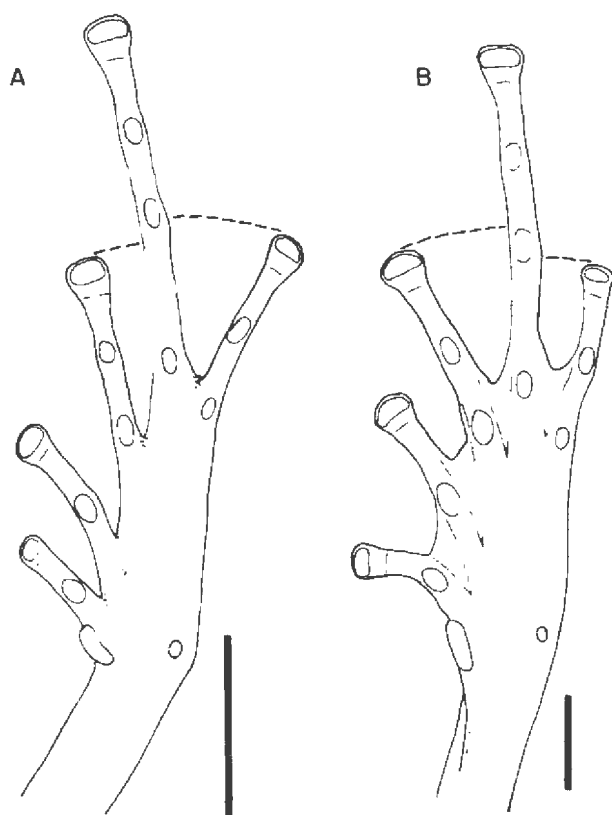


Figure 1. Plantar views of feet of *Eleutherodactylus* showing differences in lengths of third and fifth toes. (A) *E. thectopternus* (*conspicillatus* group), ICN (JDL 11331); (B) *E. raniformis* (*fitzingeri* group), ICN (JDL 11333). Scales equal 5 mm.

conspicillatus group having uniformly brown (in alcohol) posterior surfaces of the thighs. Superficially, the four are quite similar. The lowland species is *E. vilarsi* and is most easily distinguished from the other three in having a large tympanum (Fig. 2) and shorter hind limbs.

Materials and Methods

Specimens were measured to the nearest 0.1 mm under a dissecting microscope. Means are reported below as \pm one standard error of the mean. Terminology follows Lynch and Duellman (1980).

Taxonomic Accounts

Eleutherodactylus savagei Pyburn & Lynch

This species is most easily distinguished from the new species by size. Calling males of *E. savagei* are 19.2-23.9 ($\bar{x} = 22.2 \pm 0.2$) mm SVL and adult females are 29.0-37.2 ($\bar{x} = 32.4 \pm 0.5$) mm SVL. All females of the two undescribed species less than 39 mm SVL are immature and calling males of these frogs are as large as adult females of *E. savagei*. The frogs are readily distinguished by head shape (reflected in the narrow heads of *E. medemi*, broader heads in *E. carranguerorum* and *E. savagei*) and by the presence of a small but obvious (Fig. 2) tubercle on the upper eyelid in *E. savagei* (absent in the undescribed frogs).

Pyburn and Lynch (1981) reported the species

from the Serranía de la Macarena and Buenavista (Depto. Meta). During fieldwork in the 1980s, *E. savagei* was collected at elevations between 1000 and 2400 m in Cundinamarca (Municipio de Quetame) and Meta (municipios Acacias and Restrepo).

Specimens examined. CUNDINAMARCA, Mpio. Quetame, vereda Chirajara, Quebrada Chirajara, 1230-1240 m (ICN 21393-400); finca Las Brisas, Km 22 carr. Guayabetal-Alto de Tigre, 2360 m (ICN 9881); arriba de Hda. Monteredondo, 2200-2400 m (ICN 5047, 5049); vereda Portachuelo, carr. a Manzanares (ICN 26970-72). META, Mpio. Acacias, Portachuelo, 1560-1600 m (ICN 5045-46, 5051-73, 5095-96, 5118-23, 12900); Portachuelo, Quebrada Aguapanela (ICN 9911-18), Km 7 carr. Guayabetal-Manzanares, 1550 m (ICN 9904), Km 11 carr. Guayabetal-Manzanares, 1700 m (ICN 9882-96, 9899-9903), Km 13 carr. Guayabetal-Manzanares, Quebrada El Engaño, 1470 m (ICN 9905, 9907-10); Mpio. Restrepo, Alto Río Canay, ca 4 km arriba de Restrepo, 1000-1040 m (ICN 21360-92); Mpio. Villavicencio, Buenavista (ICN 2358); Mpio. Vista Hermosa, La Macarena, al sureste (ICN 2982-84).

Eleutherodactylus vilarsi (Melin)

This is a lowland species found primarily in the ecotone between Amazonia and Orinoquia. Lynch (1975) reported specimens from western Meta but at least one of those (UMMZ 132816) is one of the new species reported below. *Eleutherodactylus vilarsi* is a short-legged frog (tibia/SVL in males 49.8-55.1%, $\bar{x} = 52.6 \pm 0.5$, $n = 9$, in females 47.0-55.2%, $\bar{x} = 50.2 \pm 0.8$, $n = 12$) with a large tympanum (tympanum/eye in males 54.0-65.6%, $\bar{x} = 60.6 \pm 1.4$, $n = 9$, in females 53.5-61.4%, $\bar{x} = 57.5 \pm 0.7$, $n = 12$). In life, the posterior surfaces of the thighs of *E. vilarsi* are red.

Specimens examined. AMAZONAS: Araracuara, 250 m (ICN 4842, 11885-89, 11901, 11903-08, 11938, 32417-20); Parque Nacional Natural Chiribiquete (IND-AN 5464-65, VR 3795, 3813, 3823, 3826, 3834, 3839). VAUPES: boca del Río Ariari (ICN 589, 603); Mitú (ICN 13534, 13536, 13539-40, 13552-54). META, Vista Hermosa: La Macarena, al sureste (ICN 2960-61, 2977, 2980-81).

Eleutherodactylus carranguerorum sp. nov.

Holotype. Adult female deposited in the amphibian collection of the Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, number 5345 collected by María Cristina Ardila, Pablo Bernal, y José Vicente Rueda 27 October 1979.

Paratopotypes. Adult and subadult females, two adult males, ICN 5346-47, 5349, 5251-60, collected with the holotype.

Type-locality. COLOMBIA, Boyacá, vertiente oriental de la Cordillera Oriental, municipio de Pajarito, Inspección de Policía de Corinto, Quebrada La Rochita, 1600 m alt.

Paratypes. Departamento de Boyacá, municipio de

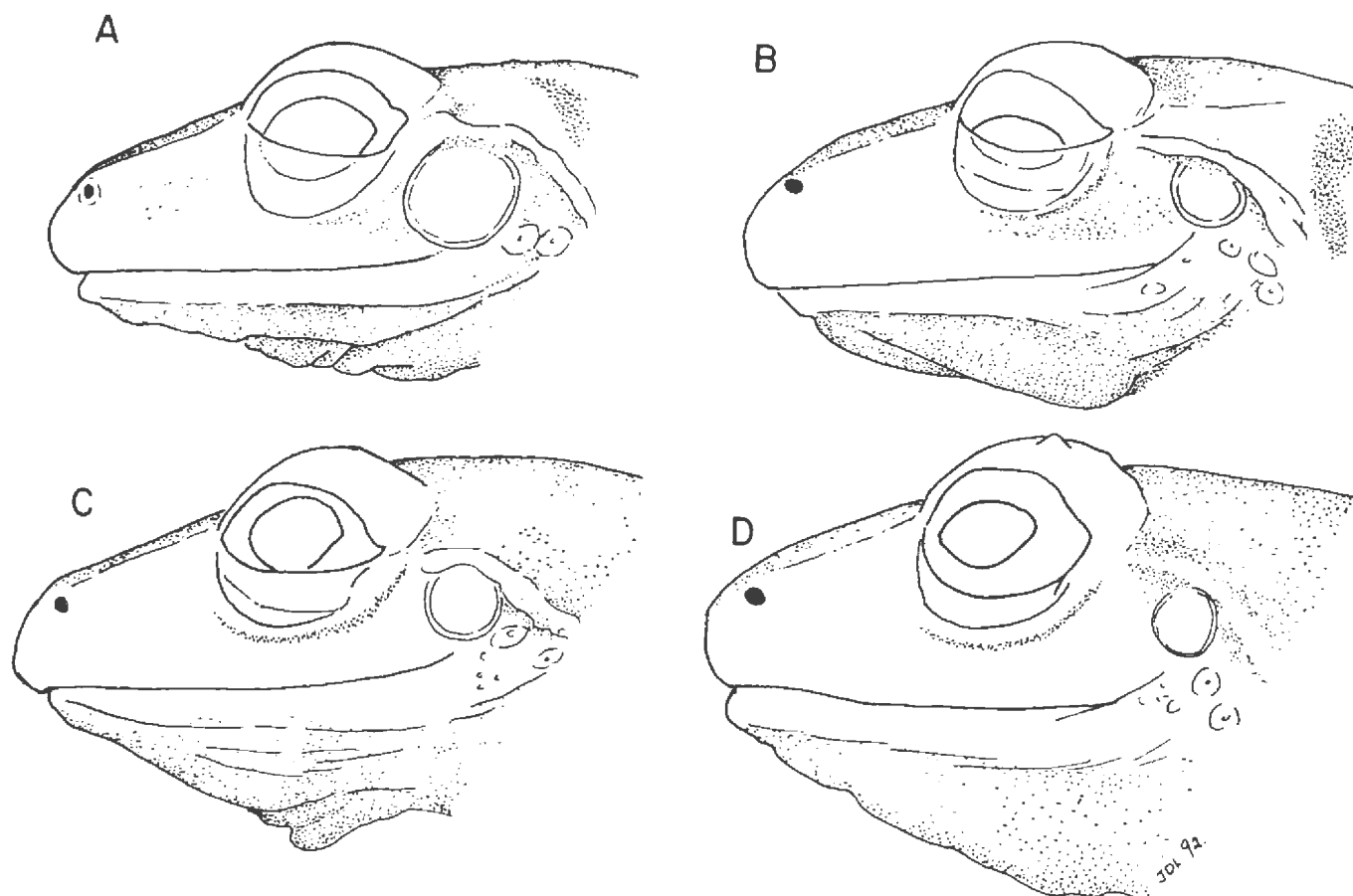


Figure 2. Lateral views of head of *Eleutherodactylus* (A) *E. vilarsi*, ICN 13540; (B) *E. carranguerorum*, ICN 9410; (C) *E. medemi*, ICN 21220; and (D) *E. savagei*, ICN 21383.

Pajarito, Inspección de Policía de Corinto, Hacienda Comejoque, 2015 m, ICN 7166-70, cols. *G. Chavarro* y *V. Rueda*, Enero 6-10, 1981, ICN 9471, 2060 m, col. *Pedro M. Ruiz*, Sept. 7, 1981; ICN 9402-11, 9413, 9422, 9424-25, 9439-44, finca El Descanso, Quebrada La Limonita, 1600-1650 m, cols. *P. Ruiz et al*, Sept. 2-6, 1981; ICN 9434-36, camino de Corinto a "La Cascada", Quebrada La Colonera, 1600 m, cols. *P. Ruiz et al*, Sept. 4, 1981.

Etymology. The new species takes the collective name of the members of the folkloric groups (Los Carrangueros de Ráquira, Jorge Velosa y Los Carrangueros, y Jorge Velosa y Los Hermanos Torres) of *Jorge Velosa Ruiz* and is given to honor the ten: Javier Apráez, Francisco Aristizábal, Javier Moreno, José Luis Posada, Jairo Rincón Gomez, Argemiro Torres Ariza, Delio Torres Ariza, Juan Torres Camacho, Ramiro Zambrano, and el Carranguero Mayor, Jorge Velosa Ruiz.

Referred specimens. BOYACÁ, Mpio. Pajarito, Inspección de Policía de Corinto: Quebrada Las Jotas, 1600 m (ICN 5128-30, 5132-45, Quebrada La Rochita, 1600 m (ICN 5348, 5361-63), Hda. Comejoque, ca 2000 m (ICN 5601-03, 7171), finca El Descanso, Qda. La Limonita, 1600-50 m (ICN 9412, 9414-21, 9423, 9426-32, 9445-68), camino de Corinto a "La Cascada" Qda. La Colonera, 1600 m (ICN 9433, 9437), below Corinto, Qda. Conjutá, 1350 m (ICN 9470).

Diagnosis. (1) skin of dorsum shagreen, short dorsolateral folds in scapular region, skin of venter

weakly areolate; (2) tympanum prominent, superficial, its length $1/4 - 2/5$ eye length; (3) snout obtuse in dorsal view, rounded in lateral profile; canthus rostralis distinct, straight or weakly sinuous; (4) upper eyelid narrower than IOD, bearing small tubercles; no cranial crests; (5) vomerine odontophores triangular, prominent, narrowly separated medially; (6) males with vocal slits, subgular vocal sac, glandular nuptial pads; (7) first finger slightly shorter than second; fingers bearing enlarged discs on fingers III-IV; (8) fingers bearing fleshy lateral keels; (9) no ulnar tubercles; (10) small, non-conical tubercle on heel; short inner tarsal fold (or tubercle) on distal $1/3$ of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, four times size of elongate outer; supernumerary tubercles at bases of toes II-IV; (12) toes bearing fleshy lateral keels, no webbing; toe discs smaller than those of outer fingers; (13) dorsum brown with darker markings (interorbital bar, occipital W, chevrons) and pale dorsolateral lines; throat heavily marbled with brown, venter cream; posterior surfaces of thighs uniformly brown; (14) adults large, males to 32.7 mm SVL, females 41.7-50.7 ($x = 45.4 \pm 0.8$, $n = 10$) mm SVL.

Eleutherodactylus carranguerorum is most similar to *E. savagei* but differs from that species in being larger, in lacking enlarged tubercles on the upper eyelid and heel, and in having a less acuminate snout (Fig. 3).

Description. See Table 1 for proportions; head as broad as body (not as broad as body in gravid females), broader than long; snout obtuse in dorsal view, rounded in lateral profile; nostrils protuberant, directed

dorsolaterally; canthus rostralis prominent, straight or weakly sinuous; loreal region concave, sloping to lips; lips flared in large females, flaring most pronounced posteriorly; small tubercles on upper eyelids; no cranial crests; supratympanic fold distinct, obscuring upper edge of tympanum; tympanum higher than long, well separated from margin of lip, separated from eye by distance greater than its horizontal length; tympanum superficial, annulus prominent except dorsally and posterodorsally; low tubercles anterior to tympanum; postrictal tubercles small, non-conical; choanae round, not concealed by palatal shelf of maxillary arch when roof of mouth viewed from directly above, smaller than an odontophore; vomerine odontophores median and posterior to choanae, separated medially by distance less than an odontophore width, triangular in outline with a transverse row of 3-8 teeth; tongue longer than wide, posterior 1/4 - 1/3 not adherent to floor of mouth, posterior edge not notched; short vocal slits lateral; vocal sac subgular.

Dorsum shagreen with faint traces of dorsolateral folds in shoulder regions; flanks and venter weakly areolate; discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath; no ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, larger than oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles low; subarticular tubercles round, elevated; fingers bearing fleshy lateral keels (almost fringes); large round discs on fingers III-IV (2-2 1/2 times width of digit below disc), discs of II intermediate in size between those of I and III, disc of I is obvious but small; discs of III-IV larger than tympanum; thumb of male swollen, bearing glandular nuptial pad; when fingers I and II adpressed equally, II is slightly longer than I.

Small, non-conical tubercle on dorsolateral portion of heel; short inner tarsal fold on distal 1/3 of tarsus or a low tubercle near midpoint of this fold; inner metatarsal tubercle 2 1/2 times as long as wide; outer metatarsal tubercle elongate, about 1/4 size of inner; indefinite tubercles on plantar surface and prominent tubercles at bases of toes II-IV (in some individuals, there appear to be tubercles at base of toe I); subarticular tubercles round to slightly longer than wide; toes bearing lateral keels (almost fringes) but no webbing; toe discs 1 1/4 - 2 times width of digit below discs, smaller than discs of fingers; fifth toe longer than third when each is adpressed against IV; when flexed hind limbs are held perpendicular to sagittal plane, heels overlapping.

Dorsum pale brown to gray with dark brown interorbital bar, occipital W, scapular and sacral chevrons, and pale lines along canthus, upper eyelid, and dorsolateral region to level of sacrum; pale lines edged below by dark brown (no pale stripes in ICN 5601 but dark marks are present); anal triangle prominent; limb bars oblique, narrower than interspaces; canthal-supratympanic stripe and labial bars dark brown; tympanum brown; vague slanted bars on flanks; throat heavily stippled with brown, venter nearly immaculate; undersides of limbs not spotted; groin, anterior and posterior surfaces of thighs and shanks uniformly brown.

In life, *E. carrangerorum* is brown above with dark brown interorbital bar, scapular and sacral chevrons,

and transverse bars on limbs; loreal region dark brown, labial bars dark brown over pinkish-brown ground color; canthal and supratympanic stripe black; flanks, anterior and posterior surfaces of thighs dark reddish-brown; throat yellow-brown with cream flecks, other ventral surfaces pinkish-brown; iris copper with black reticulum and reddish-brown horizontal streak. Dorsolateral stripes are burnt yellow or pale carmel with black edges.

Measurements of holotype in mm. SVL 46.1, shank 25.2, HW 18.6, head length 17.3, chord of head length 18.8, upper eyelid width 3.9, IOD 6.1, tympanum length 2.0, eye length 5.5, E-N 5.7.

Distribution. Known only from the vicinity of the type-locality (1350-2060 m). Although failure to collect the animal is not evidence, my failure to encounter this species in the vicinity of finca El Vergel (Mpio. Miraflores) 30-50 km to the SW is suggestive that the species' distribution is on the eastern slopes of the Cordillera Oriental to the north.

Eleutherodactylus medemi sp. nov.

Holotype. ICN 21213 (field number JDL 17213), gravid female, one of a series collected 14 June 1989 by John D. Lynch.

Paratopotypes. ICN 5037-38, cols. J. Lynch and Pedro M. Ruiz, 7 June 1979, ICN 21214-16, cols. Miguel Barrera y J. Lynch, 14 June 1989.

Type-locality. Quebrada Salinas, Las Salinas de Upín, Municipio de Restrepo, Departamento de Meta, Colombia, 750-760 m alt.

Paratypes. CUNDINAMARCA, Mpio. Medina, vereda Choapal, 6-7 km NNE Medina, carretera Medina a Gachalá, 580-620 m, ICN 14574-75, 14583-87, 14588 (cleared and stained skeleton), 14596-601, cols. María Cristina Ardila et al, 27 July-2 August 1986. META, Mpio. Acacias, Portachuelo, 1400 m, ICN 5039, cols. J. Lynch and P. Ruiz, 9 June 1979; Mpio. Restrepo, vereda Río Canay, 740 m, ICN 4777, cols. J. Lynch and P. Ruiz, 15 June 1979. Alto Río Canay, ca 4 km arriba estación biológico Univ. Llanos, 1000-1040 m, ICN 21217-20, cols. J. Lynch and P. Ruiz, 12 June 1989. Mpio. Villavencio, Quebrada Pozo Azul, Km 8 carretera Villavencio a Restrepo, ICN 17400, col. P. Ruiz, 30 Abril 1988, 21313-15, cols. M. Ardila and Olga Castaño, 15 November 1981.

Etymology. The specific name honors the late Federico Medem who worked on the Colombian herpetofauna for more than thirty years and who lived within the distribution of the species. Although he preferred scaly amniotes, Federico assisted many herpetologists who prefer frogs, including me in 1967, when they visited Colombia.

Referred specimens. CUNDINAMARCA, Mpio. Medina: 6-7 km NNW Medina, 580-630 m, ICN 14576-82, 14589-95, 14602-17; Mpio. Quetame: Alto de Tigre, carr. Guayabetal-El Calvario, 1800-2000 m, ICN 5114; vereda Chirajara, Qda. Chirajara, 1230-1240 m, ICN

21401; arriba de Hda. Monterredondo, 2200-2400 m, ICN 5048. META Mpio. Acacias: Portachuelo, km 11 carr. Guayabetal-Manzanares, 1700 m, ICN 9897, km 13 carr. Guayabetal-Manzanares, Qda. El Engaño, 1470 m, ICN 9898, 9906; Mpio. Guamal: Hda. Avichure, Km 7 carr. campo Castilla, ICN 23088; Mpio. Villavicencio: Pozo Azul, Km 8 carr. Villavicencio-Restrepo, ICN 21316, 26275-76, 28882; 5 km NE Villavicencio, 450 m, UMMZ 132816.

Diagnosis. (1) skin of dorsum finely tuberculate with scattered larger tubercles, no dorsolateral folds, venter weakly areolate; (2) tympanum prominent, superficial, usually round, its length $1/3 - 1/2$ eye length; (3) snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; canthus rostralis prominent, straight; (4) upper eyelid not as wide as IOD, bearing only small tubercles; no cranial crests; (5) vomerine odontophores triangular in outline, prominent; (6) males with vocal slits, vocal sac, and glandular nuptial pads; (7) first finger slightly longer than second; fingers bearing expanded discs, those on outer fingers as wide as tympanum; (8) fingers bearing lateral keels; (9) no ulnar tubercles; (10) no tubercles on heel or outer edge of tarsus, low tubercles on inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, about three times size of round outer; supernumerary plantar tubercles at bases of toes; (12) toes bearing lateral keels, no webbing; discs smaller than those of lateral fingers; (13) dorsum brown with darker brown markings; posterior surfaces of thighs uniform brown; throat of males darker than of females; venter white to cream with brown spotting or mottling; (14) adults moderate-sized, males 29.4-32.9 ($\bar{x} = 30.4 \pm 0.3$, $n = 19$) mm, females 39.8-43.1 ($\bar{x} = 41.1$, $n = 6$) mm SVL.

Eleutherodactylus medemi may be the sister species of *E. vilarsi* but is easily distinguished from it by its longer legs, smaller tympana, and because the posterior surfaces of the thighs are brown, not red, in life. *Eleutherodactylus medemi* is superficially similar to *E. savagei* but differs in lacking the enlarged tubercles on the upper eyelid and heel, in being larger, in having a larger tympanum (Fig. 2), and longer snout (Figs. 2-3).

Description. See Table 1 for proportions; head as wide as body in males, narrower than body in females, as long as wide; snout subacuminate in dorsal view, rounded in lateral profile; snout long; nostrils protuberant, directed laterally; canthus rostralis prominent, straight to weakly sinuous; loreal region concave, sloping abruptly to lips; no flaring of lips (Fig. 3); no cranial crests; upper eyelid bearing many small tubercles, none subconical or conical; supratympanic fold well-defined, obscuring upper edge of tympanum; tympanum round or slightly higher than long, well separated from margin of lip, separated from eye by less than its length; tympanum superficial, annulus distinct except dorsally and posterodorsally; postriotal tubercles subconical, not prominent; choanae longer than wide, not concealed by palatal shelf of maxillary arch when roof of mouth is viewed from directly above; odontophores median and posterior to choanae, triangular in outline, separated medially by distance slightly less than width of an odontophore, each about the size

of a choana, bearing an arched row of 5-6 teeth in adult females, 3-4 in smaller individuals; tongue longer than wide, posterior edge notched, posterior $1/2 - 2/5$ not adherent to floor of mouth; males with short vocal slits lateral to tongue, single external, subgular vocal sac.

Dorsum finely tuberculate with occasional scattered larger tubercles (occipital W, lower back); no

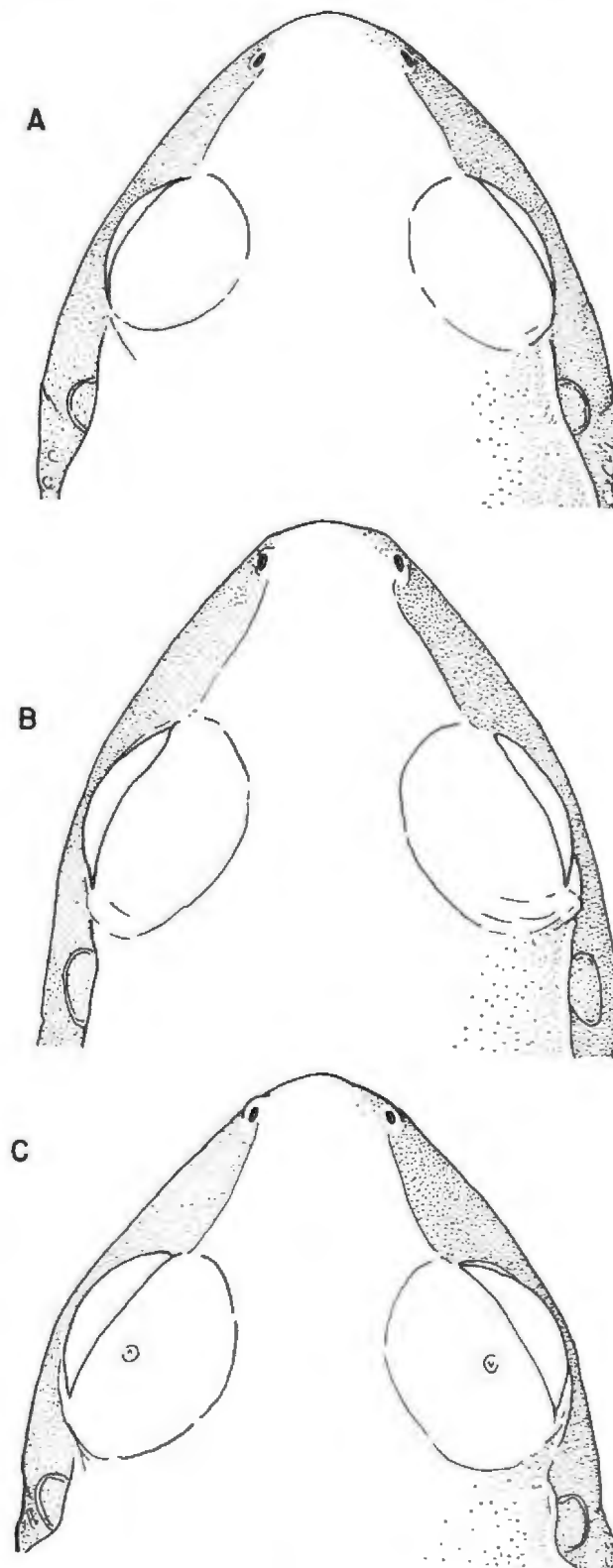


Figure 3. Dorsal views of heads of *Eleutherodactylus*. (A) *E. carrangerorum*, ICN 9410; (B) *E. medemi*, ICN 21220; and (C) *E. savagei*, ICN 21383.

dorsolateral folds; flanks areolate; venter weakly areolate (least obvious in adult females); discoidal folds well anteriad to groin; no anal sheath.

No ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles large, flat; subarticular tubercles elevated, round; fingers bearing lateral keels; discs expanded, widths of *III-IV* 2 1/2 - 3 times width of digit below disc, not emarginate; discs on finger *II* intermediate in size between *I* and *III*, of *III-IV* as large as tympanum; discs bear pads on ventral surfaces, pads defined by complete circumferential grooves; when adpressed equally, first finger slightly longer than second; males with swollen thumbs and glandular nuptial pads.

No tubercle on heel or outer edge of tarsus; small, low tubercles along inner edge of tarsus; inner metatarsal tubercle twice as long as wide; outer metatarsal tubercle ill-defined, about 1/3 size of inner; supernumerary tubercles at bases of toes *I-IV*, that at base of toe *I* small, crowded by subarticular and inner metatarsal tubercles; toes bearing lateral fringes which coalesce at base but webbing not reaching basal subarticular tubercles except *IV-V*; third toe obviously shorter than fifth; discs not so large as those of outer fingers, discs nearly twice as broad as digit below disc; when flexed hind limbs are held perpendicular to sagittal plane, heels overlapping considerably.

Dorsum brown to gray with brown to dark brown interorbital bar, occipital W, sacral chevron, limb bars (narrower than interspaces, but latter divided by thin

brown bars, weakly oblique on shanks); brown canthal-supratympanic stripe, labial bars; tympanum pale brown; flanks barred with slanted stripes; groin and concealed limb surfaces uniform brown; anal triangle brown to black; venter white to cream with little (males) to moderate brown spotting or mottling; venter less dark than throat in females (in males a light stipple on vocal sac); undersides of limbs more heavily flecked with brown than venter, at extreme, they are brown with cream spots.

Four individuals (ICN 4777, 14574, 14597, and 14611) have a median raphe from the snout tip to the anus. The pale stripe is edged with black or dark brown and disrupts the dorsal pattern. The first three of these are adult males and the last is a juvenile female.

In life, *E. medemi* is pale to dark brown or reddish brown above with darker brown markings; throat is pale yellow to gray in males; in females and juveniles, throat is dark gray with white (or cream) flecks; ventral surfaces dirty cream with brown or gray reticulum to pale yellow with gray-brown flecks; groin, anterior and posterior surfaces of thighs brown with slightly paler area behind knee (pale orange in juveniles); iris bright copper with black flecks and reddish-brown streak (sometimes lower part of iris gray).

Measurements of holotype in mm. SVL 40.2, shank 23.7, HW 15.3, upper eyelid width 3.6, IOD 4.6, tympanum length 2.1, eye length 5.0, E-N 5.3.

Distribution. Known from the forests in the piedmont and onto the slopes of the Cordillera Oriental

TABLE 1. Proportions, expressed as percents, of three species of the *Eleutherodactylus conspicillatus* group. Values given are Range (N), mean \pm 1 standard error.

| Species | Sex | Tibia/SVL | HW/SVL | Eyelid/IOD | Tymp/Eye | E-N/Eye |
|-----------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| <i>carranguerorum</i> | Males | 52.6-59.9(9) | 38.1-42.2(9) | 67.6-100.0(8) | 30.0-35.7(9) | 82.6-90.0(9) |
| | | 56.2 \pm 0.86 | 39.7 \pm 0.36 | 84.6 \pm 3.61 | 33.1 \pm 0.55 | 86.6 \pm 0.86 |
| | Females | 53.5-63.0(22) | 39.0-43.8(22) | 56.0-79.5(22) | 25.5-44.2(22) | 87.0-115.4(22) |
| | | 58.9 \pm 0.60 | 41.8 \pm 0.22 | 65.8 \pm 1.16 | 36.3 \pm 0.81 | 100.0 \pm 1.67 |
| <i>medemi</i> | Males | 50.8-58.4(19) | 34.9-39.9(19) | 75.8-100.0(19) | 32.6-45.9(19) | 81.8-105.1(19) |
| | | 54.5 \pm 0.51 | 37.4 \pm 0.27 | 93.1 \pm 2.08 | 39.6 \pm 0.83 | 93.5 \pm 1.61 |
| | Females | 55.4-59.9(8) | 37.2-39.3(8) | 70.0-92.7(8) | 38.3-46.0(8) | 100.0-113.0(8) |
| | | 57.6 \pm 0.63 | 38.2 \pm 0.26 | 82.5 \pm 2.94 | 41.7 \pm 0.80 | 106.6 \pm 1.45 |
| <i>savagei</i> | Males | 49.1-58.3(15) | 37.7-41.9(15) | 77.8-108.3(15) | 30.3-40.0(15) | 72.2-90.6(15) |
| | | 54.2 \pm 0.73 | 40.1 \pm 0.32 | 93.0 \pm 2.29 | 34.2 \pm 0.68 | 82.2 \pm 1.22 |
| | Females | 53.6-57.4(10) | 39.0-42.1(10) | 70.0-83.3(10) | 32.5-38.4(10) | 85.4-100.0(10) |
| | | 55.9 \pm 0.41 | 40.9 \pm 0.30 | 76.7 \pm 1.37 | 34.9 \pm 0.55 | 91.9 \pm 1.71 |

in departamentos Cundinamarca and Meta (450-1800 m). Some referred specimens come from slightly higher elevations (2200-2400 m) but those localities should be re-inventoried before the species' distribution is recorded as reaching 2400 m.

Discussion

With the description of *E. carranguerorum*, Lynch's (1984) suggestion that *E. bacchus* (western flanks, Cord. Oriental) is the sister species of *E. savagei* (eastern flanks, Cord. Oriental) must be revised. *Eleutherodactylus bacchus* is the only species currently assigned to the *conspicillatus* group which has a very long fifth toe (tip of fifth toe reaches to distal edge of distal subarticular tubercle of toe IV). That condition is a frequent one in the *unistrigatus* Series (some 180 species) but is not found outside of that series. On the strength of that character, *E. bacchus* is here removed from the *conspicillatus* group and assigned to the *unistrigatus* Series. At present, *E. w-nigrum* is the only species of the *conspicillatus* known from the western flanks of the Cordillera Oriental.

On the eastern slopes, *E. carranguerorum* and *E. savagei* appear to replace one another. Fieldwork during the past decade has resulted in a much more secure base of knowledge of distributions and I am confident that no species of this small assemblage occurs on the western flanks of the Cordillera Oriental in Cundinamarca or southern Boyacá. Our failure to find a representative of the assemblage during our fieldwork in Santander in 1986 and 1992 is likewise suggestive that the group is not represented to the north of Boyacá on the western flanks of the Cordillera Oriental. The eastern flanks of the Cordillera Oriental are much less well collected. To date, there are no collections from areas to the north of the type-locality of *E. carranguerorum*. Only a few exploratory trips to the Cordillera Oriental south of the macizo de Sumapaz have been made but the *Eleutherodactylus* of the *conspicillatus* group encountered there appear to be allied to *E. lanthanites*, a species of the upper Amazon Basin (Lynch, 1975, 1980).

Acknowledgments. This paper was written during my tenure as Profesor Visitante in the Instituto de Ciencias Naturales at the Universidad Nacional de Colombia. There I benefitted from discussions with **María Cristina Ardila** and **Pedro M. Ruiz** who also made available material and working space. I am grateful to **M. C. Ardila**, **Douglas Lynch**, and **P. M. Ruiz** for assistance

in the field. My work in Colombia in 1992 was supported by a Faculty Development Leave from the University of Nebraska.

References

- DeWeese, J. E. 1976. The karyotypes of Middle American frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae): A case study of the significance of the karyologic method. Unpublished PhD dissertation, University of Southern California, 210 p.
- Lynch, J. D. 1975. The identity of the frog *Eleutherodactylus conspicillatus* (Gunther), with descriptions of two related species from northwestern South America (Amphibia: Leptodactylidae). *Contrib. Sci., Los Angeles Co. Nat. Hist. Mus.* (272):1-19.
- _____. 1976. The species groups of South American frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (61):1-24.
- _____. 1979. A new species of the *Eleutherodactylus fitzingeri* group from the Pacific versant of Ecuador (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 35:228-233.
- _____. 1980. A taxonomic and distributional synopsis of the Amazonian frogs of the genus *Eleutherodactylus*. *Amer. Mus. Novitates* (2696):1-24.
- _____. 1984. New frogs (Leptodactylidae: *Eleutherodactylus*) from cloud forest of the northern Cordillera Oriental, Colombia. *Milwaukee Pub. Mus., Contrib. Biol. Geol.* (60):1-19.
- _____. 1986a. The definition of the Middle American clade of *Eleutherodactylus* based on jaw musculature (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 42:248-258.
- _____. 1986b. Mimetic and non-mimetic populations of *Eleutherodactylus gaigeae* in Lower Central America and Colombia (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Studies Neotropical Fauna Environ.* 20:195-202.
- _____. and W. E. Duellman. 1980. The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *Misc. Pub. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (69):1-86.
- _____. and C. W. Myers. 1983. Frogs of the *fitzingeri* group of *Eleutherodactylus* in eastern Panama and chochoan South America (Leptodactylidae). *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 175:481-572.
- _____. and P. M. Ruiz. 1985. A synopsis of the frogs of the genus *Eleutherodactylus* from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan* (711):1-59.
- Pyburn, W. F. and J. D. Lynch. 1981. Two little-known species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from the Sierra de la Macarena, Colombia. *Proc. Biol. Soc. Washington* 94:404-412.
- Rivero, J. A. and M. A. Serna. 1987. Tres nuevas especies de *Eleutherodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae) de Antioquia, Colombia. *Carib. J. Sci.* 23:368-389.

A NEW SPECIES OF HIGH-ALTITUDE FROG (*ELEUTHERODACTYLUS*: LEPTODACTYLIDAE) FROM THE CORDILLERA ORIENTAL OF COLOMBIA

by

John D. Lynch*

Resumen

Lynch, J. D.: A new species of high - altitude frog (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **19** (72): 195 - 203. 1994. ISSN 0370-3908.

Se describe *Eleutherodactylus nervicus* del Alto del Tigre, un alto en la limite Cundinamarca y Meta. La especie tiene parentescos con *E. nicefori* pero tiene discos digitales angostos. Se redescubre *E. nicefori* usando muestras mas completas de sus poblaciones. Se encuentra la especie en los páramos en el norte de Boyacá, el sur de Norte de Santander, y el sureste de Santander. *Eleutherodactylus nicefori* es una especie polimorfo en patrones, como muchas especies del género. La especie tiene discos reducidos con poca evidencia de las almohadillas ventrales (sus falanges terminales son parecidas a ellas de las especies del género *Phrynopus*). A pesar de las similitudes superficiales, *E. nervicus* y *E. nicefori* no tienen parentescos con *E. ginesi* de la Cordillera de Mérida en Venezuela.

Abstract

Eleutherodactylus nervicus is described from the Alto del Tigre on the border between Cundinamarca and Meta. The species is closely related to *E. nicefori* but has obvious digital disks. *Eleutherodactylus nicefori* is redescribed based on a more complete sampling of its populations. The species is distributed in páramo habitats in northern Boyacá, southern Norte de Santander, and southeastern Santander. *Eleutherodactylus nicefori* is pattern polymorphic, like many species of the genus, but has reduced digital disks with little evidence of ventral pads (its terminal phalanges approach those of frogs of the genus *Phrynopus*). In spite of superficial similarities, *E. nervicus* and *E. nicefori* are not closely related to *E. ginesi* of the Cordillera de Mérida, Venezuela.

In the course of reviewing uncatalogued material in the amphibian collection of the Instituto de Ciencias Naturales, I found a bottle of small frogs taken from a very high elevation (3870 m) in the Cordillera Oriental. Superficially, they appeared to be *Eleutherodactylus nicefori* Cochran & Goin but this view was revised immediately upon direct comparisons of individuals. However, I needed to review all of the material of *E. nicefori* in the Instituto's collections to convince myself that the frogs from the Alto del Tigre (limite Cundinamarca-Meta) did not represent merely a geographic variant of *E. nicefori*. This provided me the opportunity to review the contention of Lynch (1981a) that *E. nicefori*

was the near relative of *E. ginesi* (Rivero) of the Cordillera de Mérida in Venezuela.

Small high-altitude *Eleutherodactylus* having narrow digits were first reported from eastern Colombia and western Venezuela by Rivero (1964) who named *Eupsophus ginesi*. Lynch (1968) assigned the species to *Eleutherodactylus* following study of a specimen once in the possession of the late Roberto Donoso-Barros. Cochran and Goin (1970) named *Eleutherodactylus nicefori* from the Páramo del Almorzadero in southern Norte de Santander but did not contrast it with *E. ginesi* but rather with *E. curtipes* (Boulenger) of Ecuador. Lynch (1976) placed each species in his *unistrigatus* group. Duellman & Simmons (1977) reported additional material of *E. nicefori* from near the type-locality. Lynch (1979)

* School of Biological Sciences, The University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68588 EE UU

illustrated the skull of *E. nicefori* but made no comment about it. Lynch & Duellman (1980) included *E. ginesi* and *E. nicefori* in a "series" (a subset of an "assembly") with the Ecuadorian *E. trepidotus* Lynch. Lynch (1981a) included the two species within his *myersi* series.

Rivero (1984) provided much detail about *E. ginesi* and compared it with *E. curtipes* and *E. myersi*. He used the absence of vocal slits as a grouping character (*myersi* + *nicefori* + *ginesi*, noting that vocal slits were absent in *E. curtipes* as well). Lynch (1984) revised his *myersi* series (or group) and separated the species into three components, one for *ginesi* and *nicefori*, one for *orestes* and *vidua*, and a third for *myersi*, *ocreatus*, and *trepidotus*. The last three species were assigned to the *pyrrhomerus* group.

Based on a review of the literature, it is not unreasonable to presume that *E. ginesi* and *E. nicefori* might be closely related. Although each was contrasted with *E. curtipes*, they have never been contrasted with one another.

Materials and Methods

Specimens were measured to the nearest 0.1 mm using dial calipers under a dissecting microscope. Sex was determined using gonadal examination which also allows some measure of relative age (especially for females). In the accounts below, means are reported as \pm one standard error of the mean.

Taxonomic Accounts

Eleutherodactylus ginesi, *E. nicefori*, and the frog from the Alto del Tigre are distinct species in spite of

the similarities evident in descriptions. The undescribed species from Alto del Tigre appears to be the nearest relative of *E. nicefori* for which I offer the name,

Eleutherodactylus nervicus sp. nov.

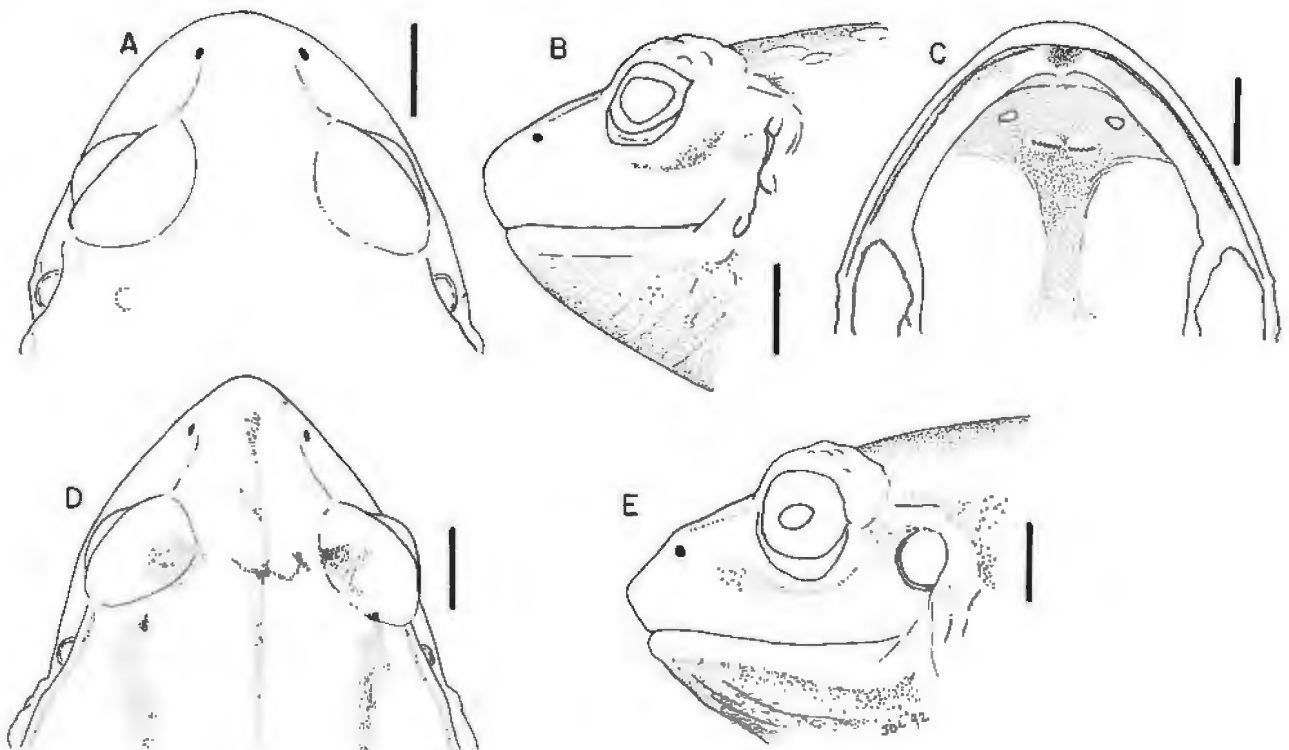
Holotype. ICNMHN 32323, an adult female, one of a series collected on 5 March 1987 by M.C. Ardila, J. E. Hurtado and S. Tello.

Type-locality. Alto del Tigre, límite Cundinamarca-Meta, carretera Guayabetal-El Calvario, Colombia, 3870 m.

Paratopotypes. ICNMHN 26948, 32313-21, 32322 (cleared and stained skeleton), 32324-32.

Diagnosis. (1) skin of dorsum bearing numerous small warts, short ill-defined dorsolateral folds, that of venter areolate; (2) tympanum visible, superficial, round, its diameter 33.3-51.8% eye length; (3) snout subacuminate in dorsal view, pointed in lateral profile; canthus rostralis sharp, concave; (4) upper eyelid narrower than IOD; no cranial crests; (5) vomerine odontophores low; (6) males with vocal slits, subangular vocal sac; no nuptial pads; (7) first finger slightly shorter than second; digits bearing narrow discs; (8) lateral keels on fingers; (9) no ulnar tubercles; (10) no tubercles on heel or outer edge of tarsus; elongate tubercle on inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, 3-4 times size of round outer; supernumerary plantar tubercles present; (12) toes bearing lateral fringes, no webbing; toe discs narrow; V longer than III; (13) dorsum gray to reddish-brown with brown stripes; venter cream with faint to dense reticulum of brown; (14) adults small,

Figure 1. *Eleutherodactylus nicefori* (A) top of head, ICNMHN 10432; (B) side of head, ICNMHN 10257; (C) palate, ICNMHN 22304; and *E. nervicus* (D) top of head, ICNMHN 32326; (E) side of head, ICNMHN 32325. Scales equal 2 mm.



males 15.8-18.5 ($\bar{x} = 16.8 \pm 0.3$, $n = 9$) mm SVL, females 23.9-26.0 ($\bar{x} = 24.5 \pm 0.3$, $n = 6$) mm SVL.

Eleutherodactylus nericus shares its narrow digital discs with several species (see Lynch, 1984) but differs from *E. ginesi* and *E. nicefori* in having complete circumferential grooves surrounding the ventral pads of the discs. Furthermore, *E. nericus* has vocal slits and a pointed snout unlike *E. ginesi*. The pointed snout of *E. nericus* also serves to distinguish it from *E. nicefori*.

Description (proportions based on nine males and nine adult and young females). Head almost as wide as body in males, narrower than body in adult females, wider than long; HW 38.3-43.5 ($\bar{x} = 40.7 \pm 0.6$)% SVL in males, 37.2-43.4 ($\bar{x} = 40.2 \pm 0.6$)% in females; snout subacuminate in dorsal view, pointed in lateral profile (Fig. 1); nostrils protuberant, directed laterally; E-N 66.7-85.0 ($\bar{x} = 73.8 \pm 1.7$)% eye length in males, 75.0-88.0 ($\bar{x} = 79.7 \pm 1.3$)% in females; canthus rostralis sharp, concave; loreal region concave, sloping abruptly to lips; lips not flared; low, rounded tubercles on upper eyelid; interorbital space flat, no cranial crests; upper eyelid width 59.1-70.8 ($\bar{x} = 65.2 \pm 1.5$)% IOD in males, 51.5-66.7 ($\bar{x} = 59.0 \pm 1.7$)% in females; supratympanic fold thick, extending to above insertion of arm; tympanum round, superficial, annulus distinct, separated from eye by distance equal twice its length; postriacral tubercles not conical; tympanum length 38.1-47.6 ($\bar{x} = 42.0 \pm 1.1$)% eye length in males, 33.3-51.8 ($\bar{x} = 42.3 \pm 1.7$)% in females; choanae small, round, not concealed by palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores

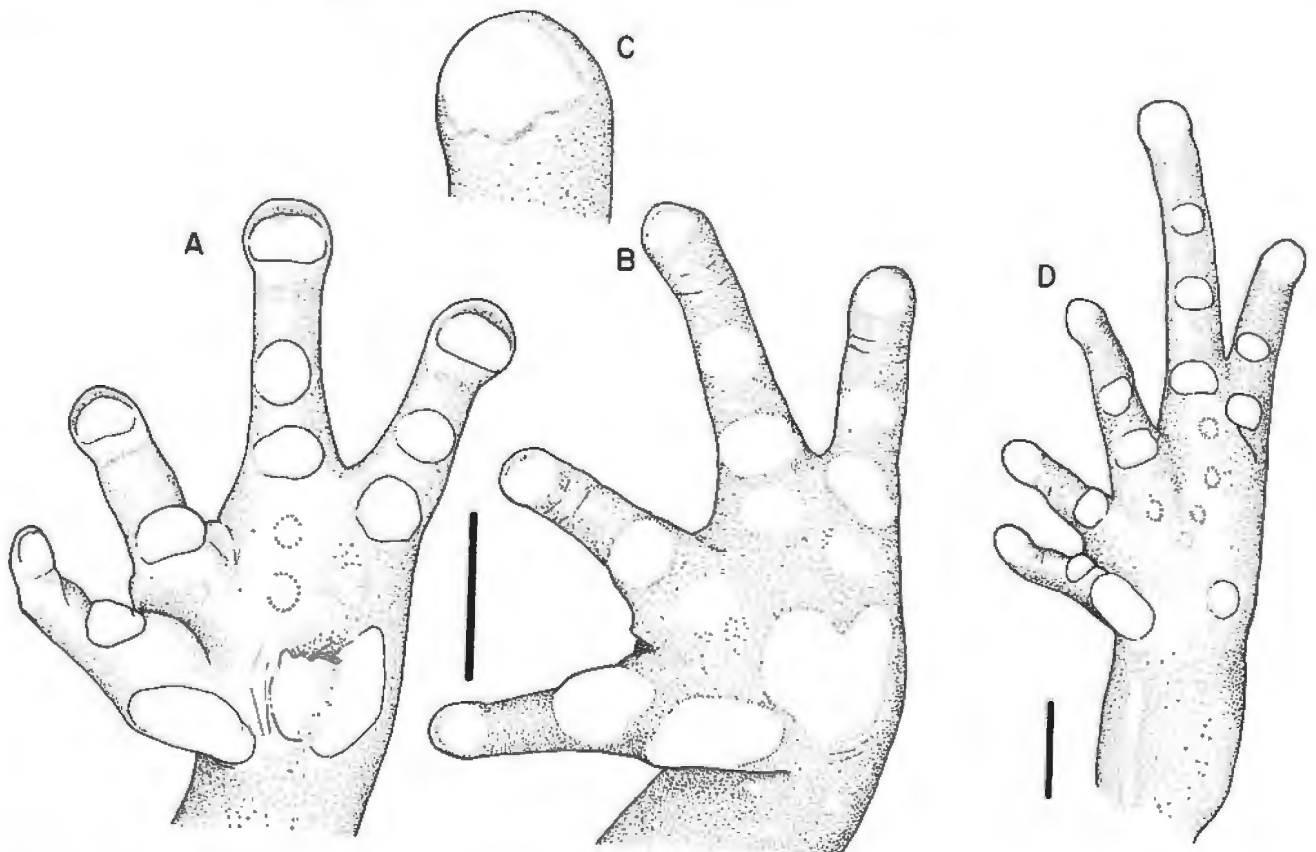
median and posterior to choanae, oval, low, ill-defined, bearing a few pungent teeth; tongue longer than wide, posterior border notched, posterior 2/5 not adherent to floor of mouth; vocal sac single, subgular; short vocal slits posterolateral to tongue.

Skin bearing many small warts becoming more coarse on flanks; short postocular folds; short dorsolateral folds from scapular to sacrum regions; another indistinct fold lateral to that one, appearing as a series of fused warts; discoidal folds anterior to groin; venter and undersides of thighs areolate, throat more finely granular.

No ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, larger than oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles numerous, low; subarticular tubercles round, non-conical; digits short with narrow discs (Fig. 2) bearing ventral pads (broader than long), completely defined by circumferential grooves; first finger slightly shorter than second; fingers bearing lateral keels; thumbs of males swollen but without nuptial pads.

No tubercles on heel or outer edge of tarsus; elongate inner tarsal tubercle about one length of inner metatarsal tubercle proximal to metatarsal tubercle; inner metatarsal tubercle oval, 3-4 times size of round outer metatarsal tubercle; prominent supernumerary plantar tubercles at bases of toes I-IV, less obvious tubercles proximal to these; subarticular tubercles round, low; toes with lateral fringes but no webbing; toes with discs, discs slightly wider than digit below pad, and pads (pads

Figure 2. (A) *Eleutherodactylus nericus*, ICNMHN 32324; (B) *E. nicefori*, ICNMHN 22314; (C) tip of third finger of ICNMHN 22314, X4; (D) plantar view of foot of *E. nicefori*, ICNMHN 20946. Scales equal 2 mm.



defined by complete circumferential grooves); third toe shorter than fifth when each adressed against *IV* (tip of third toe reaches to penultimate subarticular tubercle of toe *IV*, tip of fifth toe reaches to distal half of distal subarticular tubercle of toe *IV*); toe *V* fused to *IV* to base of distal subarticular tubercle of *V*; heels not touching when flexed hind limbs held perpendicular to sagittal plane; shank 39.3-42.5 ($\bar{x} = 41.2 \pm 0.4$)% SVL in males, 39.9-45.2 ($\bar{x} = 41.4 \pm 0.6$)% in females.

Dorsum gray to tan to reddish-brown with converging dark lines from eyes to center of back where lines diverge into diffuse spots; some dark spots, infuscation, or 2-3 narrow slanted lines on flanks; brown canthal-supratympanic stripe; labial bars vague but no cream stripe on upper lip; face and side of head darker than dorsum; posterior surfaces of thighs either uniformly stippled with brown or bearing small pale flecks on slightly darker field (toward knee); no anal triangle; limb bars narrower than interspaces, frequently incomplete; venter cream with faint brown stippling to a dense loose reticulum of gray or brown (forming cream spots in ICNMHN 32324); throat less heavily pigmented than venter; undersides of limbs pigmented only in darkest individuals.

Etymology. Latin, meaning nervous, in allusion to the riding on the back of the tiger. Coincidentally, Alto del Tigre is a local focus of the guerilla group "FARC" and the "road" leading to the top is very narrow and hangs precariously upon ridges and the side of the mountain, leading the collectors to be nervous as well as they ascended the back of the tiger.

Natural history. *E. nervicus* was collected only once during a hurried visit to the TV tower at the peak of Alto del Tigre. Nevertheless, a single female (ICNMHN 26948) was found guarding a clutch of recently deposited embryos beneath a rock. Among the series of 20 individuals collected is a single juvenile male (ICNMHN 32332), 12.4 mm SVL, who lacks vocal slits. The male has large white testes as do adult males. One juvenile female (ICNMHN 32331), 16.0 mm SVL, has straight, narrow oviducts. A slightly larger female (ICNMHN 18.8 mm SVL) has indications of bends in her oviducts. Yet larger females (21.9-22.6 mm SVL) are classified as young because their oviducts show narrow convolutions for the length of the tube. This range of reproductive status among a small sample is consistent with an aseasonal pattern of reproduction. All individuals were found beneath stones and debris during the day, suggesting that the species is nocturnal.

Eleutherodactylus nervicus exhibits the "S" condition of the adductor muscles of the jaw (Lynch 1986) and the *SQat* condition of the *m. depressor mandibulae* (Lynch, 1993). It does not have an exposed frontoparietal fontanelle and differs from *E. ginesi* which does have an exposed fontanelle (Rivero, 1984, *contra* Lynch, 1968).

Eleutherodactylus nervicus may well be restricted in distribution to Alto del Tigre. Previous efforts to collect this mountain were unsuccessful in reaching the peak

and produced good series of *E. affinis* (Werner) at lower (ca. 3200 m) elevations in forested habitats. Collecting over the past decade in the mountains to the east of Bogotá (at elevations between 3100 and 3600 m) has yielded *E. affinis*, *E. bogotensis* (Peters), and *E. elegans* (Peters) but not *E. nervicus* in páramo habitats.

Eleutherodactylus nicefori Cochran & Goin

Although described by Cochran and Goin (1970), *E. nicefori* is poorly known. Little literature has accumulated on the species and many of the comments included in that limited literature contain errors. To correct some of those errors, I here provide a diagnosis and redescription of the species.

Diagnosis. (1) top of head and anterior dorsum relatively smooth, other dorsal surfaces bearing flat warts, sometimes fusing into loose folds in dorsolateral region, throat and venter coarsely areolate; (2) tympanum round, partially concealed by thick supratympanic fold in some populations (Almorzadero, El Empalme), concealed beneath skin in others, when exposed, superficial, round; its length 30.0-52.4% eye length in all populations; (3) snout acuminate in dorsal view in males, rounded in adult females, rounded in lateral profile in all; canthus rostralis relatively distinct, concave; (4) upper eyelid narrower than IOD, no cranial crests; (5) vomerine odontophores prominent, oval, juxtaposed, bearing transverse rows of teeth; (6) males with short vocal slits posterolateral to tongue, small, subgular vocal sac; thumbs swollen in breeding males, no nuptial pads; (7) first and second fingers subequal in length; digits not expanded into discs, indistinct terminal grooves present; (8) vague lateral keels on fingers; (9) no ulnar tubercles; (10) no heel or tarsal tubercles; indistinct thickened fold on distal 1/4 of inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, ca three times size of round outer; indistinct supernumerary plantar tubercles at bases of toes *II-IV*; (12) toes bear vague lateral keels, no webbing; toes lack discs, circumferential grooves poorly defined or absent; when toes *III* and *V* are adressed against *IV*, toe *V* longer than toe *III*; (13) dorsum tan to pale brown to reddish-brown with dark (brown or black) spots and/or slanted bars on flanks; some have dark blotches on dorsum as well; black interorbital bar, canthal-supratympanic stripes; labial "bars" represented by dark brown spots below eye, not reaching lip; upper lip cream to pale brown; limb bars rarely complete, when complete as wide as interspaces; posterior surfaces of thighs cream with scattered brown spots; throat and venter cream without dark markings or venter bearing small brown/black spots; in some populations, venter darker and more heavily spotted (occasional individuals have nearly black venters with white spots, e.g., Mpio. Güican, Boyacá); (14) adults small, males 13.6-23.5 ($\bar{x} = 18.7$, $n = 126$) mm, females 19.8-30.8 ($\bar{x} = 25.8$, $n = 168$) mm SVL; some geographic variation in size (see below).

Description. Head not as broad as body, wider than long; HW of males 35.4-41.4 ($\bar{x} = 38.2 \pm 0.2$, $n = 26$)% SVL, of females 35.8-41.0 ($\bar{x} = 38.3 \pm 0.2$, $n = 34$)%; snout subacuminate in males (although usually rounded in the Páramo del Almorzadero population) and young

females, rounded to obtuse in adult females, rounded in lateral profile; nostrils not, or only weakly, protuberant, directed dorsolaterally; E-N of males 62.5-90.0 (\bar{x} = 78.1 \pm 1.6, n = 26)% eye length, of females 74.1-96.0 (\bar{x} = 84.6 \pm 1.0, n = 34)%; canthus rostralis evident, rounded, gently concave; loreal region concave, sloping abruptly to lips; lips not flared; low tubercles on posterior part of upper eyelid, none pungent or prominent; no cranial crests, interorbital space flat; upper eyelid width of males 61.5-80.8 (\bar{x} = 70.2 \pm 0.9, n = 26)% IOD, of females 59.4-87.0 (\bar{x} = 68.5 \pm 1.1, n = 34)%; supratympanic fold thick, ending above insertion of upper arm amidst large flat tubercles, obscuring posterodorsal part of tympanum, if visible; tympanum concealed beneath skin in some populations, in others lower part of annulus distinct, round, separated from eye by distance equal 1 1/2 - 2 times its length; tympanum of males 35.0-52.4 (\bar{x} = 44.1 \pm 1.4, n = 15)% eye length, of females 33.3-48.2 (\bar{x} = 44.6 \pm 0.7, n = 25)%; postrictal tubercles not conical; choanae moderate-sized, round, not concealed by palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores median and posterior to choanae, each larger than a choana, oval, juxtaposed (Fig. 1), bearing 5-6 teeth in arched rows; tongue slightly longer than wide, posterior 2/5 - 1/2 not adherent to floor of mouth, posterior border with slight indications of notch; vocal slits short, extending from angle of jaw one-half way to base of tongue, far back in throat and easily overlooked; vocal sac subgular, median.

Skin of head smooth, that of dorsum finely granular, becoming more coarse on flanks; indistinct folds present — postocular folds, dorsolateral pair, another pair slightly lower on flanks (sometimes appearing as a series of fused warts); throat and venter areolate; discoidal fold anterior to groin; undersides of thighs areolate; anal opening not extended in sheath.

No ulnar tubercles or folds; palmar tubercle bifid (outer lobe nearly separated from medial), about twice size of oval thenar tubercle; supernumerary palmar tubercles large, indistinct; subarticular tubercles broader than long, rounded; lateral keels of fingers ill-defined; fingers lacking discs, tips only slightly wider than digits, circumferential grooves weakly evident at tips or absent (Fig. 2); first finger shorter than second; thumb of sexually active males swollen but no nuptial pad.

No tubercles on heel or along outer edge of tarsus; thickened ridge along distal 1/4 - 1/2 of inner edge of tarsus; inner metatarsal tubercle oval, outer round, 1/3 - 1/2 size of inner; plantar supernumerary tubercles ill-defined; subarticular tubercles round to slightly wider than long, not conical; lateral keels on toes coalescing at bases of digits but "web" not encompassing basal subarticular tubercles except between IV and V; toe V joined to IV almost to base of distal subarticular tubercle of V (Fig. 2); when toes III and V are adpressed against IV, V longer than III; toe tips swollen but not expanded into discs; traces of circumferential grooves at tips of most toes; heels not touching when flexed hind limbs held perpendicular to sagittal plane; shank of males 30.9-38.6 (\bar{x} = 34.3 \pm 0.4, n = 26)% SVL, of females 31.5-37.5 (\bar{x} = 33.8 \pm 0.2, n = 34)%.

Top of head and back tan to reddish-brown (sometimes with pale cream or tan blotches above occiput and sacrum) and bearing small black spots, sometimes forming loose (-shaped marks above vertebrae; black slanted bars on flanks, tending to fuse and form distinct line in dorsolateral region (this pattern is most pronounced in the dorsoconcolor morph where dorsum is uniform reddish-brown and flanks are black with slanted tan lines); brown or black canthal-supratympanic stripe; edge of upper lip cream; only occasionally are traces of labial bars evident (e.g., ICNMNH20994); limb bars rarely complete, transverse, slightly narrower than interspaces; posterior surfaces of thighs cream with brown or black spotting; no anal triangle; ventral surfaces vary from creamy-white with no markings through scattered dark flecks across abdomen to heavy black spotting/reticulation over venter and specks on throat to black venter with cream reticulum and cream throat speckled with black; undersides of limbs feebly speckled but in those with darkest venters, undersides of limbs pale brown with traces of cream spots.

Eleutherodactylus nicefori, like many other species of the genus is pattern polymorphic (Fig. 3). The **Raphe** pattern consists of a broad stripe of pale pigment down the center of the back which disrupts the underlying pattern of blotches. Some darker pigment at the edges of the vertebral raphe serves to make the raphe more distinct. The **Hairline** pattern is similar except that the pale vertebral stripe is very narrow. In this pattern, there often is a hairline of pale pigment on the venter as well but thin pale lines do not run along the posterior surfaces of the thighs and undersides of shank and tarsus or across the breast and along the undersides of the arms as in some other species of *Eleutherodactylus* (e.g., *E. ginesi*, Rivero, 1984, *E. ocreatus*, Lynch, 1981a). The **Dorsoconcolor** pattern consists of a uniform dorsal surface (cream to reddish-brown), defined laterally by dark (usually black) pigment. The lateral margins of the pale dorsum are straight and well-defined.

In addition to these three morphs, I have recognized three others which are probably not discrete morphs but rather represents modes from a continuum of individual variation. The **Pale Blotches** pattern consists of two pale blotches, outlined in darker pigment, one over the sacral region and the second over the occiput or scapular region. This pattern usually occurs with what I call below the **Spotted** pattern. The **Spotted** pattern is that described above as the "normal" color pattern for *E. nicefori*. The spots vary in intensity, with those found on the upper flanks being, in general, the darkest. Individuals show a broad range of completeness to the spotted pattern, ranging from well spotted to a pattern of only a few small spots (Fig. 3D-F). The **Plain** pattern is probably nothing more than the most reduced variant of the spotted pattern.

Although Rivero (1984) reported that *E. nicefori* lacks vocal slits and Cochran and Goin's (1970) account is ambiguous (they did not determine sexes of their individuals), *E. nicefori* males have short vocal slits. The vocal sac is not paired as reported by Cochran and Goin (1970). Males have very large white testes that fill the abdominal cavity (Fig. 4). Vocal slits and large testes

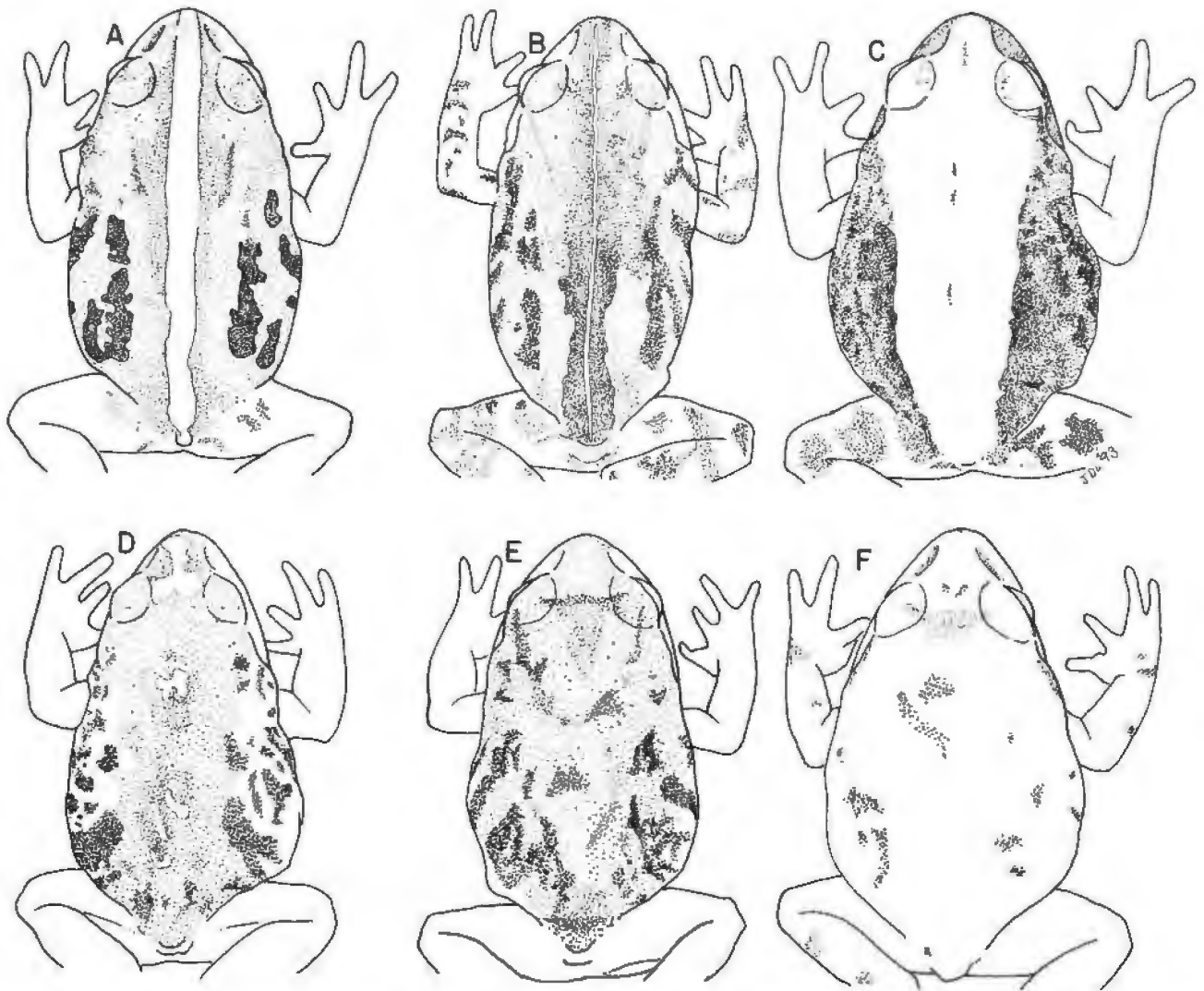


Figure 3. Pattern polymorphism in *Eleutherodactylus nicefori*. (A) raphe, ICNMHN 20906; (B) thin middorsal line, ICNMHN 21021; (C) dorsoconcolor, ICNMHN 20826; (D) pale blotches, ICNMHN 21028; (E) spotted, ICNMHN 21042; (F) reduced spotting, ICNMHN 20921.

were found in nearly every male examined but occasional males (small individuals) were found that lacked vocal slits and did not have swollen thumbs. These are treated here as juvenile males.

Natural history. Most of the specimens known of this species were collected by *María Cristina Ardila* and *Pedro M. Ruiz* in páramo habitats during the day. They report in their field notes that the frogs were inactive, being found beneath rocks and fallen *Espeletia* trunks. Their failure to note vocalizations I attribute to their failure to collect during the night. Amplectant pairs (including a pair of males) were found beneath rocks or trunks during the day as well. One female was found guarding a freshly deposited clutch of eggs.

The sizes of amplectant pairs provide an opportunity to "test" the mean sizes of adults calculated from collections of isolated males and females. ICNMHN 5030-31 were an amplectant pair collected in the Páramo de Pisba (Socotá). The male is 18.5 mm and the female is 29.1 mm SVL. ICNMHN 20833 and 22281 were an amplectant pair collected on the slopes of Nevado del Cocuy (Güican); he is 16.0 mm and she is 26.3 mm SVL.

At the same locality, another amplectant "pair" was found (ICNMHN 20834-35) but each of these is a mature male, 17.1 and 18.1 mm SVL, respectively.

Although the samples of males from northern populations are small, the animals from Chitagá and Tona appear to be smaller than those from more southern localities. Males from populations on the slopes of Nevado del Cocuy (Chiscas, Cocuy, and Güican) are larger than males from other populations. Those from the Páramo de Pisba (Chita and Socotá) are only slightly larger than those from the northern populations. This pattern is not matched by females except that the largest females come from Chiscas. Using the largest juvenile female (thin oviducts with no evidence of convolutions, only small ovarian eggs) as the metric, the pattern seen in males is repeated (Table 1). However, the variability seen among pre-mature or young females (oviduct showing some bending, eggs small) obscures the pattern. The smallest mature female found (19.8 mm SVL) comes from a northern population (Chitagá) but the second smallest one found (20.8 mm SVL) comes from a central population (Cocuy).

Distribution. Páramo and subpáramo habitats (2770-4100 m) on the easternmost range of the Cordillera Oriental in northern Depto. Boyacá and southern departamentos Norte de Santander and Santander.

Remarks. *Eleutherodactylus nicefori*'s simple digit tips (Fig. 2) are more simple than seen in nearly all *Eleutherodactylus* and approach closely the condition(s) of the frogs assigned to the genus *Phrynopus* (Cannatella, 1984; Lynch, 1975). Several species of *Eleutherodactylus* lack disks (= have no expansion of the digit tip) but nearly all of the narrow-toed species have circumferential grooves defining the ventral pad. Pads (and circumferential grooves) are absent on the hands of some species but present on the feet (Lynch, 1981b) or are absent on some (inner) digits (Lynch, 1980, 1989) but in each case there are some digits exhibiting pads. In *E. nicefori*, the pads are very difficult to detect, even under high magnification (Fig. 2) and I am not confident that the objects detected are homologous with the pads seen in other *Eleutherodactylus*. The terminal phalanges do show evidence of being T-shaped (Fig. 5), with the best development of the lateral projections being seen on the foot; the terminal phalanx of the thumb does not bear lateral projections.

For those seeking evidence that *Phrynopus* are simply *Eleutherodactylus* having greatly reduced digit tips, *E. nicefori* offers such evidence. However, at present it seems premature to combine *Phrynopus* with *Eleutherodactylus*. The Colombian *Phrynopus* are under

study by my colleagues *M. Ardila* and *P. Ruiz* and include several species, not the single species mentioned by Lynch (1975). Until the other species are described, it is preferable to retain *Phrynopus* as a device to hold the eleutherodactyline frogs with reduced digits.

The structural simplicity of the digits of *E. nicefori* is equalled by the digits of a Venezuelan species, *E. ginesi*, monographed by Rivero (1984). Rivero (1984) did not consider *E. ginesi* closely related to *E. nicefori* (as did Lynch, 1981a) but rather with Ecuadorian species.

Specimens examined. (613) BOYACÁ: ICNMHN 20807-11 (C&S). *Mpio. Chiscas*: cabeceras Caño Ruconcito, Km 17 carr. Chiscas-Las Cañas, 3580 m, ICNMHN 21090-146; Km 16 carr. Chiscas-Las Cañas. Siachoque, 3600 m, ICNMHN 20931-51; Páramo Alto Siachoque, 3950-3980 m, ICNMHN 20982-21000. *Mpio. Chita*: Km 11-12 carr. Chita-El Empalme, 3370-3420 m, ICNMHN 20905-09, 20911-13, 20915-29; carr. Chita-La Salina, vereda El Arbolito, Páramo de Pisba, 3400 m, ICNMHN 3579-3610, 3961-67; Km 2 carr. El Empalme-Socha, 3480 m, ICNMHN 20875-76, 20878-82, 20884, 20886-88; vereda La Lajita (Parpa), Km 79-80 carr. Socha-Sácama, flanco oriental Páramo de Pisba, 3420 m, ICNMHN 5823, 5832, 5844-45, 5952, 5959-74. *Mpio. Cocuy*: vereda La Capilla, Km 7 carr. La Capilla-El Cocuy, 3690 m, ICNMHN 20889-904; Páramo Alto Mahoma, 3800 m, ICNMHN 21041-87, 3900 m, ICNMHN 21001-40. *Mpio. Güicán*: Sierra Nevada del Cocuy, Hda. Ritacua, \pm 3500 m, ICNMHN 5101-02, arri-

Figure 4. Drawings of dissection of *Eleutherodactylus nicefori* showing size and position of testes. Uncatalogued male from collection made in Municipio Güicán, Boyaca. (A) lateral view, viscera except testes removed; (B) same in ventral view; (C) ventral view, liver removed; (D) ventral view prior to removal of organs. Scale equals 3 mm.

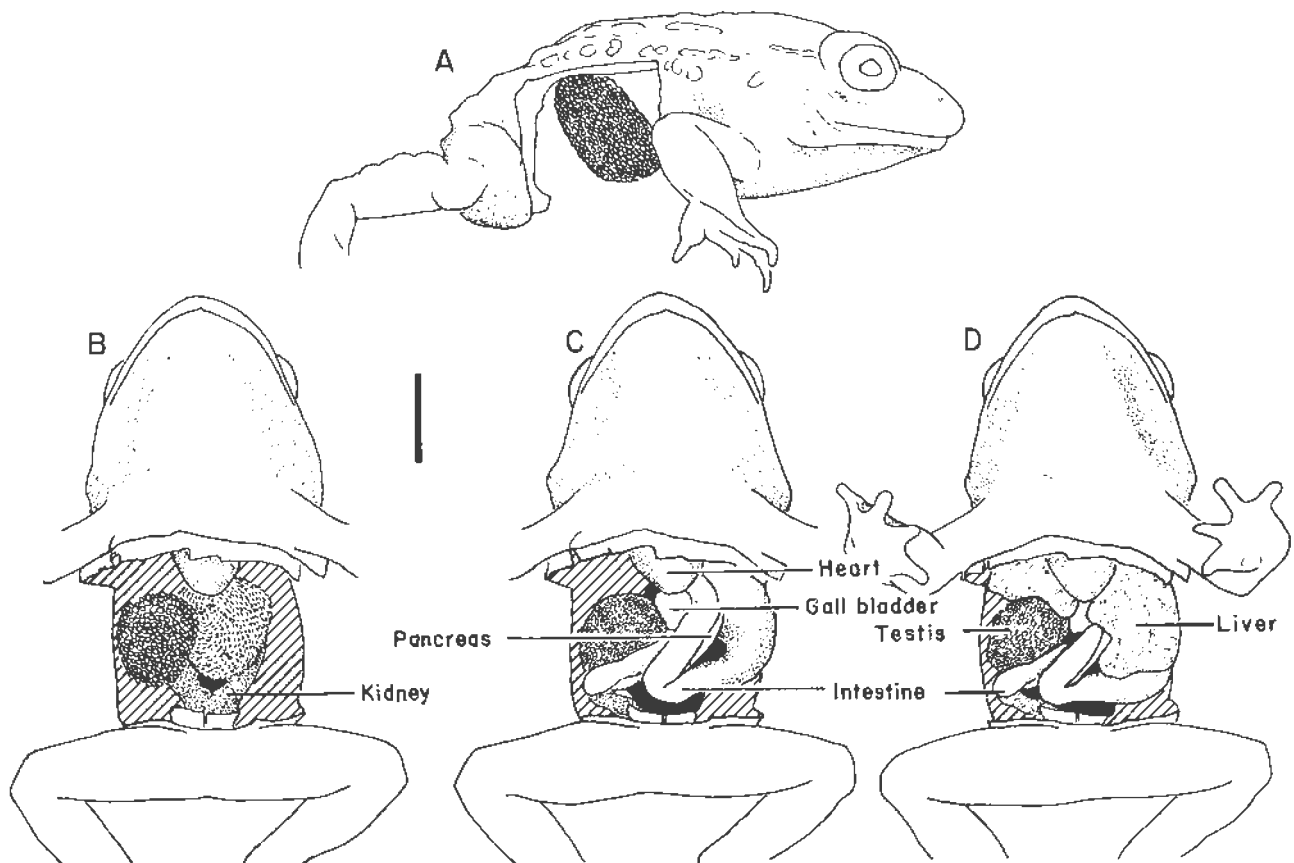


TABLE I. POPULATION VARIATION IN SIZE (SVL) OF FEMALES OF *ELEUTHERODACTYLUS NICEFORI* (IN MM).

| Locality | JUVS | YOUNG | ADULTS | (N) | MEAN \pm 1 S.E. |
|----------|-------|-----------|-----------|------|-------------------|
| Tona | -17.4 | 22.6-24.2 | 23.2-29.0 | (11) | 26.1 \pm 0.5 |
| Chitagá | -17.9 | 17.8-21.4 | 19.8-27.9 | (27) | 24.6 \pm 0.4 |
| Chiscas | -22.0 | 20.3-26.1 | 23.3-30.8 | (29) | 27.2 \pm 0.3 |
| Güicán | -20.6 | 19.1-24.2 | 21.8-29.2 | (35) | 25.5 \pm 0.3 |
| Cocuy | -21.8 | 20.8-21.3 | 20.8-27.6 | (23) | 25.1 \pm 0.4 |
| Chita | -20.9 | 20.5-25.2 | 24.5-30.0 | (26) | 26.7 \pm 0.3 |
| Socotá | 17.9 | 20.5-23.0 | 22.9-28.1 | (5) | 25.6 |

ba de [Hda] la Esperanza, \pm 3500 m, ICNMHN 4054, Alto de Ritacuva, 3300-4100 m, ICNMHN 10253-72, Alto de Ritacuva, via a Laguna de los Verdes, 3920 m, ICNMHN 10273-79; vereda El Tabor, Cabañas Corturismo, 3920 m, ICNMHN 20821-22, 20870-74, 22333, 22335-46. Páramo El Verde, finca Las Playitas, 3850 m, ICNMHN 20826-32, 22260, 22263-80, camino a la Sierra, Pico Ritacuva Blanca, finca Las Playitas, 3850-3920 m, ICNMHN 20833-55, 22281-97; vereda Pantanillo, 4180 m, ICNMHN 6280-87; vereda [San Antonio de] la Cueva, El Alto, Km 5, carr. Capilla-El Cocuy, 3900 m, ICNMHN 20856-69, 22298-304, 22306-31, Hacienda La Esperanza, 3500 m, ICNMHN 2614-16, La Esperanza, Caño Rancho Quemado, Páramo Lagunillas, 3850-3950 m, ICNMHN 20952-81. *Mpio. Socotá*: vereda La Lajita (Parpa), Km 60-68 carr. Socha-Sácama, flanco occidental Páramo de Pisba, 3400-3590 m, ICNMHN 5819, 5821 (C&S), 5830, 5831 (C&S), 5927-36, 5938. NORTE DE SANTANDER. *Mpio. Chitagá*: "Chitagá, Santander" (correct locality data almost certainly = Páramo del Almorzadero, hacia Chitagá, exchanged from MLS), KU 150710-13; 18.5 km S Chitagá, 2850 m, KU 168445-80, 170144-46 (C&S); 32 km S Chitagá, 3400 m, KU 168481-516; Km 34 carr. Chitagá-Málaga, 3320 m, ICNMHN 10403-04; Páramo del Almorzadero, KU 150715-24, MLS 25 (2), 30 (2), USNM 147013; Páramo del Almorzadero, Km 37 carr. Chitagá-Málaga, 3430 m, ICNMHN 10411-31, Km 43-44 carr. Chitagá-Málaga, 3670-3740 m, ICNMHN 10432-47; vereda Piedras, sitio Vegas de Colombia, 2770 m, ICNMHN 10402. SANTANDER. *Mpio. Tona*: Páramo de Berlín, Km 49 carr. Bucaramanga-Pamplona, 3400 m, ICNMHN 10375-401.

Discussion

With the description of *E. nervicus*, 20 dwarf *Eleutherodactylus* have been described from the Andes of northwestern South America (Colombia, Ecuador, and Venezuela). Two of these are from Venezuela (*E. boconoensis* and *E. ginesi*), two occur in the Cordillera Oriental of Colombia (*E. nervicus* and *E. nicefori*), five in the Cordillera Central (*E. leptolophus*, *E. maculosus*, *E. peraticus*, *E. scoloblepharis*, and *E. uranobates*), and eleven are found in Andean Ecuador and extreme southern Colombia. Lynch (1991) proposed grouping the five species from the Cordillera Central as the *leptolophus* group because these species have relatively large digital

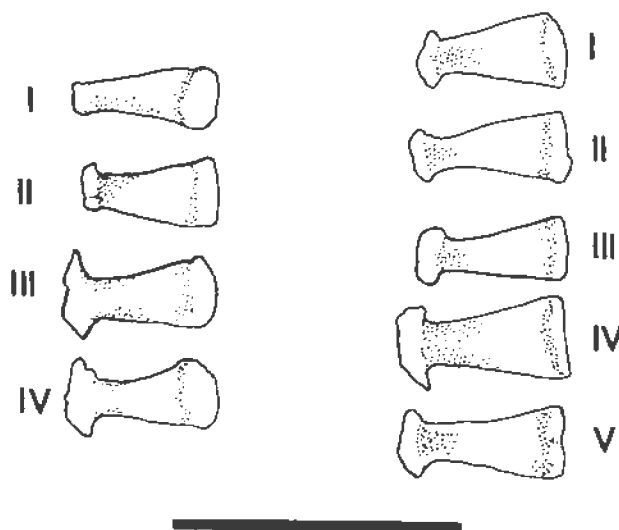


Figure 5. Plantar views of terminal phalanges of right hand (left, digits numbered I-IV) and right foot (digits numbered I-V) of *Eleutherodactylus nicefori*, ICNMHN 5821.

disks in contrast to the other species which show little or no expansion of the digit tips. The species of the *leptolophus* group also share another character in which when the third and fifth toes are adpressed against the fourth, the fifth toe is much longer than the third (= tip of toe V reaches distal border of distal subarticular tubercle of toe IV whereas tip of toe III reaches no more than distal border of penultimate subarticular tubercle of toe IV). In *E. nervicus*, one finds an identical condition. In *E. nicefori*, the fifth toe is only slightly shorter, reaching to the middle of the distal subarticular tubercle of toe IV. This condition is also seen in the slightly larger (La Marca and Smith, 1982) Venezuelan *E. colostichos*.

In contrast, the remaining dwarf species exhibit a condition in which the tip of the fifth toe does not extend beyond the tip of the third (*E. ginesi*, *E. myersi*, *E. ocreatus*, and *E. trepidotus*) or only slightly extends beyond the tip of toe III. In these frogs, the tip of toe V reaches no more than to the distal border of the penultimate subarticular tubercle of toe IV. This is the plesiomorphic condition in *Eleutherodactylus* and is found in all other leptodactylids.

Although here united by a plesiomorphic (=uninformative) feature, I include the following species in the *myersi* group of *Eleutherodactylus*: *boconoensis* Rivero & Mayorga, *gladiator* Lynch, *ginesi* Rivero, *hectus* Lynch & Burrowes, *leoni* Lynch, *myersi* Cochran & Goin, *ocreatus* Lynch, *orestes* Lynch, *pyrrhomerus* Lynch, *repens* Lynch, *simonbolivari* Wiens & Coloma, *trepidotus* Lynch, and *vidua* Lynch. The two Venezuelan species (*boconoensis* and *ginesi*) appear to be closely allied to one another and to another undescribed species under study by Enrique La Marca and may not be allied closely to the eleven species from southern Colombia and Ecuador.

Acknowledgments. Specimens were loaned and research space provided by William E. Duellman, University of Kansas Museum of Natural History, Enrique La Marca, Universidad de Los Andes Laboratorio

de Biogeografía, and Pedro M. Ruiz. My colleagues María Cristina Ardila and Pedro M. Ruiz generously made available their fieldnotes and knowledge of these species of frogs and made my stay in Bogotá especially memorable. This research was conducted during my tenure as Profesor Visitante in the Instituto de Ciencias Naturales and was supported by a Faculty Development Leave from the University of Nebraska.

References

- Cannatella, D. C. 1984. Two new species of the leptodactylid frog genus *Phrynopus*, with comments on the phylogeny of the genus. *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (113):1-16.
- Cochran, D. M. and C. J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. *Bull. U. S. Natl. Mus.* (288):1-655.
- Duellman, W. E. and J. E. Simmons. 1977. A new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. *Proc. Biol. Soc. Washington* 90:60-65.
- La Marca, E. and H. M. Smith. 1982. *Eleutherodactylus colostichos*, a new frog species from the páramo de los Conejos, in the Venezuelan Andes (Anura: Leptodactylidae). *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan* (700):1-8.
- Lynch, J. D. 1968. Systematic status of some Andean leptodactylid frogs with a description of a new species of *Eleutherodactylus*. *Herpetologica* 24:129-135.
- _____. 1975. A review of the Andean leptodactylid frog genus *Phrynopus*. *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (35):1-51.
- _____. 1976. The species groups of South American frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (61):1-24.
- _____. 1979. The frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Andes of southern Ecuador. *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (66):1-62.
- _____. 1980. A new frog of the genus *Eleutherodactylus* from western Panama. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 83:101-105.
- _____. 1981a. Leptodactylid frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Andes of northern Ecuador and adjacent Colombia. *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (72):1-46.
- _____. 1981b. The systematic status of *Amblyphrynus ingeri* (Amphibia: Leptodactylidae) with the description of an allied species in western Colombia. *Caldasia* 13(62):313-332.
- _____. 1984. A new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) from southern Colombia. *Herpetologica* 40:234-237.
- _____. 1986. The definition of the Middle American Clade of *Eleutherodactylus* based on jaw musculature (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 42:248-258.
- _____. 1989. Intra-generic relationships of mainland *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). I. A review of the frogs assigned to the *Eleutherodactylus discoidalis* species group. *Contrib. Biol. Geol., Milwaukee Pub. Mus.* (79):1-25.
- _____. 1991. New diminutive *Eleutherodactylus* from the Cordillera Central of Colombia (Amphibia: Leptodactylidae). *J. Herpetology* 25:344-352.
- _____. 1993. The value of the *m. depressor mandibulae* in phylogenetic hypotheses for *Eleutherodactylus* and its allies (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 49:32-41.
- _____. and W. E. Duellman. 1980. The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* (69):1-86.
- Rivero, J. A. 1964. Salientos (Amphibia) en la colección de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle de Venezuela. *Carib. J. Sci.* 4:297-305.
- _____. 1984 ["1982"]. Los *Eleutherodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae) de los Andes venezolanos I: Especies del páramo. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 118 (42):17-56.

A NEW SPECIES OF FROG (GENUS *ELEUTHERODACTYLUS*: LEPTODACTYLIDAE) FROM A CLOUD FOREST IN DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA

by

John D. Lynch*

Resumen

Lynch, J. D.: A new species of frog (genus *Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from a cloud forest in Departamento de Santander, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **19** (72): 205 - 208. 1994 ISSN 0370-3908.

Se describe una especie nueva de *Eleutherodactylus* de tamaño mediano de los flancos occidentales de la Cordillera Oriental de Colombia. La especie es distintiva porque tiene un tubérculo tarsal grande. No se sabe los parentescos.

Abstract

Eleutherodactylus jorgevelosai is a moderate sized species described from the western flanks of the Cordillera Oriental of Colombia. The species is distinctive in having a prominent inner tarsal tubercle. Its relationships are not known.

In comparison to the cordilleras Central and Occidental, the Cordillera Oriental has few species of the frog genus *Eleutherodactylus*. Lynch (1984) and Rueda and Lynch (1983) described nine species from the region of Virolín (Santander). Other species were described by Duellman and Simmons (1977), Lynch (1978, 1983), and Pyburn and Lynch (1981). Cochran and Goin (1970) had reported five species from páramo and subpáramo habitats in the Cordillera Oriental and reported some other taxa under incorrect names. In contrast, Rivero (1984) named several new species of *Eleutherodactylus* from southwestern Venezuela, virtually on the frontier with Colombia. When I collected in Norte de Santander and Santander in 1986, I expected to find some of the rich eleutherodactyline frog fauna described by Rivero. Although I found a rich eleutherodactyline frog fauna, only two of the species described by Rivero were found in Colombia.

The collections made above Bucaramanga at the finca "El Diviso" of INDERENA include at least four species of *Eleutherodactylus* (*E. anolirex* Lynch, *E. miyatai* Lynch, *E. prolixodiscus* Lynch, and one very abundant species that is not named).

Materials and Methods

Measurements were taken to the nearest 0.1 mm under a dissecting microscope. Individuals were sexed by gonadal examination which permits assigning relative ages to individuals (juvenile, young, and adult) based on convolutions of the oviducts and the size of the testes. Means are reported below as \pm one standard error of the mean. For other terminology, see Lynch and Duellman (1980).

Eleutherodactylus jorgevelosai sp. nov.

Holotype. An adult female deposited in the amphibian collection of the Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, number ICN 15283 (field number JDL 15380), one of a series collected by Douglas S. Lynch, John D. Lynch, and Ricardo Sánchez, 15 August 1986.

Paratopotypes. Adult males -ICN 15284, 15288, 15332, 15335-36, 15338, 15340, 15352; adult females -ICN 15286-87, 15289-92, 15833-34, collected with the holotype.

Type-locality. Departamento de Santander, Municipio de Tona (see below), finca "El Diviso" de INDERENA, Km 22 carretera Bucaramanga a Pamplona, vertiente occidental de la Cordillera Oriental, 1900-2050

* School of Biological Sciences, the University of Nebraska, Lincoln, Nebraska 68588-0118, EE UU

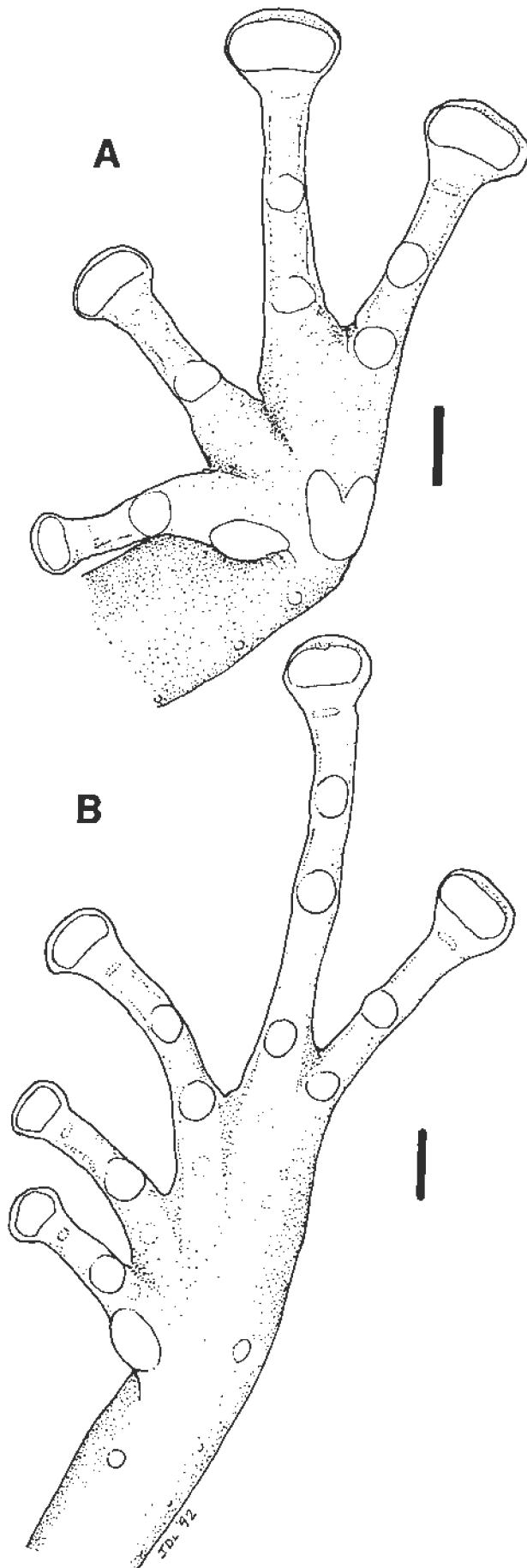


Fig. 1. Plantar views of hand (A, ICN 15291) and foot (B, ICN 15290) of *Eleutherodactylus jorgevelosai*. Scales equal 2 mm.

m alt. Although many reports for this locality use municipio de Tona, the boundaries of municipios Floridablanca and Piedecuesta are immediately adjacent to the type-locality.

Paratypes. Depto. Santander, Mpio. Tona, ca 3 km above Corcova, Km 27 carr. Bucaramanga-Pamplona, 2200 m, adult males, ICN 15361, 15363-66, 15368, 15370, 15372-73, 15375, 15377, 15384, adult females, ICN 15362, 15367, 15380-82, 15386-403, collectors *D. Lynch, J. Lynch, Pedro M. Ruiz, and R. Sánchez*, 16 August 1986.

Referred specimens (juveniles and poorly-preserved specimens): ICN 15285, 15293-331 (poorly-preserved, mostly adults), 15337, 15339, 15341-51, 15353-58, 15369, 15371, 15374, 15376, 15378-79, 15383, and 15385.

Etyymology. The new species takes the name of my friend and folklorist, **Jorge Velosa Ruiz**, whose music and poetry bring me so much pleasure.

Diagnosis. (1) skin of dorsal surfaces tuberculate, that of venter areolate; no dorsolateral folds; (2) tympanum round, superficial, its length 22.0-29.7% eye length in males, 23.3-32.0% in females; (3) snout subacuminate in dorsal view in males and young females, more obtuse in adult females, rounded in lateral profile; canthus rostralis prominent, weakly concave; (4) upper eyelid with a large subconical tubercle, width of upper eyelid 90.9-121.4% IOD in males, 75.5-100.0% in females; low cranial crests on lateral margins of frontoparietals; (5) vomerine odontophores prominent, subtriangular in outline; (6) males with vocal slits, glandular white nuptial pads; (7) first finger slightly shorter than second; all fingers with expanded, non-emarginate discs, broadest on fingers III-IV; (8) fingers bearing lateral fringes; (9) a row of 3-4 subconical ulnar tubercles; (10) subconical tubercle on heel; row of small tubercles along outer edge of tarsus; subconical tubercle on inner edge of tarsus; (11) two metatarsal tubercles, inner oval, six times size of subconical outer; supernumerary plantar tubercles present; (12) toes bearing lateral fringes, no webbing; discs of toes smaller than those of fingers; (13) dorsal surfaces brown with darker markings; posterior surfaces of thighs cream with brown spots and reticulation; venter cream with brown flecks, throat darker; (14) adults medium-sized, males 24.3-29.8 ($\bar{x} = 27.2 \pm 0.3$, $n = 20$) mm SVL, females 38.5-45.2 ($\bar{x} = 41.0 \pm 0.3$, $n = 32$) mm SVL.

Eleutherodactylus jorgevelosai is most similar to *E. cruentus*, *E. latidiscus*, *E. supernatis*, and *E. tamsitti* but differs from each of these because it has expanded discs on the first finger (Fig. 1A). It is most similar to some undescribed species from cloud forests in the northern part of the Cordillera Central. It can be distinguished from all of these species by the presence of an inner tarsal tubercle (Fig. 1B) and its coloration.

Description. (proportions are based on 13 males and 13 females); Head as wide as body in males and juvenile females, slightly narrower than body in adult

females, wider than long; HW 37.9-42.2 ($\bar{x} = 39.9 \pm 0.3$)% SVL in males, 38.5-42.9 ($\bar{x} = 40.4 \pm 0.3$)% in females; snout subacuminate in dorsal view in males and young females, obtuse in adult females, snout rounded in lateral profile; snout long, E-N 73.3-93.5 ($\bar{x} = 84.4 \pm 1.9$)% eye length in males, 80.0-100.0 ($\bar{x} = 91.2 \pm 1.7$)% in females; nostrils protuberant, directed dorsolaterally; canthus rostralis distinct, sharp, concave; enlarged subconical tubercle on upper eyelid, upper eyelid otherwise covered with small tubercles; upper eyelid width 90.9-121.4 ($\bar{x} = 104.8 \pm 2.4$)% IOD in males, 75.5-100.0 ($\bar{x} = 89.0 \pm 2.1$)% in females; lateral margins of frontoparietals upturned producing low cranial crests; frontoparietal fontanelle not exposed; supratympanic fold prominent, ending above insertion of arm, obscuring uppermost edge of tympanum; tympanum superficial, round, annulus distinct, separated from eye by distance equal 1 1/2 times diameter of tympanum; tympanum length 22.0-29.7 ($\bar{x} = 26.7 \pm 0.6$)% eye length in males, 23.3-32.0 ($\bar{x} = 29.3 \pm 0.6$)% in females; postriatal tubercles prominent, conical, larger than other tubercles on side of head.

Choanae round, small, not concealed by palatal shelf of maxillary arch when roof of mouth is viewed from directly above; vomerine odontophores median and posterior to choanae, subtriangular to triangular in outline, prominent, each 4-5 times size of a choana, separated on midline by distance equal to less than 1/4 width of an odontophore, bearing weakly arched row of 5-8 teeth (in some individuals tooth rows are slanted anteriorly near midline); tongue 1 1/2 times as long as wide, posterior margin notched, posterior 1/4 not adherent to floor of mouth; males with long vocal slits posterolateral to tongue; external vocal sac not apparent.

Skin of dorsum tuberculate but tubercles small except for subconical tubercles on upper eyelids, between eyes, on shoulders, and near tympanum (postriatals); no dorsolateral folds; skin on venter coarsely areolate; discoidal folds well anterior to groin; no anal sheath; forearm bearing row of 3-4 subconical ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar tubercle; numerous small supernumerary palmar tubercles, prominent but not pungent; subarticular tubercles round, non-conical; fingers bearing narrow lateral fringes; fringe evident as series of coalescing tubercles along outer edge of palm; fingers bearing expanded round digital discs, smallest on thumb (Fig. 1), broadest on III-IV; discs bearing pads, broader than long, on ventral surfaces, defined by circumferential grooves; when adressed equally, first finger slightly shorter than second; non-spinous, glandular nuptial pad on posterodorsal surface of thumb in adult males.

Subconical tubercle on heel; row of smaller tubercles along outer edge of tarsus; prominent subconical tubercle on inner edge of tarsus, 1/4 distance between inner metatarsal tubercle and heel; inner metatarsal tubercle three times as long as wide, more than six times size of subconical, round outer; numerous plantar supernumerary tubercles, most prominent at bases of digits; toes bearing prominent lateral fringes but no webbing; toe tips expanded into broad round discs

(slightly smaller than those of outer fingers) with ventral pads; heels overlapping when flexed hind limbs held perpendicular to sagittal plane; shank 55.6-63.6 ($\bar{x} = 58.2 \pm 0.6$)% SVL in males, 53.5-62.9 ($\bar{x} = 57.4 \pm 0.7$)% in females; when adressed equally against toe IV, toe V much longer than toe III.

Dorsum pale to dark brown with darker markings; markings as indefinite as many small dark brown flecks or forming interorbital bars, occipital W-shaped mark, sacral chevrons; canthal-supratympanic stripe and labial bars prominent; flanks usually cream with slanted brown lines (or rows of spots); limb bands narrower than interspaces, oblique on shank; posterior surfaces of thighs cream with loose brown reticulum (or small brown spots); anal triangle black; ventral surfaces cream, usually with dense brown spotting on throat (often mottled with brown in males); undersides of thighs and shanks cream, spotted with brown.

In life, *E. jorgevelosai* has dorsal surfaces olive to brown, flecked with brown; limb bars evident or not; limb bars sometimes edged with yellow; anal triangle dark brown; posterior surfaces of thighs dull yellow-brown, flecked or reticulated with brown; venter pale greenish-yellow or pale yellow, flecked with brown; throat more heavily flecked with brown; iris bright reddish copper, reticulated with black. Frequently, individuals have rust or orange markings along the anterior one-half of the body in the dorsolateral region. A common variant has brick-red markings on the dorsum as spots or as large blotches on head and sacrum or as a complete band down dorsum or as a broad mid-dorsal raphe. Another common variant is the presence of small yellow spots of varying intensity on the dorsum and flanks.

Measurements of holotype in mm. SVL 42.8, tibia 23.5, HW 16.8, HL 15.6, chord of HL 17.0, upper eyelid width 4.3, IOD 4.9, tympanum length 1.6, eye length 5.4, E-N 5.3.

Natural history. Although *E. jorgevelosai* was exceptionally abundant on the nights of 15-16 August 1986, no calling was detected (nevertheless, the species is named for Don Jorge). No amplexant individuals were observed but one female (ICN 15403) released eggs during the night in a collecting bag. Many small juveniles were found on the same evenings.

Individuals were found on rocks, rock faces, ferns, branches, and large leaves up to 3 m above the ground along streams through primary forests. Some individuals were found also perched on tree roots under rock overhangs. At El Diviso, *E. jorgevelosai* was restricted in distribution to the stream above the small waterfall (Fig. 2) whereas the other three species of *Eleutherodactylus* were found above and below the falls as were the two *Hyla* and the two centrolenids. The stream is in a narrow V-shaped valley above the waterfall but below the waterfall, the stream opens into a broader, flat-floored valley with steep edges. Large trees are evident below the waterfall (one of which was used to ascend the waterfall in 1986). In 1992, I revisited El Diviso but

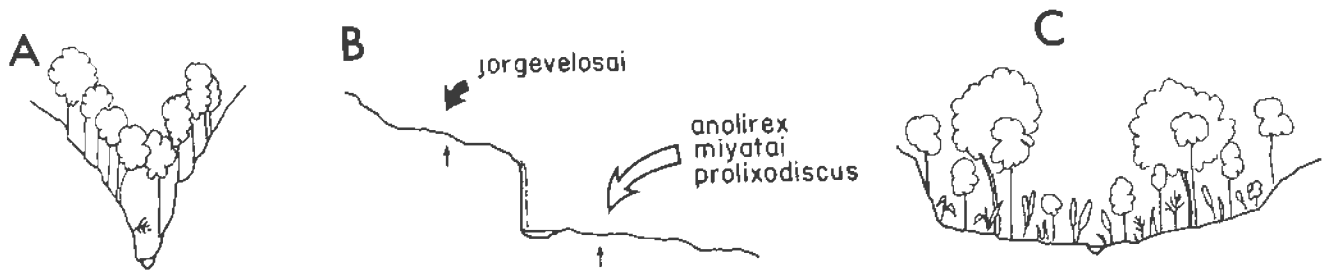


Fig. 2. Sections of stream at finca El Diviso showing distributions of *Eleutherodactylus*. (A) cross section above cascada; (B) longitudinal section, arrows point to cross sections; (C) cross section below cascada.

could not ascend the waterfall because the tree which we had used earlier had fallen. Working the area below the waterfall produced all of the species taken at El Diviso six years earlier with the exception of *E. jorgevelosai* which, presumably, was watching us from above the cascada.

In addition to the *Eleutherodactylus*, we also found *Centrolene notostictum*, *Cochranella daidalea*, *Colostethus* sp (similar to *C. palmatus*), *Hyla callipeza*, *H. denticulenta*, and *Phenacosaurus nicefori* at the El Diviso locality. El Diviso is a demonstration project and much of the finca is reforested using *Eucalyptus* and *Pinus*. Most of our fieldwork (the successful fieldwork) was carried out in patches of native forest which exist along the streams flowing down the steep valleys. The only amphibian that we found in the non-native forests was *E. miyatai*.

Acknowledgments

I greatly benefitted from the work of my field companions in 1986 and 1992 (**Douglas Lynch, Cecilia Ruiz, Pedro Ruiz, and Ricardo Sánchez**). The persistence of Ricardo resulted in gaining access to the stream above the waterfall where *E. jorgevelosai* was so common. This manuscript was written during my tenure as a Profesor Visitante in the Instituto de Ciencias Naturales during 1992. **María Cristina Ardila and Pedro M. Ruiz** extended every courtesy during my stay.

References

- Cochran, D. M. and C. J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. Bull. U. S. Natl. Mus. (288):1-655.
- Duellman, W. E. and J. Simmons. 1977. A new species of *Eleutherodactylus* (Anura, Leptodactylidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. Proc. Biol. Soc. Washington 90:60-65.
- Lynch, J. D. 1978. A new eleutherodactyline frog from the Andes of northern Colombia (Leptodactylidae). Copeia 1978:17-21.
- _____. 1983. A new leptodactylid frog from the Cordillera Oriental of Colombia, pp. 52-57. In A. G. J. Anders and K. Miyata (eds.), *Advances in Herpetology and Evolutionary Biology*. Mus. Comp. Zool. Harvard Univ.
- _____. 1984. New frogs (Leptodactylidae: *Eleutherodactylus*) from cloud forests of the northern Cordillera Oriental, Colombia. Milwaukee Public Mus., Contrib. Biol. Geol. (60):1-19.
- _____ and W. E. Duellman. 1980. The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). Misc. Publ. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas (69):1-86.
- Pyburn, W. F. and J. D. Lynch. 1981. Two little-known species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from the Sierra de la Macarena, Colombia. Proc. Biol. Soc. Washington 94:404-412.
- Rivero, J. A. 1984 ("1982"). Los *Eleutherodactylus* (Amphibia, Salientia) de Los Andes venezolanos II/ especies subparameras. Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle 118 (42):57-132.
- Rueda, J. V. and J. D. Lynch. 1983. Una nueva especie de *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) para la Cordillera Oriental de Colombia. Lozania (42):1-6.

PROSPECCION DE ENEMIGOS NATURALES DE CULICIDAE (DIPTERA) DE LA SELVA MARGINAL DE PUNTA LARA (Prov. de BUENOS AIRES, REPUBLICA ARGENTINA)

por

Juan J. García*, Raúl E. Campos**,
Arnaldo Maciá***

Resumen

García, J.J., Campos, R.E., A. Maciá: Prospección de enemigos naturales de Culicidae (Diptera) de la selva marginal de Punta Lara. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72): 209 - 216. 1994. ISSN 0370-3908

Se realizó una búsqueda de patógenos, parásitos y potenciales predadores de culícidos en Punta Lara, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se encontraron infecciones en larvas de 14 especies de 19 halladas durante los muestreos, provocadas por hongos (*Achlya* sp., *Coelomomyces reticulatus*, *Geotrichum candidum* y *Smittium morbosum*), microsporidios del género *Amblyospora* y mermítidos (*Strelkovimermis spiculatus*). La prevalencia natural en estados inmaduros fue de 39.2%. Sobre 3357 hembras adultas examinadas fueron reconocidas esporas de hongos de la clase Hyphomycetes, esporangios de resistencia de *Coelomomyces* sp., esporas semejantes a las de los haplosporidios y nemátodos mermítidos (*S. spiculatus*) y filáridos. También se incluye una lista de fauna asociada a los habitats larvales, algunos de los cuales son reales o potenciales depredadores.

Summary

A survey of pathogens, parasites and potential predators of culicids was conducted at the southeast counterforts of subtropical forest, in Punta Lara, Buenos Aires Province, Argentina. Larval infection was found in 14 of the 19 culicid species sampled, by 4 species of fungi (*Achlya* sp., *Coelomomyces reticulatus*, *Geotrichum candidum* and *Smittium morbosum*), microsporidia of the genus *Amblyospora* and a mermitid species, *Strelkovimermis spiculatus*. Natural prevalence in immature stages was 39.2%. Over 3357 adult female examined were recorded fungus spores of the class Hyphomycetes, resting sporangia of *Coelomomyces* sp., haplosporidian-like spores, and nematods of the families Mermithidae (*S. spiculatus*) and filaridae. Also, is given a list of associated fauna to the larval breeding habitats, some of which are real or potential predators.

* Carrera de Investigador, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

** Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

*** Becario de la CIC. Centro de Estudios Parasitológicos y de Vectores (CEPAVE), calle 2 No. 584, (1900) La Plata, Argentina.

Introducción

La utilización de enemigos naturales en tareas de control de mosquitos se encuentra dentro de las nuevas estrategias a incorporar en los programas de lucha contra estos dípteros. En la República Argentina la información disponible respecto a parásitos de culícidos es escasa y limitada a la ubicación taxonómica de los mismos (García, 1989, 1990; García &

Camino, 1990; García y López Lastra, 1989; López Lastra 1990a, 1990b; Poinar y Camino, 1990). No existen tampoco estudios sobre la biología de los hospedadores que contemplen la presencia de patógenos, ni se han encarado capturas secuenciales para interpretar la dinámica de estas relaciones interespecíficas. Debido a ello se inició un proyecto cuyo objetivo es conocer el impacto producido por parásitos, patógenos y depredadores en las poblaciones naturales de mosquitos.

En el presente trabajo se da a conocer una lista preliminar de los enemigos naturales de los diferentes estados de desarrollo de los hospedadores, y la fauna asociada, algunos de cuyos representantes, han sido citados como depredadores.

Material y Método

Area de estudio

El sitio de estudio es conocido como Selva Marginal de Punta Lara y se ubica dentro de la denominada Reserva Natural Provincial de dicha localidad, en el partido de La Ensenada, en la costa del Río de la Plata, cuyas coordenadas geográficas son 34° 51' 53' 'S y 57° 52' 23' 'O. La vegetación predominante en la zona consiste en comunidades de pastizal y selva en galería. Los ambientes seleccionados para el estudio de los estados inmaduros han sido clasificados como:

1. Permanentes: ambientes en los cuales el nivel del agua sufre fluctuaciones pero no llegan a secarse en ningún momento del año, presentando carpeta vegetal compuesta por diversas macrófitas, como *Pistia* sp., *Salvinia* sp., *Lemna* sp., etc.
2. Temporarios: este tipo de criadero permanece gran parte del año inundado, secándose en el período estival. Durante algunos meses presentó una cubierta vegetal flotante compuesta por *Azolla* sp.
3. Con fluctuaciones periódicas: en ellos el nivel de agua fluctúa en períodos que van desde unos pocos meses a escasos días, secándose repetidas veces en el año. Dichas fluctuaciones se ven influenciadas por los movimientos de marea del Río de la Plata y el desborde del canal de dos arroyos que se encuentran en las inmediaciones, denominados Martín y Carnaval.

Estados preimaginales

Durante el período desde el 13 de julio de 1989 hasta el 19 de julio de 1991 se realizaron muestreos de frecuencia semanal en un ambiente permanente, dos temporarios y dos con fluctuaciones periódicas, tomándose a éstos como los más representativos de la zona. La metodología de muestreo consistió en el uso de un cucharón de 400 cc (Russell & Baisas, 1933 *sec* Service, 1976),

tomándose 100 unidades en los criaderos temporarios y con fluctuaciones periódicas, mientras que en el permanente, dada las características de las especies de culícidos que allí crían, se empleó una bandeja (30 x 26 x 6 cm) que se colocaba debajo de la carpeta vegetal para extraer parte de ella, y evitar de esta manera que las larvas adheridas a la vegetación se desprendiesen.

En el laboratorio las muestras fueron lavadas y las larvas separadas por estadío y luego determinadas. Las pupas fueron colocadas separadamente en recipientes para establecer su especie por medio de los adultos emergidos. La búsqueda de infecciones se realizó bajo el microscopio estereoscópico, separando los ejemplares parasitados; el resto se colocó individualmente entre porta y cubreobjetos para ser observado al microscopio óptico a fin de determinar la existencia de infecciones que no presentasen manifestaciones externas. Para la captura de la fauna asociada se utilizó el mismo método que para los estados inmaduros de culícidos.

Adultos

Los adultos fueron capturados con una trampa CDC con atractivo lumínico y de dióxido de carbono. La descripción del aparato y su funcionamiento es detallada por Balseiro (1989). La trampa fue instalada dentro de la comunidad florística de la selva. Se realizaron 43 muestreos de 24 horas cada uno, entre el 23 de octubre de 1989 y el 23 de julio de 1991, con intervalos quincenales. El material recogido en dichas trampas era congelado *in vivo* en un "freezer" portátil a fin de preservar los tejidos en el estado en que se encontraban en el momento de la captura (Casal, 1964), colocándose para ello en cajas plásticas revestidas con papel de filtro humedecido.

Se procesó un número representativo de las hembras de las especies más importantes por su abundancia. Una vez determinada su especie, cada ejemplar se colocó en una cámara húmeda hasta su descongelamiento. Luego de revisarse externamente para la búsqueda de ácaros fijados al tegumento se procedió a realizar en cada individuo una disección, que se describe seguidamente. Sobre un portaobjetos individualizado con un número, se colocaban tres gotas de agua destilada y se aislaban sobre aquel ambos ovarios, las espermatecas y el tubo digestivo junto con los tubos de Malpighi. En cada una de las gotas se realizaba un extendido de ovarios, cuerpo graso abdominal y tórax, a fin de ubicar la región del hospedador donde se hallasen parásitos o patógenos. Para la detección de infecciones el preparado resultante se dejaba secar al aire para luego ser fijado con alcohol metílico durante 3'. Posteriormente se teñía con una solución tamponada de Giemsa al 10% (pH 7.41).

Resultados y Discusión

La Tabla 1 presenta la lista de taxa colectados en los criaderos durante este estudio. Estos ecosis-

Tabla 1.

Lista de fauna asociada a estados preimaginales de culcideos en Punta Lara. Los taxa marcados con (*) han sido citados como depredadores de culcideos, y con (•), como parásitos.

| | | |
|--|--|--|
| Cnidaria | | * Belostomatidae |
| Hidrozoa | | <i>Belostoma elegans</i> (Mayr) |
| Platyhelminthes | | <i>Belostoma oxyurum</i> (Dufour) |
| Turbellaria | | <i>Belostoma</i> sp. |
| Nematoda | | Coleoptera |
| Annelida | | * Hydrophilidae |
| Hirudinea | | * <i>Berosus</i> sp. |
| Arthropoda | | <i>Helochares femoratus</i> (Brullé) |
| Crustacea | | <i>Derallus angustus</i> Sharp |
| * Cladocera | | <i>Derallus paranense</i> Oliva |
| Chydoroidea | | <i>Enochorus variegatus</i> (Steinheil) |
| <i>Bosmina huaronensis</i> (Delachaux) | | <i>Enochorus vulgaris</i> (Steinheil) |
| <i>Cerodaphnia dubia</i> Richard | | <i>Paracymus</i> sp. |
| <i>Chidorus sphaericus</i> (O.F. Müller) | | * <i>Tropisternus lateralis</i> (Fabricius) |
| <i>Daphnia spinulata</i> Birabén | | <i>Tropisternus ovalis</i> Laporte |
| <i>Scapholeberis spinifera</i> (Nicolet) | | <i>Tropisternus setiger</i> (Germen) |
| <i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller) | | Noteridae |
| Sidoidea | | <i>Suphisellus obesus</i> (Regimbart) |
| <i>Diaphanosoma fluviatile</i> Hansen | | * Gyrinidae |
| Ostracoda | | * Dytiscidae |
| * Copepoda | | Lampiridae |
| Cyclopoida | | Díptera |
| <i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars) | | * Chaoboridae |
| <i>Ectocyclops rubescens</i> Brady | | Syrphidae |
| * <i>Mesocyclops</i> sp. | | * Chironomidae |
| <i>Microcyclops anceps anceps</i> (Richard) | | Dixidae |
| Calanoida | | Arachnida |
| Harpacticoida | | Acarina |
| Isopoda | | Hydrachnellae |
| * Amphipoda | | Eylaidae |
| <i>Hyaella</i> sp. | | * <i>Eylais</i> sp. |
| * Decapoda | | Hydryphantidae |
| Hexapoda | | * <i>Hydryphantes</i> sp. |
| Collembola | | Arrenuridae |
| Siphonpleona | | * <i>Arrenurus</i> sp. |
| Arthropleona | | Limnesiidae |
| * Ephemeroptera | | * • <i>Limnesia</i> sp. |
| Odonata | | Hydrachnidae |
| * Anisoptera | | * <i>Hydrachna</i> sp. |
| Aeshnidae | | Pionidae |
| <i>Aeshna</i> sp. | | <i>Piona</i> sp. |
| * Libellulidae | | Oribatei |
| <i>Erythemis attala</i> (Selys) | | Trombidiformes |
| * Zygoptera | | Mollusca |
| Coenagrionidae | | Gasteropoda |
| <i>Acanthagrion lancea</i> Selys | | <i>Biomphalaria peregrina</i> (Orbigny) |
| <i>Oxyagrion</i> sp. | | <i>Pomacea canaliculata</i> Lamarck |
| Thysanoptera | | Chordata |
| Hemiptera | | Osteichthyes |
| * Naucoridae | | * Cyprinodontidae |
| <i>Pelocoris binotulatus nigriculus</i> Berg | | <i>Cynolebias belloti</i> Steindachner |
| * Nepidae | | * Poecillidae |
| <i>Coricta bonaerensis</i> (Berg) | | <i>Cnesterodon decenmaculatus</i> |
| Pleidae | | (Jenyns) |
| <i>Neoplea maculosa</i> (Berg) | | * <i>Phalloceros caudimaculatus</i> (Hensel) |
| Hebridae | | Symbranchidae |
| <i>Merrogata lacunifera</i> (Berg) | | <i>Symbranchus marmoratus</i> Bloch |
| * Notonectidae | | Amphibia |
| * Hydrometridae | | Salientia |
| * Corixidae | | Hylidae |
| | | <i>Hyla</i> sp. |

temas presentan gran diversidad de organismos, de los cuales los más representados fueron crustáceos e insectos en sus diversos estados de desarrollo. Algunos de los representantes de la fauna citada en este trabajo son considerados como depredadores de culicidos, tanto en el campo como bajo condiciones de laboratorio, por otros investigadores (Jenkins, 1964; Service, 1977; Riviere & Thirel, 1981; Parsons & Wilson, 1982; Linden & Cech, 1990; Sebastian et al.1990).

Como resultado de los muestreos (Tabla 2) se colectaron estados preimaginales (larvas y pupas) de 19 especies, de las cuales 4 no presentaron infecciones: *Psorophora ciliata* (Fabricius) (n = 3), *Psorophora cyanescens* (Coquillet) (n = 3), *Uranotaenia apicalis* Theobald (n = 26), *Uranotaenia pulcherrima* Lynch Arribálzaga (n = 9), de las que en conjunto se colectaron 41 ejemplares. Las 15 especies restantes se hallaron infectadas con hongos, protozoos y nemátodos.

Del total de 36 especies citadas para la zona (Ronderos, Schnack & Maciá, en prensa), se revisaron 6 para la búsqueda de parásitos internos: *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus*, *Ma. indubitans*, *Ma. titillans* y *Ps. ferox*, las cuales se encontraron con infecciones producto de hongos, protozoos y nemátodos.

Acaros

La búsqueda de ácaros se realizó sobre la totalidad de las hembras adultas capturadas en cada fecha de muestreo, por lo que el número de ejemplares revisados no coincide con el de aquellos en los cuales se practicaron disecciones, y por lo tanto se incluyen separadamente en la Tabla 3. Se detectaron ácaros en 9 especies: *Ae. crinifer*, *An. annulipalpis*, *Cx. brethesi*, *Cx. bidens*, *Cx. dolosus*, *Cx. intricatus*, *Ps. ferox*, *Ur. nataliae* y *Ur. pulcherrima*. Los parásitos fueron siempre estados larvales que en dos individuos hospedadores (*Ae. crinifer* y *Cx. intricatus*) fueron determinados como pertenecientes al género *Arrenurus* por la Dra. B. Rosso, del Museo de Ciencias Naturales "B. Rivadavia" de Buenos Aires, quien también determinó los ácaros libres en los criaderos de estados preimaginales.

La prevalencia (número total de hospedadores parasitados dividido por el número total de hospedadores capturados) expresada como porcentaje, varió entre el 0.03 y el 16.67%. El número de ácaros fijados a cada hospedador fluctuó entre 1 y 15, aunque comúnmente se hallaban sólo 1 ó 2 parásitos. El lugar de fijación en el cuerpo del mosquito mostraba notable preferencia por la región cervical en *Ae. crinifer*, el abdomen en todos los casos menos uno en *Cx. dolosus*, y en el resto de las espe-

| H O S P E D A D O R E S | | Estado de desarrollo | Nº de ejemplares analizados | Tipo de criadero | Kochi sp. | <i>Gnathicus cadidus</i> | <i>Caenomanes reticulatus</i> | <i>Caenomanes</i> sp. | Clase-Forma <i>Diphysates</i> | <i>Saltilus morbosus</i> | <i>Abalospora</i> spp. | Hyalosporidia ? | Filaridae | <i>Stelliosolenia biculatus</i> |
|--|--------|----------------------|-----------------------------|------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|-----------|---------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aedeomyia</i> (Ad.) <i>squamipennis</i> Lynch Arribálzaga | L A | 15 0 | P | | | | | * | | * | | | | |
| <i>Aedes</i> (O.) <i>albifasciatus</i> (Macquart) * | L A | 20386 111 | T | * | | | | | * | * | * | | | * |
| <i>Aedes</i> (O.) <i>crinifer</i> (Theobald) | L A | 16682 1576 | F | * | | * | | * | * | * | * | | | * |
| <i>Anopheles</i> (An.) <i>annulipalpis</i> Lynch Arribálzaga | L A | 53 0 | T-F | | | | | | * | | | | | |
| <i>Culex</i> (M.) <i>intrincatus</i> Brèthes | L A | 1129 0 | T-F | * | | | | * | * | * | | | | |
| <i>Culex</i> (Cx.) <i>dolosus</i> (Lynch Arribálzaga) * | L A | 7308 1048 | T-F | * | * | | | * | * | * | * | | | * |
| <i>Culex</i> (Cx.) <i>maxi</i> Dyar | L A | 108 0 | F | | | | | | * | | | | | |
| <i>Culex</i> (Cx.) <i>mollis</i> Dyar & Knab | L A | 2 0 | F | | | | | | | | | | | * |
| <i>Culex</i> (Cx.) <i>pipiens</i> Wiedemann | L A | 43 0 | T-F | | | | | | * | | | | | |
| <i>Mansonia</i> (Ma.) <i>indubitans</i> Dyar & Shannon * | L A | 766 78 | P | * | | | | * | * | * | * | | | |
| <i>Mansonia</i> (Ma.) <i>titillans</i> (Walker) * | L A | 725 52 | P | * | | | | * | * | * | | | | |
| <i>Psorophora</i> (J.) <i>ferox</i> (Humboldt) * | L A | 706 492 | T-F | | | | | | * | * | * | | | |
| <i>Uranotaenia</i> (Ur.) <i>lowii</i> Theobald | L A | 5 0 | T-F | * | | | | | * | | * | | | |
| <i>Uranotaenia</i> (Ur.) <i>nataliae</i> Lynch Arribálzaga | L A | 193 0 | T-F | * | | | | | * | * | | | | |

Tabla 2. Infecciones halladas en culicidos de Punta Lara. * Especies en las cuales se practicaron disecciones en hembras adultas. L: Larvas. A: Adultos. P: Criaderos permanentes. T: Criaderos temporarios. F: Criaderos con fluctuaciones periódicas.

cies, ambas zonas, aunque no simultáneamente. Aquellos hospedadores parasitados con ácaros que se disecaron, resultaron ser frecuentemente hembras nulíparas, debido a que éstos atacarían al culícido durante su emergencia, y se desprenderían durante la primera oviposición (Corbet, 1970).

Debido a los bajos valores de prevalencia y de número de parásitos por hospedador, estos organismos tendrían un efecto negativo muy leve o nulo reduciendo el potencial reproductivo o la longevidad del mosquito, pudiendo servir la fijación además con fines de forensis.

Tabla 3
Adultos de culícidos parasitados con ácaros colectados en Punta Lara

| Hospedador | Total con ácaros | Total de la captura | Prevalencia |
|-------------------------|------------------|---------------------|-------------|
| <i>Ae. crinifer</i> | 106 | 12937 | 0.82 |
| <i>An. annulipalpis</i> | 1 | 42 | 2.38 |
| <i>Cx. brethesi</i> | 1 | 32 | 3.12 |
| <i>Cx. bidens</i> | 1 | 9 | 11.11 |
| <i>Cx. dolosus</i> | 15 | 5138 | 0.29 |
| <i>Cx. intricatus</i> | 2 | 43 | 4.65 |
| <i>Ps. ferox</i> | 1 | 3563 | 0.03 |
| <i>Ur. nataliae</i> | 1 | 44 | 2.27 |
| <i>Ur. pulcherrima</i> | 1 | 6 | 16.67 |
| Total | 129 | 21814 | 0.59 |

Hongos

Cinco especies de hongos se aislaron e identificaron en estadios inmaduros de culícidos.

Achlya sp (Cl. Oomycetes)

Este hongo se identificó en larvas de *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus*, *Cx. intricatus*, *Ma. indubitans*, *Ma. titillans*, *Ur. lowii* y *Ur. nataliae*. Los ejemplares parasitados se reconocieron fácilmente por presentar un profuso micelio que emergió del cuerpo larval principalmente en cápsula cefálica y segmento anal, en las 24 a 48 horas posteriores a la captura. Estas infecciones se pueden presentar en fauna acuática en condiciones de hacinamiento, deficiencias nutricionales y/o stress poblacional.

Coelomomyces reticulatus Farr & Mora (Cl. Chytridiomycetes)

Esta especie fue aislada en larvas de tercer y cuarto estadio de *Cx. dolosus*. Los ejemplares parasitados presentaron un tamaño mayor al normal y color marrón anaranjado, poseyendo el hemocele invadido por esporangios de resistencia ovals y con pared muy ornamentada. Las larvas infectadas murieron en cuarto estadio, no observándose la pupación de las mismas.

Las especies de *Coelomomyces* cumplen el ciclo biológico con intervención de un hospedador intermediario, generalmente un copépodo ciclopoideo; en estas muestras se hallaron copépodos parasitados, los que en contacto con larvas del hospedador reprodujeron la enfermedad, pero no pudieron ser identificados.

Coelomomyces sp. (Cl. Chytridiomycetes)

Esta especie no identificada se encontró en ovarios de adultos de *Ae. crinifer*. Las hembras infectadas presentaron una importante atrofia folicular; los esporangios de resistencia fueron ovals y presentaron una pared externa bien escultrada, aunque diferente a la de *C. reticulatus*. Esta segunda especie de *Coelomomyces* solamente se encontró en adultos, a pesar de haberse revisado casi 17000 larvas de *Ae. crinifer*. Esto es un hecho curioso debido a que el ciclo de estos hongos no cumple ninguna fase en adultos, aunque constituiría una importante vía de dispersión de los esporangios, a pesar de la evidente pérdida de fecundidad que produce en los imagos.

Geotrichum candidum Link ex Person (Cl. Hyphomycetes)

Larvas de 6 especies de culícidos (*Ad. squamipennis*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus*, *Cx. intricatus*, *Ma. indubitans* y *Ma. titillans*) se hallaron infectadas con *G. candidum*. Las larvas no presentaron sintomatología externa y la detección de la infección sólo se logró al microscopio óptico. El hongo se localizó exclusivamente en la región posterior del tubo digestivo, observándose el desarrollo diferencial en los distintos hospedadores. Ambas especies de *Mansonia* presentaron un notable desarrollo del hongo, circunscribiéndose a la misma región del cuerpo.

Smittium morbosum Sweeney (Cl. Trichomycetes)

Este hongo fue hallado en larvas de 10 especies de culícidos: *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *An. annulipalpis*, *Cx. dolosus*, *Cx. intricatus*, *Cx. maxi*, *Cx. pipiens*, *Ma. indubitans*, *Ps. ferox* y *Ur. nataliae*. Las larvas infectadas no presentaron manifestaciones fúngicas externas, aunque sí una menor movilidad, permaneciendo sumergidas en el agua por largos períodos de tiempo. Estas diferencias en el comportamiento fueron muy evidentes en larvas de *Ae. crinifer* y *Ps. ferox*, especies en las que *S. morbosum* presentó un notable desarrollo, resultando letal para las mismas luego de 24 a 48 horas en el laboratorio. Este hongo se localizó en el extremo posterior del tubo digestivo, ocupando la misma zona mencionada para *G. candidum*.

Clase-Forma Hyphomycetes

Esporas pertenecientes a esta clase se hallaron en el hemocele de adultos hembras de *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus*, *Ma. indubitans*, *Ma. titillans* y *Ps. ferox*. Esta observación directa

fue corroborada en los extendidos coloreados con Giemsa, en los que incluso se comprobó desarrollo miceliar de los hongos.

La presencia de estas esporas en los adultos no estuvo relacionada a ninguna patología, desconociéndose la vía de entrada y el motivo de su aparición en los adultos.

Una larva de *An. albitarsis* (captura total: $n = 50$) presentó en el tubo digestivo micelio poco desarrollado de *Beauveria bassiana* (Cl. Hyphomycetes), patógeno común en insectos terrestres.

Protozoa

Infecciones con protozoos microsporidios y un protista, presumiblemente Haplosporidia, fueron hallados en los culícidos examinados.

Amblyospora spp. (Microspora, Amblyosporidae)

Infecciones con microsporidios polimórficos del género *Amblyospora* se identificaron en 8 especies de culícidos: *Ad. squamipennis*, *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus*, *Cx. intricatus*, *Ma. indubitans*, *Ps. ferox* y *Ur. nataliae*. Las larvas parasitadas presentaron color blanco lechoso en el tórax y abdomen, producto del parasitismo y reemplazo del tejido adiposo por las esporas de *Amblyospora*. Estas larvas tenían menor movilidad y permanecían en cuarto estadio hasta una semana más que los ejemplares sanos, muriendo como tales sin lograr la pupación.

La fase del ciclo biológico de *Amblyospora* que transcurre en adultos no fue localizada; presumiblemente debido al bajo porcentaje en que naturalmente se presenta, se debería haber examinado un mayor número de ejemplares.

Otros protistas

La presencia de esporas semejantes a la de los haplosporidios se registró en ovarios de adultos de *Ps. ferox*, no observándose efectos patológicos motivados por tal presencia.

En el hemocele de una larva de *An. albitarsis* se detectó la presencia de flagelados que no pudieron ser aislados ni identificados.

Nematoda

Representantes de dos familias, Mermithidae y Filariidae, se hallaron en larvas y adultos de culícidos.

Strelkovimermis spiculatus Poinar y Camino (Mermithidae)

Larvas de *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus* y *Cx. mollis* parasitadas por *S. spiculatus* fueron localizadas durante los dos años de muestreo.

Tanto el estadio larval del hospedador como el número de parásitos dentro del mismo fueron variables. El nemátodo se localizó en el hemocele del tórax y abdomen, ocasionando la muerte de la larva al emerger.

Este mermítido también fue encontrado en una hembra adulta de *Cx. dolosus*, lo que quizá constituye otra vía de poblamiento de nuevos ambientes por *S. spiculatus*.

Filariidae

Larvas de nemátodos pertenecientes a la familia Filariidae se hallaron en el hemocele de hembras de *Ae. albifasciatus*, *Ae. crinifer*, *Cx. dolosus* y *Ps. ferox*. La identidad y el ciclo biológico de estas filarias serán motivo de futuros estudios.

Sobre un total de 48212 larvas y pupas colectadas, el 39.2% presentaron alguna de las infecciones mencionadas (Gráfico 1). De los parásitos y patógenos aislados e identificados, el 26% correspondió a *S. spiculatus*, el 13% a los hongos, dentro de los cuales *S. morbosum* tuvo una prevalencia de 11.9% y de 1.1% para las tres especies restantes: *Achlya* sp., *C. reticulatus* y *G. candidum*, mientras que a los microsporidios del género *Amblyospora* sólo le correspondió el 1.9%. Considerando la acción letal de *S. spiculatus* y *S. morbosum* y su elevada prevalencia natural en las poblaciones de estados inmaduros de culícidos, es evidente que los patógenos y parásitos ejercen un importante poder regulador de larvas en Punta Lara.

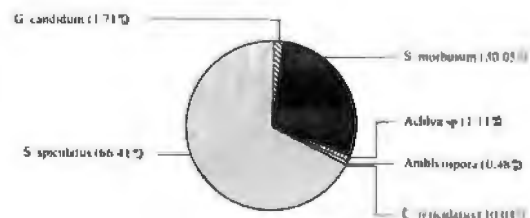


Gráfico 1. Distribución porcentual de patógenos en larvas de culícidos infectadas de Punta Lara.

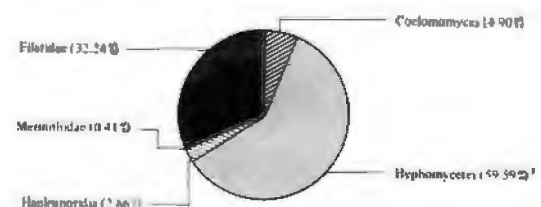


Gráfico 2. Distribución porcentual de patógenos en adultos de culícidos infectados de Punta Lara.

Respecto a las infecciones halladas en los adultos, se puede resumir que sobre 3357 adultos hembras examinadas de 6 especies, en el 7.3% se detectó internamente la presencia de organismos de

conocida patogenicidad y otros cuyos efectos deben ser investigados (Gráfico 2). Del total de hallazgos (7.3%), la presencia de esporas de la Clase Forma Hyphomycetes, con el 4.35%, y de las esporas semejantes a las de haplosporidios, con el 0.21%, no ocasionan patologías evidentes. *Coelomomyces* sp. (0.36%) y *S. spiculatus* ocasionan pérdida de la capacidad reproductiva del hospedador por las atrofas observadas en los ovarios; finalmente la presencia de filarias en el hemocele de los adultos, con una prevalencia de 2.35%, estaría asociada a la capacidad vectorial de los culícidos más que a su control.

Concluyendo, los organismos detectados en adultos tienen un efecto mínimo en la regulación de las poblaciones naturales de culícidos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al personal del CEPAVE y del Instituto de Limnología "R. Ringuet" por la determinación sistemática de la fauna asociada, hongos y nemátodos.

Bibliografía

- Balseiro, E.G. 1989. Análisis de la actividad diaria de dípteros nematóceros en Punta Lara (Pdo. de Ensenada, Prov. de Buenos Aires) I. Culicidae. *Rev. Soc. Ent. Arg.* 47 (1-4): 157-163.
- Casal, O.H. 1964. Ensayos de métodos de conservación de mosquitos para el estudio de su edad fisiológica. *Physis* 24 (68): 453-456.
- Corbet, P.S. 1970. The use of parasitic water-mites for age-grading female mosquitoes. *Mosq. News* 30 (3): 436-438.
- García, J.J. 1989. Primer registro de microsporidiosis en culícidos (Diptera, Culicidae) de la República Argentina. *Rev. Soc. Ent. Arg.* 47 (1-4): 100 y 108.
- . 1990. Estado actual del conocimiento de los patógenos de insectos acuáticos en la Argentina, con especial referencia a las familias Culicidae y Simuliidae (Insecta, Diptera). *Actas del I Congreso Argentino de Entomología*: 117-180.
- & N.B. Camino, 1990. Primera cita para la Argentina de infecciones naturales en larvas de *Culex pipiens* (L.) (Diptera, Culicidae). *Neotrópica* 36 (96): 83-86.
- & C.C. López Lastra. 1989. Infecciones por microsporidios y hongos en *Culex dolosus* (Lynch Arribalzaga, 1891) (Diptera, Culicidae) en Argentina y Uruguay. *Neotrópica* 35 (93): 9-14.
- Jenkins, D.W. 1964. Pathogens, Parasites and Predators of Medically Important Arthropods. Annotated list and Bibliography. WHO, Geneva, 150 pp.
- López Lastra, C.C. 1990a. Primer registro de *Aphanocladium album* (Deuteromycotina, Hyphomycetes) como patógeno de insectos en la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 26 (3-4): 259-260.
- . 1990b. Infecciones en 5 especies de mosquitos (Diptera, Culicidae) causadas por el hongo *Smittium morbosum* var. *rioplatensis* var. nov. (Trichomyces. Harpellales) en la República Argentina. *Rev. Arg. Micología* XIII No. 2: 14-18.
- Linden, A.L. & J.J. Cech, Jr. 1990. Prey selection by mosquito-fish (*Gambusia affinis*) in California rice fields; effect of vegetation and prey species. *J. Am. Mosq. Control. Ass.* 6 (1): 115-120.
- Parson, R.E. & F.L. Wilson. 1982. Preliminary study of predators associated with *Mansonia* larvae in Polk County, Florida. *J. Fla. Anti-Mosquito Assoc.* 53 (2): 97-99.
- Poinar, G.O. & N.B. Camino. 1986. *Strelkovimermis spiculatus* n. sp. (Mermithidae: Nematoda) parasitizing *Aedes albifasciatus* Mac (Culicidae: Díptera) in Argentina. *J. Nematol.* 18 (3): 317-319.
- Reviere, F. & R. Thirel. 1981. La predation du copépode *Mesocyclops leukarti* (Crustacea) sur les larves de *Aedes (Stegomyia) aegypti* et de *Aedes (Stegomyia) polynesiensis* (Diptera: Culicidae). *Essai préliminaire d'utilisation comme agent de lutte biologique.* *Entomophaga* 26 (4): 427-439.
- Ronderos, R.A., J.A. Shnack & A. Macia. 1991. Composición y variación estacional de una taxocenosis de Culicidae del ecotono subtropical pampásico (Insecta, Díptera). En prensa en *Graellsia*.
- Sebastián, A.M., M.M. Sein & M.M. Thu. 1990. Suppression of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using augmentative release of dragonfly larvae (Odonata: Libellulidae) with community participation in Yangon, Myanmar. *Bull. Ent. Res.* 80: 223-232.
- Service, M.W. 1976. *Mosquito Ecology. Field Sampling Methods.* Academic Press, London, 583 pp.
- . 1977. Ecological and biological studies on *Aedes cantans* (Meig) (Diptera: Culicidae) in southern England. *Ann. appl. Ecol.* 14: 159-196.

VIDA ACADEMICA

En el curso de los últimos meses, la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, conforme con una tradición cercana a los sesenta años tuvo una notable actividad. Además de las reuniones ordinarias y solemnes estatutarias, la Corporación realizó varias sesiones extraordinarias, al tiempo que llevó a cabo varios certámenes y seminarios que contaron con nutrida asistencia y cuyos resultados se irán publicando paulatinamente. Entre dichos actos vale la pena destacar la sesión realizada el 24 de marzo de 1993, durante la cual se hizo entrega de los premios que concede la Academia como estímulo a la investigación y como reconocimiento a la labor adelantada por la comunidad científica del país en el campo de las ciencias exactas, físicas y naturales. Igualmente fueron destacables los seminarios sobre «El quehacer teórico y las perspectivas holista y reduccionista» y sobre «Alta Montaña». Las memorias de este último certamen aparecerán publicadas como un suplemento de la próxima entrega de esta Revista.

A continuación reproducimos las palabras pronunciadas por el Presidente de la Corporación Dr. Luis Eduardo Mora Osejo en algunos de estos actos.

Entrega de Premios de la Academia. Marzo 24 de 1993.

Por circunstancias de todos conocidas, no fue posible entregar los premios que previo concurso, a escala nacional, otorga la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, correspondientes al año 1992, en la última semana del mes de noviembre, como ya es tradición.

Superadas por fortuna, las dificultades, se reúne hoy, la Academia en pleno para hacer entrega de los galardones a distinguidos Maestros e Investigadores de la Comunidad Científica, a cuyas trayectorias académicas quisiera referirme de manera sucinta:

Don **GUILLERMO RESTREPO SIERRA**, quien hoy recibirá el **PREMIO A LA OBRA DE UN CIENTIFICO**, es graduado en Matemáticas en la Universidad Nacional de Colombia en el año de 1959. En 1962 la Universidad de Southern California, le otorgó el Título de Magister. Posteriormente, en esta misma Universidad, realizó su trabajo sobre **NORMAS DIFERENCIABLES EN ESPACIOS DE BANACH** que le mereció amplio reconocimiento internacional, y cuyos resultados fueron presentados como tesis para optar al título de Doctor, Ph.D., en la Universidad de Southern California, en 1964. Luego se trasladó a Princeton y continuó con sus trabajos de investigación en el Instituto de Estudios Avanzados, como becario de la Fundación Guggenheim.

Durante dos años fue Profesor Visitante en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México y 3 años Profesor Asociado de la Universidad de Puerto Rico.

En 1970 regresó a Colombia y se vinculó a la Universidad del Valle, donde es actualmente Profesor Titular.

Sus contribuciones al avance de las Matemáticas han merecido el reconocimiento internacional y han marcado firmes derroteros de investigación a las nuevas promociones de Matemáticos.

Su amplia cultura e interés humanístico y filosófico se refleja en más de 15 publicaciones sobre estos mismos temas: su labor como Maestro y organizador en la Universidad del Valle está plasmada en la reconocida calidad académica del post-grado en Matemáticas de esa Universidad. De su vocación pedagógica y de su interés porque la calidad de la docencia sea la más alta en todos los niveles del sistema universitario, dan fe sus libros de **Texto MATEMATICAS FUNDAMENTALES Y TEORIA DE FUNCIONES**.

Don **GUSTAVO LOZANO CONTRERAS** recibirá hoy el **PREMIO ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS; FISICAS Y NATURALES PARA UN TRABAJO CIENTIFICO** por su contribución **DUGANDIODENDRON Y TALAUMA (MAGNOLIACEAE) EN EL NEOTROPICO**.

El profesor **GUSTAVO LOZANO CONTRERAS**, realizó estudios de Ciencias Naturales en la Universidad Nacional de Colombia, donde obtuvo el título de **BOTANICO** en 1965. Desde entonces, se ha dedicado con admirable consagración a la investigación científica, en los campos de la Botánica Sistemática y de la Ecología. Hace ya algunos años, en reconocimiento a sus méritos científicos y académicos, la Universidad Nacional lo promovió a la categoría de Profesor Titular y más recientemente a la de Maestro Universitario, la más alta categoría en la carrera docente.

Sus contribuciones al avance de los conocimientos sobre la Flora Colombiana y de la Sistemática en general, le han merecido el reconocimiento nacional e internacional. En tal contexto merece destacarse sus contribuciones al conocimiento de la Sistemática, la Morfología y la Evolución de la familia **MAGNOLIACEAE EN EL NEOTROPICO** y el hallazgo en Colombia del género **TRIGONOBALANUS DE LAS FAGACEAS** conocido hasta entonces del sureste asiático.

Su labor docente, en particular, su contribución a la formación de nuevas promociones de Biólogos y Naturalistas, ha merecido amplio reconocimiento. A la Universidad Nacional le ha prestado su concurso al frente de diferentes posiciones académicas y directivas, entre otras: Coordinador y Asesor de la Carrera de Biología, Jefe de la Sección de Ecología, Director encargado del Instituto de Ciencias Naturales, Director encargado del Departamento de Biología, Director del Herbario Nacional Colombiano, Jefe de la Sección de Botánica del Instituto de Ciencias Naturales.

Don **JESUS ANTONIO ESLAVA RAMIREZ**, recibirá hoy la **MENCION DE HONOR**, por su trabajo: **ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ACTIVIDAD DEL NEVADO DEL RUIZ, DISPERSION DE MATERIAL EMITI-**



Aspecto de la Mesa Directiva durante la sesión especial de entrega de los premios concedidos por la Academia. Marzo 24 de 1993. De izquierda a derecha, Dr. Víctor Samuel Albis, Dr. Santiago Dfáz-Piedrahita, Dr. Luis Eduardo Mora Osejo, Dr. Hernando Groot Liévano.

DO Y CAMBIOS ATMOSFERICOS ASOCIADOS CON LA ERUPCION DEL 13 DE NOVIEMBRE DE 1985.

El Profesor **ESLAVA RAMIREZ**, es Ingeniero Geógrafo de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, y ha realizado estudios de especialización en la Universidad Nacional de Buenos Aires, en la Universidad Nacional de Colombia, y en la Universidad de Chile, en los campos de la Meteorología, la Climatología y la Geofísica.

Es asimismo, autor de numerosos trabajos sobre Climatología y Meteorología. Ha prestado sus servicios profesionales al Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y adecuación de tierras (HIMAT), y a la Universidad Nacional de Colombia, en donde actualmente se desempeña como Profesor Titular, adscrito al Departamento de Geociencias.

Finalmente, Don **ANGEL ARDILA VARGAS**, recibirá **EL PREMIO ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS; FISICAS Y NATURALES-ACADEMIA DE CIENCIAS DEL TERCER MUNDO**, para motivar a jóvenes investigadores, por su trabajo: **ESTUDIO IN SITU DEL CRECIMIENTO y CARACTERIZACION DE PELICULAS DELGADAS FOTSENSIBLES DE SELENURO DE ZINC**.

Se trata de su trabajo de tesis para optar al título de *Magister Scientiae* realizado en el Departamento de Física de

la Universidad Nacional de Colombia, bajo la dirección del Prof. **Hernán Sánchez Machet**.

Don **MIGUEL ANGEL ARDILA VARGAS**, realizó estudios de Física en la Universidad Estatal de Kishiniov, República de Moldavia, antigua Unión Soviética; posteriormente, cursó estudios de postgrado dirigidos a la obtención del título de «*Magister Scientiae*», en Física en la Universidad Nacional de Colombia.

Ha participado en varias conferencias, congresos y seminarios de Física en los cuales ha presentado trabajos especializados, correspondientes a las áreas de su mayor interés científico.

En nombre de la **ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES**, y en el mío propio, permítaseme expresar a los galardonados las más efusivas felicitaciones por la elevada distinción a la que se han hecho merecedores. Interpretando el sentir de los Miembros de la Academia, quisiera también decirles que es nuestro más hondo deseo que su ejemplo cunda por todo el ámbito del país y sirva de estímulo, en particular, a las nuevas **PROMOCIONES** de científicos colombianos.

Discurso de respuesta pronunciado por el Dr. Guillermo Restrepo Sierra el 24 de marzo de 1993 en el recinto de la Academia a nombre de los recipiendarios de los Premios correspondientes al año 1992.

Es un gran honor hablar ante Ustedes a nombre de los recipiendarios de los Premios correspondientes al año de 1992. Quienes hemos recibido tan honrosas distinciones académicas dejamos constancia de nuestros sentimientos de gratitud y reconocimiento a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, una institución que desde su fundación definitiva en 1936 se ha constituido en un eslabón fundamental en el desarrollo de la cultura científica nacional, tan importante, quizás, como la Real Expedición Botánica promovida por Mutis y como la Comisión Corográfica dirigida por Codazzi.

Una y otra vez es necesario insistir en la cultura nacional. No se trata de oponerla a aquellos aspectos universales de la cultura moderna casi unánimemente aceptados por todos los pueblos, tales como la racionalidad científica, la libertad y la democracia, la igualdad ante la ley y el estado de derecho. Lo que se quiere resaltar es que cada pueblo o nación, para su propia supervivencia, necesita tener una imagen positiva de sí mismo en la que se plasmen sus esfuerzos creadores, su sentido de la autoestima como colectividad históricamente determinada y su confianza para afrontar los retos del porvenir.

Dentro de los límites de tiempo impuestos por la sobriedad de este acto académico, quisiera exponer muy brevemente mis puntos de vista sobre algunos aspectos de la cultura científica nacional. Espero que el sesgo inevitable que se deriva de mi formación científica como matemático no de lugar a una imagen unilateral de nuestro desarrollo científico o a un catálogo de deseos ingenuos sobre el porvenir del hombre.

En un curioso artículo titulado «Las dos Culturas» planteaba Charles P. Snow en 1956 el antagonismo existente entre los representantes de las llamadas «cultura humanística» y «cultura científica». Snow, un Profesor de Cambridge, era físico por entrenamiento y escritor por vocación, así que podemos suponer que sabía bien de lo que hablaba. Por un lado, los humanistas perciben a las ciencias físico-matemáticas y naturales como una fuerza insensible, fría e impersonal que es incompatible con el despliegue de la auténtica humanidad del hombre. A su turno, los científicos tienden a ver las expresiones artísticas, literarias y filosóficas de la cultura como anacronismos inútiles que circulan entre un grupo selecto de personas que se piensan a sí mismas como «personas cultas» y que viven de espaldas a la realidad tangible. Este ambiente de hostilidad y mutua incompreensión entre dos grupos de intelectuales es el que Snow nos muestra en su artículo.

Aparentemente se trata de un conflicto entre académicos, surgido de rivalidades por el reparto inequitativo de los dineros públicos en las universidades de los países desarro-

llados después de la segunda guerra mundial. En esto puede haber algo de cierto, pero no deja de ser una interpretación superficial de un problema de fondo creado por la preponderancia que adquirieron los valores instrumentales de la ciencia en la cultura moderna casi desde su nacimiento. Es un conflicto planteado por F. Bacon en el «Novum Organum», el manifiesto de la ciencia instrumental moderna cuando expresaba que «...la filosofía corrompida por la superstición e invadida por la teología es el peor de todos los azotes [...]; pero esa otra filosofía hinchada de imaginación y que se asemeja a la poesía, engaña mucho más al espíritu...» Erasmo, el gran humanista del Renacimiento advertía que cuando los adolescentes comienzan a adquirir conocimientos, ya sea por la experiencia de las cosas, ya por el estudio de las ciencias, continuamente se marchita la gracia de sus formas, languidece su vivacidad, se enfría su donaire y desmaya su vigor. Esta tensión en la cultura moderna alcanza sus niveles más altos con la reacción romántica contra las ciencias a principios del siglo XIX y con los severos enjuiciamientos a los valores instrumentalistas de las ciencias realizados por la escuela de la filosofía crítica.

En Colombia -en general en América Latina- el conflicto anterior se expresa de una forma muy peculiar debido al desproporcionado peso de las tradiciones literarias en nuestra cultura. Se palpa en el escaso despliegue de la ciencia y la tecnología en los medios de comunicación masiva en comparación con el espacio asignado a las formas literarias y artísticas de la cultura. Hasta hace muy poco los jóvenes se lanzaban con entusiasmo a la tarea cuasimística de «sacrificar un mundo por pulir universo» y creo que todavía lo siguen haciendo, afortunadamente. La novelística latinoamericana de los últimos decenios ha alcanzado niveles de reconocimiento universal nunca imaginados. Ella aportó al lector europeo hastiado del racionalismo de la Ilustración Liberal un elemento novedoso y sutil que llamaron con deleite el «realismo mágico». El realismo mágico dejó en Colombia una prole ilustre de «científicos». El primero fue un misterioso gitano de nombre Melquíades venido de ultramar, quien enseñó a los perplejos habitantes de Macondo la gracia juguetona de los imanes y el poder incendiario de la lupa. Su discípulo José Arcadio Buendía, quien tenía una imaginación desahogada, pensó que podría utilizar los fierros de su maestro para desentrañar el oro de la tierra y la lupa como una arma de guerra. En la primera empresa invirtió y perdió todos los ahorros de su mujer. En la segunda no fue más afortunado. Al tratar de probar los efectos de la lupa en las tropas enemigas, se expuso a la concentración de los rayos solares y sufrió quemaduras horribles desafortunadamente. Esta imagen jocosa y crítica de la ciencia y de los científicos proyectada por un reputado novelista, hace parte de nuestra cultura popular. Ante los Melquíades y los Arcadios Buendías poco significan Francisco José de Caldas, Jorge Álvarez Lleras, Enrique Pérez

Arbeláez, Julio Garavito y Alvaro López Toro, para citar sólo unos cuantos auténticos representantes de la cultura científica nacional, todos ellos hombres sobrios que pusieron sus talentos al servicio de las mejores causas.

Pero hay otro aspecto importante de nuestra cultura sobre el cual conviene reflexionar. Se trata de la valoración unilateral de las expresiones técnicas de la cultura científica. Nuestras élites republicanas asimilaron bien el manifiesto utilitarista de las ciencias de Bacon que con tanto ahínco se encargó de difundir la Ilustración. Los Ilustrados absolutizaron la racionalidad científica sustentada por la experiencia, excluyeron de la cultura otras expresiones de la racionalidad humana y convirtieron el Progreso en una escatología laica. En medio de la euforia y el optimismo producido por el auge industrial se tejió una gran utopía sobre el progreso humano y la capacidad de la ciencia instrumental para instaurar con la ayuda de sus luces un orden universal. La Nueva Atlántida, la mítica isla baconiana se convirtió en el siglo XIX en la tierra prometida a donde habría de llegar la humanidad bajo la dirección de los industriales y los banqueros aliados con los técnicos. Los industriales y los banqueros instalaron a los técnicos en la Casa de Salomón, la cual nunca albergó a Ricardo, Marx, Galois, Maxwell, Darwin, Mendel, Einstein, Hilbert, Wiener y a tantos otros científicos eminentes y paradigmáticos que han contribuido con su inteligencia a esclarecernos las realidades de la vida y del cosmos y a abrir perspectivas para el despliegue de las capacidades técnicas de la humanidad con miras a mejorar las condiciones materiales de la existencia. El historiador Frank Safford en su libro «El Ideal de lo Práctico», al bosquejar el desarrollo de la educación científica y técnica en el siglo XIX en Colombia afirma que «...el énfasis que se hacía sobre lo práctico era de tal magnitud que algunos padres precavían a sus hijos en contra de las tentaciones de estudiar ciencias puras. Los muchachos recibían instrucciones de concentrarse en aquello que era ob-

via e inmediatamente aplicable...». Este ideal utilitarista ha sido bien asimilado por las universidades colombianas y por las distintas generaciones de universitarios. Todos quieren hacer, muy pocos quieren conocer. Los domina la prisa por ser huéspedes de la Casa de Salomón de los técnicos.

La concepción instrumentalista de la ciencia ha tenido consecuencias muy contradictorias en todo el mundo. Por un lado ha contribuido a crear un enorme bienestar cuantitativo en nuestro planeta muy mal distribuido. Por el otro ha sido un obstáculo para la integración en la cultura de la racionalidad científica y las racionalidades sapienciales y para la conformación de una imagen científica del mundo compatible con las realidades existenciales más profundas del hombre. En la actualidad coexisten los logros prácticos de la ciencia instrumental con la superstición, la xenofobia, el tribalismo y la difusión masiva de los antivaleores de la violencia. Además, los usos indebidos de la ciencia instrumental para la intimidación de los pueblos y la destrucción han creado en la conciencia social desazón y dudas sobre las posibilidades de la ciencia para integrarse a los ideales humanistas de la cultura basados en la percepción de una conciencia genérica y universal del hombre. La ciencia baconiana y los científicos en general, se han comprometido demasiado con los intereses guerreristas de los estados y de las grandes empresas industriales en desmedro de los intereses comunitarios y de los ideales del saber. El secreto ha subsistido la libertad de información y la manipulación de la opinión pública ha reemplazado al debate racional, abierto y público sobre los fines de la investigación científica y de la actividad científica en general. En este ámbito cultural de prevaricación, la ciencia se ha aislado de la vida y los científicos de sus compromisos con la libertad, el bien común y la democracia.

Hoy ya no es cierto que el país que está más desarrollado industrialmente sólo muestra al menos desarrollada la ima-



El Dr. Luis Eduardo Mora Osejo, Presidente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y el Dr. Guillermo Restrepo Sierra, ganador del "Premio a la obra de un científico".

gen de su propio futuro. Si así fuera nuestro futuro científico sería sombrío. En realidad, los pueblos han aprendido a valorar sus propias culturas nacionales y a discernir los elementos universales y valiosos de la cultura moderna. Estos elementos se han adaptado bien a las estructuras culturales de pueblos que no ha pasado por las experiencias históricas de la ilustración, lo que prueba que la racionalidad científica moderna no es incompatible con las racionalidades sapienciales. La «Gran Ciencia», una especie de ciencia babilónica alimentada por rivalidades militares y la desenfrenada competencia económica de los conglomerados industriales, no tiene que ser la imagen de nuestro futuro. La razón es un don gratuito de la naturaleza y es una de las cosas mejor distribuidas entre los hombres. En las condiciones históricas actuales, la racionalidad científica articulada a las culturas nacionales es un bien precioso que ayuda a los pueblos a lograr un bienestar material adecuado y al despliegue de su espiritualidad. Pero es necesario unir los momentos teóricos y prácticos de esta racionalidad, y tener en cuenta que lo práctico no es sólo la técnica sino también la eticidad de los fines que los hombres se proponen y la congruencia entre éstos y los medios.

Como un acto de fe razonada quisiera manifestar que las dificultades que nuestra cultura opone al despliegue de la

racionalidad científica moderna no son insuperables. Todo depende de nuestra capacidad para articularnos a una nueva cultura humanista en gestación cuyas raíces están en la vida cotidiana, en la conversación con los amigos y en las aspiraciones que todos tenemos a vivir con dignidad. Este Humanismo Nuevo era insinuado por Descartes, uno de los gestores de la modernidad, cuando en una carta a Elizabeth fechada el 28 de junio de 1643 aconsejaba dedicar más tiempo al descanso de los sentidos y al reposo del espíritu.

Para terminar, aclaro que las ideas que he expresado pueden ser objeto de cordiales discrepancias y son de mi entera responsabilidad. Pero con certeza puedo afirmar que quienes hemos sido distinguidos en el día de hoy con los Premios de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales correspondientes al año de 1992 estamos identificados con los ideales del desarrollo de una ciencia nacional vigorosa, integrada a una cultura humanista cuyas raíces están en el hombre mismo y puesta al servicio del bienestar material y espiritual de los colombianos. Nuevamente, muchas gracias.

Discurso pronunciado el 30 de abril de 1993 por el presidente de la Academia en el homenaje que profesores de la Universidad Nacional, ofrecieron a los académicos Luis Enrique Gaviria Salazar y Eduardo Calderón Gómez,

Cómo es de grato para mí llevar la palabra en esta ocasión, cuando dos figuras eximias del Profesorado de la Universidad Nacional de Colombia, y distinguidísimos Miembros Numerarios de la Academia Colombiana de Ciencias, que me honro en presidir, ENRIQUE GAVIRIA SALAZAR y EDUARDO CALDERON GOMEZ reciben hoy homenaje de reconocimiento y gratitud de un grupo de sus discípulos, entre los numerosos e ilustres que contribuyeron a formar a lo largo de 60 y 50 años de dedicación a las tareas pedagógicas, científicas y académicas, como Profesores del «alma mater».

No me cabe duda que entre los más hondos motivos que impulsaron a sus antiguos alumnos a ofrecer este homenaje al cual nos sumamos con auténtico fervor todos sus colegas y amigos aquí presentes, fue el de identificar en cada uno de ellos, el paradigma del maestro, en toda la dimensión científica, académica, pedagógica y humana que encierra este vocablo, no solamente por el dominio de las asignaturas, por la profundidad de sus conceptos o por su amplia experiencia didáctica, sino sobre todo en razón del inmenso calor humano que siempre supieron imprimir a sus enseñanzas.

Porque para nuestros homenajeados la docencia universitaria nunca se agota en la simple transmisión de la información, siempre la han entendido como un apostolado, como una entrega al servicio de la formación profesional y humana de las nuevas promociones de estudiantes en beneficio de la sociedad colombiana toda, en el corto y largo plazo.

A su incansable tesón se debe en buena parte que en Colombia pudieran surgir, hacia las décadas de los años 20 y 30 y luego consolidarse como carreras profesionales universitarias, las disciplinas farmacéuticas y químicas. Posteriormente, merced a ese mismo tesón, se establecieron los estudios de postgrado en el nivel de Magister, y ya en los días que nos alcanzan el nivel de doctorado.

En estos momentos cruciales de la historia del desarrollo de las carreras de Química y Farmacia en la Universidad Nacional su voz y su consejo contribuyeron decididamente a encontrar los caminos de solución acertados; lo mismo sucedió, y de ello soy testigo, cuando se daban los primeros pasos para el establecimiento de la actual Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional; nuevamente, su experiencia y versación en el manejo de las cuestiones académicas contribuyeron a que definitivamente en la Universidad Nacional primero, y luego, en otras Universidades colombianas, se abriera el espacio institucional necesario y adecuado para el desarrollo de las Ciencias Básicas como disciplinas autónomas y la organización de las respectivas carreras universitarias, en el nivel del pregrado primero y más tarde del postgrado.

El ejercicio de la cátedra tanto en el pregrado como en el postgrado han sido en todo tiempo, en su larga y meritoria carrera, la actividad predilecta y permanente, no obstante la magnitud del compromiso y muchas veces sacrificio que ello implica. Ese mismo fervor y vocación por la enseñanza les ha permitido cumplir con la no menos difícil y ardua tarea de verter sus conocimientos, en libros de texto, manuales y tratados científicos con aquella claridad, coherencia y profundidad que solamente se obtiene con la experiencia y madurez lograda a través del tiempo y del largo trajinar y abalzar con espíritu crítico y creativo los conceptos, las teorías, y los modelos consolidados o por consolidarse y, en fin, los métodos de trabajo de las disciplinas a cuyo cultivo se ha dedicado toda una vida; las mismas experiencias y madurez que sirven de apoyo y promueven la creatividad científica, es decir aquella capacidad de encontrar nuevas soluciones a los problemas por resolver, formular nuevas hipótesis y teorías, indispensables para la ampliación del conocimiento o avizorar nuevos horizontes y rutas a seguir en el escudriñamiento de la realidad.

He ahí la razón por la cual en las Universidades Mayores del mundo, dueñas de sólidas tradiciones y valores, el cuerpo de catedráticos que han alcanzado tan alto nivel de excelencia gozan de la consideración y respeto de la Institución y constituyen su más apreciado patrimonio.

Son también tales tradiciones y valores los que sustentan las llamadas «Escuelas» de investigación, es decir, aquellos núcleos de profesores y alumnos que tras establecer un ambiente humano propicio para que espontáneamente se dé la intercomunicación, el intercambio de ideas, el estímulo y el aprecio mutuos, se dedican con todo ahínco y disciplina, bajo la orientación de los más maduros y expertos, a la profundización y ampliación de una determinada línea del conocimiento.

Pienso que haber logrado crear núcleos semejantes, tras el esfuerzo tenaz cumplido a lo largo de 60 y 50 años, en nuestro propio medio, de suyo esquivo a la ciencia y en donde no ha sido ciertamente fácil abrir espacios institucionales a la investigación científica, particularmente, en estrecha interrelación con la docencia universitaria, es sin duda, uno de los más grandes méritos de nuestros homenajeados.

Discurso pronunciado el 23 de mayo de 1993 por el Presidente de la Academia durante la inauguración del Seminario Nacional "El quehacer teórico y las perspectivas holista y reduccionista".

En nombre de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y en el mío propio, permítaseme presentar el más cordial saludo de bienvenida a todos los participantes en este Primer Seminario Nacional, organizado por el Grupo de Ciencia Teórica de la Academia de Ciencias.

Quisiera, en particular, saludar y agradecer a quienes procedentes de otros países y de diferentes regiones de Colombia han tenido a bien sumarse al Grupo de Bogotá y enriquecer con sus aportes la discusión sobre el tema elegido para este Primer Seminario.

Permítaseme, asimismo, detenerme para referirme así sea de manera breve y sucinta, a algunas cuestiones generales sobre la situación de la Ciencia en la hora presente, que se discuten en círculos cada vez más amplios, en el plano universal y con la participación de destacadas figuras de la Ciencia y de la Filosofía.

En las primeras décadas que siguieron a la finalización de la II Guerra Mundial, quizás como en ninguna otra época de la historia, el prestigio de la Ciencia y, en particular, de la Tecnología alcanzó dimensiones insospechadas, merced a su impacto sobre la sociedad y en particular al cada vez mayor grado de eficiencia en la producción industrial de bienes, de la más diversa índole.

En cierta forma, tal prestigio fue un signo del triunfo de la racionalidad orientada hacia la consecución de unos fines, tras optimizar la eficiencia de los medios para alcanzarlos. Desde entonces, la Ciencia y la Tecnología se convirtieron en la expresión por excelencia de tal racionalidad.

Sin embargo, en las últimas décadas, a raíz de los efectos del despliegue incontenible de la tecnología causante de

Justo es entonces, que nos hayamos reunido aquí a hacer explícitos los sentimientos de admiración y respeto que el ejemplo de sus vidas y las obras realizadas suscitan.

Justo es también, desde luego, reconocer y resaltar los méritos de sus distinguidas esposas, compañeras inseparables en su lucha, Doña Leonor de Gaviria y Doña Bertha de Calderón.

Señores Profesores, Dr. Luis Enrique Gaviria Salazar y Dr. Eduardo Calderón Gómez, acepten este homenaje de sus antiguos discípulos, colegas y amigos aquí presentes, como el testimonio elocuente del reconocimiento, el respeto y admiración por todo cuanto ustedes han realizado en pro de Colombia, de la Ciencia, del surgimiento, desarrollo y consolidación de las carreras universitarias de Farmacia y de Química y en particular como catedráticos y maestros auténticos de numerosas promociones de alumnos de la Universidad Nacional, no solamente de Farmacia y Química, sino de Medicina, Veterinaria y de todas cuantas Carreras conforman la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia.

trastornos, en las sociedades de los países industrializados, de impactos negativos en el medio ambiente que amenazan modificar las condiciones que hicieron posible el surgimiento de la vida en la tierra y de agotar los recursos, se ha comenzado a cuestionar la corrección de algunos de los soportes conceptuales que hicieron posible el desenvolvimiento de la ciencia moderna y desde luego la tecnología.

Al respecto, se menciona, con relativa frecuencia, en particular, el principio de la racionalidad cartesiana cuyos orígenes, como se sabe, se remontan a la «REVOLUCIÓN CIENTÍFICA» de los siglos XVI y XVII, impulsada, entre otros, por Bacon, Galileo y Descartes.

Pero fue, precisamente entonces, cuando se inicia el ascenso triunfal de la ciencia moderna y de su prestigio en la sociedad europea, principalmente en razón de su capacidad de explicación y predicción de los fenómenos.

Sin embargo, el marcado acento finalista de la racionalidad cartesiana pronto habría de conducir a que la nueva Ciencia, a diferencia de aquella por la cual propugnaran los pensadores de la antigua Grecia, no sólo pretendiera descifrar el orden del universo, sino utilizar los nuevos conocimientos que en tal intento se obtuvieran, en la manipulación de la naturaleza. No en balde, desde entonces, ocurre un cambio fundamental en la relación que había existido entre el hombre y aquella.

La naturaleza pasó a ser objeto a disposición del hombre, cuyo papel de observador cambió por el de tenaz manipulador y transformador.

Los rasgos característicos de la ciencia moderna, a los cuales me he venido refiriendo, sumados a la concepción de



Científicos distinguidos con los premios de la Academia. De izquierda a derecha: Dr. Jesús Antonio Eslava Ramírez, Dr. Gustavo Lozano Contreras, Dr. Guillermo Restrepo Sierra y Sr. Angel Ardila Vargas.

estirpe judeo-cristiana, según la cual el hombre es el amo y señor de la naturaleza, configuran quizás la connotación más sobresaliente de la cultura occidental moderna; la misma que condujera al perfeccionamiento de las habilidades técnicas del hombre primero y luego al surgimiento de la tecnología contemporánea.

Como es sabido, doscientos años después de haberse iniciado este proceso, condujo a la REVOLUCION INDUSTRIAL que a la vez trajo consigo cambios sustanciales en los sistemas de producción de los bienes y, sobre todo, traumas profundos en la estructura y dinámica de las sociedades de los países protagonistas y, por resonancia, de la de otros países como los nuestros, que sin querer o queriéndolo, poco a poco, imitaron este mismo modelo de producción de bienes. En otros países del llamado Tercer Mundo, el fenómeno apenas ha comenzado y no sabemos todavía si algún día se extenderá por todo el orbe.

Pero la pregunta que se hacen connotados pensadores contemporáneos es, si el estilo de vida promovido por la Tecnología, científicamente fundamentada y por las formas de producción industrial contemporáneas, podrá prolongarse indefinidamente, y sobre todo si es o no el más apropiado para el hombre, aún si solamente se piensa en los aspectos simplemente biológicos, es decir, sin incluir otras circunstancias y valores, determinantes de la calidad de la vida.

Einstein, anticipándose visionariamente a lo que está sucediendo en nuestros días y refiriéndose a esta misma situación, decía:

«La tragedia del hombre moderno consiste en que él mismo ha creado para sí condiciones de vida que a la larga no podrá soportar, dadas su trayectoria y desarrollo filogenético».

Los avances obtenidos por la reflexión filosófica han puesto en evidencia, cada vez con mayor urgencia y claridad, la necesidad de buscar otros caminos que permitan superar la crisis. Las discusiones que en círculos intelectuales cada vez más amplios se dan en muchos sitios del mundo, llevan a la conclusión, entre otras, de admitir que la racionalidad del hombre es en realidad multidimensional, y abarca aspectos, aún por precisar y desarrollar; los mismos que lejos de menguar los valores determinantes de la calidad de la vida humana, contribuyen a fortalecerlos.

Cabe también mencionar que, por otra parte, los mismos desarrollos de la Ciencia moderna, y sobre todo la reflexión teórico científica, demuestran la necesidad de superar muchos vacíos al interior de la propia ciencia, en particular en relación con la condición de la inteligibilidad cartesiana.

Así, a pocos años de la proclamación de la teoría de la gravitación de Newton, ya se cuestionaba el concepto de las «fuerzas distantes» por no cumplir la condición de la inteligibilidad. Lo propio ocurrió con las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz y aún en nuestros días, la Física Teórica, no ha podido recuperarse de los impactos producidos por los desarrollos de la Física Cuántica.

Si bien en la biología molecular, el principio de la inteligibilidad cartesiana no ha tenido aún tropiezos y todavía es válida la concepción de Claude-Bernard, según la cual, es posible asimilar un organismo a una máquina, cuyo funcionamiento está determinado por las propiedades físico-químicas de sus componentes, otra muy diferente es la situación en la biología orgánica, donde aún no se dispone de concepciones de aceptación general, por ejemplo, sobre la acción integrada de los genes, el desarrollo del óvulo hacia la totalidad compleja y diversa del organismo, o sobre complejas interacciones organismo-medio ambiente.

No es sorprendente entonces, que tanto en la microfísica como en la biología orgánica se busquen nuevas formas ideales de inteligibilidad científica. En tales intentos cabe quizás mencionar que la tendencia teórico-sistémica u holista, es particularmente acentuada en la biología orgánica moderna y en las ciencias que tratan de los problemas del ambiente.

Desde luego, no se trata solamente de la investigación de nuevos datos, o de nuevos hechos o fenómenos, sino de nuevas formas de pensar, de nuevos aportes a la reflexión teórica.

Quizás así, algún día, estos nuevos caminos conduzcan a superar las limitaciones que de suyo impone la racionalidad finalista cartesiana y surja, con el correr del tiempo, una nueva racionalidad científica.

Probablemente, los logros técnicos de esta nueva racionalidad sean menores que los obtenidos, gracias a la racionalidad cartesiana. Sin embargo, es de esperar que al menos la nueva racionalidad científica, propicie el cambio de las re-

laciones ahora predominantes entre el hombre y la naturaleza, en cuanto sustituya la idea del dominio por las de la coevolución y convivencia; lo cual de suyo implicaría la paulatina adaptación de la sociedad industrial a las condiciones biológicas imprescindibles para que el hombre pueda continuar viviendo sobre la tierra.

Señoras y Señores:

Pienso que ha llegado la hora en la cual las comunidades científicas de nuestros países se interesen, cada vez más, por abordar también estos temas, a la par con sus trabajos especializados, y se decidan a participar en la discusión y profundización de los mismos, dada su relevancia para la renovación de la Ciencia y para que ella pueda así mantener el papel protagónico que le corresponde en la solución de los problemas que afectan a la humanidad.

La Academia Colombiana de Ciencias, ha querido dar ejemplo en tal sentido al promover las actividades del Grupo de Ciencia Teórica, el mismo que ha organizado este Primer Seminario Nacional.

A propósito del desarrollo, la diversidad de ecosistemas y el papel de la ciencia básica en el diseño de un modelo sostenible para la Amazonía. Palabras pronunciadas por el presidente de la Corporación el 30 de junio de 1993.

La idea del desarrollo sostenible necesariamente debe partir del reconocimiento de la diversidad ecológica del globo terrestre. La tierra no es ecológicamente uniforme. Así, los ecosistemas tropicales son mucho más complejos y frágiles que los de las zonas templadas de la tierra, en donde procede el modelo de desarrollo tradicional de los países industrializados.

En la Amazonia perduró a lo largo de milenios, un modelo de interacción del hombre con la naturaleza creado por las comunidades indígenas, el mismo que permitió la conservación del bosque tropical húmedo que les ha servido de sustento.

La implantación en esta región de un modelo de desarrollo inspirado en los paradigmas contemporáneos de que el hombre forma parte del ecosistema, sin renunciar a la tecnología, constituye de por sí un gran desafío, cuyo abordamiento necesariamente implica la implementación de un modelo de desarrollo sostenible con características adecuadas al entorno amazónico, de todos modos diferentes a las de los modelos de desarrollo sostenible que se adopten para otras regiones, incluidas las de la Zona Templada de la tierra, en las cuales el modelo tradicional de desarrollo produjo impactos negativos en la calidad de la vida de los sistemas urbanos y deterioro de los sistemas naturales, de suyo mucho más simples y resistentes que los ecosistemas tropicales.

La eficiencia del modelo de desarrollo tradicional de los países industrializados suele medirse en términos de crecimiento económico o de producto interno bruto, pero hoy

sabemos que el simple crecimiento económico no es desarrollo ni menos aún desarrollo sustentable.

De modo que la cuestión de encontrar caminos apropiados para que en cada región de la tierra se adopten modelos de desarrollo compaginables con la preservación de la calidad de la vida, del ambiente y de los recursos, sea el nuevo paradigma que buscan alcanzar las sociedades contemporáneas.

Sin embargo, cabe recordar, que ya desde comienzos de este siglo, y en particular, después de la Segunda Guerra Mundial, el modelo de desarrollo tradicional de los países industrializados, cuyos orígenes se remontan al paradigma renacentista, según el cual la ciencia es el instrumento eficaz para poner la naturaleza al servicio del hombre, se ha venido expandiendo por todo el orbe, impulsado por la certidumbre de las sociedades que lo han adoptado sobre los beneficios que al menos en el corto plazo ha producido; en especial, en los campos de las telecomunicaciones, del transporte, de la salud, de la vivienda y del disfrute de bienes de consumo de las clases sociales más acomodadas; beneficios y comodidades que de todos modos solamente alcanzó a abarcar la infraestructura material del desarrollo de la sociedad; si lo que habremos de entender por desarrollo, en términos contemporáneos, es el mejoramiento de la calidad de la vida de toda la población, en todos los órdenes, de acuerdo con el nuevo paradigma universal.

Pero entonces ¿cuál podría ser el camino a seguir en pos de este nuevo paradigma? Ante la realidad evidente de la

expansión del modelo de desarrollo tradicional por todo el orbe, quizás el camino por seguir para morigerar, cuando no evitar, los efectos negativo, sea el de analizar los estragos producidos por la implementación del modelo tradicional de los países industrializados, en sociedades pertenecientes a otros contextos culturales, económicos y sociales, sustentadas por ecosistemas de mayor complejidad y fragilidad y de todos modos diferentes a los que han servido de apoyo a las sociedades de los países industrializados, dueños por lo demás de sistemas científicos tecnológicos, cada vez más complejos y de suficientes recursos para costear la investigación científica y tecnológica dirigida a producir y aplicar nuevas tecnologías.

En tal análisis y en la estructuración del modelo de desarrollo que evite la repetición o agudización de los estragos y en tal medida, resulte sostenible, necesariamente se tendrá que abandonar el enfoque aislado y puntual de cada uno de los factores implicados, complejamente entrelazados, y sustituirlo por el enfoque holista teórico-sistémico, puesto que los cambios que se introduzcan en un determinado factor o nivel de la realidad, no serán suficientes para alcanzar la condición de sustentabilidad del modelo. En tal contexto, cabe señalar también que los aportes provenientes de la ciencia y la tecnología, por sí solos, tampoco podrán configurar un modelo de desarrollo sostenible, no obstante el papel crucial que corresponde a la ciencia y la tecnología en la concepción y puesta en práctica de tal modelo.

El sistema de ciencia y tecnología, al igual que otras manifestaciones de la cultura, está inmerso en otros sistemas, a la vez íntimamente relacionados; tales como el sistema económico y social, la cultura y los contextos políticos nacional, regional y mundial.

De ahí, la necesidad de establecer sistemas de cooperación regional, particularmente, entre las nacionales identificadas por una misma cultura, como es el caso de los países iberoamericanos sobre cuyas sociedades gravitan problemas económicos y sociales similares. Sin renunciar a este alto compromiso, considero además conveniente para nuestros países, cooperar y contribuir a lograr éxitos en los esfuerzos propuestos en el mismo sentido por los países que se encuentran en condiciones parecidas a las nuestras, particularmente del hemisferio sur.

Pero las políticas y estrategias que se adopten deben enmarcarse también dentro de la concepción holista o sistémica y tener en cuenta las interacciones entre los sistemas mencionados y las consecuencias sociales, económicas y culturales, si el objetivo del modelo de desarrollo sostenible ha de ser el de elevar la calidad de la vida, evitar el agotamiento de los recursos y la desaparición o deterioro de los ecosistemas.

Desde luego, lo expresado atrás, de modo alguno significa que el fortalecimiento del sistema científico tecnológico deba considerarse de prioridad secundaria. Todo lo contrario, tal fortalecimiento es de la más alta prioridad y debe ser impulsado tanto por el estado y el aparato productivo, en general, con la más firme voluntad política. La decisión política de impulsar el sistema científico tecnológico implica la adopción, entre otras, de las decisiones estratégicas que a continuación se mencionan para cuya implementación es necesario contar con la voluntad política de los más altos niveles decisorios de los Estados Iberoamericanos:

- Inserción de la asesoría científico-tecnológica en todos los niveles decisorios del Estado y del sector productivo.

- Ligar estrechamente la enseñanza de las ciencias en todos los niveles, al proceso de la ampliación de los conocimientos sobre el entorno local, nacional y regional.

- Sobre la base del mejor y mayor conocimiento de las potencialidades y ventajas comparativas de los ecosistemas del entorno local, nacional y regional y de las tendencias de los nuevos paradigmas tecnológicos, crear tecnologías propias, en particular, biotecnologías de recursos naturales; de acuerdo con las demandas del sector productivo.

- Apropiación de capitales de riesgo por parte del sector productivo estatal o privado, para impulsar la investigación tecnológica y la investigación básica o fundamental en las Universidades y demás establecimientos educativos.

Para concretar el sistema conceptual expuesto, permítaseme referirme a un ejemplo concreto, el Ecosistema Amazónico, y describir a continuación, los vacíos del conocimiento científico, por llenar y las estrategias por adoptar, en el intento de implementar el diseño de un modelo de desarrollo sustentable para dicho ecosistema.

Los conocimientos básicos disponibles sobre la estructura dinámica de los sistemas de la Amazonia son insuficientes y las tecnologías utilizables en su manejo tampoco alcanzan el nivel de eficiencia requerido para evitar el agotamiento de los recursos y en general el ecosistema bosque tropical húmedo. Tampoco se dispone de los criterios ecológicos suficientes para la comprensión y valoración de los estragos causados por la implantación de modelos de desarrollo foráneos, para evaluar, entre otros, la destrucción del bosque tropical, el empobrecimiento de la biodiversidad, la degradación del suelo, el cambio del clima y las modificaciones de la economía y del balance hídrico en las plantas.

Se sabe que la degradación del suelo, entre otras consecuencias, disminuye la producción agrícola, pero se desconocen los efectos ecológicos a largo plazo que permitan disponer de bases firmes para la evaluación de los impactos económicos.

No se conoce todavía, a ciencia cierta, cuáles son las especies que se han extinguido o las que se encuentran en peligro de extinción. No se pueden hacer cálculos sobre el impacto económico de estos fenómenos. De todos modos, los perjuicios causados por la disminución del potencial de especies se traducirán tarde o temprano en el empobrecimiento del potencial para el desarrollo sostenible de este ecosistema. Hace falta estudios básicos que muestren qué especies o conjuntos de especies desaparecerían.

De allí también que la investigación científica y tecnológica, debe tener, entre otros objetivos: la preservación de la biodiversidad genética y biológica, el mantenimiento de los procesos ecológicos, la utilización sostenida de especie y ecosistemas, el conocimiento de los regímenes naturales de perturbación, los mecanismos de recuperación, así como de aquellos que influyen en la estabilidad hidrológica de la cuenca y regulan los balances hídrico y técnico.

Los conocimientos que se obtengan, merced a la investigación básica sobre los aspectos arriba mencionados, los cuales deben ser incorporados a los contenidos de la docencia y, en general, del sistema educativo, tendrán que servir de base a las acciones que implica el ordenamiento del ecosistema como condición indispensable para el desarrollo sostenible.

Entre tales acciones, cabe mencionar la preservación de grandes áreas cubiertas de bosque natural representativas

de la biodiversidad biológica, delimitación de zonas de utilización silvicultural y de áreas destinadas a la implantación de sistemas agroforestales.

Las innovaciones tecnológicas en ningún caso deben proceder de la transferencia de tecnologías que no han sido suficientemente probadas.

La introducción de una nueva tecnología debe estar precedida de un proyecto piloto; encaminado, ante todo, a comprobar su apropiación a las condiciones biológicas y ecológicas y, en todo caso, no debe implicar la desaparición de los recursos. Antes de su introducción debe efectuarse la evaluación integral de los impactos sociales, económicos, culturales y ecológicos; teniendo en cuenta, la población indígena, campesina y local.

En resumen, las investigaciones científicas y tecnológicas deben llevar a la creación de nuevas concepciones de utilización del bosque, ora como bosque natural, que preserva la biodiversidad, ora como recurso puramente forestal.

La utilización de la madera dentro de un modelo de desarrollo sostenido, necesariamente implica el mejoramiento de los métodos de cosecha, de elaboración de la madera, de su comercialización y utilización de los productos secundarios y, desde luego, de la recuperación de las especies implicadas, mediante la aplicación de tecnologías silviculturales (cultivo y propagación) adecuadas.

En todo momento, sería de particular importancia y utilidad, tener muy en cuenta los principios y métodos de la economía forestal de los pueblos indígenas, incluyendo conocimientos farmacéuticos y medicinales.

Sería asimismo recomendable que los países del área, dentro del marco del tratado de Cooperación Amazónica (TCA), entre otros, establezcan un sistema de Ciencia y Tecnología que busque la complementación de las facilidades institucionales y de los recursos disponibles en cada región. Complemento indispensable de tal sistema será el reforzamiento de la intercomunicación y la creación de bancos masivos de datos, en cuya operación habrán de emplearse las más recientes innovaciones de la informática. De la misma manera, son indispensables los bancos de genes de plantas, la creación y manejo de Reservas de la Biosfera, bancos regionales de genes de especies de animales, bancos de germoplasma microbial y colecciones de cultivos microbianos medicinales, entre otros.

De lo expuesto se deduce que el modelo de desarrollo sostenible tiene que necesariamente gestarse al interior de las respectivas sociedades; esto es, debe ser endógeno y debe surgir de la consideración de las interrelaciones de los factores socio-económicos y culturales de una parte y los factores biológicos y físicos de otra parte; unos y otros en referencia con el respectivo ecosistema.