

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XIX

NOVIEMBRE DE 1994

NUMERO 73

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:  
LUIS EDUARDO MORA OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:  
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

## SUMARIO

|  | Págs. |   | Págs. |
|--|-------|---|-------|
| <b>Nota Editorial</b> .....  | 235   | <b>Matemáticas</b>  |       |
| <b>Antropología</b>  |       | On distributional representations of Moment Functionals:<br>Sieved Pollaczec Polynomials  |       |
| Treponematosi en restos óseos precerámicos de Colombia<br><i>J. Burgos, G. Correal-Urrego &amp; C. Arregocés</i> .....   | 237   | <i>Jairo A. Charris &amp; Yadira L. Prieto</i> .....  | 305   |
| <b>Botánica</b>  |       | Términos de período corto en el movimiento de un satélite<br>artificial bajo la acción de los armónicos $J_5$ y $J_6$ del<br>potencial terrestre, integración analítica mediante<br>el uso de la transformación KS. |       |
| Una nueva especie de <i>Diplostephium</i> (Compositae, Astereae)<br>de Colombia<br><i>Santiago Díaz-Piedrahita &amp; Blanca L. Restrepo</i> .....                                | 243   | <i>José Gregorio Portilla</i> .....   | 317   |
| Novedades colombianas en el género <i>Aequatorium</i> Nord.<br>(Asteraceae, Senecioneae)   |       | <b>Química</b>  |       |
| <i>Santiago Díaz-Piedrahita &amp; José Cuatrecasas</i> .....   | 247   | Estimulación in vitro de Linfocitos utilizando dos nuevas<br>lectinas aisladas de <i>Dioclea lehmanni</i> y <i>Erythrina</i><br><i>costaricensis</i> .  |       |
| Nuevas especies colombianas de <i>Pentacalia</i><br>(Asteraceae, Senecioneae)  |       | <i>Marta L. Bueno, M. Contreras &amp; G. Pérez</i> .....  | 337   |
| <i>Santiago Díaz-Piedrahita &amp; José Cuatrecasas</i> .....   | 253   | Modelo macromolecular para carbones de diferente rango<br><i>José M. Rincón</i> .....   | 343   |
| Primeros registros de <i>Closterium</i> (Desmidiaceae,<br>Zygothyceae) en lagos de la orilla colombiana del<br>río Amazonas<br><i>Santiago Duque &amp; John Ch. Donato</i> ..... | 259   | <b>Zoología</b>   |       |
| <b>Ciencias de la Tierra</b>   |       | Herpetofauna de la Cuenca Banao-Higuanojo, Sancti spíritus,<br>Cuba.  |       |
| El Macizo Colombiano, algunas características hidroclimáticas<br>y geomorfológicas<br><i>Jesús A. Eslava &amp; Antonio Flórez</i> .....  | 265   | <i>Alberto R. Estrada</i> .....   | 353   |
| Estudio geológico de la Sierra de Chiribiquete y zonas aledañas<br>(Parque Nacional Natural Chiribiquete)  |       | Los Copépodos (Arthropoda, Crustácea) de vida libre de las<br>aguas continentales de Colombia<br><i>Santiago Gaviria</i> .....  | 361   |
| <i>Jaime Galvis Vergara</i> .....  | 275   | Scorpions Chelicerata de Colombie. IV. Quatre nouvelles<br>espèces de Buthidae des régions amazonienne, sud-<br>pacifique et de la cordillère orientale<br><i>Wilson R. Lourenço</i> .....                          | 387   |
| <b>Historia de la Ciencia</b>  |       | Simúlidos (Diptera: Simuliidae) de la región de Chisacá,<br>Cundinamarca, Colombia<br><i>P. Muñoz de H., X. Martínez, A. Mejía &amp; M.L. Bueno</i> .....   | 393   |
| Un naturalista desconocido, el General Joaquín Acosta<br>(1800-1852)<br><i>Armando Espinosa B.</i> .....   | 287   | Simuliidae (Diptera) de Colombia, distribución de las<br>especies registradas<br><i>Paulina Muñoz de Hoyos</i> .....  | 413   |
| El ruido de Santafé, el 9 de marzo de 1687 y sus posibles causas<br><i>Armando Espinosa B.</i> .....   | 293   | Misceláneas ornitológicas<br><i>Alvaro Torres Barreto</i> .....   | 439   |
| Economía Extractiva y Desarrollo Sostenible<br><i>Germán Galvis Vergara</i> .....  | 299   | Constitución de la Academia .....   | 443   |



# TREPONEMATOSIS EN RESTOS OSEOS PRECERAMICOS DE COLOMBIA

por

Javier D. Burgos\*, Gonzalo Correal-Urrego\*\*, Carmelo Arregocés\*\*\*

## Resumen

Burgos, J. D. Correal-Urrego, G. & C. Arregocés, Treponematosi en restos óseos precerámicos de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 237-241, 1994. ISSN 0370-3908.

En el sitio llamado Aguazuque, localizado en una hacienda del mismo nombre en el municipio de Soacha, Departamento de Cundinamarca, se encontraron una serie de restos óseos, uno de los cuales, -0614 A-ICNMHN- presenta lesiones claramente sugestivas de treponematosi, lo cual fué confirmado empleando técnicas inmunológicas de anticuerpos fluorescentes anti-Treponema con suero absorbido (FTA-ABS); comprobándose así la presencia de sífilis en América, y específicamente en Colombia, hace más de 5.000 años antes del presente. Siendo ésta la primera demostración clara de infección por *Treponema pallidum* realizada en restos óseos de tal antigüedad en el mundo.

## Abstract

Human skeletal remain radiocarbon dated to  $5.030 \pm 40$  years B.P from Aguazuque in Colombia with pathological alterations suggestive of treponemal infection: gummatous osteoperiostitis, hyperostosis and caries sicca among others, was analyzed using immunological methods (FTA-ABS) demonstrating the presence of antigens from *Treponema pallidum* in the affected bones. examined, indicating that syphilis have had a long residence time in Precolombian America.

## Introducción

El origen de la sífilis es aún materia de gran controversia. La abundancia de material de esqueletos y restos óseos humanos que exhiben lesiones sugestivas de infección treponematósica, aunado al descubrimiento de antígenos de treponema en los restos óseos de un oso del Pleistoceno (*Arctodus simus*) en Indiana, Estados Unidos, indican la presencia de la infección con anterioridad a 1492.

Un esqueleto humano datado en  $5.030 \pm 40$  años mediante técnicas de radiocarbono (Gromingers) encontrado

trado en la localidad de Aguazuque en el municipio de Soacha, presenta alteraciones patológicas claramente sugestivas de infección por treponemas: osteoperiostitis gomatosas, hiperostosis y caries sicca entre otras.

A estos restos se les hizo un análisis inmunológico, empleando la técnica de FTA-ABS, demostrándose la presencia de antígenos de *Treponema pallidum* en los huesos examinados, indicando esto que la sífilis ha tenido un largo período de residencia en América precolombina.

La naturaleza de las características patológicas, las evidencias geográficas y la detección de antígenos de *T. pallidum* en los restos, dan fuerza a la conclusión de que este es un caso de sífilis venérea avanzada.

## Materiales y Métodos

Sitio: Aguazuque 1. El sitio está localizado en la hacienda del mismo nombre en el municipio de Soacha

\* Laboratorio Biotecnológico. Instituto de Desarrollo y Aplicaciones Biotecnológicas (IDAB). Universidad INCA de Colombia. A.A 78001 de Bogotá.

\*\* Unidad de Antropología. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.

\*\*\* Unidad de Genética. Instituto Nacional de Salud.

(Departamento de Cundinamarca) a una altitud de 2.640 metros sobre el nivel del mar y a una latitud de 40° 37' norte y 74° 15' al este de Greenwich. Dicho sitio se encuentra en la margen sur oriental de la sabana de Bogotá sobre la formación geológica del mismo nombre (Van der Hammer y González, 1963).

### Restos Oseos

Se analizó un esqueleto de un hombre adulto serie N° 0614 A-ICNMHN el cual presenta lesiones características de infección treponematósica.

### Producción de antisueros

Se tomaron porciones de fémur afectado y se redujeron a 500 mg de polvo fino, el cual se diluyó en 2 ml de tampón fosfato salino (PBS) pH 7.6 con dodecil sulfato de sodio (SDS) al 2 %. Esta mezcla se dejó en agitación continua a temperatura ambiente durante toda la noche y posteriormente fué centrifugada a 3.000 revoluciones por minuto durante 20 minutos; el sobrenadante fué separado y dializado contra PBS durante 12 horas y luego filtrado y esterilizado empleando un filtro millipore de 0.22 mm de diámetro.

La concentración final de proteína obtenida fué de 0.18 mg/ml, medida de acuerdo al método establecido por Lowry et al. (1951). Como control negativo se tomó una porción de un fémur no afectado también de Aguazuque y se sometió al mismo procedimiento antes descrito.

Cada uno de los extractos proteicos, tanto del fémur afectado como del no afectado, se mezclaron independientemente con adyuvante completo de Freund (ACF); 100 µg de extracto con 250 µl de ACF, esta mezcla se inoculó en ratones suizos de 20 g de peso en promedio, 5 animales para el inóculo obtenido a partir del hueso afectado y 5 animales con extracto antigénico de hueso normal. La inoculación se hizo por vía intradérmica (i.d.). Las inmunizaciones subsecuentes, 3 en total, se hicieron preparando los extractos con adyuvante incompleto de Freund y también por vía intradérmica. Todos los ratones fueron sangrados antes de la primera inmunización y finalmente a los ocho días después de la última inoculación. Los sueros se colectaron y se almacenaron a - 70°C hasta su uso.

### Prueba Inmunológica

El FTA-ABS se llevó a cabo de la siguiente manera: 20 microlitros de medio absorbente para FTA-ABS (Biomerieux, Francia) fueron colocados sobre un pozo de placa para microtitulación (ICN - Flow U.S.A.) y se le añadió 5 µl de antisuero. De esta dilución se tomaron 10 µl y se colocaron sobre placas para inmunofluorescencia previamente sensibilizadas con *Treponema pallidum* (Biomerieux, Francia) y se incubaron durante 30 minutos a 37 °C en una cámara húmeda.

Las placas se lavaron con PBS y se les colocó 10 µl de conjugado, gama globulina (IgG) anti-ratón acoplada a isotiocianato de fluoresceína (FITC) (Sigma F-

8264) la mezcla se incubó durante otros 30 minutos a 37 °C. Después de varias lavadas con PBS, las placas se secaron, se cubrieron con glicerol al 10% y se leyeron en un microscopio de fluorescencia.

### Resultados

#### - Contexto Arqueológico

Los descubrimientos arqueológicos en Aguazuque reflejan una economía basada en la caza, recolección y pesca.

Predominan los huesos de venados de cola blanca - (*Odocoileus virginianus*), y se encontraron restos de otros animales incluyendo ratones - (*Sigmodon bogotensis*), zarigüeyas (*Didelphis marsupialis*), comadrejas (*Mustela frenata*), curíes (*Cavia porcellus*) y peces como capitán (*Eremophilus mutisii*) y guapucha (*Grundulus bogotensis*) así también como cangrejos de agua dulce (*Pseudothelphusidae*). Dentro de los restos de animales nativos de otras zonas climáticas se identificaron los siguientes: Pecarí (*Tayassu pecari*), caimán (*Crocodylus intermedius*) y ostras (*Unio pictorum*), además de algunas especies adicionales de peces que no han sido identificadas todavía.

Los elementos fabricados en piedra encontrados corresponden en términos generales a la tradición Abriense ya descrita por Hurt y colaboradores, (1976), para la sabana de Bogotá. El hecho de que sean relativamente raras herramientas como raspadores, indican un decline en la industria de piedra durante las parte o fase tardía del periodo precerámico. En contraste, la industria del hueso llega a ser más importante e incluye punzones, taladros, raspadores y cuchillas.

El complejo funerario en Aguazuque incluye entierros primarios simples, entierros dobles o colectivos y también de tipo secundario.

#### - Hallazgos patológicos en restos óseos

Una gran cantidad de huesos humanos fueron encontrados en la hacienda Aguazuque, algunos de ellos mostrando alteraciones sugestivas de infección por treponemas, particularmente sífilis.

Las principales características diagnósticas presentes son : Hiperostosis, osteoperiostitis gomatosas, caries sicca y obliteración esclerótica en la cavidad medular; características que se han asociado específicamente a infecciones por treponemas (Hackett, (1976). Steinbock, 1976.)

Un ejemplo representativo es un esqueleto de un hombre adulto, identificado con la serie 0614 A-ICNMHN, el cual muestra en el cráneo (Fig. 1) una caries sicca muy visible en el hueso frontal y los parietales izquierdo y derecho en la región bregmática.

Hay también lesiones avanzadas por treponematosis en los huesos largos. El húmero izquierdo presenta defectos cavitarios redondeados y periostitis tanto en la diáfisis como en la epífisis proximal, donde el epicóndilo está en estado de alteración avanzada debido a la forma-



Figura 1. Cráneo de 0614 A-ICNMHN con caries Sicca muy visible.

ción de una exostosis. En los restos del húmero derecho se presentan también las cavidades redondeadas y erosiones.

La ulna derecha tiene cavidades redondeadas y hiperostosis fusiforme, amplia erosión en la diáfisis y marcas conocidas como patrones en "senda de caracol"; sobre la ulna izquierda hay una periostitis aguda en la parte central de la diáfisis y múltiples erosiones lineales y cavidades.

Sobre el radio derecho encontramos periostitis aguda y cavidades que afectan, principalmente, los tercios inferiores y superiores de la diáfisis, sobre toda la superficie anterior y sobre el borde de la superficie posterior, donde se presentan además placas escleróticas. Un alto grado de periostitis y defectos rugosos redondeados se encuentran sobre la superficie anterior del fémur izquierdo, así también como lesiones gomatosas curadas.

Estos procesos patológicos, típicos de infección treponematósica avanzada, particularmente sífilis, se observan también en el fémur derecho, tibias, fíbulas, los calcáneos izquierdo y derecho, el primer metatarso y las costillas. Periostitis y defectos periostales redondeados pueden observarse también sobre las clavículas.

La distribución general de las lesiones sobre el esqueleto se muestran en la figura 2.

#### - Datación

Una muestra de hueso de este esqueleto, serie 06154 A-ICNMHN, fué datado un  $5.030 \pm 40$  años antes del presente, empleando C14. Esto se hizo en el Gromingers C14 Laboratorium en Holanda.

#### - Pruebas Inmunológicas

Tradicionalmente, la identificación de infección por treponemas en restos de esqueletos humanos siempre se llevan a cabo por medio de detalladas descripciones a nivel paleopatológico y morfológico como las que hemos ya descrito para el esqueleto 0614 A-ICNMHN, y la discriminación entre enfermedades como Osteomielitis, enfermedad de Paget, osteoartropatía pulmonar, tuberculosis y sífilis endémica -Píán- las cuales también producen lesiones óseas, se basan en la intensidad y localización de las lesiones, haciendo que la diferenciación entre estas patologías sea difícil de llevar a cabo (Hackett, 1976).

La confirmación de sífilis en el esqueleto 0614 A-ICNMHN se efectuó a empleando la prueba conocida como prueba de anticuerpos fluorescentes anti-treponema

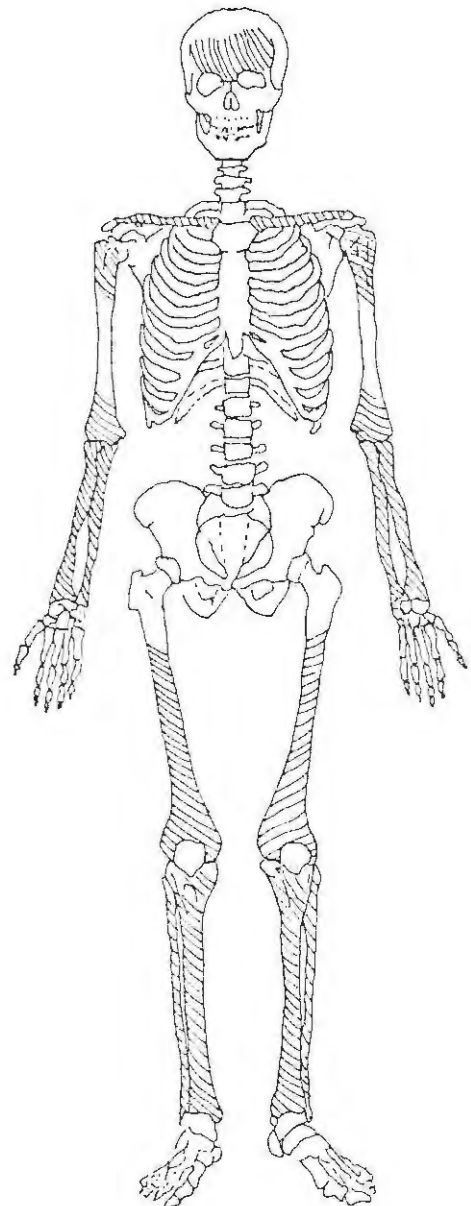


Figura 2. Distribución de lesiones óseas sobre esqueleto 0614- A-ICNMHN. Las líneas indican dónde se presentan lesiones sobre los huesos.

con suero (FTA-ABS) absorbido, la cual se realizó con antisueros policlonales hechos en ratones contra extractos antigénicos obtenidos a partir de un segmento de la parte medial del fémur derecho, el cual muestra las características patológicas típicas de treponematosi. Como control negativo, una prueba de FTA-ABS se llevó a cabo también con antisueros elaborados contra extractos antigénicos de un fragmento de la porción media de un fémur no afectado también de Aguazuque.

La tabla 1 muestra que el extracto antigénico elaborado a partir del hueso afectado es capaz de inducir un antisuero que posee anticuerpos que reaccionan con los treponemas, *Treponema pallidum* cepa Nichols, fijados a la placa de Inmunofluorescencia. Se generan entonces anticuerpos anti- *T. pallidum*, indicando la presencia de antígenos preservados de *T. pallidum* en estos huesos afectados.

De otra parte, no se observó ningún tipo de reacción de inmunofluorescencia cuando la prueba de FTA-ABS se llevó a cabo con el antisuero policlonal obtenido a partir del extracto antigénico de hueso normal no afectado (Ver tabla 1).

**Tabla 1.** Reactividad diferencial de antisueros elaborados empleando extractos antigénicos de huesos afectados y no afectados de Aguazuque. Convenciones, R: Reactivos, NR: No reactivos, ND: No hecho.

| GRUPO A   |         | GRUPO B   |         |
|-----------|---------|-----------|---------|
| animal No | FTA-ABS | animal No | FTA-ABS |
| 1         | R       | 1         | NR      |
| 2         | R       | 2         | NR      |
| 3         | ND      | 3         | NR      |
| 4         | R       | 4         | NR      |
| 5         | ND      | 5         | ND      |

## Discusión

Nuestro conocimiento acerca de las enfermedades asociadas con las poblaciones prehistóricas y de historia más reciente en el nuevo mundo, se derivan sustancialmente a partir de observaciones de características patológicas y demográficas en muestras de esqueletos (Steinbock, 1976 Ortner y Pustschar, 1981). Pero cabe anotar que hay muchas limitaciones asociadas con los diagnósticos basados en esqueletos, incluyendo i) la no afección de tejidos calcificados en la mayoría de las enfermedades y ii) la naturaleza convergente de los cambios patológicos en los esqueletos. Es por eso que se hace necesaria la aplicación de nuevos métodos de análisis a nivel molecular, consistentes en la detección de antígenos, anticuerpos y material genético en los restos óseos, pertenecientes o generados por los microorganismos o procesos patogénicos involucrados en la enfermedad.

El método que hemos desarrollado para la detección de antígenos, en este caso de *T. pallidum*, preservados en un esqueleto antiguo, es en esencia diferente a los otros aplicados para confirmación de treponematosi Tuross y Owsly, (1992) encuentran en un esqueleto (TO 2189) datado de 1240 años antes del presente, el cual presentaba periostitis particularmente en la tibia, un anticuerpo anti-Treponema fuertemente reactivo. Rothschild y Turnbull, (1987), emplean un antisuero policlonal estándar anti-sifilis, denominado 0099 obtenido del CDC de Atlanta (U.S.A), en un ensayo de inmunofluorescencia directo, con el fin de detectar antígeno preservados de *Treponema pallidum* en un oso del pleistoceno. Nuestro método consiste en la generación de anticuerpos tipo IgG anti-Treponema empleando los extractos óseos como antígenos; si hay en la muestra antígenos de *T. pallidum* preservados, estos inducirán la producción de anticuerpos específicos contra el treponema, los cuales podrán ser detectados mediante el uso de conjugados de antiinmunoglobulinas con isotiocianato de fluoresceína (FITC) en el FTA-ABS.

Este método permite la detección de una menor cantidad de antígenos presentes, pues aún con una concentración relativamente baja de antígeno (100 ug) se puede generar una respuesta de anticuerpos claramente evidenciable, cosa que es limitada con los métodos empleados por Tuross, (1991) y Rothschild, y Turnbull, (1987), los cuales requieren, el primero, de inmunoglobulinas preservadas y el segundo de grupos o agregados de restos bacterianos en los huesos.

Dada la naturaleza específica del FTA-ABS (Todd, Sanford Davidshon) y las características patológicas en los restos óseos 0614 A-ICNMHN de Aguazuque, podemos concluir que esto fué el resultado de una enfermedad sifilítica avanzada, específicamente sífilis venérea terciaria. Este diagnóstico se ve apoyado además por dos hechos que son los siguientes; primero, la Sabana de Bogotá no era una zona desértica ni árida hace 5000 años, las cuales son las condiciones usualmente asociadas con el desarrollo de sífilis endémica (bejel), la cual es también causada por *T. pallidum*, y que también resulta positiva por FTA-ABS. En segundo lugar, los registros de historia médica en Colombia no han reportado casos de sífilis endémica en la Sabana de Bogotá. Así, la sífilis venérea es el tipo más probable de treponematosi aplicable a los restos óseos humanos de la hacienda de Aguazuque.

Correal-Urrego (1990) ha puntualizado que la sabana de Bogotá fué habitada para la época precerámica por grupos de cazadores - recolectores, de aproximadamente 100 personas por banda, por lo cual la sífilis venérea pudo haberse desarrollado como el resultado de contactos sexuales frecuentes intra e intergrupales, los cuales mantendrían la infección entre la población.

Nuestros resultados corroboran los trabajos y conclusiones de Ortner y Pustschar, (1981), y Tuross y Owsley, 1992, sobre la presencia de la infección treponematósica dentro de las poblaciones precolombinas en América, e incluso amplían la visión del problema, al demostrarse un largo tiempo de residencia del *T. pallidum* en el nuevo continente.

Los nuevos métodos de antropología molecular, como el desarrollado en este trabajo, proveen útiles herramientas para la Paleopatología, debido a que permiten una confirmación de infección por treponema en restos óseos que presenten patrones patognomónicos e incluso típicos de treponematosi.

Además, individuos afectados en los cuales no se presenten manifestaciones óseas de la enfermedad, pueden ser determinados por medio de la reactividad inmunológica.

### Bibliografía

- Correal - Urrego, G. 1990. Aguazuque Evidencias de cazadores recolectores y plantadores en la altiplanicie de la Cordillera Oriental. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Banco de la República. Bogotá.
- Hackett, C.J. 1976. En Diagnostic Criteria of Syphilis, Yaws and Treponematosi and some other diseases in dry bones. Springer Verlag. Berlin.
- Hurt, W, Van der Hammen, T. & G. Correal, 1976. The El Abra Rockshelters. Sabana de Bogotá. Colombia. S.A. Occasional Papers and Monographs N° 2. Indiana University Museum. Bloomington. Indiana.
- Lowry O.H, Rosebrough, N.J., Farr A. L., & R.J. Randall 1951. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Ortner, D.J. & W.G.J. Putschar. 1981. Identification of pathological Conditions in Human Skeletal Remains. Washington, D.C: Smithsonian Institution Press.
- Rothschild, B. & W. Turnbull. 1987. Treponematosi in a Pleistocene Bear. Nature 329:61-62.
- Steinbock, R.T. 1976. Paleopathological Diagnosis and Interpretation. Springfield. IL: Charles Thomas.
- Todd - Sanford - Davidsohn. 1984. Diagnóstico y tratamiento clínicos por el Laboratorio. Ed. John Bernard Henry. 7a edición. tomo II. Salvat editores. Barcelona.
- Tuross, N. 1991. Recovery of bone and serum proteins from human skeletal tissue: IgG, osteonectin, and Albumin. In Human Paleopathology: Current Syntheses and future options, D.J. Ortner and A.C. Aufderheide, eds. Washington D.C: Smithsonian Institution Press, 51-54.
- Tuross, N., & D.W. Owsley. 1992. Molecular presentation in ancient North American human bone (abs) AM.J. Phys. Anthropol. (in Press).
- Van der Hammen, T. & E. Gonzalez. 1963. Historia del clima y vegetación del pleistoceno superior y el holoceno de la Sabana de Bogotá. Bol. Geol. XI:1-3.

# UNA NUEVA ESPECIE DE *DIPLOSTEPHIUM* (COMPOSITAE, ASTEREAEE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita\* & Blanca Leonora Restrepo\*\*

## Resumen

Díaz-Piedrahita, S & B. L. Restrepo: Una nueva especie de *Diplostephium* (Compositae, Astereae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 243-245, 1994. ISSN. 0370-3908.

Se describe e ilustra una nueva especie de *Diplostephium* (*D. Chrysotrichum* Díaz & Restrepo) ubicable en la serie *Rupestria* Blake.

**Palabras clave:** Asteraceae, Astereae, *Diplostephium*, Colombia, Sistemática.

## Abstract

A new species of *Diplostephium* series *Rupestria* Blake (*D. chrysotrichum* Díaz & Restrepo) is described and illustrated.

**Key words:** Asteraceae, Astereae, *Diplostephium*, Colombia, Systematic.

La serie *Rupestria* Blake del género *Diplostephium* se caracteriza por la presencia de sinflorescencias corimbosas o corimboso-paniculadas, lígulas blancas, hojas sésiles, angostas y revolutas, capítulos acampanados y flores numerosas. De acuerdo con Cuatrecasas (1969, 1972), este serie incluye para Colombia cuatro especies (*D. rupestre*, *D. eriophorum*, *D. weddellii* y *D. ritterbushii*), tres de ellas de la Cordillera Central y la cuarta de la Sierra Nevada de Santa Marta. Recientes colecciones realizadas en el Páramo de los Valles en el Departamento del Tolima han permitido encontrar una quinta especie afín a *D. eriophorum*, la que se describe e ilustra a continuación.

*Diplostephium chrysotrichum* Díaz & Restrepo sp. nov.  
Figs. 1-2

Arbuscula 2.5 - 3m. alta ramulis terminalibus

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

\*\* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C.

cicatricosis semicircularibus valde approximatis (3-4 mm distantibus) sursum foliatis dense albo-lanatis. Folia sessilia alterna glabra discolora crustacea leviter translucida in sicco. Lamina obovata apice obtusa basi cuneata leviter amplectantia margine integra tertia parte superiori fortiter revoluta mox breviter revoluta 20 - 35 mm longa 7 -10 mm lata, nervis secundariis 8 utroque latere in angulo 10 -80° ascendentibus, supra levissime glandulosa costa impressa, nervis tenuibus impressis paulo notatis, subtus costa prominente nervis prominulis.

Synflorescenciae terminalis corymboso-paniculatae breviter congestae usque ad 8 cm longae et latae axi ramisque ebracteatis dense chryso-lanatis. Capitula radiata 10 - 16 mm longis, 15 - 17 mm latis; involucrum campanulatum 10 - 12 mm longum, phyllariis 4 - seriatis membranaceis margine sursum ciliato dorso crasso albido praecipue sursum lanato, exterioribus angosto ovatis vel angosto triangularis, acutis 5.5 - 8.2 mm longis x 1.7 - 2.0 mm latis, interioribus angosto triangularis vel angosto ovatis 7 -8 mm longis x 1.0 - 1.3 mm latis acutis lacerato-ciliatis. Flores feminei lingulati tenuiter bilabiati circa 42 in capitulo, corolla alba 7 mm longa tubulo 3.7 - 4.0 mm longo minute pilosulo lobulo dorsale filiforme circa



Figura 1. Aspecto de la porción terminal de una rama florecida de *Diplostephium chrysotrichum* Díaz & Restrepo.



Figura 2. Detalle de una rama con el indumento característico de la especie.

0.6 mm longo lamina 5 - 6.2 mm longa tridentata 1.5 - 1.6 mm lata. Stylus corollam valde excedens ramulis anguste linearibus subacutis 1.8 - 2.0 mm longis stigmato papillois. Flores disci pseudo hermaphroditi circa 74 in capitulo, corolla alba circa 6 mm longa tubulo 3 - 4 mm longo sursum parce pilosulum limbo campanulato dentibus 0.5 - 0.8 mm triangularibus acutis margine incrassato papilloso; antherae 2 mm longae basi breviter sagittata. Stylus 8 mm longus sursum papilloso ramis circa 0.8 mm longis lanceolatis dense papillois; ovario oblongo 5 mm longo minute sparseque glanduloso, pappo atropurpureo rigido 5 - 6 mm longo setis exterioribus 1 - 2 mm longis interioribus strigosis rigidulis.

**Typus:** COLOMBIA: Departamento del Tolima, municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaime, Páramo de los Valles, La Cascada; hacia Santa Helena, 3710 m. "Arbolito 2.5 m alt., 3 cm. diam., lígulas blancas, flores vino tinto. En turbera. Hojas con olor a mentol, pegajosas al tacto". Junio de 1994. B.L. Restrepo 371 (Holotypus COL, isotypus US).

Arbolitos hasta de 2.5 - 3.0 m alt. ca. 3 cm diam., ramas terminales de 4 mm diam, exfoliadas, cicatricozas; cicatrices distantes entre sí 3 - 4 mm, cubiertas de indumento lanoso, blanco grisáceo que se va tornando dorado cerca a las hojas y en la porción apical. Hojas discoloras, verde limón en vivo, pegajosas al tacto en vivo, crustáceas, ligeramente translúcidas en seco, alternas, sésiles, glabras. Lámina obovada de 20 - 35 mm

long x 7 - 10 mm lat, atenuada hacia la base, base cuneada, 2 - 3 mm lat, ligeramente abrazadora; ápice obtuso, margen entera, ligeramente revoluta en los dos tercios inferiores, notablemente revoluta en la porción apical; nervio medio impreso por la haz, prominente por el envés y con escasas glándulas, nervios secundarios ascendentes, ca. 8 por lado, divergiendo en ángulo de 70-85°, haz foliar glabra, lustrosa y con los nervios impresos, envés con escasas puntuaciones glandulares y nervios prominulos, retículo inconspicuo.

Sinflorescencia terminal dicásial constituida por tres - siete capítulos, pedúnculos de ca: 7 mm long, ebracteados, densamente lanosos, indumento dorado. Capítulos heterógamos de 10-16 mm alt, 15-17 mm diam, receptáculo convexo de ca. 5 mm diam, involucro acampanado de 10 - 12 mm alt, filarias dispuestas en cuatro series, membranáceas, blanquecinas, dorsalmente con escaso indumento pubérulo en la porción central y hacia el ápice, las exteriores angosto ovoides a angosto triangulares, 5.5 - 8.2 mm long x 1.7 - 2.0 mm lat, redondeadas en la base, agudas en el ápice, fimbriadas en la mitad superior y con el margen lacerado ciliado, ventralmente glabras; las intermedias angosto-trianguulares a obovadas, 7.0-8.0 mm long x 1.5-2.0 mm lat, fimbriadas en la porción apical, margen membranoso y hialino, dorsalmente con escasos pelos en la porción apical, pilosas, en la porción central, ápice agudo, base cuneada; las interiores angosto-trianguulares a angosto ovoides, 7.0-8.0 mm long x 1.0-1.3 mm lat, con escaso indumento pubérulo

hacia el ápice y en la porción central, ápice agudo, base redondeada-truncada, margen hialino y lacerado ciliado. Flores femeninas radiales, ca. 42 por capítulo, liguladas, tenuemente pseudobilabiadas, blancas, ovario de ca. 1 mm long x 0.5 mm diam, corolas de ca. 7 mm long porción tubular de 3.7-4.0 mm long, con escasos pelos pluricelulares y claviformes, más densos hacia la porción terminal; lígula de 5 - 6.2 mm long x 1.5 - 1.6 mm lat, tridentada, dientes de 0.5 - 1.0 mm long x 0.3-0.5 mm lat, ligeramente papilosos hacia el ápice; lóbulo dorsal filiforme de ca. 0.6 mm long; porción terminal del estilo densamente papilosa, ramas estigmáticas de 1.8 - 2.0 mm long, x 0.3 mm lat, agudas y densamente papilosas. Flores del disco hermafroditas, ca. 74 por capítulo, corolas acampanadas de ca. 6 mm long, porción tubular de 3-4 mm long, pilosa en la mitad superior, porción ensanchada de 2 mm long, lóbulos 5, triangulares, 0.5-0.8 mm long x 1.0 mm lat, papilosos, filamentos aplanados, soldados en la mitad de la porción tubular, porción libre de los mismos de 2.5 mm long, anteras amarillas de ca. 2 mm long, apéndice apical de 0.5 mm long, base obtusa brevemente sagitada, conectivo de 0.7 mm long, pistilo de 8 mm long, papiloso en la porción terminal, ramas estigmáticas de ca. 0.8 mm long, agudas y papilosas; aquenios alargados de color marrón, 5 mm long x 0.5 mm diam, y con escasísimas glándulas, papus purpurino, cerdas exteriores de 1-2 mm long, cerdas interiores de 5-6 mm long, estrigosas.

#### Material adicional examinado:

COLOMBIA, Departamento del Tolima, municipio de Cajamarca, corregimiento de Anaimé, Páramo de los Valles, 3640 m. "Arbolito de 2.50 m. alt, filarias blancas, flores rojizas. En turbera". Enero 15 de 1994, *B.L. Restrepo 189*(COL); id.id.id., La Cascada, hacia Santa Helena. 3670 m. En Turbera. Arbolito de 3 m. Filarias blancas, flores rojizas. Enero 19 de 1994 *B.L. Restrepo 263* (COL).

La nueva especie presenta su mayor afinidad con *Diplostephium eriophorum* Wedd; de la misma puede separarse fácilmente por el indumento apretado y de color dorado que contrasta en forma notable con el denso indumento lanuginoso y blanquecino que cubre las ramas y las filarias de la primera especie. En *D. chrysotrichum* los capítulos son algo menores y el número de las flores del disco es prácticamente del doble; otra diferencia la da la presencia de un lóbulo dorsal vestigial filiforme en las flores liguladas, característica que aparece en algunas especies del género ubicadas en otras series.

#### Bibliografía citada

- Cuatrecasas, J. 1969. Compositae Astereae en Prima Flora Colombia-na 3. *Webbia* 24(1): 168-173.
- \_\_\_\_\_. 1972. Miscellaneous notes on Neotropical flora, II. *Phytologia* 23(4): 350-365.

# NOVEDADES COLOMBIANAS EN EL GENERO *AEQUATORIUM* NORD. (ASTERACEAE, SENECEONEAE)

por

Santiago Díaz-Piedrahita\* & José Cuatrecasas\*\*

## Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & J. Cuatrecasas, Novedades colombianas en el género *Aequatorium* Nord. (Asteraceae, Senecioneae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 247-252, 1994.

Se proponen dos nuevas especies y una nueva variedad de *Aequatorium* Nord. *Ae. caucanum* Díaz & Cuatrec., es afín a *Ae. verrucosum* (Wedd.) Díaz & Cuatrec., pero se diferencia por la ausencia de las verrugas características, por presentar las filarias completamente glabras y por el número de filarias y de flores que componen cada capítulo. Igualmente se describe la variedad *abbreviatum* de la misma especie, distinguible por presentar tan solo cinco filarias y 11 -12 flores por capítulo en lugar de las 10 que presenta la colección típica. Igualmente se describe *Ae. sinuatifolium* Díaz & Cuatrec. especie afín a las anteriores pero caracterizada por presentar filarias glabras o casi glabras y por las hojas fuertemente sinuadas. Se presenta una clave actualizada para las especies y variedades colombianas

**Palabras claves:** *Aequatorium*, Senecioneae, Asteraceae. Sistemática, Colombia.

## Abstract

Two new species and a new variety of *Aequatorium* Nord. (Asteraceae, Senecioneae) from Colombia are described and illustrated. A key for the Colombian species and varieties are provided.

**Key words:** Asteraceae, Senecioneae, *Aequatorium*, Colombia, Systematics.

El género *Aequatorium* Nord. fue propuesto en 1978 con base en dos especies provenientes una de Ecuador y otra de Colombia. Los autores del presente trabajo hicieron en 1990 una primera revisión y presentaron una clave para diferenciar las especies hasta entonces conocidas. Con posterioridad han sido descritas o transferidas a este taxón nuevas especies provenientes de Ecuador y de los Andes Centrales, con lo cual el rango geográfico del género se ha ampliado a lo largo de la cordillera suramericana. En desarrollo de la revisión de la tribu Senecioneae para Colombia, y gracias a contar con

nuevas colecciones, el conocimiento del género se ha enriquecido a la vez que han aparecido algunas novedades que se describen e ilustran a continuación, acompañadas de claves que permiten discriminar entre las especies y variedades colombianas.

## Clave para las especies y variedades de *Aequatorium* de Colombia

- 1.- Involucro glabro o aparentemente glabro
- 2.- Calículo reducido a bractéolas menudas
- 3.- Hojas brevemente sinuadas
- 4.- Filarias 5 completamente glabras, bractéolas triangulares hasta de 1 mm long y con dorso densamente lanoso..... **Ae. caucanum**
- 4'.- Filarias 8 glabérrimas, bractéolas lineares o menudas de 1.5-2.5 mm long, .....**Ae. caucanum** var. **abbreviatum**

\* 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.

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

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

1'- Involucro con filarias lanudas en el dorso

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

5'- Lámina foliar mayor o más ancha.

6 - Lámina anchamente elíptica o suborbicular, obtusamente sinuada con aspecto poligonal, igual o poco más larga que ancha. Filarias densamente lanudas.....**Ae. polygonoides**

6'- Lámina foliar más del doble más larga que ancha, ovado lanceolada u ovado atenuada y aguda en el ápice, redondeada en la base, rara vez cordada, sub-íntegra o dentada. Ramas y ramillas con proyecciones verrugosas.....**Ae. verrucosum**

#### Clave sinóptica para las especies y variedades de *Aequatorium* de Colombia

1.- Cálculo formado por numerosas bractéolas imbricadas que cubren parcialmente el involucro.....

.....**Ae. latibracteolatum**

1' - Cálculo limitado a dos o tres bractéolas lineares o muy menudas.

2- Involucro glabro o aparentemente glabro.

3.- Filarias 5, glabras.....**Ae. caucanum**

3'- Filarias 8 glabérrimas

4.- Hojas levemente sinuadas, agudas, ovado-lanceoladas.....**Ae. caucanum**  
var. **abbreviatum**

4'- Hojas fuertemente sinuosas, obtusas, elípticas.....**Ae. sinuatifolium**

2'- Involucro densamente lanudo.

5- Lámina foliar igual o poco más larga que ancha, subredondeada o lati-elíptica con aspecto poligonal.....**Ae. polygonoides**

5'- Lámina foliar dos veces más larga que ancha.

6- Ramas y ramillas lisas. Hoja breve, el limbo elíptico, obtuso, que no excede 5 cm. de largo, margen lisa entera.....**Ae. albiflorum**

6'- Ramas y ramillas laxa o densamente cubiertas de verrugas. Hoja mayor, limbo ovado atenuado, agudo en el ápice, redondeado en la base, margen ligeramente sinuada..... **Ae. verrucosum**

**Aequatorium caucanum** Diaz & Cuatrecasas sp. nov. Fig. 1

Arbor 3-5 m alta. Rami juveniles angulati-sulcati adpresse tomentulosi pilis squamosis stellatis. Folia alterna vel subopposita petiolata coriacea. Lamina 8.3-11.8 x 3.6-4.9 cm. ovato lanceolata apice acuta basi rotundata, margine subtiliter sinuosa et repando minute mucronulato-dentata (dentibus 0.7-2 cm inter se distantibus), adaxialiter atroviridis glabra costa impressa sparsis pilis remanentibus nervis secundariis 8-12 utroque latere impressis reticulo venulorum prominulo; abaxialiter grisea et copiose ochraceo tomentosa pilis

stellatis vel dendroideis deciduis plus minusve densis obtecta, costa robusta prominenti, nervis secundariis prominentibus invurvato-ascendentibus prope marginem anastomosantibus.

Synflorescentia monotelica thyrsoida, 15 cm longa 20 cm ampla, pedunculo ramis pedicellique dense stellato-piloso tomentoso, bracteis proximalibus foliaceis 20 x 7 mm, supremis linearibus filiformibus 1-3 mm longis. Capitula 7-9 mm longa campanulata radiata, plerumque 10 flores ferentia; involucrum plerumque 8 phyllariis glabris vel paucissimis pilis stellulatis, exterioribus 5.8-6.2 x 1.5-2 mm anguste oblongis vel subobovatis, interioribus 5.5-6.2 x 1-2.8 mm oblongis late scarioso-marginatis. Calicium 1-3 bracteolis anguste triangularibus acutis pilosulis 1.5-2.5 x 0.6-0.8 mm. Flores radii feminei ligulati 5; corolla alba glabra crassiuscula, 7.5-9 mm longa, tubulo 3.8-4.2 mm longo rectiusculo basim leviter dilatato, lamina elliptico-oblonga 1-1.7 mm lata apice tri-dentata; stylus 5.7-6.2 mm longus ramis contortis 1-2 mm longis apice obtuse truncato; ovarium oblongum 1.5-2 mm, glabrum; pappus 5.0-5 mm longus setis hyalinis acutis strigosis. Flores disci plerumque 5, rarissime 6, in capitulo; corolla actinomorpha alba 6-6.8 mm longa, tubulo 2.5-3.5 mm longo leviter ad basim ampliata, limbo dilatato profunde in quinque lobos lineares recurvatos distaliter papillosos 2-2.5 x 0.4-0.5 mm longos fisso; antherae 2 mm longae appendice apicali oblonga 0.3 mm, basi sagittatae; stylus 3.8-4 mm longus ramis 1 mm incurvatis apice obtuse truncato; ovarium glabrum 1.5-1.8 mm longum; pappus 5 mm, setis albis strigosis apice acutis basi coalitis.

**Typus:** COLOMBIA, Cauca: Macizo Central Colombiano, Páramo de las Papas, El Boquerón, 3200-3510 m, 7-27 Sep 1958, *J. Idrobo, P. Pinto & H. Bichler 3221*, (Holotypus COL. 75541)

Arboles de 3-5 m alt. Ramas jóvenes angulado-sulcadas, cubiertas por pelos adpresos escamoso-estrellados. Hojas alternas o sub-opuestas, pecioladas, coriáceas; pecíolos de 2-3.4 cm long. adaxialmente planos, sulcados y cubiertos por pelos escamoso-estrellados. Lámina foliar de 8.3-11.8 cm long. x 3.6-4.9 cm lat., ovado-lanceolada, aguda en el ápice, base redondeada, margen ligeramente sinuoso y con dientes mucroniformes espaciados 0.7-2 cm, haz verde opaca, glabra, con el nervio medio impreso y con restos de pelos estrellado-dendroideos, nervios secundarios 8-12 por lado, impresos, retículo prominulo; envés grisáceo y cubierto total o parcialmente por pelos estrellados ocráceos caducos, nervio medio robusto y prominente, nervios secundarios prominentes, incurvados y ascendentes y anastomosados cerca de la margen.

Sinflorescencia monotélica tirsoidea pluricéfala de 15 cm. alt x 20 cm lat, pedúnculos y pedicelos densamente cubiertos de indumento lanoso-estrellado, brácteas subtendentes foliáceas, de 20 mm long x 7 mm lat, las superiores lineares y filiformes de 1-3 mm. long. Capítulos de 7-9 mm alt, acampanados, radiados, generalmente con 10 flores; involucro formado generalmente por 8 filarias, las exteriores de 5.8-6.2 mm long. x 1.5-2.0 mm lat, angosto-oblongas o angosto-obovadas, dorsal-

mente con escasísimos pelos estrellado-dendroides o glabras, apicalmente cilioladas, las interiores 5.5-6.2 mm. long. x 1.0-2.8 mm lat, oblongas y con margen membranacea dorsalmente glabras y con escasos pelos en el ápice. Calículo formado por 1-3 bractéolas angosto triangulares, agudas y pilósulas de 1.5-2.5 mm. long. x 0.6-0.8 mm lat, flores radiales femeninas liguladas 5, corola blanca, glabra, crasiúscula 7.5-9.0 mm. long. porción tubular de 3.8-4.2 mm. long., ligeramente ensanchada en la base y recta, lámina elíptica de 1.0-1.7 mm. lat. ápice tridentado y recurvado, estilo de 5.7-6.2 mm long. ramas estilares incurvadas de 1.2 mm long. Ovario glabro, oblongo 1.5-2.0 mm long, papus de 5.0-5.5 mm long, setas agudas, hialinas y estrigosas. Flores del disco 5 (excepcionalmente 6) por capítulo, corola blanca, actinomorfa de 6.0-6.8 mm long, porción tubular de 2.5-3.5 mm long, ligeramente ensanchada en la base, limbo dilatado y profundamente 5 lobulado, lóbulos de 2.0-2.5 mm long x 0.4-0.5 mm lat, recurvados y con el ápice algo papiloso, filamentos glabros, anteras de ca. 2 mm long. con apéndice apical oblongo de 0.3 mm long.

y base sagitada; estilo de 3.8-4.0 mm long, ramas estilares de 1 mm long, incurvadas, ovario glabro 1.5-1.8 mm long, papus de ca 5 mm. long. setas blanquecinas, estrigosas y unidas en la base.

Las especies de *Aequatorium* muestran una notable variabilidad individual. *Ae. caucanum* no escapa a esta característica y presenta una variedad tipificada por poseer tan solo cinco filarias por capítulo y ser estas totalmente glabras, a la vez que por presentar 11-12 flores por capítulo en lugar del típico número de 10 que caracteriza la colección típica.

***Aequatorium caucanum* var. *abbreviatum* Díaz & Cuatrecasas var. nov. Fig. 2**

A typo ob 5 phyllaria glaberrima et 11 - 12 flores disci in capitulo praesertim differt.

Arbolitos de 3-4 m alt, ramas juveniles angulado-sulcadas y cubiertas por pelos adpresos escamoso-estrellados. Hojas alternas o subopuestas, pecioladas, coriáceas,

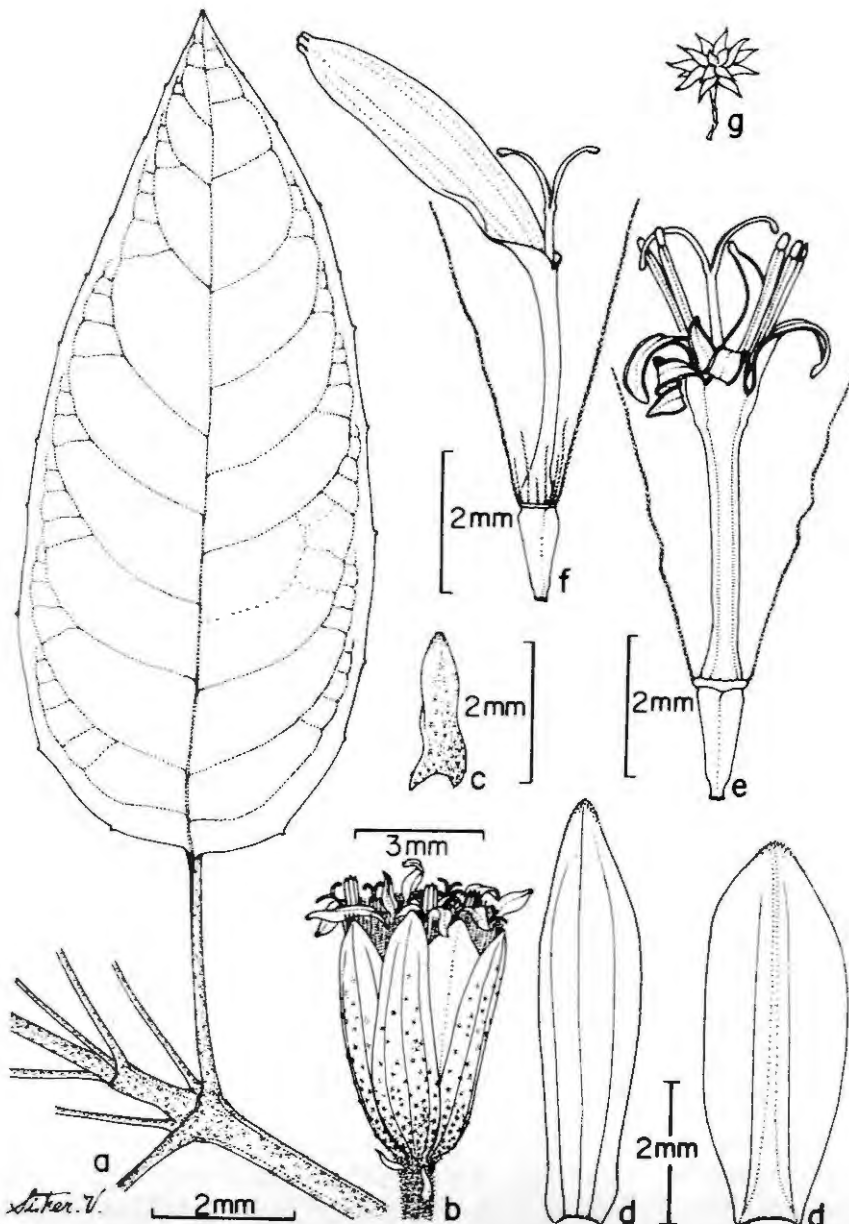


Figura 1: *Aequatorium caucanum* Díaz & Cuatrecasas. a. hábito; b. capítulo; c. bráctea del cálculo; d. filarias externa e interna; e. flor hermafrodita; f. flor femenina; g. detalle de un pelo estrellado-dendroide. Ilustración de Silvio Fernández V.

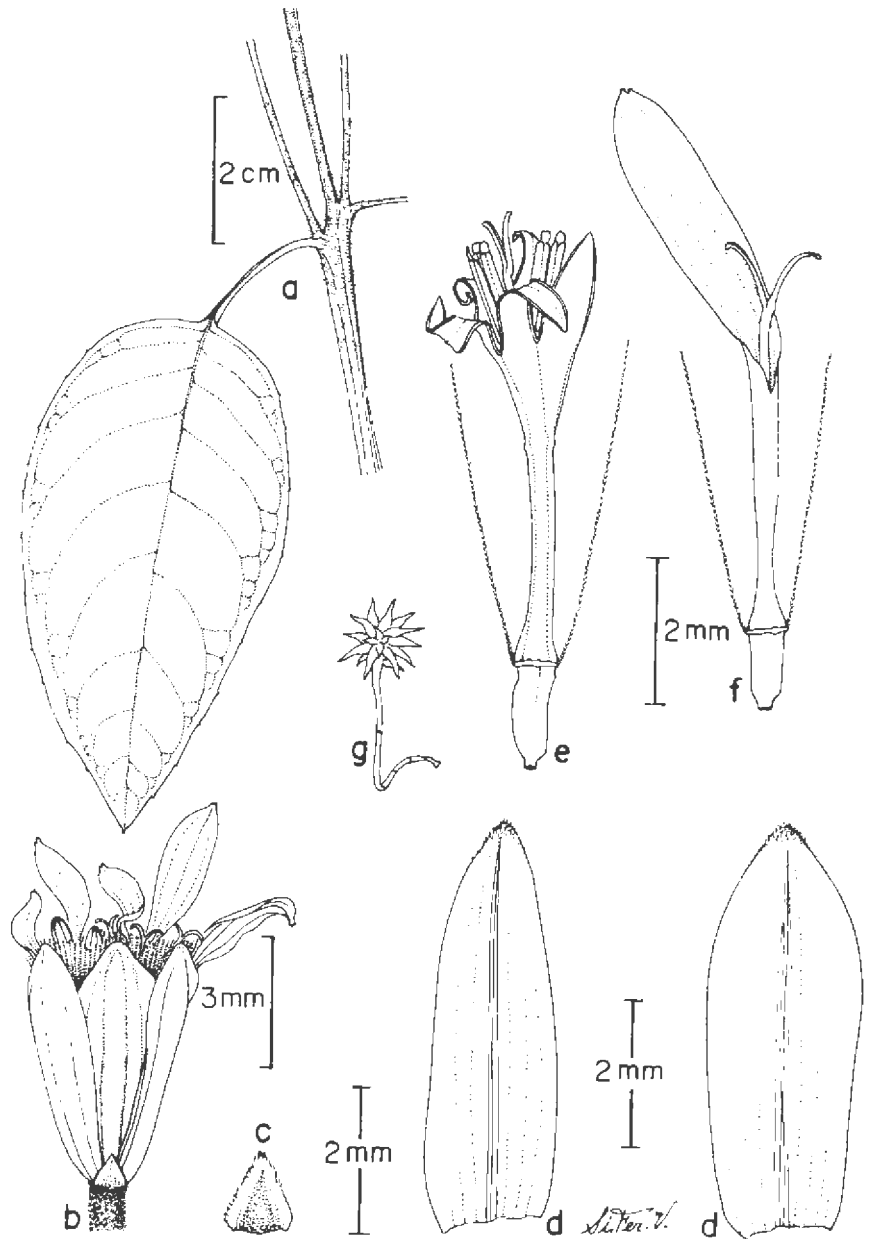


Figura 2: *Aequatorium caucanum* var. *abbreviatum* Díaz & Cuatrecasas.  
 a. detalle de una hoja; b. capítulo;  
 c. bráctea del cálculo; d. filarias externa e interna; e. flor hermafrodita; f. flor femenina;  
 g. detalle de un pelo estrellado-dendroide.  
 Ilustración de Silvio Fernández V.

pecíolos de 1-2 cm long. adaxialmente planos y sulcados, densamente cubiertos de indumento escamoso-estrellado. Lámina foliar de 5-7 cm long x 2.7-3.5 cm lat, ovado-lanceolada, aguda en el ápice y con la base redondeada, margen con dientes mucroniformes diminutos, espaciados entre sí 3-9 mm. haz glabra, nervio medio impreso y con restos de pelos estrellado-dendroideos ocráceos, nervios secundarios 8-12 por lado, impresos, retículo prominulo, envés ocráceo y densamente cubierto de pelos estrellado-dendroideos desprendibles, nervio medio robusto y prominente, nervios secundarios prominentes, incurvados ascendentes y anastomosados cerca de la margen.

Sinflorescencias terminales monotélico-tirsoideas pluricéfalas de 13 cm. alt x 15 cm lat. pedúnculos y pedicelos densamente cubiertos de indumento estrellado-dendroideo ferrugíneo. brácteas subtendentes foliáceas de 1.0-6.0 cm long x 0.5-2.0 cm lat, las superiores lineares o filiformes de 2-6 mm. long. Capítulos de 6-7 mm alt. ligeramente acanpanados, radiados y con 10-12 flores: involucreo formado por 5 filarias, las exte-

riores de 5.4-6.5 mm long. x 1.4-2.0 mm lat, angostolanceoladas, agudas, glabras y con el ápice ciliolado, las interiores de 5.2-6.0 mm long. x 2.1-2.6 mm lat, oblanceoladas, apicalmente cilioladas y con la margen membranacea; cálculo formado por numerosas bractéolas triangulares de 0.6-1.0 mm long. x 0.5-1.2 mm lat. dorsalmente con abundante indumento estrellado-dendroideo. Flores radiales femeninas liguladas 5, corola blanquecina, glabra, crasiúscula de 7-8 mm long, porción tubular de 2.8-4.0 mm long, ensanchada en la base. lámina angosto elíptica o angosto obovada de 0.8-1.6 mm lat, con uno o dos dientes apicales, estilo de 3.8-4.0 mm long, ramas estigmáticas incurvadas de 1 mm long, ovario glabro, oblongo, 1.3-1.8 mm long, papus de 4.0-4.5 mm long, setas hialinas, estrigosas y unidas por la base. Flores del disco 6-7 por capítulo, corola blanca, actinomorfa de 5.0-6.2 mm alt, tubo ensanchado en la base y de 2.0-3.5 mm long, limbo dilatado y profundamente 5 lobulado. lóbulos de 2 mm long x 0.4-0.6 mm lat, recurvados y con el ápice ligeramente papiloso, anteras de ca. 2 mm. long, apéndice apical oblongo, base

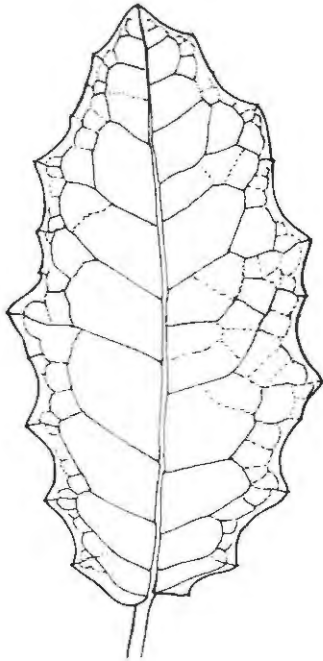


Figura 3: *Aequatorium sinuatifolium* Díaz & Cuatrecasas. Perfil foliar.

sagitada, estilo de ca. 6 mm. long, ramas estilares de 0.8-1.0 mm long, incurvadas, ovario glabro de 1.5-1.8 mm. long, setas del papus de ca. 5 mm. long. estrigosas y unidas por la base.

**Typus:** COLOMBIA, Cauca, Volcán Puracé, alrededores de la Laguna San Rafael, 3340 m. 6 Ene 1972, A:M: Cleef & A. Fernández 526. (Holotypus COL No.219517).

***Aequatorium sinuatifolium* Díaz & Cuatrecasas.**  
Fig. 3

Arbor 7 - 8 m alta. Rami juveniles angulati - sulcati adpresse tomentulosi pilis squamosis stellatis cinnamomeis. Folia alterna petiolata coriacea. Petiolus 0.7 - 2.4 cm longus adaxiale planus reliquus angulatus adpresso piloso squamatus. Lamina 4.7 - 1.6 x 2.5 - 8.3 cm elíptica apice obtusa basi cuneata vel truncata inaequalia, margine fortiter sinuata minuteque mucronulato dentata, adaxialiter atroviridis glabra costa impressa nervis secundariis 7 - 9 utroque latere impressis reticulo venulorum prominulo; abaxialiter grisea et copiose ochraceo tomentosa pilis stellatis vel dendroideis deciduis plus minusve densis obtecta, costa valde eminenti robusta, nervis secundariis prominentibus incurvato ascendentibus prope margine anastomosantibus, nervis tertiis transversis et minoribus laxissime reticulatis fere inconspicuis.

Sinflorescentia monotelica corymbiforme thyrsoida dense capitulata 7 - 10 x 12 cm. Pedunculus 2 - 3 cm longus rectus ebracteatus pedicellis 4 - 6 mm dense stellato lanatae. Capitula 7 mm longa campanulata radiata plerumque 10 flores ferentia; involucrem plerumque 8 phyllariis glabris vel paucissimis pilis stellatis, exterioribus 4 - 4.8 x 1.4 - 1.5 mm angusto ovatis dorsaliter subglabris, interioribus 4.4 - 4.7 x 1.4 - 1.8 mm anguste - ellipticis marginibus membranaceis scariosis, dorso breviter stellato pilosis deinde glabris.

Caliculum 2 - 3 bracteolis anguste - triangularibus acutis pilosulis 1 - 0.5 mm. Flores radii feminei ligulati 4 - 5; corolla alba glabra crassiuscula 8.5 - 9 mm longa, tubulo 4 - 4.3 mm longo rectiusculo basim leviter dilatato lamina elliptica 1.3 - 1.5 mm lata apice tridentata recurvata; stylus circa 6 mm longus ramis recurvatis ad 1 mm longis apice obtuse truncato; ovarium oblongum glabrum mm longum. Pappus setis mm acutis hyalinis minute sparseque adpresse strigosis basi coalitis. Flores disci hermaphroditi 5 - 6 in capitulo. Corolla actinomorpha alba 6 - 7 mm longa tubulo 4 - 4.3 mm longo leviter ad basim ampliata, limbo dilatato profunde in quinque lobos lineares recurvatos distaliter papillosos 1.8 - 2.6 x 0.5 mm longos fissos; antherae 2 mm longae appendice apicali oblongi 0.3 mm basi breviter sagittatae; collum antheriferum longum cylindricum a filamento leniter crassius. Stylus 4 mm longus ramis incurvatis apice obtuse truncato; ovarium glabrum oblongum mm longum; setis papporum albis strigosos acutis 0.8 mm longis basi coalitis.

**Typus:** COLOMBIA, Departamento del Quindío, municipio de Salento, arriba de Guayaquil, 3680 m. "Arbol 8 m alt. envés blanco ferruginoso o rojizo, flores amarillas." 10 Enero 1994, William G. Vargas 1335 (Holotypus COL).

Ramas jóvenes castaño claro casi gris angulado-sulcadas, cubiertas por pelos adpresos escamoso-estrelados cinamómicos. Hojas alternas, pecioladas, coriáceas; pecíolos de 0.7-2.4 cm. long. adaxialmente planos, sulcados y cubiertos de pelos escamoso-estrelados. Lámina foliar de 4.7-16 cm. long x 2.5-8.3 cm lat, elíptica, ápice obtuso, base cuneada a truncada y desigual. Margen fuertemente sinuoso (y con dientes mucroniformes espaciados) y dentado-mucroniforme. Haz verde opaca glabra con el nervio medio impreso, nervios secundarios 7-9 por lado, impresos, y retículo prominulo, envés ocráceo cubierto por pelos estrellado-dendroides. Nervio medio robusto y prominente. Nervios secundarios incurvados, ascendentes, anastomosados cerca del borde y rematados en un mucrón marginal. Sinflorescencia monotélica, tirsoideo-corimbiforme, pluricéfala, de 7-10 cm alt por 12 cm. lat. pedúnculos de 2-3 cm. pedicelos 4-6 mm., densamente cubiertos de indumento estrellado-lanoso, capítulos de ca. 7 mm alt, acampanados, radiados, generalmente con 10 flores, involucro formado por 8 filarias, las exteriores de 4-4.8 mm. long. x 1.4-1.5 mm lat, angosto-ovadas, dorsalmente subglabras, con escasos pelos estrellado-dendroides, las interiores de 4.4-4.7 mm long x 1.4 - 1.8 mm lat. angosto - elípticas y con margen membranacea, dorsalmente con escasos pelos en el centro y hacia el ápice, cálculo formado por 2 - 3 bractéolas angosto-trianguulares, agudas, y pilósulas, de 1 mm long x 0.5 mm lat; flores radiales femeninas liguladas 4 - 5 por capítulo, corola blanca, glabra, crasiúsula, 8.5 - 9 mm long, porción tubular 4 - 4.3 mm long, ligeramente ensanchada en la base y recta; lámina elíptica de 1.3 - 1.5 mm. lat, ápice tridentado y recurvado; estilo ca. 6 mm long, ramas estilares incurvadas de 1 mm long, ovario glabro, oblongo 2 - 3 mm. long, papus 7 mm long, setas agudas, hialinas y estrigosas, flores del disco 5 - 6 por capítulo, corola blanca, actinomorfa, de 6 - 7 mm. long. porción tubular

4 - 4.3 mm long, ligeramente ensanchada en la base, limbo dilatado y profundamente 5 lobulado, lóbulos de 1,8 - 2,6 mm long. x 0.4 - 0.5 mm lat. recurvados y con el ápice papiloso. Filamentos glabros, porción libre de 1,5 mm. long., anteras de ca. 2 mm long, con apéndice apical oblongo y de ca. 0,3 mm long, base ligeramente sagitada, collar anterífero algo más grueso que el filamento y de 0.8 mm long; estilo ca. 4 mm. long., ramas estilares incurvadas, ovario glabro 2 - 3 mm. long, papus de ca. 6 - 7 mm. long, setas blanquecinas estrigosas unidas en la base.

#### Material adicional examinado

COLOMBIA, Departamento del Quindío, Municipio de Salento, camino al páramo de Frontino, 3280 m,

junio 21 de 1994, *William G. Vargas 1643* (COL), Departamento del Tolima, municipio de Santa Isabel, camino a La Ermita, La Estrella, 3600 - 3400 m, 14 Feb. 1980. *S. Díaz et al. 2124* (COL).

#### Referencias

- Díaz, S. & J. Cuatrecasas 1990. El género *Aequatorium* Nord. (Senecioneae - Asteraceae) en Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 17(67): 659-666.
- Nordenstam, B. 1978. Taxonomic studies in the tribe Senecioneae (Compositae). *Opera Botanica* 44: 1-83.

# NUEVAS ESPECIES COLOMBIANAS DE *PENTACALIA* (ASTERACEAE, SENECEONEAE)

por

Santiago Díaz Piedrahita\* & José Cuatrecasas\*\*

## Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & J. Cuatrecasas: Adiciones al género *Pentacalia* (Senecioneae, Asteraceae) en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 253-257, 1994.

Se describen e ilustran tres nuevas e interesantes especies de *Pentacalia*. Estas (*P. velezii*, *P. hamennii* y *P. iguaquensis*) se comparan con las especies afines.

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

## Abstract

Three new species of *Pentacalia* (Asteraceae, Senecioneae) from Colombia are described and illustrated. The new taxa (*P. velezii*, *P. hamennii* and *P. iguaquensis*) are compared with their closest relatives.

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

En desarrollo de la revisión de las senecionéas de Colombia, y en particular de la del género *Pentacalia*, se han encontrado varias novedades que se describen e ilustran a continuación.

*Pentacalia velezii* Díaz & Cuatrecasas sp. nov.  
Fig. 1, 2.

Fruticulus scandens ad 6 m longus ramis floriferis decumbentibus. Caules graciles ad 4 mm diam striati glabri nitidi cicatricosi. Rami juveniles albo-lanuginosi postremo glabrescentes. Folia alterna crassiuscula, in sicco papyracea, glabra discolora; petiolus 2-7 mm longus adaxiale rotundatus laevis, abaxiale canaliculatus, ad basim incrassatus; lamina ovata apice acuto rostrato basi rotundata margine integra, adaxialiter glabra, nervo medio impresso vel tenuiter prominulo, abaxialiter costa prominenti, 3-4 nervis lateralibus ascendentibus prominulis.

Synflorescentiae terminales, paucicephalae corymbiformes, 4-8 cm longae 7-18 capitula ferentes, pedunculis 1-6 cm longis striatis pilosulis; pediceli pilosiusculi; bractee subtendentes folia similes sed sursum gradatim minores. Capitula radiata involucri campanulato 7 mm alto, 8 phyllariis viridibus plus minusve rubro maculatis. Phyllaria exteriora 3 anguste lanceolata acuta glabra ad apicem ciliolata 7-7.8 x 1.6-2 mm. Phyllaria interiora 5 lanceolata apice acuta 7-8 x 2.3-4 mm glabra margine membranacea. Flores radii feminei 8 ligulati; corolla alba, demum rosea rubra vel purpurea; tubulo 3.5-4 mm longo glabro; lamina 5.8-6 x 1-1.3 mm oblongo-elliptica apice 3-dentata, interdum 2 denticulis lateralibus brevioribus, 0.8 mm; stylus 7 mm ramis stigmaticis arcuatis vel contortis apice obtuso 1.6 mm; ovarium 2.3 mm altum oblongum glabrum truncatum; pappus 7 mm longus albescens. Flores disci hermaphroditi 24 in capitulo; corolla alba deinde rosea, rubra vel purpurea, tubulosa 6-7 mm longa; tubulo 2.5-3.5 mm basi ampliato, glabro; limbo campanulato 3.5-4.6 mm longo glabro; lobulis anguste triangularibus ad apicem incrassatis papilloisque 1.5 long x 0.5 mm latis ad basim; stylus 6.5 mm long ramis stigmaticis contortis 1.4 mm longis apice truncatis papilloso-pilosis; ovarium 2 mm glabrum; pappus 6 mm longus setis liberis uniseriatis strigosus.

\* 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 velezii* Díaz & Cuatrec. Aspecto de la planta en vivo; nótese el cambio en el color de las flores de acuerdo con la edad de las mismas.

**Typus:** COLOMBIA, QUINDIO:, municipio de Salento. Reserva Natural Navarco, borde de camino, 2800 m, 12-diciembre-1993, *Cristina Vélez & J. Ocampo 3649*, holotypus COL; istotypus US, HUQ.

Planta bejucosa hasta de 6 m con ramas decumbentes, tallos graciles hasta de 4 mm diam, estriados, glabros, lustrosos en seco y con cicatrices gruesas dejadas por las hojas desprendidas; ramas juveniles con indumento blanquecino lanuginoso caduco; hojas alternas, crasiusculas, papiáceas en seco, glabras, discóloras, peciolo generalmente desarrollados sobre un escutelo engrosado, dorsalmente acanalados, ventralmente cilíndricos, 2-7 mm long, lámina ovada, 3.0-5.0 cm long x 1.0-2.5 cm lat, ápice agudo, rostrado, base redondeada, margen entera, haz glabra y con el nervio medio impreso, a veces tenuemente prominulo, envés con nervio medio prominente y 3-4 nervios laterales ascendentes prominulos.

Sinflorescencias terminales paucicétalas corimbiformes de 4-8 cm alt, con 7-18 capítulos; pedúnculos de 1-6 cm long, estriados, pilósulos, pedicelos pilosos, brácteas subtendentes similares a las hojas pero decrecientes hacia el ápice. Capítulos radiados involucro acampanado de 7 mm alt, formado por 8 filarias en vivo verdes en tono rojizo, calículo ausente o representado por una bracteola linear lanceolada de 1.8-2.0 mm long x 0.5 mm lat, filarias exteriores 3, angosto lanceoladas, agudas, glabras o cilioladas en el ápice, 7.0-7.8 mm long, x 1.6-2.0 mm lat, las interiores 5, lanceoladas, agudas en el ápice 7.0-8.0 mm long, x 2.3-4.0 mm lat, glabras y con margen membranacea, flores exteriores femeninas liguladas 8 blancas y que al madurar pasan a rosado rojo y púrpura, porción tubular de 3.5-4.0 mm, long, ensanchada en la base, limbo de 5.8-6.0 mm long, x 1.0-1.3 mm lat con 3 dientes apicales engrosados, a veces con dos lóbulos adicionales incipientes de ca 0.8 mm long, estilo de 7.0 mm long, ramas estigmáticas enrolladas de 1.6 mm long, y con ápice obtuso, flosculos centrales 24, hermafroditas, blancas y que pasan a rosado, rojo y púrpura al madurar, porción tubular de 3.0-3.8 mm, long, ensanchada en la base, limbo acampanado de 3.5-4.6 mm long, lóbulos engrosados y papilosos de 1.5

mm long x 0.6 mm lat, estilo de 6.5 mm long, ramas estigmáticas enrolladas de 1.4 mm long, truncadas y con cilios apicales. Ovario de las flores femeninas truncado, aristado 2.3 mm alt, glabro papus de 7 mm, blanquecino; ovario de los flósculos hermafroditas de 2 mm alt, glabro papus de 6 mm long, pelos uniserrados estrigosos libres en la base.

#### Material adicional examinado

CALDAS: Villamaría, Playa Larga, 2950 m. 12 Abril 1992, *William Vargas 484* (COL); Villamaría, 2800 m *William Vargas 1162* (COL); QUINDIO: municipio de Salento, Reserva Forestal de Navarco 2850 m 18 Abr. 1989, *G. Arbeláez, C. Vélez, N. Carvajal & J. Uribe 2911* (COL); TOLIMA: municipio de Roncesvalles, hacia el páramo de Yerbabunea, Hda. Berlin, 2900 m. 11 Nov. 1980, *Luis A. Camargo 7535* (COL).

Etimología: Especie dedicada a la doctora **Cristina Vélez Nauer**, destacada sinantróloga colombiana y colectora de la colección típica.

Esta especie perteneciente al subgénero *Pentacalia*, muestra su mayor afinidad con *Pentacalia ullucosana* Hieron. tan solo conocida por la colección típica y proveniente del departamento del Cauca y con *P. scortifolia* de la Sierra Nevada de Santa Marta. De las mismas puede separarse facilmente por una característica única, como es la de presentar flores blancas que pasan a rosado, rojo y púrpura en la medida de su desarrollo, como puede observarse en la figura 2.

***Pentacalia iguazuensis*** Diaz & Cuatrecasas sp. nov.

Frutex erectus 1-5 m alt. Rami terminales pseudo dichotomi dense adpresseque ochraceo-tomentosi et conferte foliosi. Folia alterna sessilia pseudopetiolata rigida (in sicco), adaxiale glabra laevia; lamina oblongo-oblancoolata apice obtuso mucronato, margine leviter revoluta, basi cuneata subite in vaginam amplectentem semicingentem, ad 2 mm altam 3 mm latam dilatata; adaxialiter laevis nervio medio impresso, abaxialiter costa prominenti venulis inconspicuis, superficie tota dense apresseque sublanato ochraceo tomentosa.

Synflorescenciae terminales corymbiforme paniculatae 25-30 cm altae, 8 capitula ferentes; pedunculi pedicelique breves, 4-7 mm longi dense tomentosa.

Capitula discoidea campanulata ca. 1 cm alta 0.7-0.8 cm diam. Phyllaria 13 firma herbacea dorsaliter, albo villosa, exteiora 5 ovata acuta, 6-2-7 x 1.8-2 mm, interiora 8 subovata acuta 6.5-7 x 2-3 mm, 1 mm membranacei-marginata. Caliculus 9-10 bracteolis lineari-lanceolatis acutis 10-12 mm long 0.8-1.2 mm lat., dorsaliter albo-villosus.

Flores omnes hermiphroditae ca. 32 in capitulo; corolla lutea 5.3-6 mm long, tubulo 2-3 mm longo, limbo tubuloso, lobulis 5 oblongo-triangularibus obtusis papillosisque 1-1.2 x 0.6-0.7 mm; antherae 3 mm basi sagittatae caudiculis acutissimis 0.7 mm longis, appendice apicali acuti 0.6 mm longi; stylus 7.5 mm

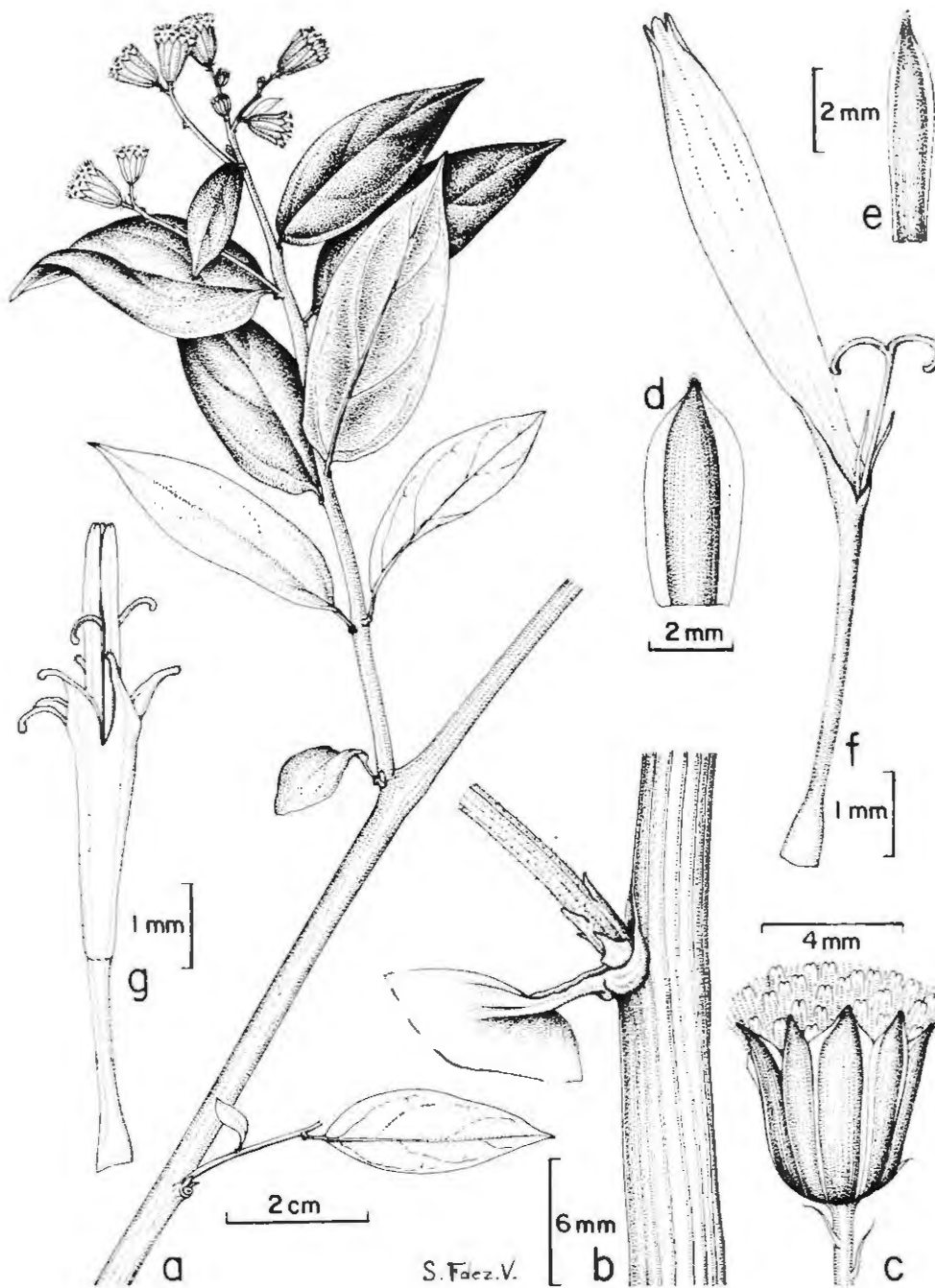


Figura 2. *Pentacalia velezi* Díaz & Cuatrec. a. hábito; b. detalle del tallo, nótese la base del pecíolo; c. capitulo; d. filaria interna; e. filaria exterior; f. flor femenina; g. flor hemafrodita. Ilustración elaborada por Silvio Fernández.

ramis arquatis apicibus truncatis; ovarium oblongum glabrum 1.2-1.4 m longum, pappus albidus setis uniseriatis acutis strigosis 5-6 mm longis.

**Typus:** COLOMBIA, BOYACA: municipio de Villa de Leyva, Reserva Natural de Iguaque, cerca de la Laguna, 3400-3600 m. Arbusto 50 cm alt. follaje verde opaco en el envés con tomento seríceo ocráceo. Matorrales de *Arcytophyllum nitidum* con *Calamagrostis effusa*. Abundante, 27 Mar 1993. Orlando Rangel & estudiante de campo 9804. Holotypus COL.

Arbusto ramoso pequeño de 1-1.50 m. alt ramificado pseudo dicatómicamente. Ramas densamente foliosas, cubiertas de indumento lanoso denso y aplicado de color amarillo pálido. Hojas alternas, sésiles, pseudopecioladas, rígidas en seco glabras por la hoz (en vivo verde opacas, en seco café oscuro semi-lustroso),

envés desamente cubierto de tomento lanoso aplicado (seríceo en vivo, en seco amarillo pálido), lámina oblanceolada de 2-2.5 cm long x 0.3-0.6 mm lat. margen levemente revoluta, ápice obtuso, mucronado, base cuneada súbitamente ensanchada en una vaina amplectante semicircular de 2 mm alt x 3 mm lat. dorsalmente glabra, ventralmente con un mechón de pelos lanosos similares a los que cubren las ramas y ramillas; nervio medio impreso por la haz, prominente por el envés, nervios secundarios inconspicuos.

Sinflorescencias terminales paniculado-corimboformes de 2.5 x 3.0 cm alt. formadas por ca. 8 capítulos; pedúnculos y pedicelos cortos de 4-7 mm long. densamente tomentosos. Capítulos discoideos, campanulados de ca. 1 cm alt x 0.7-0.8 cm. diam. filarias 13, las exteriores 5, ovadas, agudas, herbáceas, dorsalmente albovillosas y de 6.2-7.0 x 1.8-2.0 mm, las interiores 8, ovado-

agudas y de 6.5-7.0 x 2.0-3.0 mm, lateralmente con margen de 1 mm lat. Calículo formado por 9-10 bractéolas linear lanceoladas agudas, de 10-12 mm long. x 0.8-1.2 mm lat. dorsalmente albo-villosas.

Flores todas hermafroditas, ca. 32 por capítulo, corola amarilla de 5.3-6.0 mm long. tubo de 2-3 mm long. limbo tubuloso, lóbulos 5, triangulares de 1.0-1.2 x 0.6-0.7 mm obtusos, papilosos; anteras de 3 mm long. base sagitada, caudículas agudísimas de 0.7 mm long. apéndice apical agudo de ca. 0.6 mm porción libre de los filamentos de ca. 1 mm long. Estilo de 7.5 mm long. ramas estilares aruqueadas y con el ápice truncado. Ovario oblongo, glabro, de 1.2-1.4 mm long. papus blanquecino, setas uniserradas, agudas y estrangosas de 5-6 mm long.

Esta especie pertenece al subgénero *Microchaete*, y muestra su mayor afinidad con *Pentacalia pulchella* (HBK.) Cuatr. De la misma se separa por los tallos

lanosos, la consistencia de las hojas, la haz nítida, y el tipo de indumento del envés. De *P. andicola* (Turcz.) Cuatr. se diferencia por presentar la margen foliar entera.

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

Fig. 3

Fruticulus 30 cm altus valde ramoso-foliatus, ramis tortuosis, juvenilibus et floriferis erectis angulatis viridibus, sparse albo-arachnoideo-pubescentibus.

Folia herbacea firma viridia sessilia obovato-oblonga distale maxima latitudine (1.5-2.5 cm x 4-8 mm) hasim versus gradatim angustata-proximale circa 1.5 mm lata basi subamplectentia; utrinque viridia valde minuteque regulosa, plus minuve albo-pilosa induta pilis adpressis visu araneosis plus minus deciduis.

Sylorescentiae terminales pauciflorae 1-6 capitula pedunculata ferentes. Pedunculi albido-pubescentes 0.5-1.5 cm longi 1-3 bracteis lineari-lanceolatis acutis.

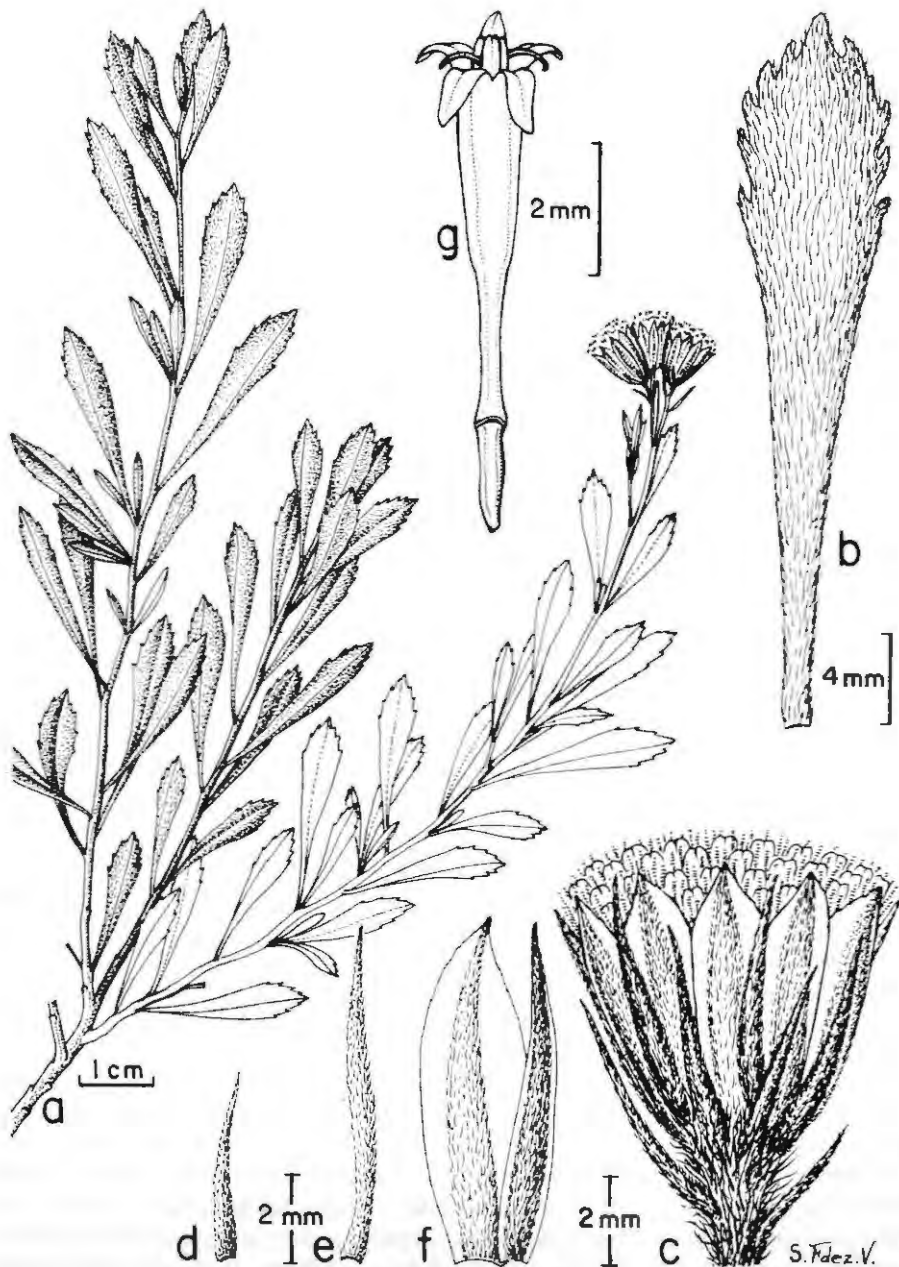


Figura 3. *Pentacalia hammenii* Díaz & Cuatrec. a. hábito; b. hoja; c. capítulo; d-e. bráctees del calículo; f. filarias interna y externa; g. flor. Ilustración elaborada por Silvio Fernández.

4-6 mm longis. Calyculus 4-5 bracteolis angustis acutis 3-4.5 mm tenuiter araneosis.

Capitula discoidea circa 10 mm alta 65-70 flores ferentia. Involucrum subcampanulatum 12-13 phyllariis, 6-7 interioribus ellipticis 8 mm longis 2.5-3.5 mm latis dorso crassiusculo herbaceo viridi et araneoso marginibus late scariosis, exterioribus oblongis viridibus araneosis 8 mm altis 1.5-2 mm latis. Flores omnes hermaphroditi; corolla tubulosa lutea glabra ca. 6.2 mm longa, tubo 2 mm longo, limbo tubuloso lobis triangulari-oblongis 1 mm longis 0.5 mm ad basim latis, apice parce papillois; antherae pallidae 1.8 mm longae basi acute sagittatae; collum crasse lageniforme 0.2 mm long, filamento tenue flexuoso 1-1.2 mm longo; stylus robustus maturitate exertus 2 ramis contortis 1.5 mm longis cum apice truncato papilloso-pencillato; ovarium oblongum 5-nervatum 1.2 mm longum; pappus albus 5 mm longus setis strigulosis fragilibus.

**Typus:** COLOMBIA, MAGDALENA: Sierra Nevada de Santa Marta, Valle río Donachuy, camino Corisa-Lago Naboba valle glaciario, 4200-4300 m alt, 17 Oct 1958, *Th. van der Hammen 1197*. Holotypus, COL, isotypus US.

Planta fruticosa de ca. 30 cm alt., ramosa, foliácea, ramas tortuosas, las floríferas rectas, verdes, angulosas y cubiertas de indumento aracnóideo blanco. Hojas sésiles, subabrazadoras, verdes, herbáceas; lámina ovado-oblonga de 1.6 - 2.5 cm long x 0.4 - 0.8 cm lat; haz foliar glabra o casi glabra, rugulosa, envés densamente

albo-lanoso, pelos adpresos unicelulares más o menos desiguales.

Sinflorescencias terminales paucifloras formadas por 1 - 6 capítulos pedunculados, pedúnculos bracteados albobescentes de 0.5 - 1.5 cm long, brácteas amplexantes 1 - 3 linear lanceoladas, agudas 3 - 4.5 mm long, ligeramente cubiertas de indumento aracnóideo. Capítulos discóideos de ca. 10 mm alt; involucro subcampanulado formado por 12 - 13 filarias, las exteriores 5 - 6, oblongas, verdes, dorsalmente cubiertas de indumento aracnóideo, 7 - 8 mm alt x 1.5 - 2 mm lat, las interiores 6 - 7, escariosas, elípticas 7 - 8 mm long x 2.5 - 3.5 mm lat, herbáceas, engrosadas hacia el centro y con la margen escariosa. Flores 65 - 70, todas hermafroditas, corola tubulosa amarilla, glabra, ca. 6.2 mm long, porción tubular de ca. 2 mm long, limbo tubuloso, lóbulos oblongo - triangulares de 0.7 - 1 mm long x 0.5 mm lat, levemente papilosos en el ápice, anteras amarillo pálido, 1.8 mm long, base aguda, sagitada

Etimología: especie dedicada al Dr. **Thomas van der Hammen**, notable estudioso de las altas montañas tropicales y colector de la especie.

Esta especie perteneciente al subgénero *Microchaete*; por su hábito y por sus características, recuerda a primera vista a *Pentacalia perijaensis* (Cuatr.) Cuatr., de la que se separa fácilmente por poseer capítulos discóideos.

# PRIMEROS REGISTROS DE *CLOSTERIUM* (DESMIDIACEAE, ZYGOPHYCEAE) EN LAGOS DE LA ORILLA COLOMBIANA DEL RIO AMAZONAS

por

Santiago R. Duque \* & John Ch. Donato \*\*

## Resumen

Duque, S. R. & J. Ch. Donato. Primeros registros de *Closterium* (Desmidiaceae, Zygothyceae) en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. Rev. Acad. Col. Cienc. 19 (73): 259-264, 1994. ISSN 0370-3908.

En el presente trabajo se citan por primera vez para la cuenca amazónica colombiana, 19 taxa pertenecientes al género *Closterium* de los cuales 6 son nuevos registros para Colombia.

**Palabras clave:** *Closterium*, Desmidiaceae, Zygothyceae, Amazonas, Colombia.

## Abstract

In the present work, for the first time the colombian amazonic basin is registered, 19 taxa belonging the *Closterium* genus, six of which are new reports for Colombia.

**Key Words:** *Closterium*, Desmidiaceae, Zygothyceae, Amazonas, Colombia.

## Introducción

Dentro del fitoplancton, el grupo de la familia Desmidiaceae (Zygothyceae) es uno de los más estudiados en la cuenca amazónica. Entre los trabajos más importantes están los de Ehrenberg (1843), Dickie (1881), Grönblad (1945), Foerster (1959, 1963, 1964, 1969 y 1974), Scott *et al.*, (1965), Thomasson (1971, 1977), Uherkovich (1976, 1981), Uherkovich & Rai (1979), Uherkovich & Franken (1980), Bourrelly & Couté (1982), Thérézien (1985), Bicudo (1986), Martins (1982, 1986a, b), Bittencourt-Oliveira (1990) y Rodrigues (1992).

En este trabajo se realiza la segunda entrega sobre la distribución de especies de algas de la familia Desmidiaceae para la región de la Amazonia Colombiana (Duque & Donato, 1993). En esta ocasión se describen las especies del género *Closterium* Ralfs encontradas en lagos de inundación del río Amazonas en Colombia.

## Materiales y Métodos

Se revisaron muestras obtenidas en varios lagos de la orilla colombiana del río Amazonas que fueran citados por Duque y Donato (1993).

Las muestras trabajadas son:

0055; 1057. Lago de Tarapoto. Mpio. de Puerto Nariño, Amazonas. Colombia. Muestra de fitoplancton. 11-jul-1991

0056; 1056. Lago interior de Isla de Ronda. Río Amazonas. Municipio de Leticia,

\* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Apartado Aéreo # 215, Leticia, Amazonas, Colombia.

\*\* Departamento de Biología -UNESIS, Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. Dirección actual: Doctorandus, Departamento de Ecología Universidad de Barcelona, Avda Diagonal, 645 08028 Barcelona, España.

Amazonas. Colombia. Muestra de ticoplancton. 12-jul-1991.

0072; 1019. Lago de Huito. Isla de Mocagua. Río Amazonas. Municipio. de Puerto Nariño, Amazonas. Colombia. Muestra de ticoplancton 23-dic-1988.

(El primer número corresponde a la colección de la Universidad Nacional de Colombia y el segundo a la Universidad Javeriana).

Los muestreos se realizaron por estrujamiento («squeezing») de macrófitos para obtener las formas ticoplanctónicas. El material se fijó con formol al 4%, agregando unas gotas de lugol concentrado para disminuir la actividad bacteriana.

Para el tipo de polo y los caracteres taxonómicos de los taxa encontrados dentro del género *Closterium* se utilizaron las recomendaciones de Jarreta (1987).

Para la identificación y determinación taxonómica se utilizaron especialmente los trabajos de Bourrelly & Couté (1982); Compère (1977); Jarreta (1987); Martins (1982); Ruzicka (1977) y Prescott, et al. (1975).

Las muestras se encuentran depositadas en la colección de la Ficoteca Amazónica de la Sede de Leticia y Herbario Nacional Colombiano (COL), pertenecientes a la Universidad Nacional de Colombia y en la Colección de la Unidad de Ecología y Sistemática -UNESIS- de la Universidad Javeriana en Santafé de Bogotá.

## Resultado

*Closterium closterioides* (Ralfs) Louis & Peters var. *closterioides*. Bull. Jard. Bot. Natn. Belg. 37(4): 40 pl. 18 fig. 119. 1967

Lugares de colecta: 0055, 1057; 0056, 1056

Células rectas, fusiformes de 150.0 - 167.0 x 40.2 - 46.5  $\mu\text{m}$ ; polo redondo-truncado (fig. 1). Posee distribución cosmopolita.

*Closterium moniliferum* (Bory) Ehr. ex Ralfs var. *moniliferum* f. *moniliferum* Brit. Desm. 166 Pl 28. fig. 3. 1848.

Lugares de colecta: 0056, 1056; 0055, 1057

Células lunadas de 130°-145° de curvatura; tiene un tamaño de 188.0 - 223.0 x 32.5 - 41.6  $\mu\text{m}$ ; polo redondeado (fig. 2).

Tiene distribución cosmopolita.

*Closterium moniliferum* (Bory) Ehr. ex Ralfs var. *submoniliferum* (Woronichin) W. Krieger. In Rabenhorst, Kryptogamen-Fl. Deutschl. 13 (1): 292, pl. 18, Fig 10. 1937.

Lugares de colecta: 0056, 1056.

Células de 330.0 x 50,4  $\mu\text{m}$ ; polo obtuso-redondeado. Pared estriada, con cerca de 16 estrias en 10  $\mu\text{m}$  (fig. 3). Tiene distribución cosmopolita. Primera cita para Colombia.

*Closterium eboracense* Turner var. *eboracense*. In Cooke, Brit. Desm. 37 Pl. 65 Fig. 1. 1886-1887.

Lugares de Colecta: 0055, 1057

Células lunadas de 130°; 198.0 x 38.5  $\mu\text{m}$ ; polo acuminado-redondeado (fig. 4). Tiene distribución cosmopolita. Primera cita para Colombia.

*Closterium arcuarium* Hugues var. *arcuarium* Canad. J. Bot. 30: 272 Fig 23, 27, 57, 1952.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células semilunadas de 174.0 - 181.3 x 15.5 - 17.75  $\mu\text{m}$  y 60° de curvatura. Polo acuminado-redondeado (fig. 5). Tiene distribución en América del Norte y región tropical. Primera cita para Colombia.

*Closterium jenneri* Ralfs var. *jenneri* Brit Desm. 167 Pl. 28, Fig.6 1848.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células lunadas de 110-140° de curvatura. 89.0 - 112.5 x 10.2 - 12.5  $\mu\text{m}$ ; polo obtuso-redondeado (fig. 6). Distribución cosmopolita.

*Closterium jenneri* Ralfs var. *robustum* G.S. West. J. Bot. 37: 112, Pl 396. fig 9. 1889.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Difiere de la variedad típica de la especie por presentar células más cortas, de 44.2 - 54.2 x 7.6 - 9.8  $\mu\text{m}$  y curvatura de 160-170°; polo obtuso-redondeado (fig. 7). Distribución cosmopolita. Primera cita para Colombia.

*Closterium littorale* Gay var. *littorale* Monogr. Conjugatae 75, Pl. 2, Fig. 7 1884.

Lugares de Colecta: 0055, 1057

Células semilunadas de 50 y 60°; tamaño de 142.7 x 18.0  $\mu\text{m}$ ; polo redondeado (fig. 11). Tiene distribución cosmopolita. Primera cita para Colombia.

*Closterium cynthia* var. *cynthia* Desm. Ital. 65, Pl. 7 fig. 71. 1867.

Lugares de colecta: 0055, 1057

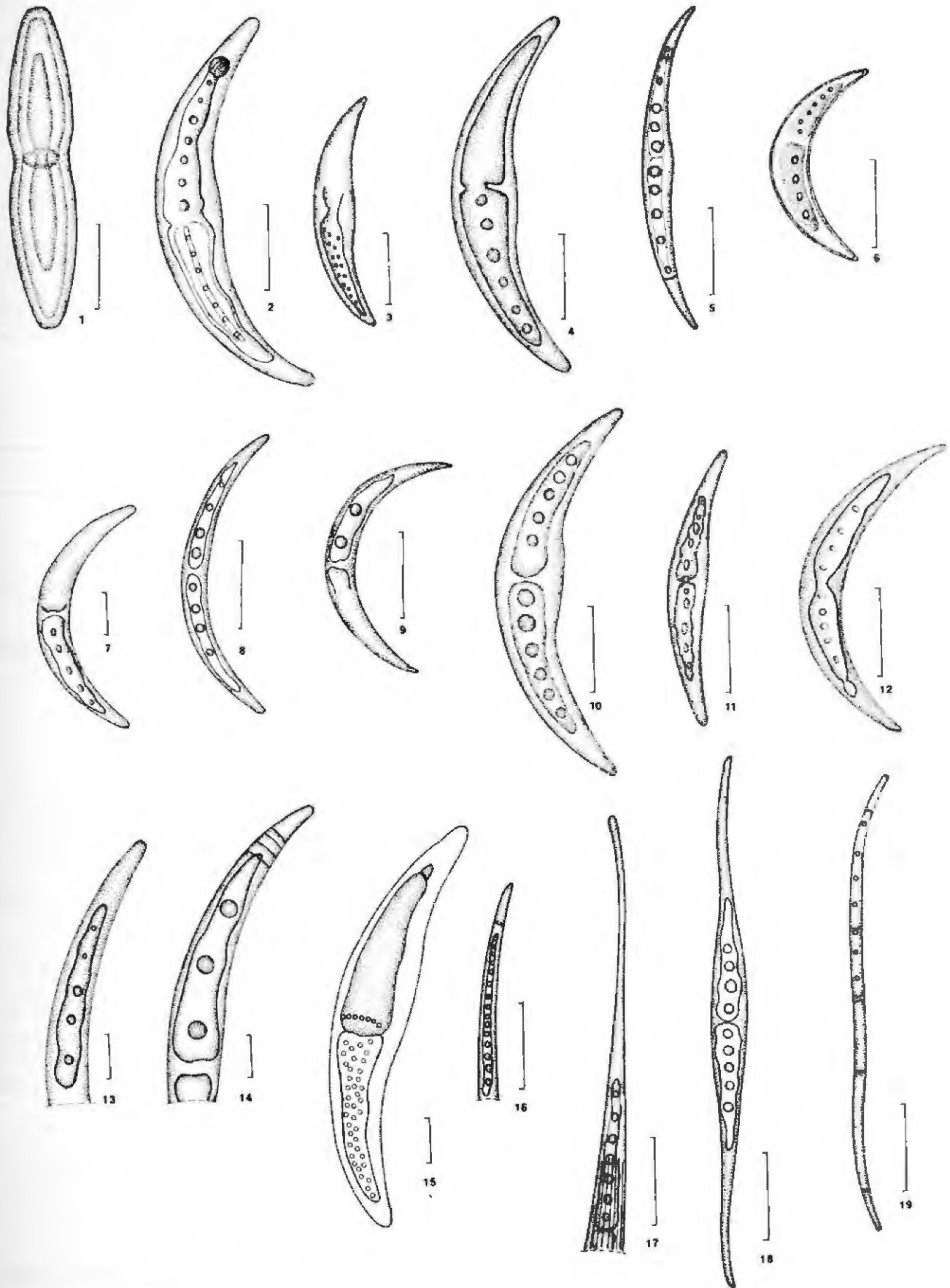
Células lunadas de 130° y 152.6 x 14.5  $\mu\text{m}$  de tamaño; polo obtuso - redondeado. Pared con 8 a 10 estrias en 10  $\mu\text{m}$ , de color castaño (fig. 8). Distribución cosmopolita.

*Closterium venus* Kutzing ex Ralfs var. *incurvum* (Brébisson) Krieger. In Rabenhorst, Kryptogamen-Fl. Deutschl. 13(1):273 Pl. 6, Fig 6-7 1937.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células lunadas de 170°-180°; de 44.2 x 7.6  $\mu\text{m}$  de tamaño; polo acuminado (fig. 9). Distribución cosmopolita. Primera cita para Colombia.

*Closterium dianae* Ehrenberg ex Ralfs var. *dianae* f. *dianae*. Brit. Desm. 168, Pl 28, Fig 5 a-b. 1848.



Figuras 1 - 19 Especies de *Closterium* encontradas en lagos de la orilla colombiana del río Amazonas. 1. *Cl. closterioides* var. *closterioides*; 2. *Cl. moniliferum* var. *moniliferum* f. *moniliferum*; 3. *Cl. moniliferum* var. *submoniliferum*; 4. *Cl. eboracense* var. *eboracense*; 5. *Cl. arcuarium* var. *arcuarium*; 6. *Cl. jenneri* var. *jenneri*; 7. *Cl. jenneri* var. *robustum*; 8. *Cl. cynthia* var. *cynthia*; 9. *Cl. venus* var. *incurvum*; 10. *Cl. leibleinii* var. *leibleinii*; 11. *Cl. littorale* var. *littorale*; 12. *Cl. diana* var. *diana* f. *diana*; 13. *Cl. tumidum* var. *tumidum* f. *tumidum*; 14. *Cl. parvulum* var. *parvulum*; 15. *Cl. ehrenbergii* var. *ehrenbergii*; 16. *Cl. limneticum* var. *limneticum*; 17. *Cl. kuetzingii* var. *kuetzingii*; 18. *Cl. rostratum* var. *rostratum*; 19. *Cl. gracile* var. *gracile*.

Las figuras 7, 13, 14 y 15 tienen una escala de 10  $\mu$ m; figura 3 de 100  $\mu$ m. El resto de 50  $\mu$ m.

Lugares de colecta: 0056, 1056

Células lunadas de 140° de curvatura y 162.7 x 21.5  $\mu\text{m}$  de tamaño; polo obtuso-redondeado (fig. 12). Distribución cosmopolita.

*Closterium leibleinii* Kutzing ex Ralfs var. *leibleinii*. Brit. Desm. 167, Pl. 28, Fig. 4, 1848.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células lunadas de 140°; 185.0 x 37.0  $\mu\text{m}$ ; polo acuminado-redondeado (fig. 10). Distribución cosmopolita.

*Closterium kuetzingii* Brébisson var. *kuetzingii* Mem. Soc. Imper. Nat. Cherbourg 4: 156, Pl. 2, Fig. 40, 1856.

Lugares de colecta: 0055, 1057; 0056, 1056

Células casi rectas de 254.0 - 540.0 x 13.0 - 20.1  $\mu\text{m}$ ; polo redondeado; pared con 10 a 12 estrias en 10  $\mu\text{m}$ , incolora (fig. 17). Distribución cosmopolita.

*Closterium rostratum* Ehrenberg ex Ralfs var. *rostratum* Brit. Desm. 175, Pl. 30, Fig. 3 1848.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células casi rectas de 266.0 - 344.5 x 17.7 - 21.45  $\mu\text{m}$ ; polo oblicuo-truncado; pared con 12 a 15 estrias en 10  $\mu\text{m}$ , de color castaño (fig. 18). Distribución cosmopolita.

*Closterium gracile* Brébisson ex Ralfs var. *gracile*. Brit. Desm. 221, 1848; Brébisson 155, Pl. 2, 45, 1856.

Lugares de colecta: 0055, 1057; 0056, 1056

Células semirectas de 218.5 - 253.4 x 8.4 - 9.8  $\mu\text{m}$ ; ligeramente curvadas (20 - 35°); polo obtuso y truncado (fig. 19). Algunos ejemplares encontrados tienen una curvatura menor a la mencionada por Prescott *et al.*, (1975) que es de 25 - 35°. Tiene distribución cosmopolita.

*Closterium limneticum* Lemmer. var. *limneticum* Forscher. Biol. Sta. Plon 7: 123, Pl. 2, Fig. 39-41, 1899

Lugares de colecta: 0056, 1056

Células semi-rectas, ligeramente curvadas (25 - 30°); de 247.7 x 7.7  $\mu\text{m}$ ; polo redondeado (fig. 16). Distribución

Cosmopolita.

*Closterium ehrenbergii* Meneghini ex Ralfs var. *ehrenbergii* Brit. Desm. 166 Pl. 28, Fig. 2. 1848

Lugares de colecta: 0072, 1019

Células lunadas de 480.0 - 577.0 x 82.0 - 92.3  $\mu\text{m}$ ; moderadamente curvadas (110°); pared con estrias casi imperceptibles (fig. 15). Distribución cosmopolita.

*Closterium parvulum* Nageli var. *parvulum* Gattung eint. Alg., 106, Pl. 6 C, Fig. 2, 1849.

Lugares de colecta: 0055, 1057

Células lunadas de 100° de curvatura (un poco menor que el registro de Prescott *et al.* 1975, que da un rango 110 - 170°). Células de 119.7 x 11.1  $\mu\text{m}$ ; polo redondeado (fig. 14). Presenta distribución cosmopolita.

*Closterium tumidum* Johnson var. *tumidum* f. *tumidum* Bull. Torrey Bot. Club 22(7):291- pl. 239 Fig. 4 1895.

Lugares de colecta: 0055, 1057; 0056, 1056

Células semilunadas, casi rectas; margen dorsal convexo, ventral recto (especímenes de Isla Ronda) o ligeramente inflado en la parte media (especímenes del Lago de Tarapoto). Células de 115.70 - 187.20 x 18.50 - 19.60  $\mu\text{m}$ ; polo truncado. Posee 4 a 6 pirenoides en serie media (fig. 13).

Los especímenes encontrados en el Lago de Tarapoto están por encima de las medidas de longitud total que citan para este taxón Ruzicka (1977) y Prescott *et al.* (1975). También presentan en el cloroplasto un pirenoide más que lo registrado para el taxón por Prescott *et al.* (1975). Tiene distribución cosmopolita.

#### CLAVE PARA LOS TAXA DE *Closterium*

##### 1. Células rectas.

*Cl. closterioides* var. *closterioides*

##### 1' Células curvas.

##### 2. Pared celular lisa o punteada.

##### 3. Con zona de elongación.

##### 4. Células ligeramente curvadas (20-40°).

##### 5. Polos obtuso-truncado; cloroplasto con 7 pirenoides por hemicélula.

*Cl. gracile* var. *gracile*

##### 5' Polos redondeados; cloroplasto con 15 pirenoides por hemicélula.

*Cl. limneticum* var. *limneticum*

##### 4' Células moderadamente curvadas (más de 50°).

*Cl. arcuarium* var. *arcuarium*

##### 3' Sin zona de elongación.

##### 6. Células ligeramente curvadas (0-70°).

##### 7. Polos truncados; cloroplastos con 4-6' pirenoides por hemicélula.

*Cl. tumidum* var. *tumidum* fa. *tumidum*

##### 7' Polos redondeados; cloroplasto con 5 pirenoides por hemicélula.

*Cl. littorale* var. *littorale*

##### 6' Células moderada a fuertemente curvadas (100-180°).

8. Células de 5 a 8 veces más largas que anchas.
9. Polos obtuso-redondeados.
10. Células con curvatura de 140°.  
*Cl. diana* var. *diana*
- 10' Células con curvatura de 160-170°.  
*Cl. jenneri* var. *jenneri*
- 9' Polos de otra forma.
11. Polos acuminado-redondeado.
12. Cloroplasto axial con 3 crestas.  
*Cl. eboracense* var. *eboracense*
- 12' Cloroplasto axial con 4 crestas.  
*Cl. leibleinii* var. *leibleinii*
- 11' Polos redondeados o acuminados.
13. Polo redondeado.  
*Cl. moniliferum* var. *moniliferum*  
fa. *moniliferum*
- 13' Polo acuminado.  
*Cl. venus* var. *incurvum*
- 8' Células 8 veces o más largas que anchas.
14. Margen ventral de las células fuertemente cóncavo; polo obtuso-redondeado.  
*Cl. jenneri* var. *jenneri*
- 14' Margen ventral de las células casi recto; polo redondeado.  
*Cl. parvulum* var. *parvulum*
- 2' Pared celular estriada.
15. Cloroplasto con pirenoides dispuestos en serie media.
16. Células 10 a 16 veces más largas que anchas.
17. Células con 8-9 estrías en 10  $\mu$ m; sin proceso apical setáceo.  
*Cl. cynthia* var. *cynthia*
- 17' Células con 12 a 15 estrías en 10  $\mu$ m; con proceso apical setáceo.  
*Cl. rostratum* var. *rostratum*
- 16' Células 30 veces más largas que anchas.  
*Cl. kuetzingii* var. *kuetzingii*
- 15' Cloroplasto con numerosos pirenoides esparcidos.

18. Célula con estrías evidentes; 16 estrías en 10  $\mu$ m; más de 6 veces relación largo-ancho.

*Cl. moniliferum* var. *submoniliferum*

- 18' Células con estrías casi imperceptibles; 6 veces más largas que anchas.

*Cl. ehrenbergii* var. *ehrenbergii*

## Discusión

El presente trabajo es el segundo que registra algas de la familia Desmidiaceae para la cuenca amazónica colombiana (Duque y Donato, 1993). En este caso se citan 19 taxa pertenecientes al género *Closterium*. De estos, seis son primeros registros para Colombia (*Cl. arcuarium* var. *arcuarium*, *Cl. eboracense* var. *eboracense*, *Cl. jenneri* var. *robustum*, *Cl. littorale* var. *littorale*, *Cl. moniliferum* var. *submoniliferum* y *Cl. venus* var. *incurvum*).

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana y Organización Internacional para las Migraciones por la financiación del estudio. Al Dr. Carlos Bicudo (Instituto de Botánica, São Paulo, Brasil) por las sugerencias y comprobación de las especies. Los dibujos son de María Eugenia Morales.

## Bibliografía

- Bicudo, C. E. M. 1986. *Ichthyocercus manauensis*, a new Desmid (Zygnemaphyceae) from Northern Brazil. *Amazoniana* 4(4): 637-640.
- Bittencourt-Oliveira, M. DO C. 1990. Ficoflórula do reservatório de Balbina, Estado do Amazonas Universidade Estadual Paulista «Julio de Mesquita Filho», Master Science Rio Claro, Estado de São Paulo SP, Brasil 280 pp.
- Bourrelly P. & A. Couté. 1982. Quelques Algues d'eau douce de la Guyane Française. *Amazoniana* 7(3): 221-292.
- Compère, P. 1977. Algues de la Region du Lac Tchad VII-Chlorophycophytes (3 parte: Desmidiales) Cah. O.R.S.T.O.M., ser Hydrobiol. 11(2): 77-177.
- Dickie, G. 1881. Notes on Algae from the Amazons and its Tributaries. *J. Linn. Soc.: sér. Bot., London* 18(108): 123-132.
- Duque S. R. & J. Ch. Donato. 1993. Primeros registros de *Micrasterias* (Desmidiaceae) en lagos del río Amazonas de Colombia. *Caldasia* 17(2):354-355
- Ehrenberg C. G. 1843. Verbreitung und Einfluss des Mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord-Amerika. *Durckerel der Koniglichen, Akad. Wiss., Berlin* 1-158.
- Foerster K. 1959. Einige Desmidiaceen aus Brasilien (INEDITO).
- \_\_\_\_\_. 1963. Desmidiaceen aus Brasilien I.- Nord-Brasilien Nouvelle Série. Tome VII, Fasc. 1. 38-92 pp.
- \_\_\_\_\_. 1964. Desmidiaceen aus Brasilien 2. Teil: Bahia, Goyaz, Piauby und Nord-Brasilien. *Hydrobiologia*. 23(3/4):231-505.
- \_\_\_\_\_. 1969. Amazonische Desmidieen 1. Teil: Areal Santarém *Amazoniana* 2(1/2): 5-232.
- \_\_\_\_\_. 1974. Amazonische Desmidieen 2. Teil: Areal Maués - Abacaxis. *Amazoniana* 5(2): 135-242.

- Grönblad R. 1945. De algis brasiliensibus, praecipue Desmidiaceis, in regione inferiore fluminis Amazonas a professore August Ginzberger (Wien) anno MCMXXXVII collectis. Acta Soc. Sci. Fenn., Nov. Ser. B, 2: 1-43.
- Jarreta A. DE C. 1987. O gênero *Closterium* (Zygnemaphyceae) no Estado de São Paulo: Levantamento Florístico. Tese Mestre Instituto de Biociências «Campus» de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista «Julio de Mesquita Filho». Rio Claro, SP, Brasil 235 pp.
- Martins D. V. 1982. Contribuição á Ficologia da Amazônia 3-Desmidióflora dos lagos Cristalino e São Sebastião, Estado do Amazonas: Géneros *Netrium*, *Closterium* e *Pleurotaenium*. Acta Amazonica 12(2): 279-290.
- \_\_\_\_\_. 1986a. Géneros *Euastrum*, *Micrasterias* e *Triploceras* Desmidiaceae) dos lagos cristalino e São Sebastião, Estado Do Amazonas, Brasil. Universitas. Ciência. Salvador (38):43-58.
- \_\_\_\_\_. 1986b. *Staurastrum* (Desmidiaceae) dos lagos cristalino e São Sebastião, Estado Do Amazonas, Brasil. Universitas, Ciência. Salvador (36): 15-32.
- Prescott, G. W., H. T. Croasdale & W. C. Vinyard 1975. A synopsis of North American Desmid. Part II. Desmidiceae: Placodermatae section 1. University of Nebraska Press. Lincoln. 275pp
- Rodrigues M. S. 1992. - A comunidade fitoplanctônica de um lago de várzea da Amazônia central (Lago Camaleão, Ilha de Marchantaria): Variação temporal e espacial, biomassa, composição de espécies e produtividade. Tese de Doutorado INPA - Manaus, AM, Brasil. 194 p.
- Ruzicka J. 1977. Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Band 1 Stuttgart. 291 pp.
- Scott, A. M., R. Grönblad & H. Croasdale. 1965. Desmids from the Amazon basin, Brazil collected by Dr. H. Sioli. Acta. Bot. Fenn. 69:1-94
- Thérézien Y. 1985. Contribution al' etude des algues d'eau douce de la Bolivie. Les Desmidiaceae. Nova Hedwigia 41:505-576
- Thomasson K. 1971. Amazonian algae. Inst. Royal des Sciences Nat. Belgique. Fasc. 86 57 pp.
- \_\_\_\_\_. 1977. Two conspicuous desmids from Amazons. Bot. Notiser. Stockholm 130: 41-51
- Uherkovich G. 1976. Algen aus den Flüssen Rio Negro und Rio Tapajós. Amazoniana 5(4): 465-515.
- \_\_\_\_\_. 1981. Algen aus einigen Gewässern Amazoniens. Amazoniana 7(2): 191-219.
- Uherkovich, G. & H. Rai 1979. Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. Amazoniana 6(4): 611-638.
- Uherkovich, G. & M. Franken. 1980. Aufwuchsalgen aus zentralamazonischen Regenwaldbächen. Amazoniana 7(1): 49-79.

# EL MACIZO COLOMBIANO ALGUNAS CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMÁTICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

por

Jesús Eslava\* & Antonio Flórez\*\*

## Resumen

Eslava, J. & A. Flórez. El macizo colombiano. Algunas características hidroclimáticas y geomorfológicas. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73): 265-273, 1994. ISSN 0370-3908.

El Macizo Colombiano es la estrella fluvial por excelencia donde nacen los principales ríos de nuestro sistema hídrico. Geológicamente incluye eventos recientes relacionados con el plutonismo, volcanismo y cambios climáticos. Allí convergen corrientes de vientos planetarios y locales. Puede definirse como un área geomorfológicamente inestable por las condiciones naturales allí imperantes, inestabilidad que se está acelerando por la intervención antrópica.

## Abstract

The so called "Macizo Colombiano" is an area of a big hydrological importance because the main colombian hydrological basins spring there. The massif, as the whole Colombian Andes, was recently tectonically uplifted and knew several plutonic, volcanic and glacial episodes. At present, the massif is subject to geomorphic processes which define some natural instability, accelerated by human activity. For this reason, the scientific interest is also great and support the content of this paper.

## 1. Introducción

El objetivo del presente trabajo es el de hacer un diagnóstico general del Macizo Colombiano de acuerdo con las características relevantes de su hidroclimatología y geomorfología. Los conceptos expuestos son el resultado de las observaciones de campo realizadas por el primer autor durante la primera expedición al Macizo Colombiano, organizada por la Gobernación del Huila en marzo de 1993, por trabajos de campo y de fotointerpretación realizados por el segundo autor en años anteriores y del tratamiento de datos meteorológicos suministrados por el Instituto Colombiano de Hidrología,

Meteorología y Adecuación de Tierras-HIMAT y de muy variada información bibliográfica (P.Ej.: Barrero et al., 1969; CRC, 1985; Eslava et al., 1986; Eslava, 1992, 1993; Flórez, 1983, 1992; Hubach & Alvarado, 1932; Kroonenberg et al., 1981; París & Marín, 1979; Radelli, 1967; Rivera, 1992; Tricart & Trautmann, 1974).

Con base en el objetivo del trabajo y por el escaso conocimiento sobre el área, los conceptos son de carácter general, sin descripciones localizadas sobre la distribución de los fenómenos considerados. Así, el diagnóstico de la situación del Macizo es general en cuanto a sus recursos agua y clima y se plantean algunos problemas relacionados con la forma de utilización de los recursos naturales. Además, se pretende orientar las actividades investigativas y las acciones referentes al ordenamiento territorial.

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

\*\* Profesor Asociado, Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

## 2. Generalidades

A partir del Macizo Colombiano se diferencian las cordilleras de Colombia y se le conoce como la "Estrella Fluvial" ya que allí nacen cuatro de los principales ríos de nuestro país: el Magdalena y Cauca que forman el principal sistema hidrográfico al cual está ligado el recurso agua del centro y norte del país; transversalmente se ubican las cuencas hidrográficas del Caquetá y Patía que captan las aguas de dos de las regiones menos pobladas del territorio colombiano.

El Macizo es un centro de convergencia de diferentes sistemas de circulación general y local del aire (Brisas de valle-montaña, Föhn, Vientos del Pacífico, Alisios del SE, etc.); además, esta circunscrita dentro de la llamada Zona de Confluencia Intertropical. Esto hace que el Macizo se convierta en la región de mayor captación y distribución de aguas y, por ende, con una incidencia marcada a nivel nacional.

El área se identifica bajo el concepto de macizo. Los criterios que definen un macizo se relacionan con: presencia de rocas antiguas (paleozoicas y mesozoicas), ocurrencia de varios eventos tecto-orogénicos, aplanamientos (para Colombia: aplanamientos en condiciones bioclimáticas tropicales en el Terciario inferior antes de la orogenia andina) y fenómenos magmáticos (plutonismo y volcanismo). Estas condiciones se cumplen en el Macizo Colombiano, por lo cual su denominación está bien aplicada, a diferencia de otros relieves montañosos de Colombia donde se aplica mal el término.

El Macizo evolucionó a partir de eventos metamórficos y magmáticos ligados a la zona de subducción del Pacífico, con la formación de altiplanos ocupados en el pasado reciente por lagos que posteriormente fueron sedimentados y hoy conocidos como la altiplanicie de Paletará y el "páramo" de Las Papas. El eje volcánico activo de Los Coconucos con una gran actividad explosiva y efusiva, constituye uno de los elementos dominantes y de mayor dinámica dentro de la diversidad paisajística.

La evolución de los diferentes espacios, con la incidencia de varios factores, generó endemismos y fuente de distribución de especies vivas. El nombre vernáculo de la región (**Papallacta**) hace clara alusión a la existencia natural de la papa, y es un ejemplo del valor ecológico del área.

Por lo anterior, el Macizo se constituye en un gran ecosistema de incalculable valor biótico, hídrico, climático, paisajístico, etc., pero también incluye importantes factores de riesgo natural ligados al volcanismo activo y a los movimientos sísmicos derivados de una tectónica activa.

Los procesos de erosión, aunque funcionan en condiciones naturales por la inestabilidad natural del área, se están acelerando por la explotación especulativa de los recursos naturales.

## 3. Hidroclimatología

Lo más característico de el clima de la región del Macizo Colombiano es su tendencia húmeda y con, rela-

tivamente, alta variabilidad de las lluvias mensuales, especialmente en el sector sur-oriental.

El régimen normal de variación temporal de los elementos climáticos se caracteriza por una predominancia de distribución bimodal, con dos períodos de valores máximos y dos de mínimos relativos, influenciado ese tipo de distribución por los desplazamientos de la Zona de Confluencia Intertropical (ITC). Sin embargo, en algunos casos y para algunos elementos se dan hasta tres (3) máximos y tres (3) mínimos, en otros casos sólo se da un (1) máximo y un (1) mínimo.

La ITC (Lessman & Eslava, 1985) 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 15° 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, ellos se desvían por el movimiento de rotación de la tierra y soplan 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 secas, subsidentes y estables, y disfrutan, en términos generales, de buen tiempo, relativamente 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, y 10° de latitud norte, posición extrema que se puede alcanzar en julio-agosto. 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.

Es decir, la ITC, pasa por el centro de Colombia dos veces al año: a) una primera vez entre abril y mayo, cuando se desplaza hacia el norte y ocasiona el primer período lluvioso que va acompañado de una disminución de la radiación solar entrante y del número de horas de brillo solar, con un pequeño descenso en las temperaturas medias, con disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas; b) 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 una disminución de la radiación solar entrante y del número de horas de brillo solar, 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, notándose su acción especialmente en las áreas planas de las regiones septentrionales y orientales de Colombia. Por otra parte, en algunas áreas de la región del Macizo Colombiano, especialmente en la zona occidental, parece ser que la ITC cede, sólo en parte, su influencia predominante a procesos de circulación local que se encargan de que la formación de sistemas nubosos con fuertes lluvias no sean tan constantes.

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 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; influyen los efectos de las circulaciones locales, como las brisas de montaña-valle y valle-montaña o pendiente-arriba y pendiente-abajo. Se demuestra 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 coadyuvan a su producción en las épocas en las cuales esos otros procesos o sistemas meteorológicos no son totalmente condicionantes.

Por otra parte, la CRC (1985) anota que dentro del área del Macizo es de resaltar el aspecto regulador ecológico que ofrecen las numerosas lagunas, siendo las principales: La Laguna del Buey (64 hectáreas-ha), San Rafael (26.5 ha), Los Andes (24.7 ha), San Patricio (20.2 ha), Santiago (12.2 ha), La Magdalena (7.2 ha), Cusiyaco (6.2 ha) y Ríonegro (3.5 ha). Además de las anteriores hay unas 30 lagunas con superficie entre 1.5 y 3.5 ha y, aproximadamente, 35 con superficie menos de 1.5 ha. Todas esas lagunas ubicadas dentro del Parque Nacional Natural de Puracé, tienen que ver con los cuatro ríos que estructuran la Estrella Fluvial colombiana, por cuanto cada uno acrece su caudal con sus aguas.

### 3.1 Precipitación y caudales

Los diferentes ascensos de aire, originados por las múltiples causas y factores climáticos que se dan en la zona sur-oriental (Cuenca del río Caquetá), se unen para producir durante el año abundantes lluvias, para llegar en los sitios bajos (altitudes entre 450 y 750 m) a valores puntuales de precipitación anual promedio superior a los 4.500 mm (Villagarzón-Putumayo = 4.700 mm; El Pepino-Putumayo = 5.100 mm; Mocoa-Putumayo = 4.500 mm). Estos datos muestran a esta área como una de las más lluviosas de Colombia, junto con la zona norte del Chocó.

En todos los casos, el análisis de los diferentes datos sobre precipitación para la región del Macizo Colombiano, la zona sur-oriental es la que presenta los mayores valores.

El comportamiento de la precipitación durante el año, casi en toda la región del Macizo Colombiano, responde a una distribución de tipo bimodal (Fig.1), influenciada por los desplazamientos de la ITC y modificada por los factores climáticos propios de cada zona y de la región (forma, orientación, rango de altitudes, topografía, vegetación, presencia tierra-agua, no continentalidad, etc.)

La distribución bimodal se caracteriza por la presencia alternada de dos temporadas muy lluviosas y dos "relativamente" menos lluviosas.

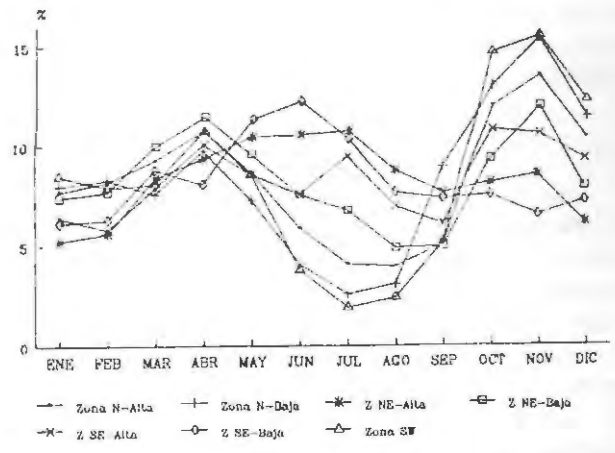


Figura 1. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual)

**3.1.1 Zona norte (Río Cauca).** Según el documento de la CRC (1985), el 17 de enero de 1963 se determinó con exactitud que el nacimiento del río Cauca no estaba en la Laguna del Buey sino en una depresión al sur del valle de Paletará denominada La Josefita a una altitud de 3.280 m, muy cerca de los cerros El Cubilete (3.380 m) y El Español con una altitud un tanto superior al anterior.

En esta zona, la primera temporada lluviosa se inicia normalmente en el mes de marzo y se prolonga hasta finales de mayo, en total 3 meses; su máxima intensidad se presenta en el mes de abril (Fig.2), como consecuencia de que en este lapso la ITC se desplaza hacia el norte.

La segunda temporada lluviosa (la más intensa) incluye el período de octubre a diciembre (3 meses), con máximas intensidades en noviembre, por efecto de que la ITC nuevamente se hace presente en su viaje de regreso hacia el sur del país.

La temporada menos lluviosa, en general, tiene lugar en el lapso comprendido entre los meses de junio a septiembre (4 meses), cuando la ITC se encuentra en el sur y no ejerce influencia condicionante en la región.

La presencia de la ITC en el sur del país durante los meses de enero a febrero, ocasiona que la disminución de las lluvias, en este uno de los dos períodos menos lluviosos (2 meses), no sea muy fuerte, si se la compara con la disminución que ocurre a mediados del año.

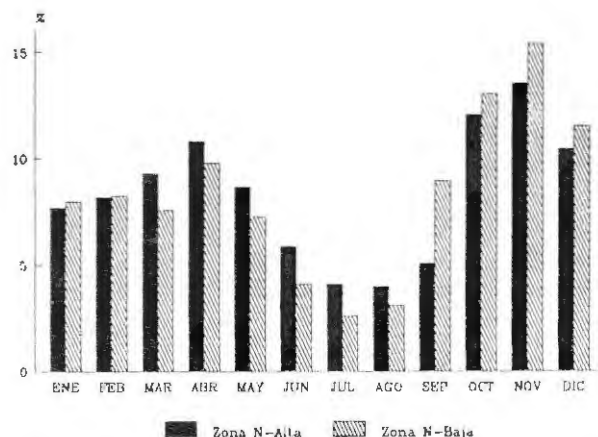


FIGURA 2. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona norte del Macizo Colombiano-Río Cauca

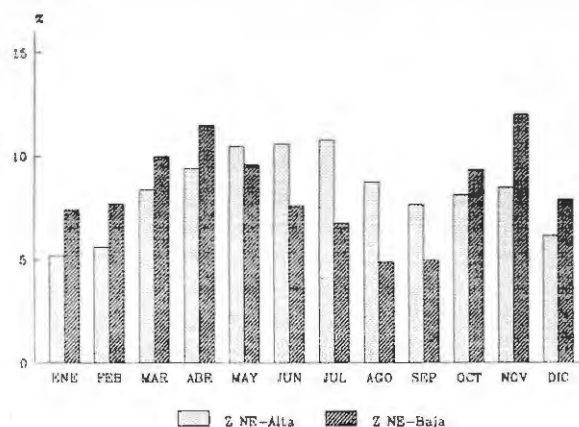


FIGURA 3. Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona nor-oriental del Macizo Colombiano-Río Magdalena

En las áreas bajas, la distribución de las lluvias a través del año sufre algunas modificaciones, influenciadas por las condiciones locales, que ocasionan que la temporada más lluviosa cubra también el mes de septiembre y la menos lluviosa sólo abarque el período junio-agosto. También se aprecia que los valores mensuales de precipitación que se presentan entre enero y marzo sean muy parecidos y, por ello, es difícil definir estas temporadas, sólo se aprecia claramente que en abril ocurre lluvias más fuertes.

En las partes altas de la zona, se puede decir que se presentan, en promedio anual, 1.700 mm de precipitación (en cada metro cuadrado de área caen -en promedio y anualmente- 1.700 litros de agua) y en las partes bajas 2.000 mm.

La distribución de los caudales es monomodal, en la parte alta de la cuenca con máximo en julio y mínimo en enero; por el contrario, aguas abajo de Julumito los caudales presentan un régimen bimodal con un máximo en julio y otro, de menores valores, en noviembre. Los caudales más bajos se registran en septiembre y existe un período de inflexión de enero a marzo.

Se ha estimado en 576 kilómetros cuadrados ( $\text{km}^2$ ) el área de la Cuenca del Río Cauca ubicada en el Macizo Colombiano y por encima de los 2.200 m de altitud. Dentro de ésta área, se presenta un rendimiento de 32,70 litros por cada kilómetro cuadrado ( $\text{lt}/\text{km}^2$ ) y un caudal promedio de 17,55 metros cúbicos por segundo ( $\text{m}^3/\text{seg}$ ) (CRC, 1985).

**3.1.2 Zona nor-oriental (Río Magdalena).** El Río Magdalena nace en la laguna de su nombre a 3.350 m de altitud; esta laguna de 490 m de longitud por cerca de 400 m en su mayor anchura se halla ubicada en el Páramo de Las Papas, pequeña planicie del Macizo.

En esta zona, aún cuando se aprecia una distribución de las precipitaciones en dos temporadas lluviosas y dos relativamente menos lluviosas, la extensión y características de cada temporada son diferentes según se trate de las partes altas (cercanas al nacimiento del río) o bajas (Fig.3).

En las áreas altas, la primera temporada lluviosa (también la más intensa) se inicia normalmente en el mes de marzo y se prolonga hasta mediados de agosto (casi 6 meses), su máxima intensidad se presenta en el mes de abril; en las partes bajas, esta temporada dura sólo tres (3) meses, de marzo a mayo, en junio ya comienza la disminución de las lluvias y se inicia una temporada menos lluviosa.

La segunda temporada lluviosa (la menos intensa, en las áreas altas) incluye el período de octubre a noviembre (2 meses), con máximas intensidades en noviembre por efecto de que la ITC nuevamente se hace presente en su viaje de regreso hacia el sur del país; en las áreas altas, los valores de las lluvias que se dan en esta temporada están sólo un poco ligeramente por encima de los de la temporada menos lluviosa de los meses anteriores y de los meses siguientes.

Una de las temporadas menos lluviosas, en general, tiene lugar en el lapso comprendido entre los meses de julio a septiembre en las áreas bajas y, sólo durante septiembre en las áreas altas, cuando la ITC se encuentra en el sur y no ejerce influencia condicionante en la región; la otra temporada menos lluviosa se presenta de diciembre a marzo.

En esta zona, caen en promedio anual, cantidades de lluvias cercanas a los 1.800 mm en las áreas altas y, 1.400 mm en las áreas bajas.

Contrario al régimen de lluvias, los caudales presentan una distribución monomodal con mínimos en enero y máximos en julio.

La parte de la cuenca del Río Magdalena que se ubica en el Macizo Colombiano, por encima de 2.200 m de altitud, tiene un área aproximada de 1.552  $\text{km}^2$ , siendo su rendimiento de 105,71  $\text{lt}/\text{km}^2$  y su caudal de 152,97  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

**3.1.3 Zona sur-oriental (Río Caquetá).** El Río Caquetá se origina en tres (3) fuentes: la principal o fuente González, brota al pie del empinado contrafuerte de Peñas Blancas, a esta fuente se suma un profundo y alargado valle tapizado de frailejón y el exiguo aporte de las

lagunillas Meseta y Laguna Seca, situadas en un plano superior, relativamente cercanas a aquella fuente.

Esta zona presenta características transicionales entre varios regímenes de distribución temporal de las lluvias que implican desde aquellos sitios que tienen sólo dos (2) temporadas (una lluviosa y otra menos lluviosa) hasta aquellos que presentan tres (3) temporadas lluviosas y tres (3) relativamente menos lluviosas. La escasa información climática de que se dispone en esta zona, sólo permite hacer una separación entre áreas altas y bajas y mostrar para ellas una tendencia de la distribución de la lluvia anual.

Las altas precipitaciones que se dan en esta zona (casi 4.000 mm por año, en promedio para toda la zona) comprueban que acá el proceso predominante, productor de precipitación, es el convectivo, ocasionado por una combinación de efectos térmicos y dinámicos que reflejan la presencia de la ITC, efectos orográficos tipo Föhn (con altas lluvias en barlovento) y circulaciones locales tipo brisas de montaña-valle, valle-montaña y pendiente arriba.

La distribución típica, a través del año, de las lluvias mensuales en las áreas altas y bajas se muestra, a manera de ejemplo, en la Fig.4.

En las partes bajas, aun cuando podría hablarse de dos temporadas lluviosas (Marzo-julio y octubre), se nota claramente la tendencia a presentar una distribución con sólo una temporada lluviosa claramente definida que abarca desde marzo hasta julio y una temporada menos lluviosa de agosto-febrero, con máximas cantidades en junio y mínimas en enero-febrero. Se nota claramente la presencia persistente de los vientos alisios provenientes del sureste y su ascenso a través del sector oriental de la cordillera oriental, produciendo la temporada más lluviosa.

En las partes altas y por la muy diferente e interrelacionada influencia que se da entre la ITC, la circulación general (vientos alisios del sureste) y las muy diferentes características del conjunto fisiográfico natural, se típicamente una distribución de la precipitación con tres (3) temporadas de lluvias altas (con meses centrales

en abril, julio y octubre) y tres (3) de lluvias menos altas (con meses típicos febrero, junio y septiembre).

Los caudales presentan régimen monomodal muy bien definido con máximos en julio y mínimos en enero.

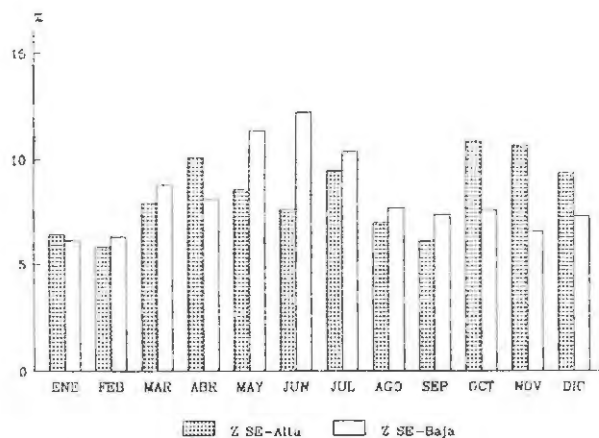
El área de la cuenca del Río Caquetá ubicada dentro del Macizo Colombiano y a altitudes por encima de los 2.200 m, tiene una superficie aproximada de 598 km<sup>2</sup>, con un rendimiento de 122,80 lt/km<sup>2</sup> y un caudal de 68,47 m<sup>3</sup>/seg.

**3.1.4 Zona occidental (Río Patía).** Al Río Patía se le asigna como fuente principal uno de los ríos Timbío, Quilcacé o el Guachicono, con más opción este último como la verdadera rama superior del río, pues en un elevado sector de la Cordillera Central, entre los cerros de San Ramón y San Alfredo, aparecen tres lagunillas situadas a nivel diferente y unidas dos de ellas por el mismo cauce.

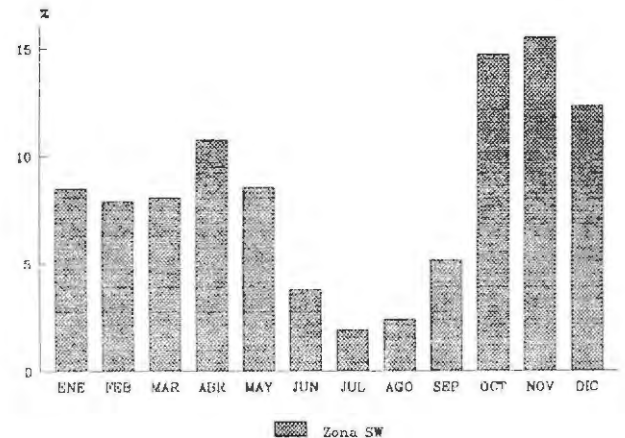
La lluvia media anual en esta zona sólo alcanza los 1.900 mm, presenta también una distribución bimodal en la que se alternan dos temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-diciembre) con dos períodos relativamente menos lluviosos (junio-septiembre y enero-marzo); en la temporada seca más larga (junio-septiembre) sólo se presenta el 13% de la precipitación total anual, de enero a marzo es el 24.5%; la segunda temporada lluviosa es muy corta, cubre sólo los meses de abril y mayo con el 19% del total anual, por lo cual estos meses más que representar un período lluvioso podrían considerarse como una temporada de transición entre dos períodos menos lluviosos que él mismo (Fig.5).

Los caudales también presentan un régimen bimodal con máximos en noviembre-diciembre y otro menor en abril-mayo; los valores mínimos ocurren en septiembre y marzo.

La cuenca de este río, por encima de los 2.200 m y dentro del Macizo Colombiano, comprende una extensión aproximada a los 897 km<sup>2</sup>, con un rendimiento de 32,90 lt/km<sup>2</sup> y un caudal de 27,50 m<sup>3</sup>/seg.



**Figura 4.** Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona sur-oriental del Macizo Colombiano-Río Magdalena



**FIGURA 5.** Distribución mensual típica promedio de la precipitación (en % respecto al valor medio anual). Zona occidental del Macizo Colombiano-Río Patía

Los valores de la precipitación máxima absoluta mensual presentan una distribución a través del año similar al de las precipitaciones medias mensuales.

El número de días promedio con precipitación oscila desde 10 para los meses menos lluviosos hasta 25 o más días con precipitación para los meses más lluviosos. En la zona norte el promedio de días lluviosos al año es de 260 y un máximo de 350; en la zona nor-oriental es de 230 y un máximo de 300; en la zona sur-oriental es de 230 y un máximo de 320; en la zona occidental, el promedio es de 180 y el máximo de 260.

En las épocas más secas ocurren 164 días con lluvia, en promedio por año en la zona norte, 100 en la zona nor-oriental, 130 en la zona sur-oriental y 100 en la occidental.

### 3.2. Temperatura

La temperatura media en la región, a nivel anual y a 2.000 m y 3.000 m de altitud es de 17.1°C (grados celsius) y 10.9°C, respectivamente, en la zona norte; de 17.1°C y 10.9°C en la zona nor-oriental; de 15.9°C y 10.6°C en la zona sur-oriental; y de 17.0°C y 12.0°C en la zona occidental. Esta temperatura 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, con gradiente de 6.17 grados celsius por cada kilómetro de altitud (°C/km) en la zona norte, 6.24°C/km en la zona nor-oriental, 5.29°C/km en la zona sur-occidental y 4.95°C/km en la zona occidental.

Para un mismo mes, la temperatura media puede variar de un año a otro con valores que oscilan desde 1.4°C a 2.5°C en promedio o de 2.2°C a 4.6°C como máximo.

La diferencia entre la temperatura máxima media y mínima media para un mes, sobrepasa todo el año y en todas las altitudes los 9°C y en algunos casos llegan a los 17°C. Los valores más bajos se presentan en las épocas más lluviosas y los más altos ocurren en las épocas menos lluviosas. Las mayores variaciones de las temperaturas ocurren en los días de los meses menos lluviosos. Estas variaciones son mayores a mayores altitudes y varían desde cerca de 16°C en bajas altitudes hasta 25°C en altas elevaciones.

Los gradientes de variación altitudinal de la temperatura media anual de aire, mencionados, en las zonas sur-oriental y occidental son muy diferentes a los que normalmente se ha dicho que se cumplen para toda Colombia (P.Ej.: 0.6°C/100 m a 0.65°C/100 m); estas zonas tienen una tendencia a ser más calientes que las demás, pero sus temperaturas a bajas altitudes son inferiores gracias a la acción de los vientos predominantes, a mayor altura pasan a ser más calientes que las de las zonas adyacentes.

La temperatura sufre variaciones considerables en el transcurso del día, 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 aproximadamente 8°C, los que a su vez son también superiores a los de las 19 HL en 4°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 promedio puede alcanzar los 8°C.

### 3.3. Evapotranspiración

Como ya se mencionó, el clima de la región es abundante en agua, la evapotranspiración potencial y real ha sido estimada en cerca del 20% al 30% de la precipitación. Obviamente los meses de mayor exceso hídrico corresponden a los períodos más lluviosos y sobre todo al período octubre-noviembre, durante el cual los escurrimientos superficiales son bastante grandes.

La comparación de los valores de los elementos climáticos de la región del Macizo Colombiano con aquellos de áreas adyacentes permite encontrar diferencias suficientes como para considerar que esta región constituye un clima excepcional; en efecto, se observa que se trata de una región más caliente y más húmeda de lo que le correspondería si conservara la tendencia climática de las áreas vecinas. El hecho anterior, aún cuando ocasiona que la evaporación y la transpiración sean relativamente mayores, no impide que se de un mayor exceso hídrico en el suelo, originando mayor escurrimiento superficial y subterráneo de agua. De acuerdo con los cálculos realizados, la evaporación y la transpiración solo afectan hasta el 30% de la precipitación, lo cual produce un exceso de agua lluvia del orden del 70% (en algunos casos más de 2.000 mm/año). Obviamente los meses críticos corresponden al período lluvioso y especialmente a los meses de octubre y noviembre, durante los cuales el exceso es superior a los demás meses y, por lo tanto, los escurrimientos son bastante altos.

### 3.4. Clasificación Climática

**3.4.1. Según C.W. Thornthwaite.** De acuerdo con la metodología de C.W. Thornthwaite, la región del Macizo Colombiano tiene un tipo de clima superhúmedo (A), excepto en la zona nor-oriental que es húmeda, con ninguna deficiencia de agua (r), sus características calóricas lo hacen mesotermal (B'), las muy pocas o casi nulas variaciones de temperatura media ocasionan que el coeficiente de concentración trimestral de la eficiencia termal esté alrededor del 25% (a'). En el extremo nor-oriental de la región, el grado de humedad disminuye de superhúmedo a moderado y ligeramente húmedo (B<sub>2</sub> y B<sub>1</sub>).

**3.4.2. Según W. Köppen.** Dentro del sistema de clasificación establecido por Köppen, a la mayor parte de la región del Macizo Colombiano se le puede asignar el Tipo Csb que corresponde a un clima templado húmedo con una época relativamente seca, donde llueve casi todo el año.

Lo anterior se cumple, a excepción de una gran parte del sector nor-oriental; en estas áreas se dan los climas Am (tropical lluvioso de bosque con período seco definido) y Af (clima tropical lluvioso de selva).

**3.4.3 Según Caldas-Lang.** De acuerdo a las características generales de la región del Macizo Colombiano (predominando la abundante humedad), el clima típico es el Frío Húmedo (FH); únicamente se distingue la zona nor-oriental con un clima templado semihúmedo (Tsh).

En resumen se puede concluir que todas las condiciones climáticas son amplia y claramente favorables a las actividades productivas, si se toman las medidas preventivas que sean del caso, pero también son ampliamente favorables a la acción de los agentes destructores del suelo, de las plantaciones, etc. El exceso hídrico natural, unido a las temperaturas y a la alta humedad, causa la saturación permanente del suelo y lo deja expuesto a ser arrastrado y dispersado, sobre todo cuando no existe ni drenaje ni cobertura vegetal adecuada. Las lluvias muy intensas o persistentes, como las de noviembre, son especialmente favorables al desarrollo acelerado de deslizamientos y erosión por el escurrimiento superficial y subterráneo en suelos que permanecen húmedos.

Paralelamente al quitar la cobertura vegetal (hecho muy notorio en toda la región) se ha quitado y se sigue quitando la posibilidad de reincorporar el agua evapotranspirada a las formaciones nubosas y de allí recibirla nuevamente en forma de lluvia.

Las reservas hídricas actuales son inferiores a las del pasado reciente debido, además del no reciclaje del agua evapotranspirada por la supresión de la capa boscosa, a la desaparición de las masas glaciares que aportaban agua de fusión a la red hídrica. Los últimos glaciares residuales (Pan de Azúcar y Puracé) desaparecieron entre 1940 y 1960, lo cual corresponde con el aumento de la temperatura que, a nivel mundial, empezó hacia 1850 después de la Pequeña Edad Glacial.

#### 4. La Geomorfología del Macizo

El Macizo Colombiano es sinónimo de diversidad. Aquí presentamos únicamente las unidades fisiográficas más relevantes, con algunas de sus características y sus problemas relacionados con la utilización del espacio por el hombre (Fig.6).

##### 4.1 Los Coconcos

La culminación altitudinal del Macizo está conformada por las estructuras volcánicas activas de Los

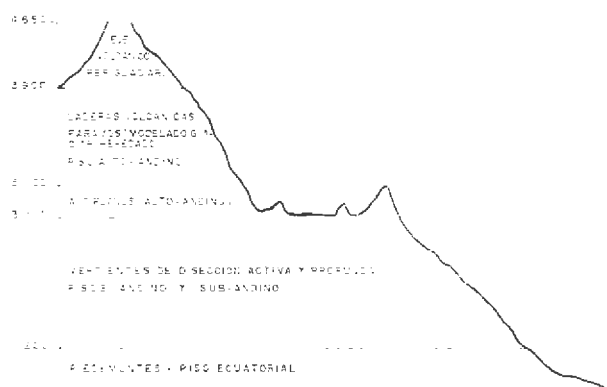


Figura 6. Principales unidades fisiográficas del Macizo Colombiano.

Coconucos (eje volcánico) en las que se identifica una amplia variedad de formas (cráteres simples, dobles, fisurados, encajados; flujos de lava continuos y brechí-ticos; domos; agujas) y depósitos piroclásticos (bombas volcánicas, piedra pómez, vidrio, ceniza, arena, etc.). De estos volcanes se destacan el Pan de Azúcar y el Puracé.

Del lado occidental se destaca otro eje volcánico activo en el que sobresalen los volcanes de Sotará y Cerro San Alfredo (existen otras estructuras volcánicas sin identificar).

El eje volcánico se considera activo ya que abundan las evidencias (efusiones y explosiones) de estas manifestaciones en el Pleistoceno y también después de la última glaciación, es decir en los últimos 10.000 años. Además, la actividad continúa en el presente con manifestaciones sísmicas, hidrotermales y explosivas. Flórez (1984), identificó ocho (8) estructuras volcánicas activas; sin embargo, es muy probable que existan otras.

Además, de la actividad misma, las áreas arriba de 3.900 m de altitud están desprovistas de vegetación y debido a las pendientes fuertes son productoras de sedimentos que se transportan rápidamente por el agua lluvia y la de fusión de las nieves ocasionales.

El eje volcánico fue modelado por la acción de los glaciares de la última glaciación (aproximadamente desde hace 70.000 hasta hace 10.000 años antes del presente) que en conjunto con la actividad volcánica generaron flujos (volcano-glaciares) que aportaron materiales para el relleno de los lagos de Paletará y Las Papas y la consecuente formación de los altiplanos. Muchos de estos flujos actuaron fuera del área, a lo largo de la red hidrográfica que se origina allí y con una incidencia muy fuerte en áreas lejanas como los piedemontes.

La actividad explosiva cubrió el área de espesas capas de materiales piroclásticos (con predominio de ceniza), a partir de los cuales se han derivado ricos suelos (andosoles) con alta capacidad de retención de agua y alto contenido de nutrientes, que se encuentran aún en sitios muy distantes dentro y fuera del territorio colombiano.

La conjunción de los eventos volcánicos y glaciares, más la característica húmeda del clima, conllevaron a la formación de numerosas y muy importantes lagunas que se constituyen en claves reservas hídricas, bióticas y paisajísticas.

##### 4.2. Laderas entre 3.000 y 3.900 m de altitud

Las laderas volcánicas están ocupadas por las formaciones vegetales del Páramo y Subpáramo y, en algunos casos, las formaciones altoandinas ubicadas al suroriente que logran llegar hasta 3.400 m de altitud (Cuenca alta del río Mazamorrás, La Plata y Bedón, que poseen características superhúmedas).

Las formas dominantes de estos espacios son el resultado de la superposición de capas de lavas y otros materiales volcánicos y, las formas resultantes del modelado glaciar (cubetas de sobreexcavación, valles, morrenas). Hoy las cubetas y valles están ocupadas por

pantanos (turberas) con formaciones vegetales especiales y una fuente de reserva y regulación hídrica y climática.

La pendiente fuerte y la inestabilidad potencial de los suelos, hacen que la intervención humana (actualmente en vías de generalización) genere y/o acelere procesos de disección y remoción en masa, con la consecuente degradación de la calidad de las aguas y una mayor carga de sedimentos en la red de drenaje.

#### 4.3. Los altiplanos, antes ocupados por lagos

Bajo el concepto de altiplanos se incluyen aquí el denominado Páramo de Las Papas y la Altiplanicie de Paletará, que biogeográficamente hacen parte del piso Altoandino (no del páramo). Su altitud aproximada es de 3.000 m.

Estas, que en el pasado eran depresiones ocupadas por grandes lagos, fueron sedimentadas por el aporte de materiales de origen fluvial, glaciar y volcánico, en eventos muchas veces simultáneos. El relleno condujo a la desaparición de los lagos y, por ende, a la pérdida de una buena parte del recurso hídrico y, a la posterior colonización por la vegetación de los bosques altoandinos (hoy desaparecidos por acción humana).

En la Altiplanicie de Paletará, aún se evidencian dos estructuras volcánicas muy degradadas y aparentemente inactivas, que muy difícilmente se perciben directamente en el campo. Estos son el volcán Paletará (nombre que se adoptaría por la ubicación en la altiplanicie) y Cuchilla del Canelo (nombre que ya existe para el relieve allí presente). Al sur de estos volcanes está la Laguna del Buey, donde nace la Quebrada del Buey, afluente del Magdalena. Esta laguna ocupa un cráter volcánico que de ser activo representaría un riesgo de magnitud catastrófica.

Los sedimentos lacustres son de baja consolidación y están siendo fácilmente disectados por las corrientes de agua, con la consecuente pérdida de capacidad de retención que está conduciendo a la sequía de los suelos. El fenómeno se acelera por la construcción de acequias de drenaje que incide en el descenso del nivel freático y, desde luego, en la reducción de las reservas de agua.

#### 4.4. Vertientes de disección profunda.

(Altitudes inferiores a 3.000 m)

Las características que definen esta unidad se relacionan con:

- Presencia evidente de ríos resultantes de la confluencia de las corrientes menores existentes en las otras unidades;
- Pendientes fuertes que, junto con lo anterior, generan un mayor potencial hidro-gravitatorio;
- Localización de los óptimos pluviométricos, que aportan una mayor cantidad de agua;
- Algunas corrientes están parcialmente controladas por alineamientos tectónicos activos (ejes de

fracturación de material) que dan una mayor facilidad para socavar y transportar materiales sólidos.

Todo lo anterior conlleva a una mayor capacidad de disección y profundización de cauces, lo cual implica un aumento de la pendiente de las laderas e inestabilidad de sus materiales. El proceso señalado se acelera por la inadecuada forma de ocupación y utilización de los espacios; acá se aprecia una mayor ocupación y se nota un mayor impacto ambiental.

En esta unidad también se identifican estructuras volcánicas (pueden ser del orden de 15, la mayoría sin identificar) que han tenido actividad reciente (en el tiempo geológico); entre ellas se destacan la caldera de Letreros o Cutanga ocupada por la Laguna de Los Andes y el volcán Merenberg.

#### 4.5. Los piedemontes

En las estribaciones del Macizo se encuentran los piedemontes, área de transición hacia las llanuras inundables. Las geoformas dominantes son los conos de deyección aluvio-torrencial, depósitos correlativos de la dinámica fluvio-glaciar y con aporte de materiales volcánicos.

Los conos por su pendiente e inundabilidad menores, soportan una mayor concentración de población; hecho que conduce consecuentemente a una mayor degradación por procesos de tunelización y cárcavamiento de los suelos.

La desaparición de las masas glaciares (nevados) disminuyó los riesgos por flujos (volcano-glaciares) como ocurrió frecuentemente en el pasado; sin embargo, los desbordes de los ríos constituyen un riesgo actual.

### 5. Conclusiones y recomendaciones

Esta visión general del Macizo Colombiano permitió detectar algunas de las bondades y limitantes frente a su posible utilización racional, de efectos locales y regionales en un futuro plan de ordenamiento territorial.

Existe un conocimiento científico muy limitado, por lo que se requiere implementar un Programa de Investigación multidisciplinario e interinstitucional que lleve a una zonificación integrada en función de la población, de su oferta ambiental, de sus riesgos naturales y de la posibilidad de utilización racional.

El Macizo es el resultado de la conjunción de diferentes eventos tecto-orogénicos, volcánicos, glaciares y bioclimáticos, que le imprimen al área unas características especiales en cuanto se refiere a la diversidad y magnitud de recursos y, por lo mismo, de limitantes para su aprovechamiento.

La presencia de volcanes activos indica la posibilidad de aprovechar el recurso geotérmico, aspecto sobre el cual no se ha tomado ninguna acción.

La formación del Macizo es reciente (en términos geológicos) y continúa en evolución. El aporte de sedimentos por procesos geomorfológicos naturales y

acelerados por el hombre podría afectar seriamente, en el futuro inmediato, el manejo del agua para uso doméstico y agroindustrial en todas las áreas que dependen hídricamente del Macizo.

Las lagunas del área tienen un proceso de sedimentación natural, pero su colmatación está acelerándose por un mayor aporte de sedimentos ligados a las actividades agropecuarias en zonas con pendientes fuertes. Esto conlleva, también, a la reducción de la cantidad y calidad del agua que forma la reserva hídrica.

Las unidades en que preliminarmente se dividió el Macizo, tienen una característica común que es la de la inestabilidad potencial y real, que se acelera por la acción humana. De lo anterior se plantea el riesgo de desertificación de estos espacios, en un futuro muy cercano y la consecuente disminución del recurso hídrico en gran parte de Colombia.

Comparativamente con el resto del territorio colombiano, el Macizo Colombiano es una de las mayores fuentes del recurso hídrico, lo cual en unión con los factores geológicos, bioclimáticos y geomorfológicos que lo caracterizan, hacen del Macizo un área estratégica para el desarrollo nacional. Lo anterior, contrasta con la poca atención que en todos los campos se le otorga a esta región que no solo es importante para si misma sino para todo el país.

Actualmente se observan evidencias de inestabilidad relacionada con causas naturales y antrópicas, las que podrían acelerarse hasta llegar a umbrales críticos, por uso inadecuado del espacio. Como ejemplo, vale la pena citar los riesgos sísmicos y volcánicos, además de la posibilidad de aparición de condiciones de desertificación por la degradación de la cobertura vegetal, suelo y agua.

En el Macizo Colombiano abundan las formas paisajísticas que aún no tienen nombre, por lo menos en la cartografía existente. De otra parte, la tradición indígena es rica en vocabulario naturalista, del cual debería tomarse nombres para identificar los elementos físicos y evitar el denominar algunos sitios con nombres de personas, como ya ha ocurrido.

## Bibliografía

- Barrero, L.D., A. Alvarez & T. Kassem. 1969. Actividad ignea y tectónica en la Cordillera Central durante el Meso-Cenozoico. Bol. Geol. XVII. Ingeominas, Santafé de Bogotá.
- Corporación para la reconstrucción y desarrollo del Departamento del Cauca-CRC. 1985. Estado actual y perspectivas hídricas del Macizo Colombiano (Mscr). III Congreso de Cuencas Hidrográficas. CVC, Cali.
- Eslava, J. 1992a. Perfil altitudinal de la temperatura media del aire en Colombia. Geofis. Colomb. 1:37-52. Acad. Colomb. Cienc. Geofis., Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. 1992b. La precipitación en la Región del Pacífico Colombiano. (Lloro: ¿El sitio más lluvioso del mundo?). ZENIT 3:7-33. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. 1993a. Climatología y diversidad climática de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (71):507-538, Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. 1993b. Características térmicas de la Región del Pacífico Colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (72), Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. V. López & G. Olaya. 1986a. Los Climas de Colombia (Sistema de W. Köppen). Atmósfera 5:35-81. Soc. Colomb. de Meteorología-SOCOLMET, Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1986b. Los Climas de Colombia (Sistema de C.W. Thornthwaite). Atmósfera 6:33-76. SOCOLMET, Bogotá.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. & \_\_\_\_\_. 1986c. Los Climas de Colombia (Sistema de Caldas-Lang). Atmósfera 7:41-77. SOCOLMET, Santafé de Bogotá.
- Flórez, A. 1983. Cadena volcánica de los Coconucos, Cordillera Central. Colombia Geográfica X (2):33-53. IGAC, Santafé de Bogotá.
- \_\_\_\_\_. 1992. Los glaciares residuales de Colombia-Enfoque Geohistórico y situación actual. ZENIT 3:35-45. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.
- Hubach, E. & E. Alvarado. 1932. La altiplanicie de Paletará. Inf. Geol. 516. Ingeominas, Santafé de Bogotá.
- Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT. 1993. Información hidrometeorológica básica disponible en la Sección de Archivo Técnico. HIMAT, Santafé de Bogotá.
- Kroonenberg, S., L.A. León, J.M. Pastrana & M.R. Pessoa. 1981. Ignimbritas pleistocénicas en el suroeste del Huila, Colombia y su influencia en el desarrollo morfológico. CIAF 6 (1-3):293-314. CIAF, 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.
- París, G. & P. Marín. 1979. Generalidades acerca de la Geología del Departamento del Cauca. Mapa Geológico E: 1:350.000. Ingeominas, Santafé de Bogotá.
- Radelli, L. 1967. Géologie des Andes Colombiennes. Mémoires de la Faculté des Sciences de Grenoble N°6. Grenoble, France.
- Rivera, L. 1992. Observaciones en relación con los procesos de precipitación y escorrentía en la Cuenca superior de los ríos Cauca, Patía, Caquetá y Magdalena. ZENIT 3:65-70. Asoc. Col. Ing. Geógrafos-ACIG, Santafé de Bogotá.
- Tricart, J. & J. Trautmann. 1974. Quelques aspects de l'évolution géomorphologique quaternaire du haut bassin du Magdalena. Bull. Inst. Fr. Et. And. III (4):37-58. Lima.

# ESTUDIO GEOLOGICO DE LA SIERRA DE CHIRIBIQUETE Y ZONAS ALEDAÑAS (PARQUE NACIONAL-NATURAL CHIRIBIQUETE)

por

Jaime Galvis Vergara

## Resumen

Galvis Vergara, J.: Estudio geológico de la Sierra de Chiribiquete y zonas aledañas (Parque Nacional-Natural Chiribiquete). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 119 (73): 275-286, 1994. ISSN 0370-3908.

La Sierra de Chiribiquete comprende una sucesión de mesetas situadas entre los ríos Apaporis y Caquetá. en el presente trabajo se analiza la composición litológica de esos relieves, su origen y se adelantan algunas hipótesis acerca de su edad geológica. También se describe la estratigrafía de las rocas que subyacen las mesetas mencionadas. Por último se hace una comparación de la sucesión estratigráfica de Chiribiquete con la de el grupo Roraima de Venezuela, donde se presenta una morfología tabular con notables similitudes.

**Palabras clave:** Sierra de Chiribiquete, Guayana, Amazonía, Neotrópico, Colombia, Geología.

## Abstract

Sierra del Chiribiquete is an eroded mesa landscape between the Apaporis and Caqueta rivers. This work analyses the lithological composition, origin and some theories about its geological age. Also describes the stratigraphy of the rocks underlying those plateaus. Finally compares the stratigraphical series with the Roraima group in Venezuela, rather similar morphologically.

**Key Words:** Sierra de Chiribiquete, Guayana, Amazonia, Neotropico, Colombia, Geology.

## Introducción

Este trabajo se realizó con el patrocinio de la Agencia Española de Cooperación Internacional, dentro del Proyecto de Cooperación hispano-colombiano: Evaluación de la biodiversidad en áreas de especial interés. Estudios en la Sierra de Chiribiquete.

Se analizó el material petrográfico colectado en el área, se delimitaron las unidades litológicas por medio de imágenes de radar y se complementó la información con muestras, observaciones y determinaciones estratigráficas de trabajos anteriores del autor en otros secto-

res de la Amazonía Colombiana. Se obtuvo además una muestra de las mesetas venezolanas, aportada por las expediciones de la Agencia Española de Cooperación en ese país. A todo esto se agregó una cuidadosa revisión bibliográfica de la información acerca del Cratón Guayanés.

## Geomorfología

La región que se extiende entre los ríos Apaporis y Caquetá, comprende una gran llanura, de la cual se destacan algunos relieves, donde se presentan las siguientes geoformas: mesetas inclinadas de poca altura, con pen-

diente hacia el Occidente, se observan en la zona media del curso del Río Mesay, en la zona de los grandes raudales y en el sector de La Angostura de el Río Caquetá.

Otro tipo de relieves tabulares es predominante en la región, que comprende mesas horizontales, con bordes generalmente verticales. Esta geoforma es bastante común en la Amazonia Colombiana y en especial en la cuenca superior del Río Apaporis y las cuencas medias de los ríos Yari y Caquetá y en las de algunos afluentes.

En los dos tipos de paisaje mencionados, se presentan rasgos geomorfológicos típicos de un modelado eólico. Entre estos cabe mencionar la presencia de pendientes negativas y morfologías pseudokársticas (Figs. 1 y 2), en rocas no calcáreas. Entre las formas causadas por erosión eólica se observan pedestales (Fig. 3), hongos (Fig. 4), arcos de roca (Fig. 5), puentes naturales (Fig. 6) y otros que en ningún caso se pueden originar por la erosión que pueda causar un clima pluvial tropical y una cubierta de densa vegetación. Parecen formas del desierto trasplantadas a una selva tropical. También es característico un barniz lustroso que se observa en superficies de diversos tipos de roca en muchos lugares de Chiribiquete. Dicho barniz (Figs. 7 y 8), de color negro, café o rojo se compone de óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso. Es característico de áreas desérticas. En general las mesas y zonas aledañas presentan una red de drenaje superficial de muy poca densidad, ya que se desarrolla en rocas muy permeables. El drenaje presenta un patrón angular.

Otro tipo de paisaje de origen denudativo, frecuente en la región de Chiribiquete, presenta colinas de poca altura, de formas facetadas. Hay un desarrollo de drenaje denso y en un patrón dendriforme. Esta morfología se desarrolló en sedimentos arcillosos y se presenta bastante extendida al Sur del Río Ajaju y entre los ríos Mesay y Yari. También en amplias zonas al Sur de este último.

Cabe mencionar además un paisaje plano o muy ligeramente ondulado, con una red de drenaje superficial muy pobre, a veces notablemente angular, que se presenta en amplias zonas cubiertas de arena fina. La angularidad del drenaje, refleja subafloramiento de roca a muy poca profundidad. Este tipo de paisaje se encuentra en la cuenca hidrográfica superior del Río Mesay, en parte de la cuenca inferior del Río Yari, en algunos sectores del curso superior del Río San Jorge y en una amplia zona comprendida entre los ríos Macaya y Ajaju, al Occidente de la Sierra de Chiribiquete.

De lo anterior cabe concluir, que hay en la región muchas características morfológicas que indican un modelado de paisaje en un clima desértico totalmente diferente al actual. En este sentido se destacan aspectos tales como los pedestales, arcos y puentes de roca, cavernas de poca longitud, además de extensos depósitos de arena muy fina, prácticamente un loess, sin relación genética con los drenajes fluviales. Mas aún cuando se pueden observar depósitos de estas arenas en lugares topográficamente elevados.



Figura 1. Morfología pseudokárstica en una de las mesas de Chiribiquete.



Figura 2. Morfología pseudokárstica en Chiribiquete, caverna de poca longitud.



Figura 3. Pedestal de roca, Chiribiquete.



Figura 4. Hongo, forma originada en erosión eólica, en roca.



Figura 5. Arco en roca, originado en erosión eólica.



Figura 6. Puente natural. Chiribiquete.



Figura 7. Afloramiento de rocas cubiertas por barniz de manganeso.



Figura 8. Aspecto del barniz en superficies rocosas.

Además cabe agregar la forma de los cauces fluviales, en los cuales se observan formas completamente irregulares, dando la impresión de grandes caudales de agua vertidos en superficies irregulares (Fig.9) que en ningún caso se asemejan a cauces fluviales establecidos. El perfil altimétrico de los cauces fluviales, muestra los rápidos casi como diques (Fig. 10) que separan sectores en los cuales la corriente demasiado lenta hace que los ríos se comporten como lagunas.

### Litología

Las unidades litológicas que se conocen en el área de Chiribiquete, comprenden rocas del Precámbrico tardío o Proterozoico, del Paleozoico y del Cenozoico. En un orden cronológico, las unidades observadas son las siguientes:

- Areniscas arcóscicas y conglomerados polimícticos de colores rojo, púrpura, bermellón y pardo.

Se observan expuestos en los primeros raudales del río Apaporis aguas abajo de Dos Ríos, en los raudales del Río Macaya, en proximidades del Raudal Huitoto del Río Yari y en el curso del Río Caquetá aguas arriba del Raudal Angostura, este último solamente observable con aguas bajas en la época de sequía.



Figura 9. Aspecto de un lecho fluvial en estiaje.

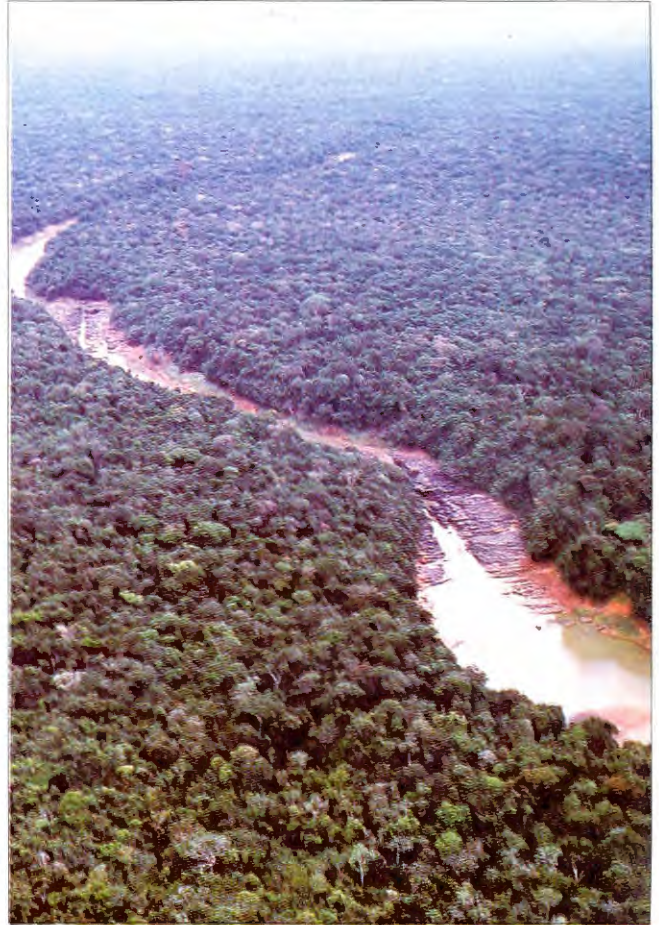


Figura 11. Raudales en la Formación Piraparaná, obsérvese la ausencia de relieve.



Figura 10. Raudales sucesivos, obsérvese la poca corriente en medio.

Estos sedimentos comúnmente son la causa de rápidos en los ríos (Fig.11), pero en ninguna parte se han observado formando relieves o prominencias topográficas.

Su descripción petrográfica es la siguiente:

Textura: detrítica.

Composición mineralógica:

Cuarzo, en granos subredondeados a subangulares, parcialmente recrystalizados. Hay huellas de polvo, dando el contorno del grano original. Presenta inclusiones de agujas de rutilo y laminillas de biotita.

Feldespato, granos de plagioclasa y microclina angulares.

Fragmentos de roca, se observan clastos de cuarcita micácea, cuarcita y jaspe. También hay fragmentos de roca volcánica.

Minerales accesorios, magnetita, zircón, muscovita.

Matriz, en parte ftanita, en parte arcilla teñida por óxido férrico.

Clasificación: Arenisca arcósica. (Figs. 12 y 13)

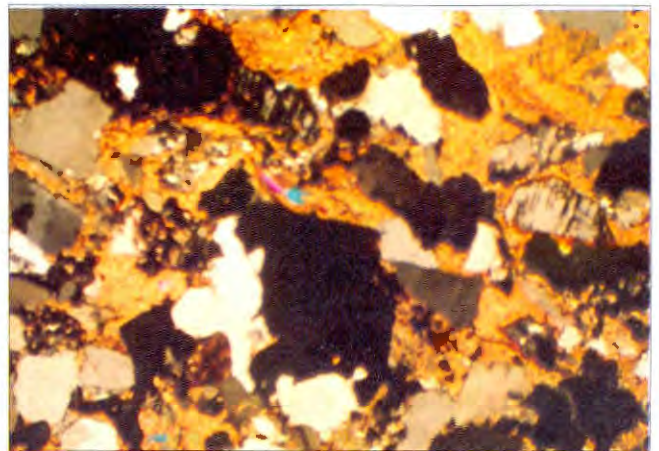


Figura 12. Sección delgada al microscopio de la Formación Piraparaná. Obsérvese el cuarzo en granos irregulares de color blanco y gris oscuro, los feldspatos rayados por las maclas y la matriz amarilla.

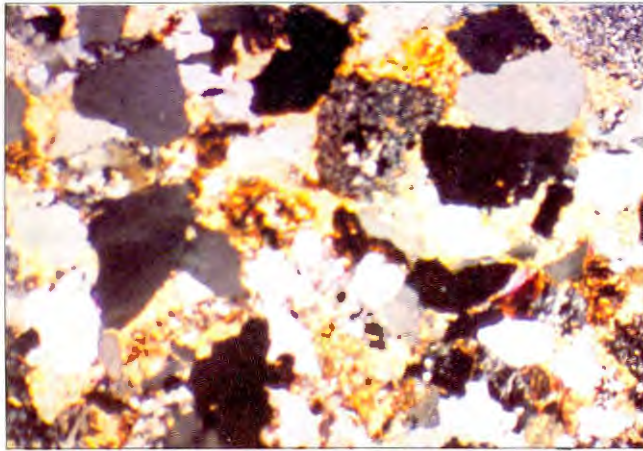


Figura 13. Arcosa de la Formación Piraparaná, se observa además de granos de cuarzo, fragmentos de roca volcánica hacia el extremo de la derecha y arriba.

#### - Vulcanitas riolíticas riolíticas y traquíticas del Raudal Huitoto.

Se observan en depósitos piroclásticos estratiformes y en coladas de lava. Presentan colores en diversas tonalidades de rojo y malva. En la región de Chiribiquete, solamente se hallan expuestas en el raudal de Huitoto, pero sus afloramientos son numerosos en otras áreas de la Amazonia Colombiana.

Su descripción petrográfica es la siguiente:

Textura porfirítica, intersertal. Presenta devitrificación en la matriz.

Composición mineralógica:

Cuarzo, textura gráfica, intercrecimiento con feldespato de potasio.

Ortoclase, muy empolvada por hematita.

Plagioclase, fenocristales subhedrales, notablemente sericitizada, composición oligoclase.

Minerales secundarios, sericita, clorita, hematita.

Minerales accesorios, apatito, ilmenita, magnetita, zircón.

Clasificación: Riodacita. (Figs. 14 y 15)

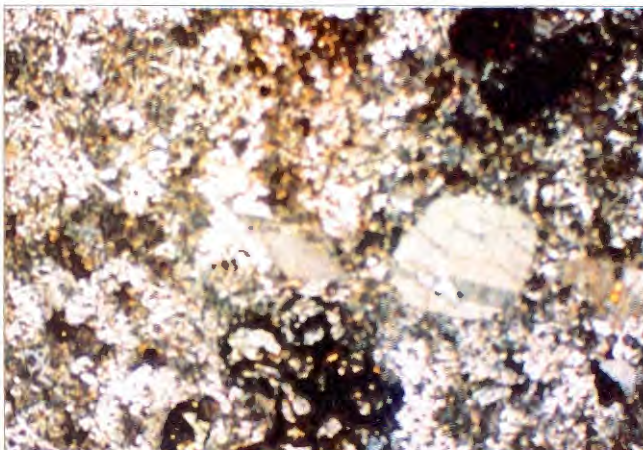


Figura 14. Sección delgada de una vulcanita del Raudal Huitoto, a la derecha se observa un fenocristal de plagioclase, en matriz muy fina de cuarzo y ortoclase.

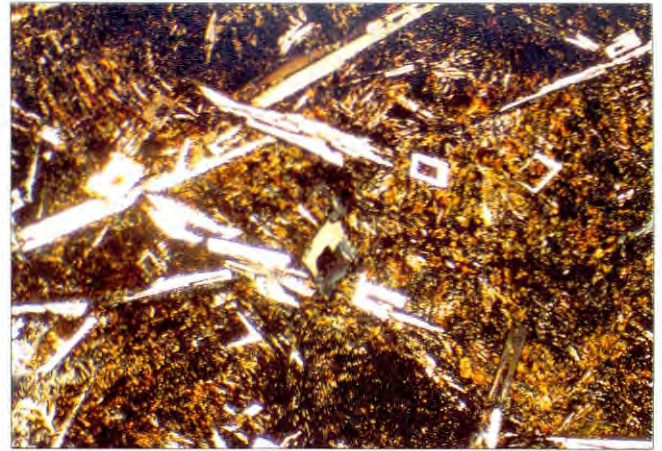


Figura 15. Sección delgada de riodacita, se pueden observar microlitos de plagioclase en una matriz de grano muy fino.

#### - Granitos migmatíticos

Producto de la granitización de los sedimentos y vulcanitas antes descritos. Son rocas notablemente alcalinas, con texturas muy variables. Se presentan expuestos en el curso inferior del Río Mesay y en un cerro aislado próximo a la Quebrada de la Sardina, afluente del Río Yarí.

Su descripción petrográfica es la siguiente:

Textura holocristalina, poikilítica.

Composición mineralógica :

Cuarzo, anhedral, extinción ondulatoria.

Microclina, anhedral, peritítica, poikilítica, con abundantes inclusiones de cuarzo, plagioclase y otros minerales.

Plagioclase, sericitizada, notablemente fracturada.

Biotita, pleocroísmo de marrón verdoso a amarillo pálido.

Minerales secundarios, sericita, epidota, muscovita, clorita.

Minerales accesorios, apatito, esfená, ilmenita, zircón.

Clasificación: Granito. (Figs. 16 y 17)

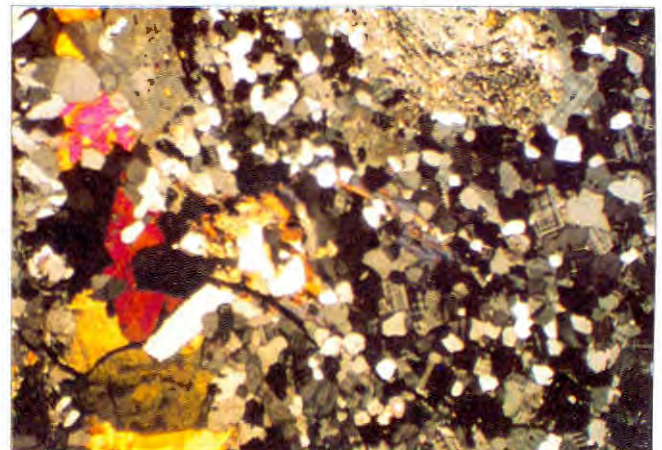


Figura 16. Granito migmatítico, se observa cuarzo, en granos subredondeados, blancos y grises oscuros, formando un mosaico con microclina, que se presenta en granos con macla en enrejado. A la izquierda en colores rojo y amarillo, láminas de biotita.

**- Sedimentos marinos del Período Ordovícico**

Se presentan areniscas cuarzosas notablemente litificadas de color blanco y gris claro, pizarras de colores gris y verde, limolitas grises y un conglomerado basal de poco espesor. Esta secuencia de sedimentos marinos, presenta estructuras tales como suturas estilolíticas, marcas de oleaje, calcos de carga y diques de arena.

Son frecuentes los icnofósiles tales como escolitos, talassinoides y cruzianas. Se han encontrado numerosos fósiles tales como trilobites, graphtolites y acritarcos (Galvis & al., 1979).

Los sedimentos descritos están expuestos al Oriente de las mesas principales de Chiribiquete, en los raudales de Araracuara y Angostura en el Río Caquetá.

Descripción petrográfica:

Textura: detrítica.

Composición mineralógica:

Cuarzo, granos subredondeados, notable recristalización.

Minerales accesorios, turmalina, zircón, muscovita.

Clasificación: Arenisca ortocuarzítica. (Figs. 18 y 19).

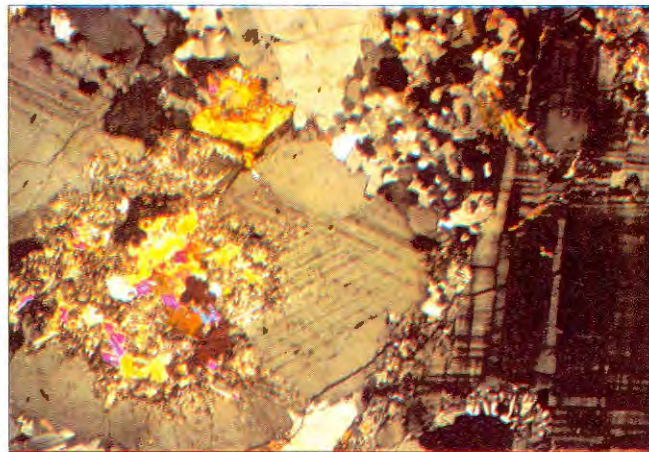


Figura 17. Granito migmatítico, a la izquierda se observa un cristal de plagioclasa, corroído por muscovita (en colores vivos), en medio de un mosaico de granos de cuarzo y a la derecha un fenoicristal de microclina.

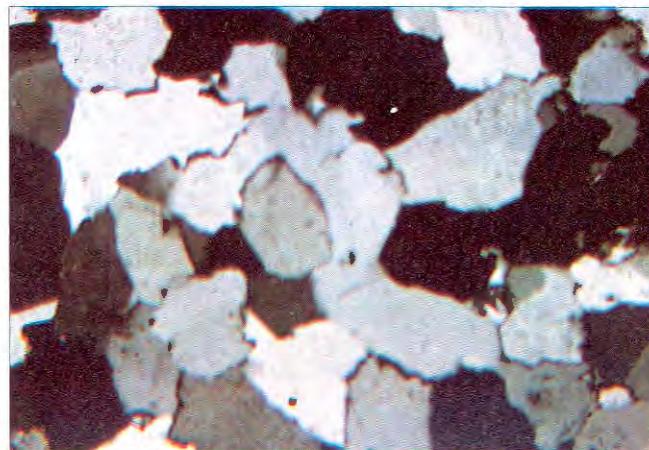


Figura 18. Arenisca de la Formación Araracuara, obsérvese el soldamiento de los granos de cuarzo.

**- Areniscas de Chiribiquete**

Sobre las unidades litológicas antes mencionadas, se presentan unas areniscas de grano fino, cuarzosas, muy porosas y permeables, cuyo contacto con las rocas infrayacentes se observa en superficies irregulares, sin cambio granulométrico y sin que se presente peneplanación del sustrato, dando la apariencia de arena regada sobre una superficie irregular. Las areniscas en mención, no presentan cambios de facies, son masivas excepto por la estratificación cruzada (Fig. 20) que generalmente es tabular y de grandes dimensiones.

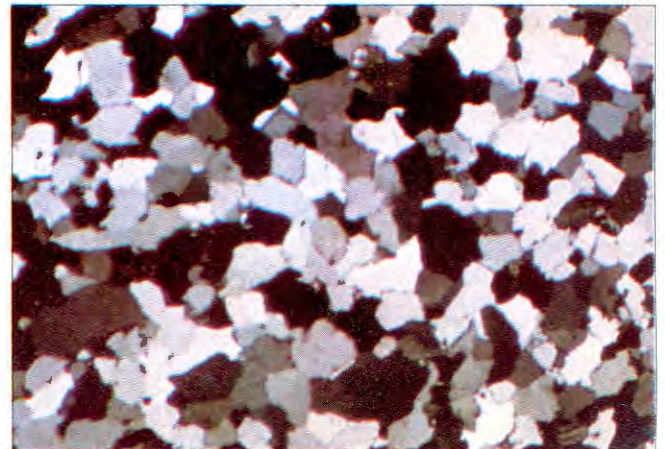


Figura 19. Arenisca de la Formación Araracuara vista con menor aumento que la anterior.

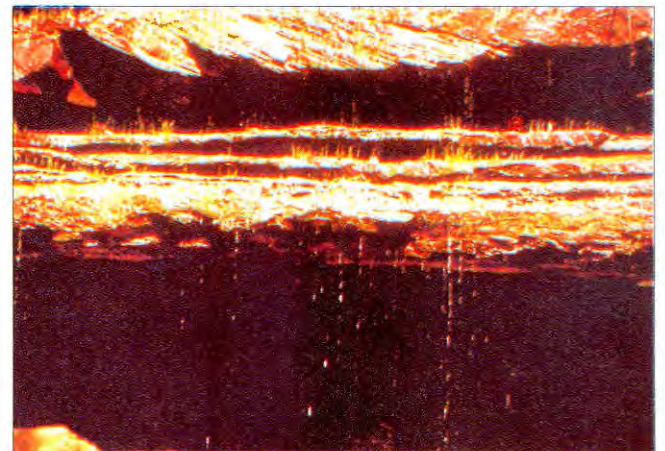


Figura 20. Estratificación cruzada tabular o angular en las areniscas de Chiribiquete.

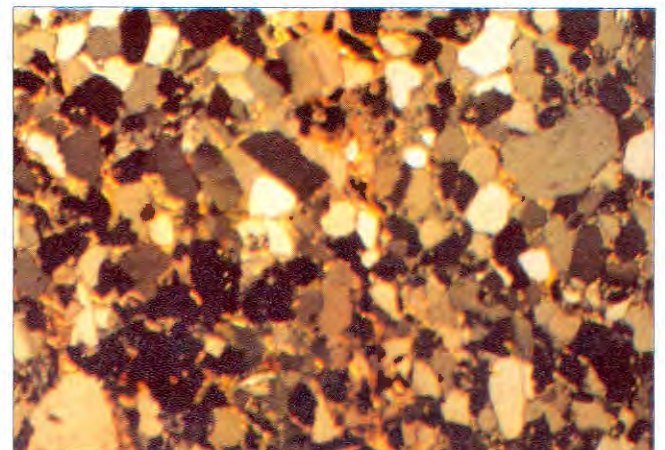


Figura 21. Arenisca de Chiribiquete, obsérvese los granos de cuarzo rodeados de una matriz de illita.

En estos sedimentos nunca se han encontrado fósiles ni rasgo alguno de bioturbación. Tampoco se ha hallado materia orgánica ni grafito.

Se presentan formando mesas aisladas, pilares y depósitos bajos en el área comprendida entre el Río Macaya al Norte y el Río Caquetá al Sur (aunque hay algunos depósitos entre los ríos Caquetá y Putumayo). Al Oriente se presentan hasta cerca del Raudal Venado del Río Apaporis y al Occidente hasta la longitud 72° 20' según coordenadas geográficas IGAC. Además del área mencionada, se encuentran depósitos de las areniscas en referencia, en la cuenca hidrográfica del Río Vaupés, entre el Caño Bacatí y el Raudal Mandí, en la cuenca media del Río Apaporis (región de Jirijirimo) (Van der Hammen, 1952), en la cuenca superior del Río Inírida, en mesas aisladas próximas al Río Guaviare, en relieves aislados a lo largo de el Río Igarapará. además cabe agregar la presencia de esta unidad litológica en la Sierra de la Macarena, constituyendo su techo.

En la Sierra de Chiribiquete, los sedimentos en mención se presentan formando una superficie ligeramente inclinada, cuya parte más alta se encuentra en el extremo Norte.

Características sedimentológicas de estas areniscas, tales como su contacto inferior sin conglomerado basal y sobre superficies topográficamente irregulares, su granulometría fina y muy uniforme, la ausencia de matriz o su presencia esporádica como un relleno posterior a la sedimentación, el aspecto esmerilado de los granos, la presencia esporádica de ventifactos y la estratificación cruzada angular y a escala gigantesca, son aspectos que indican un origen eólico en un ambiente de extrema aridez. Esto también lo sugiere la ausencia de fósiles o materia orgánica en cualquier forma.

La composición petrográfica es la siguiente :

Textura: detrítica.

Composición mineralógica:

Cuarzo en granos redondeados a subredondeados. Diámetro aproximado de los granos 0,2 a 0,3 milímetros. Ligera recristalización.

Minerales accesorios, turmalina, zircón.

Matriz, hay muestras completamente libres de matriz, en algunas hay matriz illítica, aparentemente introducida posteriormente a la sedimentación. En algunos ejemplares se presenta cuarzo muy fino en la matriz.

Clasificación : Arenisca ortocuarcítica (Figs. 21 y 22).

La edad de los sedimentos de Chiribiquete es muy difícil de establecer, ante la ausencia total de fósiles y la falta de minerales que por su contenido en rubidio o potasio permitan una datación radiométrica. Las relaciones de campo permiten establecer que la sedimentación fue posterior al Ordovícico, ya que se han observado reposando sobre sedimentos de esa edad, al Oeste de Aracuara. Las perforaciones petroleras en la Orinoquia han localizado areniscas muy similares a las descritas, infrayaciendo sedimentos datados del Cretáceo (Gabela, 1985), por tanto es posible situar su origen en el lapso comprendido entre el Ordovícico y el Cretáceo.

Las características de sedimentos de un desierto, permiten creer en una posible edad pérmica, ya que durante ese período la desertificación fue intensa en la mayor parte de la Tierra y de ello hay abundantes evidencias en la Amazonia Brasileña. Allí, se han encontrado enormes depósitos de evaporitas del Pérmico, con altos contenidos de minerales de potasio y magnesio, indicativos de sobresaturación de salmueras y por lo tanto de condiciones de aridez extrema. Los restos fósiles de otros períodos del Paleozoico tales como Silúrico, Devónico y Carbonífero indican otra clase de condiciones climáticas.

En la región de Chiribiquete no se han encontrado unidades litológicas del Mesozoico ni del Terciario Inferior.

#### - Arcillas y lignitos

En la llanura circundante a las mesas de Chiribiquete y en los callejones y valles intermedios entre ellas, se observan arcillas de colores gris azulado y verde, poco laminadas, presentan interestratificaciones de lignito con espesores que pueden ser mayores de un metro. En las arcillas en mención abundan los restos vegetales y esporádicamente se encuentran capas lenticulares con conchas de moluscos enanos. Son frecuentes capas de caliche de poco espesor, indicio de paleosuelos formados en un ambiente climático árido o semiárido.

La exposición en superficie, cambia el color de las arcillas tornándolas rojas o rojoamarillentas.

Hay dataciones palinológicas de estos sedimentos, realizadas por compañías petroleras que les asignan una edad del Mioceno Tardío.

#### - Los sedimentos recientes

Sobre la unidad litológica descrita, reposan arenas de grano muy fino, casi tamaño limo, muy permeables, de colores gris, café, rojo ladrillo y amarillo, sin consolidación alguna.

El aspecto de ese sedimento es de un loess (Uhubach, 1954) y si se tiene en cuenta la presencia de geofomas de erosión eólica cabe atribuir ese origen a dichas arenas, mas aún al considerar que su granulometría es muy fina para atribuirle un origen fluvial y su distribución areal no guarda relación con una red hidrográfica actual ni fósil.

#### Tectónica

Los principales rasgos tectónicos identificables en la Sierra de Chiribiquete en orden cronológico de los eventos que los causaron son:

Un ligero plegamiento de los estratos de sedimentos del Ordovícico, que produjo una suave estructura sinclinal, cuyo flanco oriental forma las mesas bajas suavemente inclinadas hacia el Oeste entre los ríos Apaporis y Mesay y en el Raudal de Aracuara y cuyo flanco occidental se presenta en el Raudal de Angostura.

Posteriormente hubo un amplísimo período de quiescencia. Luego durante el Mesozoico, se produjeron

esfuerzos distensivos en dirección Este-Oeste, que dieron origen a fallas normales de dirección Norte-Sur y debido a ello se conformaron grabens y horsts en esa dirección. Este episodio no produjo pliegues ni basculamientos en las rocas preexistentes.

Durante el Terciario Temprano, ocurrió un sollevamiento cupuliforme en la región comprendida entre los ríos Guaviare y Caquetá. Este fenómeno produjo el levantamiento de los sedimentos de Chiribiquete en una magnitud que pudo pasar de mil metros, si se considera que tal como ocurre en los Llanos al Norte del Río Guaviare o en la Llanura Amazónica al Sur del Río Putumayo, las areniscas de Chiribiquete se hallaban cubiertas por sedimentos del Cretáceo y aún del Terciario Inferior, su presencia actual en exposiciones a más de 700 metros de alturas sobre el nivel del mar.

Posteriormente, durante el Terciario Medio, se presentó un esfuerzo cizallante de dirección Suroeste-Nordeste, que produjo grandes fallas transcurrentes en esa dirección y con movimiento dextrógiro. Esto produjo la separación de un terreno que debió ser la continuación del Continente Suramericano al Occidente del Macizo de Garzón y la adhesión tangencial a dicho continente de un bloque alóctono, constituido por lo que hoy son los Andes Colombo-venezolanos.

Las fallas direccionales satélites de la gran falla que puso en contacto dichos terrenos, se alcanzan a reflejar en la zona de Chiribiquete en alineamientos regionales tales como el gran callejón Suroeste-Nordeste que se proyecta hacia la confluencia de los ríos Macaya y Ajaju, que parece ser la expresión morfológica de una gran falla. Hay otros alineamientos de menor magnitud, algunos de los cuales alcanzan a reflejarse en grandes diaclasas que seccionan algunas mesas (Fig. 23).

Por último, hay un episodio tectónico muy reciente que produjo fallas con dirección Sureste-Noroeste, aparentemente de carácter transcurrente. Una de estas produjo el encauzamiento del Río Putumayo en una longitud mayor de trescientos kilómetros entre Puerto Leguízamo y Arica. En la región de Chiribiquete hay dos notables alineamientos en esa dirección, uno reflejado en el encauzamiento del Río Yarí aguas arriba del Raudal Huitoto y otro encauzando al Río Ajaju en su curso superior. Algunas diferencias en los sedimentos sugieren que estos alineamientos corresponden a sendas fallas regionales.

### Evolución Geológica

Al hacer un bosquejo de la evolución geológica de la región de Chiribiquete, es necesario hacer referencia a unidades litológicas y a episodios geológicos de los cuales no se ha encontrado huella directa en la zona, pero indirectamente afectaron su historia geológica. Por tanto se hará referencia en primer lugar a algunos de los sucesos más antiguos registrados en la Amazonia de Colombia.

Uno de los primeros eventos geológicos identificables, es un pulso de actividad volcánica de composición félsica, del cual se reconocen depósitos parcialmente

granitizados en la base de la secuencia litológica que se presenta en la Serranía de Naquén (Guainía). No hay datación radiométrica de esto, posiblemente tuvo lugar durante el Proterozoico Temprano (*Galvis* ined.).

Luego de la actividad efusiva mencionada, ocurrió un período de erosión, al que sucedió una sedimentación cuyo inicio lo indica un conglomerado polimíctico, expuesto hacia la base de las serranías de Naquén y Caranacoa (Guainía). Sobre dicho conglomerado se depositaron sedimentos arenáceos y pelíticos en un ambiente subacuático, donde parece haber tenido lugar una evaporación intensa, ya que en esos sedimentos abundan los vacíos por disolución de minerales (Fig. 24), posiblemente análogos a las sales de los actuales depósitos evaporíticos. Naturalmente con la importante diferencia que en esa época la atmósfera fue químicamente reductora, carente de oxígeno y con abundante nitrógeno químicamente activo, a tal punto que el principal componente atmosférico parece haber sido el amoníaco. Lógicamente, los minerales solubles desaparecidos pudieron ser al menos en parte compuestos nitrogenados tales como cianuros, nitruros, aminas, etc.

Los sedimentos mencionados fueron sometidos a metamorfismo regional de bajo grado y luego parcialmente transformados en rocas de composición y textura granitoides, durante uno de los grandes episodios de granitización del Proterozoico que dieron lugar a la formación de la corteza siálica de la Tierra y por tanto a los continentes.

Durante el Proterozoico, en un tiempo geológico que se ha situado aproximadamente hace 1700 millones de años, la atmósfera terrestre se enriqueció gradualmente en oxígeno. Esto probablemente debido a los procesos metabólicos de los organismos procaryotes que liberaron dicho elemento de silicatos y otros minerales. Con la proliferación del oxígeno libre, la oxidación cambió radicalmente la química de la superficie terrestre y el cambio de hierro ferroso a férrico dio lugar a la presencia de sedimentos rojos en especial profusión, así como vulcanitas de ese color. Dicha transformación se refleja en los grandes depósitos de sedimentos rojos que se presentan en la Amazonia, entre los cuales los mencionados en la región de Chiribiquete, donde constituyen la base de la secuencia estratigráfica local.

Coetáneamente con la sedimentación mencionada, ocurrieron pulsos de magmatismo, que produjeron vulcanismo de composición alcalina (del cual hay registros en el Raudal Huitoto del Río Yarí y en numerosas localidades de la Amazonia Colombiana tales como el raudal superior del Río Taraira, Yacayaca en riberas del Río Vaupés (*Priem*, 1978) y en la región de Soratama en el bajo Apaporis. Además se emplazaron numerosos plutones pequeños y diques de gabros alcalinos, sienitas, sienitas nefelíticas (*Pinson*, 1962), granitos alcalinos, etc.

Posteriormente un nuevo episodio de granitización afectó parcialmente las rocas sedimentarias e ígneas mencionadas, transformándolas en amplios sectores en rocas de aspecto granitoide, con profusión de feldespato de potasio, a veces en cristales gigantes.

Hacia el fin del Proterozoico y por tanto del Precámbrico, fueron inyectados numerosos diques de diabasa que son conspicuos en la Amazonia.

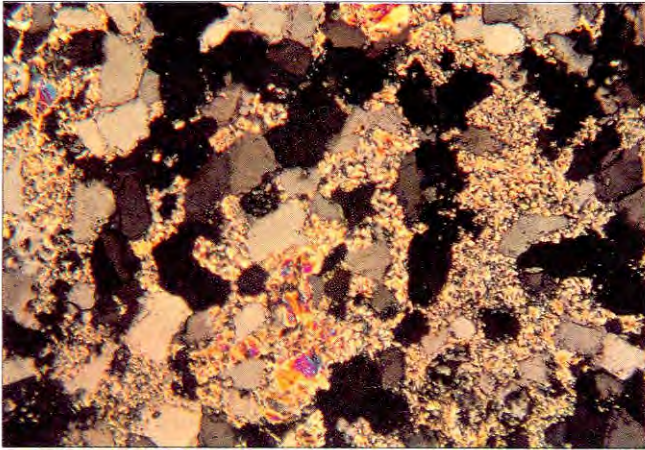
El Fanerozoico se inicia en la Amazonia posiblemente con un ambiente continental, ya que no hay registro de sedimentos marinos del Cámbrico y cualquier sedimento continental depositado durante ese período sería prácticamente imposible de datar, dada la inexistencia de flora y fauna subaérea en esa época.

Durante el Período Ordovícico, el mar ingresó en la actual Amazonia desde el Occidente, dejando un ex-

tenso depósito de sedimentos característicos de un ambiente nerítico, actualmente expuestos en la parte oriental de Chiribiquete y en Araracuara. Esta transgresión marina continuó hacia la Amazonia Oriental durante el Silúrico.

Posteriormente, en un lapso no determinado, los sedimentos mencionados sufrieron un leve plegamiento, con directriz Norte-Sur. Probablemente esto fue sincrónico con el retiro del mar.

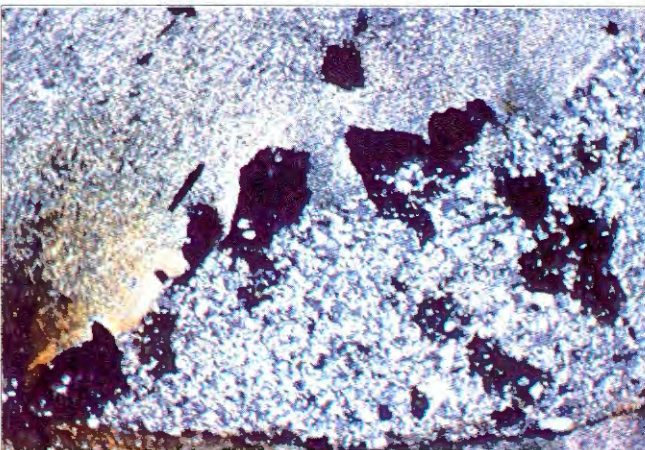
No hay registro litológico de los períodos Devónico y Carbonífero en la Amazonia Colombiana, parece corresponder a un amplio período de denudación, durante



**Figura 22.** Arenisca del Cerro Huachamacari (Venezuela), obsérvese los granos de cuarzo rodeados de una matriz illita.



**Figura 23.** Mesa en Chiribiquete seccionada por diaclasas.



**Figura 24.** Vacíos geométricos debidos a la desaparición de minerales en un metasedimento de la Serranía de Naquén (Guainía).



**Figura 25.** Cerro Autana (Venezuela) geoforma de la Formación Mataui.



**Figura 26.** Geoforma tabular en Chiribiquete.

el cual se erodaron los núcleos de los anticlinales que formaron los sedimentos del Ordovícico, quedando como remanentes las estructuras sinclinales.

Posteriormente la región fue sometida a condiciones climáticas de sequedad extrema, esto produjo erosión y acumulaciones enormes de arenas en extensos ergs. Este episodio de desertificación, parece haber ocurrido durante el Pérmico. En este período, con la formación del gran continente de Pangea, hubo condiciones climáticas de aridez extrema en mayor extensión que en cualquier otra época de la historia de la Tierra. En la Amazonia Brasileña, se conocen grandes formaciones evaporíticas en las que se encuentran asociaciones minerales características de condiciones de extrema aridez indicativas de un paleodesierto (Petrobras, ined).

De los períodos Triásico y Jurásico, no hay registro litológico en la Amazonia Colombiana, posiblemente en ellos continuaron las condiciones climáticas del Pérmico.

Durante el Mesozoico comenzó un evento tafrogénico que causó la formación de grabens en la Amazonia Occidental. En el Cretáceo, las condiciones climáticas parecen haber cambiado, aumentando la pluviosidad, como lo evidencia la presencia de sedimentos fluviales de dicho período en amplias zonas de la Región Amazónica. En algunas, tales como Chiribiquete, donde no se han encontrado sedimentos de esta edad, su ausencia parece deberse a erosión, ya que se conocen en zonas muy próximas como la Macarena.

Al comienzo de la era Cenozoica, empieza a producirse un sollevamiento del área central de la Amazonia Colombiana, formándose una amplia anteclisa, cuyo eje se sitúa en la región de Chiribiquete y la cuenca del Vaupés. Este movimiento levantó las mesas de Chiribiquete a su actual altura topográfica.

La formación de esa área positiva, acentuó fenómenos erosivos que produjeron extensos depósitos de gravas en el extremo occidental de la Amazonia (conocidos como Formación Pepino). A estos depósitos sucedió un episodio de vulcanismo proveniente del Occidente, de un terreno geológico hoy desaparecido, que cubrió las gravas de espesas capas de ceniza volcánica típicas del piedemonte del Macizo de Garzón.

Durante el Eoceno, se desarrollaron espesos suelos lateríticos, esto es característico de ese período en muchos lugares de la Tierra. Cabe anotar que aproximadamente la mitad de las bauxitas conocidas son de esa edad, Esta clase de mineralización residual se presenta en las sabanas de la Tunia al Occidente de Chiribiquete.

En el Terciario Medio, ocurrió un evento tectónico de grandes dimensiones, se activaron fallamientos de tipo transcurrente, por lo cual la región fue seccionada, trasladándose el sector occidental (donde estuvieron localizados los focos volcánicos de Terciario Temprano) y entrando en contacto lo que hoy es la Amazonia Occidental y el Macizo de Garzón, con un terreno alóctono que constituye lo que hoy son los Andes Colombo-venezolanos. Estos movimientos transcurrentes dieron forma al actual territorio y los esfuerzos producidos generaron

fallas transcurrentes menores en la Amazonia Occidental, tales como la que limita al Oriente el Macizo de Garzón y el extremo meridional de la Macarena. Posteriormente, se inicia el levantamiento de los Andes, con lo cual no solamente emergió el terreno alóctono mencionado, también se levantaron el Macizo de Garzón y la Macarena, pertenecientes al terreno amazónico.

Por último, la evolución geotectónica de la región culmina con movimientos cizallantes de dirección Sureste-Noroeste, que produjeron fallas aun activas y son las que producen el encauzamiento de la red hidrográfica en ese sentido.

Durante el Terciario Tardío, en el Mioceno, las condiciones climáticas gradualmente cambiaron, disminuyó la pluviosidad, tornándose la región semidesértica. Esto lo evidencia la presencia de paleosuelos de calcrete en los sedimentos. Finalmente en el Cuaternario tomó características de un verdadero desierto, esto parece haber sido coetáneo con las glaciaciones. Luego la pluviosidad aumentó hasta llegar a las condiciones climáticas actuales.

### Correlación con las grandes mesas de Venezuela

Los primeros esbozos de una correlación entre areniscas de algunas localidades de la Amazonia y Orinoquia de Colombia y las de la Gran Sabana en Venezuela, fueron realizados por August Gansser (1952), al comienzo de la década de los cincuenta. Dicho autor hace una comparación entre localidades de Brasil, Venezuela, Colombia, Guayana y Surinam, encontrando fragmentos de secuencia litológica comparable en varias localidades, sin llegar a una conclusión definitiva, tal vez por falta de dataciones y el poco conocimiento del Cratón de Guayana en esa época.

Al analizar las unidades litológicas descritas por Gansser y posteriormente por Allan R. Reid (1972), se puede hacer una identificación de esas unidades en la Orinoquia y Amazonia de Colombia, pero no en una sucesión continua, como la observa y describe Reid en el área tipo del Roraima en Venezuela.

Tomando la descripción hecha por dicho autor, se puede comenzar analizando el Miembro o Formación Uairén, base de la secuencia por él descrita. La base de el Uairén está descrita así: "En inconformidad sobreyace las rocas volcánicas" y mas adelante "la parte basal de la Formación Uairén consiste de lentes de brechas y areniscas", "Por encima de las brechas comienza la típica secuencia del Roraima", "Las areniscas cerca a la base, tienen estratificación cruzada en cubeta con direcciones de transporte hacia el Noroeste". Mas adelante anota "El sedimento es arenisca cuarzosa fina a media con guijarros ocasionales de cuarcita o cuarzo de filón" "Aunque los guijarros están distribuidos en todo el espesor de la formación, solamente en la base y aproximadamente 600 metros por encima de ella, se presentan lechos mayores de conglomerado", "El conglomerado intraformacional es particularmente importante, desde que se encuentran oro y diamantes en las corrientes que lo drenan", "asociados con el conglomerado, cerca a la exposición de la carretera, hay shales bandeados muy blandos fácilmente

rayables con el cortauñas", "los shales muestran evidencia de colapso de shales preexistentes e incorporación de los bloques en otros shales".

Las características mencionadas presentan indudable semejanza con las que se observan en los metasedimentos de las serranías de Naquén y Caranacoa en el Guainia. En la base de la secuencia en el Guainia se presentan rocas volcánicas, sobre estas areniscas y conglomerados cuarzosos con oro y según datos de última hora, aparentemente también diamantes. Se presentan estructuras de colapso en los shales, esto aparentemente debido a la disolución de evaporitas (Szczerban, 1976). También en el Guainia es conspicua la estratificación cruzada en cubeta, hay silicificaciones similares a las que describen Reid y Gansser.

El segundo miembro o formación mencionado por Reid, denominado Kukenan, comprende una secuencia de pizarras. Esta unidad no se ha identificado en Colombia. Respecto a esto cabe anotar que los metasedimentos del Guainia se encuentran plegados, a diferencia de los del Roraima que se presentan tabulares. Por tanto, destacando el factor que la Formación Cuquenán se compone de pizarras, pudo haber sido erosionado en el Guainia o encontrarse en depresiones topográficas, que generalmente se hallan cubiertas de arena.

Todo lo anotado por Reid, hace suponer que entre los sedimentos predominantemente arenosos del Uairén y las pelitas del Cuquenán, no hay un hiato considerable.

El siguiente miembro o formación del Roraima, denominado por Reid Uaimapué, representa un cambio radical en el ambiente de sedimentación y un salto muy grande en la geocronología de la secuencia.

La Formación Uaimapué es descrita así: "La parte basal de la sección es un conglomerado de aproximadamente diez metros y luego grada a arcosa. La arcosa es roja, bien consolidada y aparentemente ha sufrido una silicificación postdeposicional. Los feldespatos han sido uniformemente cambiados a minerales arcillosos pero reteniendo la forma del grano de feldespato", "Por encima de la arcosa, hay areniscas cuarzosas pobremente cementadas, mostrando estratificación cruzada", mas adelante describe "otra secuencia formadora de escarpes sobreyace las areniscas; ella empieza con nódulos rojos de jaspe, también cherts de color ante y luego grada a una secuencia de arcosas".

Lo descrito presenta analogía con los sedimentos que se observan en los primeros raudales del Río Apaporis, aguas abajo de Dos Ríos y a lo largo del curso inferior del Río Macaya. Estos sedimentos denominados Formación Pirapará por Galvis & al. (1979) ampliamente expuestos en la Amazonia Colombiana, pueden considerarse correlacionables con la Formación o Miembro Uaimapué del Roraima. En ambos casos los sedimentos rojos están reflejando la aparición del oxígeno en la atmósfera terrestre.

Por último Reid menciona la Formación Mataui como culminación del Roraima que él elevó a la categoría de grupo. El Mataui ha sido la parte mas conocida y talvez

considerada lo mas representativo de la secuencia por la imponente morfología que produce (Figs. 25 y 26). Es muy importante anotar que entre las formaciones Uaimapué y Mataui hay un gran hiato, entre la depositación de la dos secuencias hay un intervalo mayor de 600 millones de años. Esto no pareció evidente a los primeros observadores, al presentarse las dos secuencias horizontales y la sobreyacente Formación Mataui no presentar conglomerado basal u otro indicio de discordancia.

La descripción de Reid de la Formación Mataui dice lo siguiente: "La base de la formación sobreyace un silo de diabasa, que ha destruido cualquier posible interpretación de su relación con la Formación Uaimapué", "Las rocas mas bajas observadas son areniscas cuarzosas de grano fino", "La parte inferior de esta sección se presenta libre de estratificación cruzada, pero mas arriba prevalece la estratificación cruzada en forma de cubeta", "las cubetas son observadas por alrededor de sesenta metros, mas arriba en la sección se hace dominante la estratificación cruzada tabular". Mas adelante expresa "Arriba de las estratificaciones cruzadas tabulares, vuelve a presentarse estratificación cruzada en forma de cubeta", "el tope de la sección no se presenta silicificado, por lo cual las areniscas son muy friables".

Los detalles mencionados, coinciden con lo que se observa en las mesas de Chiribiquete. Aunque Reid (1972), Van de Putte (1972) y Ghosh (1985) postulan un origen fluvial para las areniscas de la Formación Mataui, hay características tales como la estratificación cruzada tabular y la ausencia de conglomerados que indican un origen eólico. Mas aún la uniformidad del sedimento en áreas enormes, hace impensable un origen fluvial. Es absolutamente imposible imaginar cauces fluviales formando meandros en cientos de miles de kilómetros cuadrados sin que se presente un solo depósito de arcilla o un lente de conglomerados. La granulometría fina mencionada por Reid, su extraordinaria redondez, anotada por Gansser, son claros indicios de un origen eólico. A esto se agrega la absoluta ausencia de fósiles y de materia orgánica, tanto en la Formación Mataui como en las areniscas de Chiribiquete.

Es claro que la Formación Mataui y las areniscas de Chiribiquete son unidades ambiental y cronológicamente independientes de las formaciones que las subyacen en las diferentes localidades. Por esto las areniscas de Chiribiquete se han encontrado al Sur en la región de Araracuara reposando sobre sedimentos marinos del Ordovícico, en Chiribiquete sobre sedimentos rojos del Precámbrico, en la región de Circasia al Oeste de Mitú sobre rocas graníticas, en la Sierra de la Macarena sobre granitos, en el Cerro Autana en el Territorio Federal Amazonas de Venezuela, sobre el granito rapakivi de Parguaza (Gaudette & Olszewski 1985) en la Gran Sabana sobre un dique diabásico, en Wei Tepui (Brasil) reposa sobre una secuencia de pizarras según Gansser. En Guayana, la típica arenisca fina, cuarzoza que forma las mesas o "tepuis" reposa sobre areniscas cuarcíticas conglomeráticas, según el mismo autor.

Es claro que mas que corresponder al tope de una secuencia continua, las areniscas de Chiribiquete son un

depósito que sedimentó sobre diversos substratos, respondiendo a un fenómeno paleoclimático determinado. Los diversos nombres de formaciones han creado confusión al considerar como producto de una sucesión continua de eventos las areniscas de Chiribiquete y todas las unidades que las infrayacen, sin tomar en cuenta que en el Cratón Guayanes no se presentaron orogenias, por tanto no hay plegamiento y por eso las unidades litológicas se encuentran horizontales. Debido a ello no se presentan discordancias angulares, solamente contactos paraconcordantes.

### Conclusiones

De todo lo anterior, cabe concluir que las mesas, pedestales, hongos, arcos de roca, puentes naturales y demás geoformas que se observan en Chiribiquete, se presentan en numerosas localidades de la Amazonia Colombiana y Sur de la Orinoquia. Esas morfologías se presentan en la misma unidad litológica en todas las localidades y dicho sedimento fue sometido a erosión eólica durante el Cenozoico reciente. Por esto esas geoformas son ajenas al ambiente de selva tropical actual.

Las areniscas de Chiribiquete presentan analogía con las que se encuentran en gran parte del Territorio Federal Amazonas y el Estado de Guayana en Venezuela (Bellizzia, 1976); (Bellizzia, 1972). Todo indica que se trata de los mismos sedimentos originados en un proceso de desertificación. Se extienden además hasta el Territorio Roraima en Brasil (Barbosa & Ramos 1959; PROJETO RADAMBRASIL, 1976), a la Guayana, donde los denominan Formación Kaieteur (MacConnell, 1964) y a el Tafelberg en Surinam.

En todas las localidades mencionadas, las características sedimentológicas y los aspectos geomorfológicos son muy similares. Por tanto parece tratarse de un inmenso lecho arenoso expuesto en áreas solevantadas desde la Sierra de la Macarena hasta Surinam. Es importante agregar que en el subsuelo de los Llanos del Orinoco, en los pozos petroleros se han encontrado espesos niveles de una arenisca muy similar, subyaciendo sedimentos del Cretáceo. Todo parece indicar que se trata de uno de los depósitos detríticos mas grandes del Mundo, cuya extensión original pudo alcanzar mas de un millón de kilómetros cuadrados.

### Bibliografía

Barbosa, O & J.R.A. Ramos 1959. Territorio de Río Branco, aspectos principais da geomorfologia, da geologia e das possibilidades

minerais da sua zona setentrional. Bol. Div. Geol. Mineral. Rio de Janeiro 196: 49 pp.

- Bellizzia, A. 1976. Mapa Geológico Estructural de Venezuela. Escala 1: 1.500.000. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Dirección de Geología, Venezuela.
- Bellizzia, C.M. 1972. Paleotectónica del Escudo de Guayana. In: Memorias 9ª Conferencia Geológica Inter-Guayanas. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Bol. Geol. Publ. Esp. 6: 251-305.
- Gabela, V. 1985. Campo Caño Limón, Llanos Orientales de Colombia. II Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas, 1. Bogotá, Colombia.
- Gansser, A. 1954. The Guiana Shield (South America). *Eclogae, Geol. Helvetia* 47(1): 77-112.
- Galvis, J., Huguet, A., P. Ruge. 1979. Geología de la Amazonia Colombiana. Bol. Geol. 22(13): 1-86.
- Gaudette, H.E. & W.J. Olszewski. 1985. Determination of Radiometric Age Amazonas Territory. In: Memorias I Simposium Amazónico. Puerto Ayacucho, Venezuela. Bol. Geol. Publ. Esp. 10: 733-746.
- Ghosh, S.K. 1985. Geology of the Roraima Group and its implications. In: Memorias I Simposium Amazónico, Puerto Ayacucho, Venezuela. Bol. Geol. Publ. Esp. 10: 33-50.
- Hubach, E. 1954. Significado geológico de la Llanura Oriental de Colombia. Instituto Geológico Nacional. Informe No. 1004. Bogotá.
- McConnell, R.B. & AL. 1964. A new interpretation of the geology of British Guiana. *Nature* 204: 115-118.
- Pinson, W.H., & AL. 1962. K/Ar and Rb/Sr ages of biotites from Colombia, South America. *Geol. Soc. America Bull.* 73: 907-910.
- Priem, H.N.A. 1978. First progress report on the isotopic dating project in Colombia (PRORADAM). Amsterdam.
- Projeto Radambrasil. 1976. Folha No. 19, Pico da Neblina. Levantamiento de Recursos Naturais. Ministerio das Minas e Energia 11: 373 pp.
- Reid, A.R. 1972. Stratigraphy of the type area of the Roraima Group, Venezuela. In: Memorias 9ª Conferencia Geológica Inter-Guayanas. Bol. Geol. Publ. Esp. 6: 343-353.
- Szczerban, E. 1976. Cavernas y Simas en areniscas precámbricas de Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar. In: II Congreso Latinoamericano de Geología. Memoria Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Bol. Geol. Publ. Esp. 6: 1055-1071.
- Van De Putte, H.W. 1972. Contribution to the stratigraphy and structure of the Roraima Formation, State of Bolívar, Venezuela. In: Memorias 9ª Conferencia Geológica Inter-Guayanas. Bol. Geol. Publ. Esp. 6: 372-394.
- Van Der Hammen, T. 1952. Geología del río Apaporis entre Soratama y Cachivera La Playa. Servicio Geológico Nacional, informe N°. 834 Bogotá.

# UN NATURALISTA DESCONOCIDO, EL GENERAL JOAQUIN ACOSTA (1800-1852)

por

Armando Espinosa B.\*

## Resumen

Espinosa, B. A.: Un naturalista desconocido, el General Joaquín Acosta (1800-1852) *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73): 287-291, 1994. ISSN 0370-3908.

De Don Joaquín Acosta (1800-1852), conocido en la Historia de Colombia como militar, político e historiador, se han ignorado hasta ahora las importantes contribuciones que hizo en varias ramas de la ciencia, especialmente en geología.

Durante dos estadias en Europa (1825-1830 y 1845-1849) Acosta adquirió sólida formación científica. Además, estableció estrechas relaciones con el mundo científico de la época, principalmente con Humboldt, Gay-Lussac, Laplace, Aragón y Elie de Beaumont. Desde 1827 empezó a escribir trabajos científicos en cotizadas revistas de Francia (*Anales de Física y Química*, *Boletines de la Sociedad Geológica* y de la *Sociedad Geográfica*) y en otras revistas y periódicos europeos. Entre sus más importantes trabajos están las descripciones del terremoto del 16 de noviembre de 1827 y de la erupción del Nevado del Ruiz de febrero de 1845.

Además de sus propios trabajos científicos, la ciencia colombiana debe a Joaquín Acosta la traducción de los estudios de Juan Bautista Boussingault sobre Suramérica, y la publicación del *Semanario de la Nueva Granada de Caldas*. Las dos obras vieron la luz en París en 1848. Acosta fue también maestro, y constante mecenas de la ciencia colombiana.

## Abstract

Don Joaquín Acosta (1800-1852) is well known in the colombian history as a military mand and also as a politician and a historian, but one of his most important contributions — the scientific one— has been ignored so far.

During almost ten years (1825-1830 and 1845-1849) Acosta studied several scientific disciplines, especially geology, in Paris. He was admitted in the european scientific circles and in 1827 he started writing scientific papers in well established journals in Paris and London. His main works dealt with the 1827 colombian destructive earthquake and the 1845 eruption of the Volcan Nevado del Ruiz.

In addition to his own scientific papers, Acosta translated into spanish the main works of the french geologist and chemist Jean Baptiste Boussingault, published in french after his journey to northern South America. He also promoted in Paris a second edition of the first colombian scientific journal, the *Semanario de la Nueva Granada* (1808-1810). Through his political influences Acosta was very helpful to local scientific activities and he greatly contributed to the birth of a native science in Colombia.

## Introducción

Entre los personajes históricos colombianos del siglo XIX Don Joaquín Acosta ocupa una destacada po-

sición. Aunque es conocido principalmente como militar, pues participó en una parte de nuestras guerras de independencia, y en varias guerras civiles en defensa de las instituciones democráticas, fue también hombre político, parlamentario, ministro de estado y embajador en varias ocasiones. Es bien conocida su **Historia de la Nueva Granada**, considerada como un clásico de la his-

\* Miembro Correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias INGEOMINAS, A.A. 9724 Cali.

toria de Colombia. Fue también ingeniero, profesor y explorador. Sin duda todos esos méritos han bastado para hacerle digno de un sitio especial entre los forjadores de la nación colombiana, y sin embargo ha quedado un tanto olvidado uno de los aspectos fundamentales de la polifacética personalidad de Acosta, quizás aquel donde más brilló: el científico.

Fue Acosta, en efecto, un científico cabal. Tuvo la más estricta formación, adquirida en las universidades y los círculos científicos europeos durante casi diez años. Su producción científica en Europa y en la Nueva Granada fue más que notable. Fue además maestro y mecenas de la ciencia colombiana. Veamos los principales hechos de su vida y su carrera científica, y sus principales trabajos científicos conocidos.

### Vida de Joaquín Acosta

Varias obras nos informan sobre la vida de Joaquín Acosta, especialmente la excelente biografía escrita por su hija, Doña Soledad Acosta de Samper. El 29 de diciembre de 1800 nació en Guaduas el quinto y último de los hijos de Don José Acosta y Doña Soledad Pérez, a quien llamaron Tomás Joaquín. Don José Acosta había llegado al Nuevo Reino de Granada en 1761, proveniente de Cádiz, donde se había educado, aunque era originario de Denia, en la Provincia de Valencia. Establecido inicialmente en Cartagena donde inició una lucrativa carrera comercial, Don José se trasladó a Honda, ya con una fortuna más o menos considerable, y posteriormente a Guaduas, de donde era originaria Doña Soledad.

Joaquín Acosta aprendió sus primeras letras en Santa Fe. Después de algunos años en la escuela de los Padres de San Francisco, entró a la edad de diez años al Colegio del Rosario. Hacía poco había estallado en Santa Fe el movimiento de independencia y Acosta, desde las aulas del Rosario, fue atento espectador de los acontecimientos que durante nueve años regocijaron o aterrorizaron a Santa Fe. Llegó finalmente el 7 de agosto de 1819. Joaquín Acosta asistía a la cátedra de derecho civil y se aprontaba a iniciar la de medicina. Entusiasmado por sus ideas patriotas se presentó personalmente a Bolívar y le pidió que incorporara en el ejército, en el cual fue admitido como subteniente en el Batallón Cazadores.

Empieza entonces con la vida militar un importante período en la formación del futuro científico. Las diversas expediciones en las cuales participa le dan la ocasión de empezar toda clase de observaciones sobre historia natural, geografía física y humana, botánica, etc. LO encontramos al finalizar 1819 en el Valle del Cauca, en 1820 en el Chocó, de donde sale por el río Atrato y se dirige a la isla de Providencia. Regresa por el Chocó, sube el río Dagua al Valle del Cauca en julio de 1820. Sigue en el Batallón Cazadores y es enviado a Popayán donde permanece algunos meses para salir luego con rumbo a Buga. Hasta mediados de 1821 realiza diferentes operaciones militares en el Valle del Cauca, y toma nuevamente la ruta del Chocó por Buenaventura en junio de 1821.

Al terminar 1821 Acosta es nombrado secretario del gobernador del Chocó, cargo que ocupa hasta octubre de 1822, cuando regresa a Buga. Llamado a Bogotá, a donde llega después de un largo viaje por Popayán, La Plata, y el valle del Magdalena, es nombrado por Santander oficial segundo de la Secretaría de Guerra, donde permanece hasta julio de 1825 cuando pide permiso para hacer un viaje de estudios en Europa. Sale de Bogotá en octubre de 1825 con destino a París.

Instalado en París, Acosta tomó contacto con Alejandro Humboldt, quien había conocido a su familia durante su permanencia en el Nuevo Reino. A través de él se relacionó con los mejores científicos franceses: Arago, Gay-Lussac, Jussieu, Poisson, Laplace, y con Benjamín Constant. Tuvo la ocasión de frecuentar el mundo de la política, el arte y la filosofía. Asistió a las sesiones del Instituto de Francia, la Academia de Ciencias y otras sociedades científicas, y tomó clases de ciencias y literatura en la Sorbona. De agosto a noviembre de 1826 hizo un viaje al sur de Francia e Italia, visitando Milán, Venecia, Roma y Nápoles. Continuó sus estudios hasta 1830, cuando decidió regresar a su país tras conocer por boca del General Santander, entonces desterrado en París, la situación calamitosa de Colombia. Antes de su regreso hizo un viaje a Alemania, Bélgica e Inglaterra en abril y mayo. Salió de París el 26 de agosto de 1830, llegando a Cartagena el 22 de diciembre. La primera noticia que recibió al desembarcar fue la muerte de Bolívar. El 26 de marzo de 1831 llegó a Guaduas.

Ascendido a Primer Comandante Efectivo de Artillería en octubre de 1831, viaja a Estados Unidos en 1832 a casarse con la señorita Carolina Kemble. Se establece en Bogotá, donde es nombrado Director de Caminos de Cundinamarca. Es miembro fundador de la Academia Nacional, antecesora de la actual Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, fundada por el General Santander. En 1835 es nombrado Diputado al Congreso y en 1837 Encargado de Negocios de la Nueva Granada en Ecuador. Viaja a Quito en 1837 y permanece allí hasta diciembre de 1838 cuando al ser nombrado nuevamente Diputado al Congreso pide retiro de su cargo. En 1839 y 1840 participa activamente en la vida parlamentaria sin olvidar sus intereses científicos: enseña en la universidad y es encargado del observatorio.

Los acontecimientos políticos y la sublevación de Obando lo obligan a regresar al servicio activo al terminar 1840. Toma parte en la campaña del sur en 1841, a órdenes del General Mosquera, participando en la batalla de La Chanca. Finalizando 1841 regresa a Bogotá. En 1842 es nombrado Ministro en Washington de donde regresa en 1843, continuando su actividad en el Congreso. En 1843 es encargado del Ministerio de Relaciones Exteriores por el Presidente Herrán; al terminar el gobierno de éste en 1845, decide regresar a Europa a perfeccionar sus estudios y a adelantar sus trabajos científicos.

Estableciendo nuevamente en París, hace en el mismo año un viaje a España, donde se dedica a consultar los archivos históricos, regresando a París al terminar 1845. Reanuda relaciones con sus amigos europeos, al tiempo que establece otras; frecuenta a Boussingault,

Brogniart, Elie de Beaumont y D'Orbigny. Durante 1847, establecido en Versalles, trabaja incansablemente en su **Historia de la Nueva Granada**. En agosto de 1847 hace un viaje al sur de Francia. Continúa sus estudios, asistiendo entre otros a los cursos de Boussingault, personaje con quien mantiene cercanas relaciones, asistiendo a reuniones en su casa, donde encuentra figuras de la ciencia y de la política.

En 1848 Acosta es testigo de los movimientos que derrocan a Luis Felipe, y en el mismo año publica el primer tomo de la **Historia de la Nueva Granada**. Empeña viaje de regreso en 1849; llega a Santa Marta el 1° de agosto. Se instala en Guaduas con el propósito de consagrarse exclusivamente a las ciencias. Alejado de la política, se dedica a viajes científicos en la región de Guaduas, en la Costa y en la Provincia del Tolima. Es comisionado por el gobierno en 1850 a la Costa Atlántica para controlar el estado de algunas obras y tierras baldías, y de regreso se detiene en Bogotá a rendir informes, aprovechando para dictar una serie de conferencias sobre geología. Durante esta época colabora con la Comisión Corográfica y con el geólogo y botánico alemán Hermann Karsten.

En 1851 estalla la rebelión contra el General José Hilario López. Este le llama al servicio activo nuevamente. Con el General Mendoza dirige la batalla de Garrapatas, y hace campaña en Antioquia. Sofocada la revolución, regresa a Guaduas a continuar sus trabajos. El gobierno lo nombra general.

La salud de Acosta desfallece con las penalidades de la última campaña. En enero de 1852 encalla en el río Magdalena, cerca del sitio llamado Conejo, el vapor Magdalena. Acosta organiza una expedición y logra salvar la nave y su cargamento. Contrae allí una fiebre que se agrava a su regreso y le causa la muerte al poco tiempo.

### Estudios de Acosta

En los estudios de Acosta hay que incluir tanto los estudios formales, en Bogotá y en París, como los estudios informales. Entre estos ocupan puesto especial sus conversaciones con otros científicos, su asistencia a tertulias, y las clases particulares que recibió de varias personas. En la época de Acosta no se pueden disociar los estudios formales de los informales, pues el sistema educativo era completamente libre en Europa. No habían inscripciones en las universidades; las clases eran públicas y asistía quien a bien tuviera, de tal suerte que toda la educación estaba impregnada de informalidad y que lo científico y lo social estaban íntimamente ligados.

Los intereses científicos de Acosta se manifiestan ya al terminar el colegio. En 1822 sigue clases particulares de ingeniería militar y de matemáticas del coronel de ingenieros José Sanz. Durante los años que siguen, establece relaciones con Juan Bautista Boussingault, Desiré Roulin y Mariano Rivero, científicos que se encontraban en Bogotá, traídos por Santander para organizar una escuela de minas, una biblioteca y un museo. Los tres científicos daban lecciones a Acosta y le prestaban libros.

En París Acosta asistió desde 1826 a las clases de física de Gay - Lussac, de matemáticas de Ampere y Duhamel, de química de Thenard, de matemáticas de Bertrand, sin olvidar las de historia de Danerou y de literatura de Andrieux. En el diario que llevó durante sus viajes, se refiere a las clases de Aragón. Más detenidamente comenta las clases de geología de Cordier, de quien habla en términos elogiosos. Se interesó en la lengua china y tomó clases con Estanislao Julien.

En el verano de 1828 Acosta hizo prácticas de topografía dentro de la Comisión del Mapa de Francia. Levantó bajo la dirección del Coronel Puissat el Departamento de Seine y Oise. Durante su visita a Inglaterra, en 1830, fue designado miembro de la Sociedad Astronómica de Londres. En 1850 la Sociedad Geográfica de la misma ciudad le designó miembro honorario, por los trabajos que a ella había enviado.

El segundo viaje de Acosta a Europa, entre 1845 y 1848, estuvo particularmente consagrado al estudio de la mineralogía y la geología, principalmente en la famosa Escuela de Minas de París. A sus estudios se refiere varias veces en su correspondencia. Especial interés tuvieron para él las clases de geología de Elie de Beaumont, con quien se ligó de amistad, y con quien mantuvo correspondencia hasta su muerte.

### La obra científica

La obra científica escrita de Acosta fue relativamente larga y decididamente variada. Podemos considerar que su primer texto científico es su diario. Desafortunadamente, este no es permanente, al menos en lo que se conoce hasta ahora; cubre solamente sus viajes y algunas de sus campañas, de 1819 a 1822, de 1826 a 1830, y a partir de 1845. **Soledad Acosta de Samper** (1903) sostiene sin embargo que Acosta sí llevó un diario continuo, por lo menos durante las campañas de 1841. Algunos fragmentos, como la primera parte del viaje a Italia, se han perdido. Se encuentra en el diario un sinnúmero de observaciones geográficas, meteorológicas, geológicas, y notas sobre las industrias de las regiones que visitó. El arte no escapa a la aguda observación de Acosta, al igual que la historia y la política.

El viaje al Chocó en 1821 tuvo por objeto estudiar la viabilidad de un canal entre el Atlántico y el Pacífico. Las informaciones de Acosta serán la base para los escritos de Humboldt, sobre este punto y sobre muchos aspectos del Chocó. En efecto, cuando Acosta llega a París en 1826 Humboldt está preparando un mapa del Chocó y le consulta con frecuencia para adelantar su trabajo. Sobre la misma región Acosta escribió un informe, siendo secretario de la gobernación, sobre el estado de la minería del oro y el platino. A pesar de las pesquisas de Soledad Acosta de Samper, el informe se encuentra perdido.

En diciembre de 1826 Acosta escribe un artículo sobre la Nueva Granada para combatir las ideas expresadas en una crónica en **Le Globe** de París, en noviembre del mismo año. El trabajo en **Le Temps**. En 1827 aparece en París la obra de José Manuel Restrepo **Histo-**

ria de la **Revolución de Colombia**. Acosta se decide entonces a empezar su **Historia de la Nueva Granada**, cuyo primer tomo será publicado en París en 1848. Desafortunadamente la prematura muerte de Acosta a los cincuenta y dos años no le permitió continuar la obra.

El 16 de noviembre de 1827 uno de los más violentos terremotos de la historia de Colombia destruye en parte varias ciudades, Bogotá, Popayán y Neiva entre ellas. Joaquín Acosta se encuentra en París y busca por correspondencia informaciones sobre el sismo. En marzo de 1828 escribe una carta al naturalista Alex Broignart, que es publicada en la más importante revista científica de la época, los *Anales de Química y Física*, de París, con el título: **Carta de M. J. Acosta, ingeniero del Estado de Colombia, a M. Alex Broignart, profesor de mineralogía del Jardín del Rey, etc.** En abril del mismo año escribe un trabajo sobre el mismo tema, por solicitud de la Sociedad Geográfica de Francia, el cual aparece publicado inmediatamente en el *Boletín de la Sociedad de Geografía* como **Carta sobre el terremoto de Colombia, dirigida a M. Alex Barbie du Bocage, por M. de Acosta.**

La meteorología fue otra de las inquietudes de Joaquín Acosta. Se encuentran en su diario numerosas observaciones, especialmente de sus viajes en Colombia. En 1830, durante su viaje de regreso de Europa, hace observaciones sistemáticas en Cartagena, para enviarlas a la Sociedad de Geografía de París. Los temas geográficos también fueron una de sus constantes preocupaciones. Su principal trabajo fue el **Mapa de la Nueva Granada**, enviado a Jomard, quien lo presentó en la Sociedad de Geografía. El mismo Jomard publicó en 1848 un comentario bastante elogioso sobre el mapa de Acosta en el *Boletín de la Sociedad*. En 1848 Elie de Beaumont le agradece un mapa de las bocas del río Magdalena, anotando que no alcanzó a publicarlo en sus *Lecciones de Geografía*. Por otra parte, descripciones de varias regiones de Colombia, como la de Chaparral y la de la Cueva de Tolú, y el *Itinerario del Viaje por el Magdalena*, destinado a los viajeros, fueron hechos por Acosta.

La geología y la minería fueron ciertamente el interés principal de Acosta. Con estas ciencias tomó contacto en su primer viaje a Europa, pero su segundo viaje estuvo casi completamente dedicado a ellas. Las relaciones con Humboldt y Boussingault, la formación que adquirió en la Sorbona y en la Escuela Nacional de Minas de Francia, y la amistad que trabó con su maestro Elie de Beaumont, fueron los principales sucesos en el camino de Acosta geólogo. Prácticamente todos sus trabajos fueron escritos durante su segunda estadía en Europa o posteriormente, con excepción de los dos artículos que hemos mencionado sobre el terremoto de 1827. El primer trabajo que redactó en París con datos que él mismo tomó en Guaduas y en Honda en 1845 tiene una importancia capital: se trata de la descripción de una erupción del Nevado del Ruiz, ocurrida el 19 de febrero de 1845. Verdadero maestro de la descripción, Acosta da los datos fundamentales, con acierto y sin excesos, del fenómeno que causó mil muertos y destruyó una vasta región. La similitud con la erupción de 1985 es casi total. El trabajo fue publicado por la Academia de Ciencias

de París en 1846. Existe una traducción al castellano (Espinosa, 1989). De regreso a su país, Joaquín Acosta hace en 1850 una excursión a la zona afectada por la erupción y escribe un importante artículo, el cual envía a Elie de Beaumont en forma de carta. Es publicado por la Sociedad Geológica de Francia en 1854. La traducción española se encuentra en Espinosa (1986). Con toda razón Hermelín (1991) considera que Acosta es el padre de la geomorfología en Colombia.

La contribución geológica de Joaquín Acosta hubiese sido ya notable con la sola publicación, en revistas de tan alta categoría como las de la Academia de Ciencias y la Sociedad Geológica de Francia, de los dos trabajos anteriores. Sin embargo, Acosta no se detiene allí. En 1849 hace publicar en París la traducción, hecha por él mismo, de los principales trabajos de Boussingault sobre la Nueva Granada, con el título de **Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales**. Como introducción a ese trabajo fundamental, Acosta escribe unas notas tituladas **Algunas Nociones de Geología**. El texto, además de ser de gran utilidad en Colombia, es de gran interés para entender a la evolución de las ideas geológicas, tanto en Europa como en América. Aunque su análisis rebasaría el propósito del presente escrito, digamos que, inspirado por la escuela germano-francesa de Werner — Humboldt— Boussingault, Acosta revela una clara tendencia neptunista. Evidentemente, los escritos de Hutton y Lyell, que cambiarían el curso de las ideas geológicas, aún no habían tenido gran resonancia en la Europa Continental.

Fuera de los trabajos anteriores, conocemos de Acosta algunos artículos publicados en Europa. Durante el viaje a la Costa en noviembre de 1850, Acosta aprovecha para hacer varias excursiones geológicas. La más importante es la de la Sierra Nevada de Santa Marta, sobre la cual escribe una descripción geológica con un perfil, en abril de 1851. Enviada en carta a Elie de Beaumont, es publicada en el *Boletín de la Sociedad Geológica de Francia*. La otra excursión tiene por objeto los volcancitos de Turbaco, visitados antes de Acosta por Humboldt y por otros sabios europeos. El texto que escribe es publicado en los *Anales de Química y Física* en París. Allí hace mención de una descripción de la última erupción del Galerazamba, enviada a Elie de Beaumont, y del mapa geológico del río Magdalena que Acosta estaba preparando en ese momento.

No satisfecho con mejorar el conocimiento geológico de su país Acosta escribe notas sobre la geología de Francia y las entrega a su maestro Elie de Beaumont quien en carta de agradecimiento dirigida a Acosta, dice haberlas incluido en el mapa geológico de Francia que estaba publicando. El último trabajo científico de Acosta es un informe dirigido al Presidente de la Compañía de Navegación por el Vapor, para mejorar la navegación entre Conejo y Madre de Dios. Es el resultado de la expedición a Conejo en 1852 que le costó la vida.

En la obra científica de Acosta hay que incluir, además de sus propios trabajos, la publicación y la difusión de trabajos de otros científicos, principalmente de

Boussingault y de Caldas. Ya hicimos mención de la traducción de la obra de Boussingault, en la cual incluyó no solamente sus nociones de geología sino un catálogo de sismicidad llevado por el payanés Santiago Pérez Valencia entre 1785 y 1841. En cuanto a Caldas, Acosta hace una gran contribución a la difusión de su obra al publicar en París, en 1849, una edición del Semanario de la Nueva Granada.

### Acosta maestro

Otro de los méritos de Acosta fue su dedicación como maestro. En su época la educación formal no estaba totalmente organizada, ni siquiera en Europa como lo hemos visto, de tal suerte que la docencia de Acosta sólo pudo ser esporádica e informal. A partir de 1832 empezó a dictar clases de química en Bogotá, para los cuales se veía obligado a utilizar su propio laboratorio. En 1850 dictó en Bogotá lecciones de geología. Según Soledad Acosta de Samper, éstas fueron impresas, con grabados.

Acosta siempre estuvo preocupado por la instrucción científica que se daba en los colegios de Bogotá. Frecuentemente regaló instrumentos o documentos para la enseñanza. En especial, el Colegio del Rosario fue beneficiario de su generosidad. La escuela de ingenieros y el Hospital de Caridad recibieron igualmente donaciones de Acosta. Al morir, donó sus libros a la Biblioteca Nacional de Bogotá.

### Las investigaciones sobre Acosta

A manera de conclusión, conviene destacar algunos de los aspectos que quedan por ser aclarados sobre la obra científica de Joaquín Acosta. Estamos aún lejos de conocer la obra en su totalidad. La parte publicada se encuentra en el exterior, quizás exclusivamente en Francia y en Inglaterra. Trabajos no publicados existen como informes hechos por Acosta en los varios cargos públicos que ocupó. En particular, hizo con frecuencia trabajos sobre las minas del estado y sobre los caminos.

La importancia de la obra científica de Acosta debe ser reconocida. Pocos, por no decir ninguno de nuestros científicos, tuvieron las puertas abiertas de revistas tan cotizadas como los Anales de Química y de Física, los Boletines de la Sociedad Geológica y de la Sociedad Geográfica de Francia, el Boletín de la Academia de Ciencias de París y el de la Sociedad Geográfica de Londres. Ninguno de nuestros sabios, exceptuando quizás a Uricoechea, estuvo tan conectado con la ciencia internacional como lo estuvo Acosta. Dados además sus vínculos con la política y la diplomacia, la obra de Acosta fue altamente benéfica para el país en la medida en que dio a conocer sus potencialidades ante el mundo civilizado de la época. La América libre era entonces un con-

tinente que despertaba gran curiosidad en Europa, después de varios siglos de ostracismo impuestos por la colonización. Todos estos aspectos merecen ser reconocidos y destacados en futuros estudios sobre Joaquín Acosta.

### Agradecimientos

El autor desea agradecer al personal de la BPU, Biblioteca Pública Universitaria de Ginebra (Suiza), y de la Biblioteca del Instituto de Ciencias de la Tierra de Ginebra (Mlle. Nancy Rihs), por su colaboración en la búsqueda de documentos sobre Joaquín Acosta.

### Bibliografía

- Acosta, J. 1828. Lettre sur le tremblement de terre de la Colombie, adressée à M. Alex Barbie du Bocage par M. d'Acosta. Bull. Soc. Geogr. Paris, No. 60-61, p. 200-203.
- 1828. Lettre de M. J. Acosta, ingénieur de l'Etat de Colombie, à M. Alex Broignart, professeur de minéralogie au Jardin du Roi, etc. Ann. Chim. Phys., T. 1, No. 39, p. 406-408.
- 1846. Relation de l'éruption boueuse sortie du volcan de Ruiz et de la catastrophe de Lagunilla, dans la République de la Nouvelle Grenade. Com. Rend. Acad. Sci. Paris, tome 22, p. 709-710.
- 1848. Compendio histórico del descubrimiento y colonización de la Nueva Granada, en el siglo XVI. 1 tomo, París, Librería Castellana.
- 1849. Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales, por M. Boussingault y por el Dr. Roulin, traducidas por J. Acosta, y precedidas de Algunas Nociones de Geología, por el mismo. París, Librería Castellana.
- 1849. Semanario de la Nueva Granada, miscelánea de ciencias, literatura, artes e industria, publicada por una sociedad de patriotas granadinos, bajo la dirección de F.J. de Caldas, 1 tomo, Librería Castellana, París.
- 1851. Lettres adressées par M. le colonel Acosta (eruption du Ruiz en 1845). Bull. Soc. Geol. France, 2ème série, tome VIII, p. 489-496.
- 1852. Lettre à M. Elie de Beaumont, relative à la géologie de la Nouvelle Grenade (Sierra Tairona). Bull. Soc. Geol. France, 2ème série, tome IX, p. 396-399.
- 1852. Extrait d'une lettre de M. le colonel Acosta (volcancitos de Turbaco). Ann. Chim Phys. 3ème série, vol. 34, p. 89-90.
- Acosta de Samper, S. 1903. Biografía del General Joaquín Acosta. Librería Colombiana, Bogotá, 502 p.
- Espinosa, A. 1986. Notas sobre la actividad del Volcán Nevado del Ruiz en épocas históricas. En prensa, Boletín Geológico, INGEOMINAS, vol. 31, 16 p.
- 1989. La descripción de la erupción del Nevado del Ruiz en 1845 por Joaquín Acosta. Rev. Novedades Colombianas, U. del Cauca, Popayán, No. 1, Nueva Epoca, p. 16-20.
- Hermelín, M. 1991. Síntesis del desarrollo de la geomorfología en Colombia. AGID Report No. 16, p. 77-87.

# EL RUIDO DE SANTA FE, 9 DE MARZO DE 1687, Y SUS POSIBLES CAUSAS

por

Armando Espinosa B.\*

Espinosa, A.B.: El ruido de Santafé, el 9 de marzo de 1687, y sus posibles causas. Rev. Acad. Colomb., Cienc. **19** (73): 293-297, 1994. ISSN 0370-3908.

## Resumen

Se plantea la hipótesis de una creciente del río San Cristóbal, al sur de Bogotá, como causa del aún inexplicado ruido que aterrizó a los santafereños en la noche del 9 de marzo de 1687. Los datos conocidos hasta ahora, publicados por los padres jesuitas Juan Ribero y José Cassani a principios del siglo XVIII y por el cronista santafereño José María Caballero un siglo más tarde, concuerdan muy claramente con la hipótesis de la creciente y además eliminan otras posibles causas como un terremoto, una erupción volcánica, una tempestad o un deslizamiento.

## Abstract

A flood of the San Cristobal river is proposed to explain the terrible and mysterious roar which terrified the town of Santafe de Bogota during the night of Sunday 9th March 1687. The available data, published by two jesuit historians: Father Juan Ribero in 1736 and Father Jose Cassani in 1741, and by a laic chronicler, Jose Maria Caballero at the beginning of the XIX century, is perfectly consistent with the flood hypothesis. Furthermore, it greatly disagrees with any other possible geological interpretation, such as an earthquake, a storm, a landslide or a volcanic eruption.

## Introducción

El 9 de marzo de 1687 hacia las 10 de la noche la ciudad de Santafé de Bogotá se vio sorprendida por un ruido extraño, intenso y prolongado que nadie en su momento pudo explicar y que quedó registrado en la historia nacional dando origen a la muy colombiana expresión "más viejo que el tiempo del ruido", usada para referirse a algo demasiado antiguo y hasta cierto punto misterioso. Según los relatos de la época, el fenómeno duró algo menos de media hora, no estuvo acompañado de ningún sacudimiento del suelo, tuvo las características de un estruendo profundo y ensordecedor que parecía brotar de las profundidades de la tierra o transmitirse por los aires, y no produjo daños materiales. El pánico que causó en la población fue tan grande que las gentes

se precipitaron a las calles y corrieron a las iglesias en medio de impresionantes escenas de terror. Brusca e inexplicablemente el ruido cesó, y todo volvió a la normalidad, dejando a toda la ciudad consternada durante muchos años.

Es sorprendente que el ruido de Santafé haya quedado grabado en la memoria de los colombianos, quienes a lo largo de su historia no escaparon a grandes calamidades como terremotos, epidemias, inundaciones, y otras, hecho que solo se entiende por lo inexplicable del fenómeno. En efecto, después de más de tres siglos nadie ha podido ofrecer siquiera una hipótesis que dé alguna satisfacción a lo que los aterrados santafereños oyeron y sintieron aquella noche. El historiador contemporáneo Sergio Elías Ortiz (1966) admite por ejemplo que hasta el momento en que escribe no ha sido posible proponer una explicación satisfactoria sobre el origen del ruido.

\* Miembro Correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Ingeominas A.A. 9724 Cali.

Los relatos conocidos sobre el ruido de Santafé son tres: el del padre jesuita Juan Ribero, el del también sacerdote jesuita José Cassani, y el del cronista santafereño José María Caballero. El Padre Ribero escribió su narración entre 1728 y 1736; en este último año fue publicada en su **Historia de las misiones de los Llanos de Casanare, y ríos Orinoco y Meta**. Aunque se cree que el Padre Ribero fue testigo presencial de los hechos, esto no pudo ser cierto ya que nació en 1681 y llegó a Santafé en 1704, pero sí pudo seguramente recoger muchos testimonios de habitantes de Santafé que vivieron aquella noche. El Padre Cassani publicó su obra en 1741. Vergara y Vergara (1867) anota que su libro, como el del Padre Gumilla, está basado en buena parte en el del Padre Ribero, y el capítulo sobre el ruido lo confirma claramente ya que la relación de los hechos es prácticamente la misma, siendo algunos párrafos casi textualmente iguales. No obstante el padre Cassani, naturalista y científico acertado, propone una explicación del ruido que resulta ser muy interesante para su época. Caballero por su parte escribió unos cien años después del Padre Ribero y casi ciento cincuenta años después de los hechos. Conoció el texto de Cassani, del cual tomó algunas frases, y también el de Ribero, y debió recoger la información que quedaba en la memoria santafereña transmitida por tradición oral. En realidad el interés de su relato tiene que ver con este último aspecto, ya que refleja fielmente el impacto que el fenómeno produjo en la sociedad santafereña, y los efectos que aún se sentían más de un siglo después. Posteriormente el ruido de Santafé fue señalado en muchas obras de historia, como la clásica **Historia de Colombia de Henao y Arrubla** (1910), la **Historia Extensa de Colombia** (Ortiz, 1966), e incluso la **Historia de los Terremotos en Colombia** del Padre Jesús Emilio Ramírez (1975). En todos los casos se toma como fuente alguno de los cronistas citados anteriormente.

### Informaciones conocidas sobre el ruido de Santafé

Los tres mencionados relatos aportan una serie de interesantes informaciones sobre el fenómeno que nos ocupa, relacionadas con las circunstancias que rodearon el hecho, las descripciones de lo que se observó o se sintió, las reacciones de los santafereños, la actuación de las autoridades, las interpretaciones que se dieron en el momento o posteriormente y las lecciones que la ciudad sacó, algunas de las cuales se tradujeron en costumbres religiosas que perduraron largos años.

Las circunstancias que rodearon el inicio del fenómeno las da el Padre Ribero así:

"Habiendo estado así el principio del día, como también la tarde con serenidad y quietud se comenzó a oír generalmente en toda ella, y en muchas leguas de su contorno un tan estupendo y terrible ruido, que cuantos le oyeron, asombrados y atónitos no se recuerdan haber oído cosa igual, ni esperan oírlo sino es en otro caso semejante al que pasó entonces; duró este ruido el espacio de un cuarto de hora, y en este breve tiempo es indecible el gentío que ocupó las calles con la novedad; pues aunque había pocos en pie y despiertos en aquella hora, por estar muchos entregados al sueño, y los más recogidos

en sus casas, el sobresalto y la confusión ruidosa, despertando a unos y desacomodando a otros, los hacía dejar el sueño y recogimiento y salir despavoridos y asombrados, ya a medio vestir, ya desnudos, como permitía a cada uno la turbación, y daba prisa el deseo natural de huir de la muerte, cuyo temor a todos había ocupado".

Curiosamente, quedaron pocas informaciones sobre el fenómeno en sí, hecho en cierto modo explicable por la inmensa confusión de los espíritus en el momento. En lo que todos coinciden es en la formidable intensidad del ruido, del cual Caballero dice que era más recio que el estallido de un cañón, que era continuo, que el trueno más grande de un rayo sería nada en su comparación, y que duró cerca de media hora. El Padre Ribero habla de que el ruido "fue tan terrible y espantoso que podía haber sido un agregado y conjunto de cuantas materias formidables y espantosas puede haber en la esfera, y de ruidosas en el mundo". Dato interesante, aunque en toda la ciudad la intensidad del ruido fue aterradora, lo fue más en los barrios del sur, lo cual llevó a muchas personas a creer que se trataba de la invasión de la ciudad por un ejército proveniente de aquella dirección.

Uno de los aspectos más interesantes, y quizás el que más ha llamado la atención hasta ahora, es la reacción de los habitantes de Santafé al ser sorprendidos por un fenómeno de tanta magnitud. El Padre Ribero da una patética descripción de la desesperación de los santafereños:

"Pero aunque salían huyendo no sabían a donde iban, pues dejando sus casas donde a cada uno le parecía ser el ruido que escuchaban, en saliendo fuera de ellas le percibían mayor y hallaban mayor confusión; y así, faltos de consejo y como fuera de sí andaban las gentes por las calles y plazas a carrera, todos, sin distinción de sexos o estado, huyendo hacia diferentes partes, conforme les parecía poder librarse mejor del peligro que les amenazaba; unos corrían como locos hacia la eminencia de los cerros y montes vecinos, juzgando que el ruido se formaba en la llanura; al contrario, otros huían la vecindad y cercanía de los cerros, acogiéndose presurosos al llano, por parecerles que de la altura les provenía todo el daño. Los del barrio de las Nieves corrían a buscar refugio en lo principal de la ciudad, y los de la ciudad, huyendo de ella, se retiraban a las Nieves, y últimamente encontrándose unos con otros de huida, ninguno encontraba el refugio y consuelo que pretendía, pues donde juzgaban hallarle, advertían que la confusión de las gentes era mayor, la turbación de los ánimos más extraña, y el temor de todo viviente más crecido, y preguntando unos a otros por si sabían el origen del caso tan insólito y formidable, nadie daba razón, porque todos ignoraban la causa, y a ninguno dejaba lugar el miedo y sobresalto para poder responder.

No aumentaba poco la aflicción y desconsuelo grande que el caso traía consigo, el continuo y triste alarido que se escuchaba por las calles de niños y mujeres, que con la debilidad de la edad y del sexo, tienen menos ánimo para hacer rostro a los peligros, y se acogen más fácilmente a las lágrimas; a esto se juntaban los incesantes y formidables aullidos de los perros que, conjurados

todos cuantos había en la ciudad, parece que lloraban y sentían a su modo la calamidad y ruina de los hombres; todo lo cual, junto con los clamores lúgubres y piadosos de las campanas, que a una rompían entre los sonidos tristes del aire, componían una noche tremenda y horrosa de juicio. Y, a la verdad, si de esto puede haber remedo alguno en esta vida, que baste a darnos especies de lo que será aquel día último de los tiempos, uno fue, y muy al vivo, el de esta lamentable noche, según el temor, confusión, sobresalto, y otras circunstancias que concurrieron en ella. Y aún algunos llegaron a persuadirse por lo que oyeron y vieron, que si no el día último a lo menos las señales ciertas de acercarse habían ya llegado en nuestros tiempos, pues estaba tan revuelta la ciudad, tan sobresaltados los ánimos y tan sin consejo los hombres, que cualquiera prudente pudiera temer justamente en la ocasión, la general y última calamidad y miseria de los hombres”.

El Padre Cassani dice por su parte:

“... al primer golpe dudaron todos, al segundo temieron, al tercero se aterraron, y con la perseverancia salieron todos de sí y aun de sus casas, y aun de la ciudad. No es fácil referir la turbación y conmoción de aquella noche: sólo aquella prosopopeya con que nos representan los predicadores el día del juicio puede prestarnos alguna explicación de lo que físicamente sucedió la noche del espanto. La gente toda fuera de sus casas por el temor de que se viniera abajo: unos medio vestidos como estaban en sus posadas, otros enteramente desnudos porque estaban ya acostados, y todos gimiendo y clamando misericordia discurrían sin tino por las calles; nadie sabía donde iba porque nadie sabía donde estaba, todos clamaban al cielo porque veían que les faltaba la tierra. Fue preciso abrir las iglesias donde se refugiaba, como a sagrado, el temor, huyendo de la divina justicia”.

Muy interesante, y explicable en nuestra opinión, fue la actitud de las autoridades encabezadas por el Presidente Don Gil de Cabrera y Dávalos, quien reaccionó con criterio militar:

“El señor presidente salió a aquella hora de su palacio con las armas que con la prisa pudo encontrar más a mano, y fuera de los criados que le acompañaba, fue convocando algunos hombres de los que encontraba a bandadas, con cuya comitiva partió aceleradamente hacia San Agustín y barrio de Santa Bárbara, a reconocer y averiguar por aquella parte qué ruido fuese aquel tan extraño y que tanto había turbado la ciudad; porque la voz más válida que corría, era que hacia aquel barrio y vecindad se había notado mayor y más formidable, con lo cual discurrían muchos, y a voces lo decían, que era invasión sangrienta e intempestiva de enemigos, que al son de cajas de guerra marchaban disparando mosquetes, bombardas y piezas de artillería desde lo superior y eminente de los cerros, y que parecía tener ya ocupada la vega y llanura que confina con el barrio de Santa Bárbara, llamada Fucha.

Aunque este discurso parece sin fundamento, y fabricado más del temor y miedo que de la razón y prudencia, por estar tan retirada esta ciudad de puertos de

mar, pues dista de cualquiera de ellos más de doscientas leguas por lo menos, con todo esto el sonido militar de cajas destempladas que se oía sin cesar, y los tiros de artillería que se percibían a modo de una carga cerrada, hacía probable lo que se discurría y decía entre la confusión del gentío, de que el enemigo estaba en Fucha, y que en aquella noche había de invadir la ciudad” (**Ribero**, op. cit.).

En medio de tanto sobresalto, se tejieron conjeturas de toda clase para tratar de hallar el origen del ruido:

“Unos decían que por las calles rodaban muchas carrozas juntas, tiradas con gran violencia a un mismo tiempo; otros que se arrastraban maderas gruesas por lugares pedregosos; otros que parecía avenida impetuosa de algún río muy caudaloso, que salía de madre y se llevaba rodados grandísimos peñascos y árboles enteros; otros que los cerros que dominan la ciudad, desvolcanándose por varias partes y abiertos en horrendas bocas, escupían de sus entrañas montones de piedras, que, con ímpetu grande se atropellaban unas a otras, deshaciéndose hacia abajo; otros, que en el centro de la tierra se formaban truenos formidables, y que corrían carros muy grandes y de materia muy pesada por sus senos y concavidades, juzgando que se hundía sin remedio toda la ciudad con todos sus habitantes; últimamente decían otros, que en la región superior del aire parecía estar formado un numeroso escuadrón que marchaba al son de cajas de guerra, disparando sin cesar su artillería estruendosa; o que desquiciándose toda la máquina del firmamento y desbaratándose los ejes de su poderosa rueda (a manera de cuando se descompone una de reloj), se formaba tan estupendo ruido con el desconcierto de la esfera celeste. A tanto como esto subió con el temor, miedo y confusión de esta noche el discurso de los hombres” (**Ribero**, op. cit.).

Pero más curiosa, y también explicable en su momento, fue la interpretación que dio más tarde el propio Padre **Ribero**, magnífico escritor además, para quien todo el fenómeno fue causado por un ejército de demonios que atravesó por el aire la ciudad.

El Padre **Ribero** da como argumentos el fuerte olor a azufre que varias personas sintieron, entre ellas el mismo Presidente Gil de Cabrera, y el testimonio del Dean de la ciudad quien al asomarse a la ventana para tratar de ver qué ocurría escuchó en el aire palabras “tan deshonestamente torpes y tan torpemente provocativas al mal, que según el mismo señor Dean refería, se persuadió que sólo el demonio podía formar semejantes palabras”. Y añade el Padre **Ribero** que “en las ocasiones en que ha sido necesario hacer mención del caso, al llegar a esta circunstancia de lo que oyó, le hacía enmudecer su modestia, y sólo significaba con callar, y con el rubor que le sonroseaba el rostro, sin atreverse a pronunciarlas jamás”. El Padre Cassani se muestra más crítico y sin rechazar totalmente la acción del “enemigo común de la humanidad” interpreta el ruido como un fenómeno natural, y lo relaciona con los graves terremotos ocurridos en la misma época en el virreinato del Perú. **Espinosa** (en preparación) analiza las interesantes tesis de **Cassani** sobre el origen del evento y estudia éste desde el punto de vista sismológico.

El ruido del 9 de marzo dejó profundas huellas en los habitantes de Santafé, a quienes según palabras de **Caballero**: el ruido duró en los oídos por mucho tiempo, y el temor y el pánico que concibieron fue tal que a cualquier ruidito que oyesen se levantaban dando tantos gritos y alaridos que ponían en consternación todo un barrio o parroquia". El Padre Ribero cuenta que en los días inmediatos: "se vio incesantemente una extraordinaria frecuencia de sacramentos con indecible fruto de las almas, porque se hicieron fuera de las dichas, muchísimas buenas obras, revalidáronse confesiones mal hechas de mucho tiempo; manifestáronse pecados gravísimos que hasta entonces se habían tenido solapados; restituyéronse haciendas usurpadas, resarciéronse honras maculadas, enemistades envejecidas; se acabaron y deshicieron amistades torpes de muchos años; repartióronse muchas limosnas; hicieronse gravísimas penitencias y mortificaciones; entabláronse muchas devociones santas y virtuosas, todo a fin de aplacar por estos medios al Señor que tan enfadado se mostraba".

Y en la época en que el Padre Ribero publica su relato, casi cincuenta años después de los hechos, todavía existe la costumbre, no sólo en Santafé sino también en Tunja, de descubrir en las iglesias el Santísimo Sacramento cada 9 de marzo hasta la hora en que ocurrió el ruido. En el sermón se hace alusión al caso, y los feligreses comulgan en acción de gracias por haberse salvado de tan terrible suceso.

### El ruido de Santafé a la luz de la geología moderna

En medio de la aparente confusión que existe alrededor del fenómeno que nos ocupa, la geología puede ser una herramienta definitiva para determinar su origen. Si se acepta que este está asociado a un fenómeno natural, todos los datos disponibles no solamente concuerdan con la hipótesis de que la causa fue la creciente de un río, sino que eliminan otras posibilidades como un terremoto, una tempestad, una erupción volcánica o un deslizamiento.

Los argumentos en favor de la creciente son bastante claros; se basan en el tipo de ruido descrito por los testigos, su duración y su localización. A la luz de la hipótesis de la creciente se entiende muy bien el desconcierto de los santafereños ya que esta no produce un ruido simple sino una mezcla de ruidos variados causados por el agua de diversas maneras, por el material arrastrado en el fondo del lecho, por grandes bloques que van dando saltos y produciendo impactos, por troncos de árbol de tamaños diversos que van chocando entre sí y contra las orillas del río, y en algunos casos por un efecto de onda de choque. Con razón a los aterrados habitantes de Santafé el ruido les recuerda el de un ejército o el de una batalla, con repique de tambores y disparos de artillería de varios tamaños en medio de un sordo e intenso ruido generalizado. El ruido de una gran creciente puede oírse cuando no hay ruidos parásitos, como era el caso en Santafé, a muchos kilómetros de distancia. Ríos de tamaño intermedio, como el Juananbú o el Coello, en zona de pendiente mediana se alcanzan a oír en situación normal y sin ruidos aleatorios a casi diez kilómetros de distancia. La duración del ruido de Santafé, cerca de

media hora, se ajusta muy bien a la de las crecientes, especialmente aquellas causadas por represamiento, en las cuales una gran cantidad de agua acumulada es liberada bruscamente. La localización del ruido también es bastante típica, y en Santafé todos los testimonios coinciden en situarlo al sur de la ciudad. El supuesto olor a azufre, sentido por varios testigos pero aparentemente muy exagerado, no sería otro que el del lodo transportado por el río, el cual puede durar varios días.

A los habitantes de Santafé no escapó la idea de que la creciente de un río fuera causa del ruido; de hecho el Padre **Ribero** la menciona como una de las numerosas conjeturas que se hicieron aquella noche. Sin embargo, en medio de su desconcierto no lograron precisar ninguna de sus hipótesis, entre las cuales estaba también la del ejército invasor, la de gigantescos deslizamientos en las montañas cercanas, la de ruidos subterráneos de origen diverso y la de fenómenos atmosféricos.

Se debe desechar, por razones muy contundentes, la eventualidad de un terremoto o de una tempestad. Los datos conocidos están en total contradicción con ambas posibilidades: no hubo movimiento alguno del suelo, ni daños, ni se observó ningún fenómeno en la atmósfera. Quedan entonces los casos del deslizamiento y de erupción volcánica, los cuales también hay que descartar por razones casi tan poderosas como las anteriores. Un deslizamiento no puede durar media hora, ni producir un ruido tan importante ni de este tipo, y además deja huellas muy claras en el sitio donde se produce. En cuanto a una erupción, hay que recordar que los volcanes cercanos están a unos ciento cincuenta kilómetros y que aún en la eventualidad, prácticamente imposible, de que por causas atmosféricas una erupción sólo se hubiera escuchado en Santafé (en cuyo caso el ruido hubiera venido del oeste, no del sur) una erupción de esas características también hubiera dejado huellas.

En esta etapa de nuestro análisis, la hipótesis de la creciente plantea dos interrogantes:

Cuál fue el río o quebrada causante del fenómeno, y por qué nadie lo vio y en los días siguientes no hubo informaciones sobre él. El río que reúne las condiciones de localización (al sur de la ciudad), de distancia, y tamaño de la cuenca para producir una creciente con las características descritas por las crónicas, es el río San Cristóbal, llamado Fucha en su parte más baja. Los barrios más cercanos al sur eran Santa Bárbara y San Agustín, y distaban aproximadamente 1 kilómetro y medio del río. Este dreña una cuenca bastante grande, capaz de producir una creciente de grandes dimensiones. Al desembocar en la sabana lleva una pendiente aún fuerte, lo cual explicaría la fuerza de la creciente de 1687 y como consecuencia la violencia del ruido sentido en Santafé. Un dato muy interesante es que quienes creyeron en la idea del ejército invasor aseguraban que éste se había instalado en la llanura de Fucha (**Ribero**, op. cit.). La figura 1 muestra el plano de Santafé en el siglo XVIII y la ubicación del río San Cristóbal, o Fucha.

Que la población santafereña no haya detectado la creciente en el momento de su ocurrencia se explica por

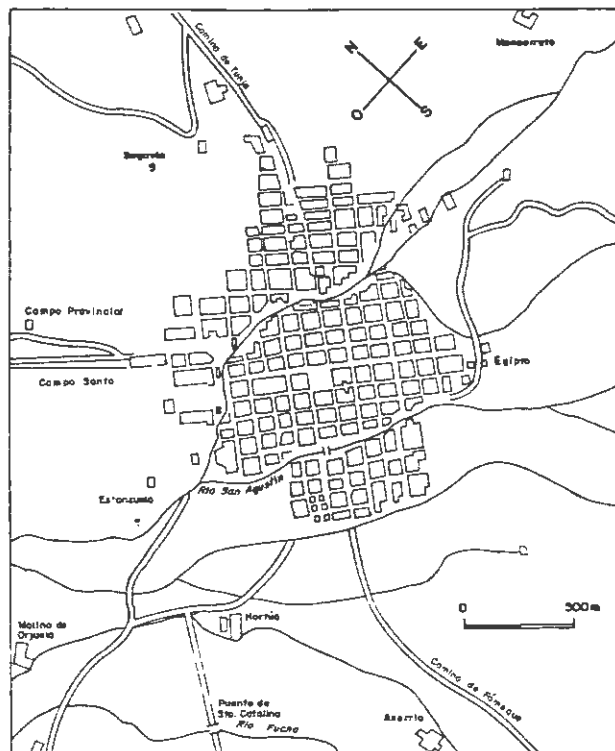


Figura 1. Plano de Santafé en el siglo XVIII. Tomado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1992).

estar la región cercana al río totalmente despoblada (fue zona pantanosa hasta principio del siglo XX), y también por el hecho de que muy pocos o quizás ninguno de los santafereños había tenido la ocasión de ver u oír una creciente de ese tipo. La recurrencia de un fenómeno similar en un río como el San Cristóbal debe ser mayor a un siglo y los ríos que atraviesan Santafé, como el San Francisco y el San Agustín, no tienen la capacidad para producirlo. Sin embargo, las huellas del fenómeno sí debieron ser observadas en los días que siguieron. Es apenas lógico que ante la creencia generalizada de que un ejército se acercaba a la ciudad por el sur, al día siguiente las autoridades enviaran tropas a inspeccionar la zona. Además, el camino a Ubaque salía por el valle del río San Cristóbal, y naturalmente en esos días debió ser transitado por viajeros. Ahora bien, una gran creciente deja dos tipos de huellas: el material arrastrado por el río que queda en forma de un depósito de bloques, arena y arcilla, y las marcas señaladas por el nivel máximo alcanzado por el agua en el valle, las cuales en los casos de grandes crecientes pueden ir acompañadas de destrucción total de la vegetación. Si la creciente ocurrió, am-

bos tipos de huellas debieron ser detectados y señalados a las autoridades, y éstas tuvieron que haber producido algún tipo de informe sobre el asunto.

La confirmación definitiva de la hipótesis de la creciente puede hacerse de dos maneras: identificando y datando el depósito dejado por la creciente (método geológico) o encontrando documentos probatorios (método histórico). El primer caso es improbable, ya que la zona donde se podría encontrar el depósito (de la actual carrera décima hacia abajo) está habitada hace más de un siglo y ha sufrido toda clase de intervenciones, canalización del río y extracción de materiales entre otras. Sin embargo un estudio geológico podría arrojar resultados interesantes. El segundo es más plausible. Quizás algún día un investigador encuentre, en alguno de nuestros archivos históricos o en alguna otra fuente escrita, un informe o un testimonio que confirme definitivamente la creciente del San Cristóbal. Entre tanto seguiremos tomando la idea como una hipótesis aunque, a decir verdad, los conocimientos geológicos actuales no nos dan otra alternativa para explicar los relatos sobre el ruido del 9 de marzo de 1687.

### Bibliografía

- Caballero, J.M. 1902. *Días de la Independencia. La Patria Boba*. Bibl. Hist. Nal., vol I, Imprenta Nacional, 476 p., Bogotá.
- Cassani, J. 1741. *Historia de la Provincia de la Compañía de Jesús del Nuevo reino de Granada*. Madrid.
- Espinosa, A. En preparación. *Contribuciones al Catálogo Colombiano de Sismicidad Histórica. III Un falso terremoto: el ruido de Santafé el 9 de marzo de 1687*.
- Henaó, J.M. & G. Arrubla. 1910. *Historia de Colombia*. Acad. Col. Hist., Complemento Hist. Extensa Col., vol XI, tomo 1 542 p., tomo 2 421 p., 1984. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1992. *Atlas de Colombia*. Cuarta Edición, 321 p., Bogotá.
- Ortiz, S.F. 1966. *Nuevo Reino de Granada. Real Audiencia y Presidentes. Presidentes de Capa y Espada (1654-1719)*. Hist. Extensa Col., vol. III, tomo 3, 423 p., Acad. Col. Hist., Bogotá.
- Ramírez, J.F. 1975. *Historia de los Terremotos en Colombia*. Seg. Ed., Inst. Geogr. A. Codazzi, 250 p., Bogotá.
- Ribero, J. 1736. *Historia de las Misiones de los Llanos de Casanare y los Ríos Orinoco y Meta*. Imprenta de M. Silvestre y Cía., Bogotá, 1883. Reeditado por Bibl. Presidencia Col., vol. XXIII, Bogotá, 558 p., 1956.
- Vergara y Vergara, J.M. 1867. *Historia de la Literatura en Nueva Granada*, tomo I. Bibl. Bco. Popular, No. 63, 272 p., 1974. Bogotá.

# ECONOMIA EXTRACTIVA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

por

Germán Gálvis Vergara\*

## Resumen

Galvis, G. Economía extractiva y desarrollo sostenible. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 299-304, 1994. ISSN 0370-3908.

Suele proponerse como una alternativa viable de desarrollo sostenible la extracción de productos forestales. Desde la conquista hasta nuestros días ha habido actividad extractiva y en algunas épocas fué casi la base de nuestra economía. Sin embargo nunca fué una solución y siempre ha sido destructiva.

## Abstract

The extraction of forestal products is often proposed as a sustainable activity for development. This paper tries to show how from the time of conquest to present times, forestal products have been extracted and in certain periods were the main export. Nevertheless this activity was never a solution and has always been destructive.

La economía extractiva fue característica del período colonial (1492-1810) y el primer siglo de la república (Siglo XIX). En un principio se limitó a la explotación de minerales preciosos y perlas, pues las mortandades de indígenas causadas por la conquista y las enfermedades introducidas del viejo mundo, diezmaron la población de por sí no tan numerosa como pretenden algunos antropólogos. Vergara y Velasco (1891) con base en los primeros censos de la época de la colonia afirma que al terminarse la conquista no quedaban en Colombia 100.000 indígenas, un tercio sometidos y de estos 8.000 en la llanura atlántica, 4.000 en Panamá, 5.000 en el Tolima grande, 4.000 en el llano, 8.000 en la mesa andina y los restantes insumisos.

Por lo tanto, fue necesario en 1530 importar esclavos y su altísimo costo solo hacía rentable la minería de metales preciosos. Como punto de referencia el valor promedio de un esclavo en el siglo XVI en Colombia era de 400 patacones, cuando por un patacón se podía obtener un cerdo gordo y 40.000 patacones eran una gran fortuna (Colmenares, 1979).

Las perlas fueron el primer producto beneficiado, Alonso de Ojeda inició su explotación en las islas de Cubagua y Los Coches (actual Venezuela) inmediatamente después del descubrimiento, a mediados del siglo XVI (50 años después) los bancos perlíferos ya se habían agotado, lo mismo que las poblaciones indígenas de Cubagua y Margarita esclavizadas para su explotación. Esta actividad se desplazó a las costas de la Guajira donde Nicolás de Federmán en 1530 supo de la existencia de perlas sin poder aprovecharlas por falta de buzos.

José Nicolás de la Rosa en 1739 menciona los ostrales del Cabo de la Vela, Carrizal, Tucuraca, Almirones etc. y habla de cómo las perlas ya no eran abundantes como en el siglo XVII, cuando eran extraídas por esclavos negros e indios en las islas de Los Gigantes (Aruba y Curaçao). En muy pequeña escala la explotación de perlas continuó hasta principios del siglo XX.

Por las razones ya anotadas, escasez de mano de obra y su altísimo costo, fue relativamente poca la extracción de productos vegetales y animales comerciables durante los siglos XVI y XVII; como regla general se obtenían por trueque de tribus aún no sojuzgadas. Los principales fueron: Palo Brasil (*Caesalpinia echinata*), por cédula real de 1510 era la única madera de tinte que

\* Profesor Asistente, Universidad Nacional, Departamento de Biología, A. A. 23227 Bogotá.

se podía introducir a España. Los indios guajiros lo utilizaron en aquella época como artículo de trueque pues es propio del bosque seco tropical. Zarparrilla (*Smilax* sp.) y Palo Santo (probablemente *Erismia* sp.), tuvieron mercado gracias a la dispersión epidémica que tuvo la sífilis en Europa al ser introducida de América por las tropas de Carlos V, pues eran considerados en aquel entonces como remedios para ese mal.

Con frecuencia se comenta hoy sobre el desconocimiento de las propiedades medicinales de nuestra flora y el desdén por la farmacopea nativa, no es cierto, la medicina europea de aquella época (período colonial) era casi tan primitiva como la indígena, aunque partía de conceptos diferentes se basaba en buena parte en el uso de plantas medicinales. Por esto los criollos asimilaron y usaron muy pronto el herbolario médico indígena. José Nicolás de la Rosa en 1739 hace un recuento de las plantas medicinales de la provincia de Santa Marta junto con sus supuestas propiedades: Bálsamo de Tolú, cura las calenturas; Sangre de Drago, aprieta la dentadura; Aníme, cura dolores de cabeza; Bija, contra picaduras de mosquito, arregla coyunturas descompuestas y saca fríos; Otopa, cura la sarna y expele frialdades; Bálsamo de Copaipe, para la orina y achaques varios...

La lista es larga y sin duda hay muchas más en crónicas de diferentes sitios. Todas estas plantas al igual que las del herbolario europeo tradicional, simplemente fueron poco a poco cayendo en el olvido por su inoperancia a medida que la ciencia descubrió medicamentos efectivos.

La dificultad para abastecerse de muchos productos de ultramar forzó a la extracción de otros para consumo local, como fueron: maderas, taninos para curtir pieles (corteza de Mangle Rojo y Dividivi en la región costera y de Encenillo en los páramos); cortezas de Balso (*Ochroma* sp.) y Guásimo (*Guazuma* sp.) cuyo mucílago se utilizaba para blanquear la panela en las pailas de los trapicheos al establecerse el cultivo de caña a finales del siglo XVII. Estos fueron de los muchos productos que tuvieron y aún siguen teniendo algún uso local.

Algunos productos animales también fueron de importancia: el Manatí que abundaba en los pantanos del bajo Atrato y del Magdalena, fue cazado hasta el exterminio para con su tasajo alimentar los esclavos de las minas del Chocó y los bogas de los champanes del Magdalena (West, 1957 y Fals Borda, 1979), con su piel se confeccionaban los látigos llamados manatís uno de los principales incentivos laborales de la época.

En la Orinoquía, los playones de algunos ríos donde millares de tortugas como la Arrau (*Podocnemis expansa*), ponían sus huevos durante el período seco (diciembre a marzo) eran objeto codiciado y causa de guerra permanente entre los indígenas. Los jesuitas que recibieron la región de la corona como terreno de misiones, lograron controlar las tortugueras de Ature y Maipures en el Orinoco y mediante un reparto equitativo de los huevos sojuzgar y catequizar muchas de las tribus (Morey, 1974-75). Lo cual trajo como resultado inmediato numerosas almas ganadas para el cielo y una

fuerte disminución de las poblaciones de tortugas ya que la paz permitió un sobre-explotación del recurso.

En la depresión araucana, el Chiguíto desde la época colonial reemplazó la carne de res durante el período de abstinencia en Semana Santa en los grandes fundos esclavistas de lo que hoy es Venezuela; esta costumbre aún prevalece y tiene un cierto grado de incidencia sobre la especie.

En general puede decirse que en los siglos XVI y XVII, solo aquellos productos sometidos a extracción intensa para exportación como las perlas y el Palo Brasil o a consumo sostenido como el Manatí, sufrieron menoscabo o exterminio. Esto no ocurrió con los de consumo doméstico local no porque la explotación fuera mas o menos racional sino porque la población del país era muy escasa, el censo de 1778 (Vergara y Velasco) da una población total incluyendo a Panamá de 828.775 personas.

Durante la colonia la ganadería extensiva y la agricultura indígena producían toda la comida; pues aunque hubo un gran aporte de nuevas plantas no solo de Europa sino también del Extremo Oriente (en 1700 ya se habían introducido plátanos, bananos, añil, caña de azúcar y cocos por lo menos a Las Antillas), no ocurrió lo mismo con las técnicas agrícolas: el arado solo se utilizó en el altiplano Cundi-boyacense y Popayán; la rueda en las carrozas de los virreyes; hoz, guadaña, noria, aljibe, huertos, abonos y legumbres no son aún hoy usados por la mayor parte de nuestros campesinos. Roza y quema, socola, siembra a cbuzo y policultivos en varios estratos, técnicas indígenas todas estas, son nuestra cultura agrícola tradicional.

Hoy se propone la adopción de técnicas agrícolas indígenas buscando mejorar la producción dentro de un marco ambientalista e ignorando que tales técnicas fueron y son las usuales de los estratos pobres del campesinado. El machete es el único instrumento de origen español de uso generalizado, pero proviene del alfange corto y no de ningún instrumento de labranza.

A finales del siglo XVIII, los productos de extracción animales y vegetales aún jugaban un papel muy secundario, el oro estaba en primer lugar y representaba mas del 85% de las exportaciones del Nuevo Reino de Granada, pero la rentabilidad de la minería tendía a disminuir a pesar de ser la producción cuatro veces mayor que en 1700 (Dávila, 1986 y Colmenares, 1979).

El objetivo principal de la Expedición Botánica en el siglo XVIII fue la búsqueda de nuevos productos extractivos vegetales y animales y pronto dió resultados: Mutis encontró que la Quina usada por los Incas como remedio contra la malaria y explotada desde hacía casi un siglo en la región de Loja (sur de Ecuador), también abundaba en la Nueva Granada en el bosque andino; igualmente se inició la explotación de Ipecacuana o Raicilla al sur de lo que es hoy el departamento de Córdoba y los indios Cunas comenzaron a utilizar el Carey como artículo de trueque.

Sin embargo, fue a mediados del siglo XIX, en pleno período republicano, cuando se dieron las circuns-

tancias para una intensificación de la economía extractiva: la industrialización creciente de Europa y Los Estados Unidos creó la demanda para nuevos productos. Por otra parte, ya desde la colonia hubo presión por parte de los criollos para que se abolieran los resguardos indígenas, pero la corona y sus autoridades delegadas no se mostraron dispuestas a permitir que los grandes propietarios del virreinato resolvieran sus problemas de mano de obra despojando a los indios de sus tierras, a fin de obligarlos ya reducidos a la miseria a someterse a trabajos como concertados (Liévano, 1989).

Cuando se declaró la independencia, una de las primeras leyes aprobadas (Septiembre de 1810) fue la de abolición de resguardos, pero fue anulada con la reconquista española y solo se hizo efectiva bajo el gobierno de Hilario López en 1850. Triana (1922) lo explica así: "al liquidar los resguardos se asignó a cada familia de la comunidad indígena una parcela de aproximadamente dos fanegadas y los sobrantes se destinaron para adjudicarse a título gratuito o en almoneda pública a terceros, tales 'sobrantes' fueron una de las principales fuentes de latifundio durante la república y a los indios se asignaron las porciones de peor calidad: faldas erosionadas, páramos, extensiones estériles. Tan pronto como fueron dueños libres hubo quienes les compraran su misérrima propiedad a menosprecio; así se dispersaron y cayeron en la más dolorosa miseria".

A todo esto se sumó la ruina producida por las continuas guerras civiles y el despojo consiguiente, pues "la protección de las haciendas dependía de la contribución de los terratenientes, de manera que quien perdía la guerra perdía la hacienda" (Dávila, 1986).

Para completar el cuadro agreguemos el crecimiento acelerado de la población, que pasó de 828.775 habitantes en 1778 a 1'931.684 en 1843 y ya no tenemos la escasez de mano de obra del siglo XVII sino un conglomerado de desheredados de todo pelaje (la población duplicó de nuevo antes del fin de siglo) dispuestos a concertarse por la comida en las grandes haciendas, a trabajar en las selvas como colectores de productos forestales bajo un régimen de comisariato o a colonizar los bosques de las vertientes.

Vergara y Velasco (1891), describe la situación de la siguiente forma: "el gobierno español prohibía la venta de los resguardos indígenas, los cuales tenían trabajo propio y producían frutos a mínimo precio, pero desde que pudieron vender fueron asediados por los ricos quienes lograron comprar la mayor parte de ese suelo para formas grandes haciendas menos productivas, lo cual hizo subir mucho el precio de los víveres aún aumentado después de la crisis económica de 1886. A esto debemos agregarle la desamortización de 1861 que perjudicó a la agricultura puesto que tierras que se arrendaban barato a los campesinos fueron absorbidas por las grandes haciendas, las que mal explotadas no producen lo que debieran y facilitan alzas singulares en los artículos de consumo y por ende producen grandes pero pocas fortunas, cuyos dueños continúan con ellas la obra de absorción, mortal para el país, que no progresa en verdad sino donde la propiedad está repartida puesto que allí no hay miseria."

## Tenencia de la tierra e inicios de la colonización

Es evidente que la tierra solo adquiere valor cuando la población se hace abundante, pero este no fue el caso en los inicios del período colonial, menos aún si este vino precedido por la gran mortandad causada por la conquista y la viruela. El aporte neto de población por inmigración fue muy reducido, Vergara y Velasco, calcula que a lo sumo 25.000 blancos pisaron suelo colombiano para quedarse definitivamente durante todo el período colonial. El mismo autor afirma que la introducción de negros en la segunda mitad del siglo XVIII cuando llegó a su máximo nunca excedió 500 a 800 anuales.

Durante este período no hubo colonización en el sentido que le damos actualmente: derribar selvas para reemplazarlas por cultivos y pastos. El único ensayo de fundación en clima húmedo tropical fue Santa María la Antigua del Darién y fue abandonada por insalubre.

Durante el período colonial solo se poblaron los climas fríos por encima del límite de la malaria y la fiebre amarilla o los climas cálidos y templados secos (precipitación menor de 1500 mm) donde tampoco predominan las enfermedades tropicales. Hubo pautas precisas a seguir en la escogencia de sitio para una fundación y esencialmente tenían que ver con condiciones de salubridad y seguridad. Ya previamente las culturas indígenas con base agrícola y población densa habían hecho la misma escogencia y abierto el terreno; sólo fueron excepción a esta regla lugares especialmente importantes por su riqueza en oro y puntos claves de tránsito obligado. En el primer caso tenemos sitios como Nóvita y Condoto en las selvas del Chocó, Zaragoza y Remedios en las selvas del oriente antioqueño; en el segundo caso Barrancabermeja y Tamalameque en lo que fueron las selvas del Magdalena medio. Ninguno de estos lugares llegó a tener una población numerosa en aquella época, eran algo así como destierros obligados.

Los jesuitas en la Orinoquía igualmente prefirieron las sabanas abiertas a las selvas malsanas del piedemonte a pesar de ser los suelos de éstas últimas menos estériles.

Apenas terminada la conquista, todas las tierras útiles (que corresponden al 12% del país apto para la agricultura) como son valles aluviales de la costa atlántica, valle alto del Magdalena, altiplano Cundiboyacense, valles del Cauca y de Pubenza se subdividieron en resguardos, encomiendas y mercedes de baldíos. Los primeros eran grandes extensiones de terreno (la norma era una legua de radio) usufructuados por comunidades indígenas las cuales estaban obligadas a tributar en especies y trabajo. Las segundas se adjudicaban en usufructo a españoles (no en propiedad, al encomendero le estaba incluso prohibido vivir en la encomienda), los indígenas que las habitaban le pagaban tributo. Por último las mercedes de baldíos, que con frecuencia se hicieron a los mismos encomenderos fueron el origen del latifundio ganadero el cual poco a poco fue creciendo primero a expensas de la encomienda que fue abolida durante el reinado de Felipe V y luego en la república a expensas del resguardo como ya se vió.

A medida que la hacienda fue acorralando a los resguardos hacia las laderas, la agricultura practicada por los indígenas abandonó los valles aluviales y se generó el esquema clásico en nuestro país de ganadería extensiva en el valle aluvial fértil y minifundio agrícola en los cerros aledaños de menor fertilidad.

Las oleadas de migraciones españolas subsiguientes a la conquista durante los siglos XVII y XVIII ya encontraron las mejores tierras adjudicadas y tuvieron que dedicarse al comercio en las ciudades o a la pequeña minería que se inició en Remedios y Zaragoza hacia el occidente y luego se extendió a toda Antioquia. Al oriente partió de Pamplona y Girón donde al agotarse rápidamente vetas y aluviones derivó hacia la agricultura en propiedades de tamaño mediano, de algodón, tabaco y añil productos los cuales sirvieron de base a industrias artesanales que dieron gran importancia a los Santanderes durante los siglos XVIII y XIX.

Igualmente en Antioquia se formó el mismo tipo de propiedad de tamaño mediano que dió origen a los que hoy se conoce como "la finca tradicional" en contra posición a la gran hacienda.

### Las grandes haciendas

En Colombia durante la época colonial, no existió la plantación esclavista característica de la costa brasileña, las Antillas Francesas o las tierras del Gran Cacao en Venezuela. Tal vez por la predominancia que tuvo la minería de oro que acaparó buena parte de la mano de obra, la restante, los indígenas de los resguardos, apenas si daban abasto para alimentar la población urbana.

El único intento de gran plantación, fueron los cultivos de cacao de los jesuitas, sobre la rivera norte del río Guaviare, en su misión de Amanavén sobre la confluencia de este río con el Orinoco; estos fueron abandonados al ser expulsada la comunidad de las colonias españolas durante el reinado de Carlos III.

**Colmenares** (1979), refiriéndose al gran Cauca consideró tres tipos de hacienda:

- **De campo:** la cual salió de la encomienda y combina la ganadería extensiva con una cierta producción agrícola de cereales en manos de terrajeros o aparceros indios y mestizos, a quienes se les permitía el cultivo de parcelas, a cambio de trabajo en el primer caso y de un porcentaje de la cosecha en el segundo. Los dos sistemas aún existen. En este tipo de hacienda es característica la casa señorial donde solía habitar el propietario; según **Colmenares** esta forma de hacienda obedeció a la necesidad de los poblamientos españoles de proveerse de cereales. Pues si bien las comunidades indígenas pudieron satisfacer inicialmente esta necesidad, el aumento de las poblaciones urbanas creó una presión insostenible sobre la capacidad indígena de producir excedentes con sus métodos tradicionales.

- **Latifundio de Frontera o Fundo ganadero:** característico de regiones con población poco densa, el propietario no vivía allí y lo administraba a través de un mayordomo; apenas si había algún cultivo de subsisten-

cia que se complementaba con caza o pesca. Se derivó en un principio de las concesiones de baldíos por cédula real. Esta forma de tenencia predominó en la costa Atlántica y durante el siglo pasado se hizo más fuerte al ganar grandes extensiones a expensas de los resguardos zenúes del costado occidental del Magdalena (**Fals Borda**, 1979). El latifundio ganadero cubre aún buena parte de las tierras fértiles de la costa Caribe.

Arauca y Casanare fueron también regiones de grandes fundos ganaderos propiedad primero de los jesuitas y al ser expulsados estos pasaron a manos de los notables de Sogamoso desde donde eran administrados a través de mayordomos. En las sabanas pobres de la Orinoquía, la ganadería extensiva es un uso adecuado de la tierra, tal vez susceptible de cierta mejora; no así en las llanuras fértiles de la costa donde es un anacronismo y desperdicio.

- **La Hacienda de Trapiche** fue una forma más elaborada de la hacienda de campo en torno a la producción de panela y azúcar; usó con frecuencia mano de obra esclava. En ella la caña no desplazó completamente al ganado, fue frecuente en el Cauca Grande.

### Economía extractiva de los siglos XIX y XX

Como ya se mencionó la extracción de productos silvestres aumentó progresivamente a lo largo del siglo XIX hasta alcanzar un tope tanto en variedad como en cantidad de productos exportados a finales de ese siglo. Según **Vergara y Velasco** los productos extractivos pasaron a ser un 30% del total de las exportaciones, y contribuyeron a darle a la economía un carácter altamente fluctuante, pues aparecía la demanda por un nuevo producto, se producía un auge repentino y al cabo de poco tiempo o bien se había agotado por una extracción exhaustiva y destructora o su calidad decaía a tal punto que la demanda buscaba otras fuentes o simplemente era reemplazado por un sucedáneo. **Vergara y Velasco** señala con las quinas cómo se llegó no solo a enviar piedras para aumentar el peso de los fardos sino hasta cáscaras de cualquier palo en vez de la mercancía legítima y cómo además se agotó el producto, talando salvajemente los bosques, al negocio siguió la ruina.

### Uso y procedencia de los productos extractivos citados por Vergara y Velasco

#### Medicinales:

- **Balsamo de Tolú** (*Myroxylon balsamum*), se extraía en el Urabá chocono y alto Sinú, se usaba como espectorante. la demanda cesó a principios de este siglo.

- **Quina** (*Cinchona officinalis*), de su corteza se extrae la quinina de uso antimalárico. El auge de su explotación vino cuando los quinales de Ecuador y Perú comenzaron a agotarse hacia 1850. La quina es propia del bosque andino húmedo entre 1500 y 2500 mts de altura, en el país la extracción comenzó en Nariño y Cauca, a medida que iban arrasando los quinales avanzó al norte. En 1880 se extraía en el Quindío y Santanderes donde para su exportación se reabrió el camino del Carare. Uribe, departamento del Meta fue por esta épo-

ca un centro importante de extracción. Cuando los holandeses lograron cultivarla en Indonesia a finales del siglo XIX vino la quiebra para las exportaciones de quina colombiana que solo tuvieron un pequeño resurgir durante la segunda guerra mundial.

- Ipecacuana o Raicilla (*Cephaelis ipecacuana* y *C. acuminata*), usada contra la disentería amebiana. Su extracción se inició en las selvas del Sinú y San Jorge a finales de la colonia, posteriormente en las regiones de Chocó y Urabá. La deforestación y la extracción misma arrancando las plantas para solo aprovechar la raíz la hicieron muy escasa dejándose de exportar a mediados del presente siglo; aún tiene mercado.

- Zarzaparrilla (*Smilax* sp.), fue extraída durante todo el período colonial en el bosque húmedo tropical de la cuenca baja del Magdalena. Su explotación finalizó en la segunda mitad del siglo pasado cuando se dejó de creer en sus propiedades antisifilíticas.

- Cativo (*Priocra copaifera*) o Trementino. Bálsamo al cual se le atribuyen propiedades contra la sífilis, también llamado aceite de copaiba. En esa época se extraía de las selvas del bajo Magdalena.

- Canime (*Copaifera canaime*), producía un aceite muy similar al anterior al que se le atribuye las mismas propiedades, se extraía de las selvas del Magdalena.

- Sazafrás (*Protium heptaphilum*) se usaba contra la sífilis y se le conoce como Anime o Caraña.

#### Tintóreas:

- Palo de Mora o Dinde (*Chlorophora tinctoria*) lo utilizaban como colorante para telas. Se le encuentra en la transición a bosque seco tropical en la costa atlántica.

- Palo Brasil (*Caesalpinia echinata*), colorante para telas. Se le encuentra en el bosque seco tropical de la costa atlántica.

Estas dos plantas fueron reemplazadas por colorantes sintéticos a finales del siglo pasado.

- Caña Agría (*Costus* sp.), se utiliza aún para decorar la paja con que se tejen los sombreros costeños. Se la encuentra en los relictos de bosque de la Serranía de San Jacinto.

- Bija (*Arrhabidea chica*), planta trepadora se le cultiva y se aprovecha su tinte negro para teñir sombreros.

#### De diversos usos:

- Pita (*Bromelia* sp.), es una fibra fina también llamada Linacar, se extraía de las selvas del Sinú, Chocó y Opón.

- Caña Flecha (*Ginerium sacaroides*), aún se utiliza para confeccionar sombreros. Se encuentra en vegas en el bosque húmedo tropical.

- Iraca (*Carludovica palmata*), se encuentra en el bosque húmedo tropical y de ella se fabrican los sombreros Panamá.

- Tagua (*Phytelephas* sp.), tuvo gran demanda en el siglo pasado para la fabricación de botones. Se obtenía del Magdalena Medio y la Costa Pacífica. La demanda cesó al aparecer los plásticos.

- Sarrapia (*Coumarona odorata*), se obtenía de ella una esencia para aromatizar jabones y tabaco. se extrajo en el piedemonte del Meta y del Chocó.

- Palo de Limoncillo (*Ximenia americana*), madera aromática parecida al sándalo. Propia del bosque seco de la Costa Atlántica.

- Goma de Algarrobo (*Hymenaea coubaril*), llamada también Barniz de Copal. se obtenía del bosque seco de la Costa Atlántica.

- Palo Gateado Diomate o Quebracha (*Astronium* sp.), del bosque seco de la Costa Atlántica. Se usaba como madera.

- Caoba Granadillo (*Swietenia macrophylla*), madera especial para enchapados finos. Se extrajo en grandes cantidades de la Selva del Sinú entre 1883 y 1913.

- Macana o Chonta (*Guilielma gasipaes*), se utilizaba para la fabricación de bastones, más importante es su fruto comestible el Chontaduro o Pupuña.

- Caucho. La explotación se inició en 1850. Primero se extrajo la variedad Castilla en el Sinú y el San Jorge, posteriormente en el Magdalena Medio, Chocó y Costa del Pacífico. Las variedades Hevea, de las cuales *Hevea benthiana* crece en planicies de inundación y *Hevea guyanensis* en zonas altas del Guainía, en territorio colombiano fueron explotadas por brasileños y peruanos. Los colombianos participaron en su explotación en los inicios del presente siglo, tuvo un breve auge durante la segunda guerra mundial, y cayó en desuso por su baja rentabilidad. En el país se han realizado dos ensayos de cultivo: uno en la región de Urabá que data de los años 60, y otra actualmente en el Caquetá, aparentemente no han dado los resultados esperados.

En el transcurso del presente siglo hemos tenido algunos auges extractivos: hacia 1910 existió un mercado de plumas de garza para adornar sombreros las cuales provenían de Arauca donde en un principio se aprovecharon las que perdían en sus mudas periódicas, la situación terminó en una caza desahogada y al disminuir las poblaciones de garzas aumentaron las de garrapatas hasta llegar a diezmar la ganadería de la región por las enfermedades que transmitían, un cambio en la moda reestableció el equilibrio normal.

A partir de los años 50 un incremento en la demanda de piel de cocodrilo llevó a casi todas las especies de estos al borde de la extinción en las diferentes regiones del país.

En la década de los 70 se inició el auge de la extracción de peces ornamentales en la Amazonía y Orinoquía; el tráfico de cocaína absorbió la mano de obra que se dedicaba a esta actividad y el volumen exportado cayó de US 8 millones a poco más de un millón hoy.

La Palma de Chiquichí (*Leopoldinia piasaba*), de los arenales del Guainía ha sido explotada desde los años 40 por su fibra que se utiliza en la fabricación de escobas. Ha sido reemplazada por las fibras sintéticas pero aún se explota por ser la única carga de compensación que produce la región.

Es evidente la decadencia de las actividades forestales extractivas, porque para su existencia se requiere una mano de obra con niveles salariales muy bajos que debe llevar una vida transhumante en condiciones difíciles, el que casi no haya gente dispuesta a aceptar esas circunstancias, indica que ya existen mejores alternativas.

Si de 1810 a 1880 retrocedimos social y económicamente, en los últimos 30 años no solo hemos recuperado lo perdido sino progresado considerablemente, tanto que ya casi salimos de la etapa extractiva, que culturalmente corresponde a los pueblos cazadores-recolectores anteriores a la agricultura. Si los productos forestales tienen algún futuro no es extrayéndolos directamente sino cultivándolos.

### Conclusiones

Algunos viajeros del siglo XVIII y XIX cuando aún se desconocía la ecología de las selvas tropicales elogiaron en términos grandilocuentes la exuberancia y riqueza de éstas; nuestro país tan adicto a la grandilocuencia transformó estas frases en lugar común.

Se confunde la exuberancia con la fertilidad y la variedad con la abundancia, olvidando un principio ecológico elemental que a mayor variedad de especies, menor número de individuos de cada una, o sea a mayor variedad menor abundancia. La selva es un almacén con mucho surtido y muy pocas existencias.

Dentro de este desenfoco prosperan dos falsas perspectivas de desarrollo en muchos puntos antagónicas, pero teniendo en común el buscar eludir la realidad en forma mas o menos conciente: los que pretenden hallar la solución al problema agrario en la colonización masiva de las selvas tropicales; y los que creen que estas mismas selvas guardan riquezas animales y vegetales

insospechadas, capaces de sostener una actividad extractiva de gran envergadura, todo dentro de un marco conservacionista y ecológico.

El país posee un 12% de tierras cultivables, todas las cuales se encuentran en las áreas tradicionales de uso y nó en las selvas; de este total solo un 4% se utiliza en agricultura; el 8% restante es decir las dos terceras partes se dedica a ganadería extensiva y semi-intensiva, o se encuentra ociosa como simple bien de capital en espera de valorización. Estas tierras, no las selvas ni los páramos son nuestra frontera agrícola. Darles un uso adecuado permitiría mas que duplicar la producción de comida y aliviar en la misma medida la tensión social existente.

Talvez en un futuro no muy cercano el país realmente se vea en la necesidad de utilizar sus reservas forestales, pero esto en ningún caso es inminente, pretender que así sea es desviar en forma conciente la atención de lo que realmente es prioritario.

### Bibliografía

- Colmenares, G. 1979. Historia Económica y Social de Colombia. Tomo 2. Popayán una Sociedad esclavista. La Carreta Inéditos Ltda.
- Dávila Ladrón de Guevara, C. 1986. El Empresariado Colombiano, una Perspectiva Histórica Editorial Universidad Javeriana.
- De la Rosa, J. N. 1789. Floresta de la Santa Iglesia Catedral de la Ciudad y Provincia de Santa Marta Edición Biblioteca del Banco Popular, Vol. 74 1975
- Fals Borda, O. 1979. Historia Doble de la Costa Carlos Valencia Editores
- Liévano Aguirre, I. 1989. Los Grandes Conflictos Sociales y Económicos de Nuestra Historia 13ª Edición Tercer Mundo Editores.
- Morey R., N. 1975. Relaciones Comerciales en el Pasado en los Llanos de Colombia y Venezuela Editorial Montalván. Caracas
- Patino, V. M. 1980. Los Recursos Naturales de Colombia. Carlos Valencia Editores
- Triana, M. 1922. La Civilización Chibcha. Prensas de la Escuela Tipográfica Salesiana re-edición Bancq Popular 1984
- Vergara y Velasco, F. J. 1892. Nueva Geografía de Colombia. Imprenta de Vapor de Zalamea.

# ON DISTRIBUTIONAL REPRESENTATIONS OF MOMENT FUNCTIONALS: SIEVED POLLACZEC POLYNOMIALS

por

Jairo A. Charris\* and Yadira L. Prieto

## Resumen

**Charris, J.A. & Y.L. Prieto.:** On distributional representations of moment functionals: sieved Pollaczec polynomials. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 19 (73): 305-315, 1994. ISSN 0370-3908.

Se establecen las representaciones distribucionales de las funcionales de momento de los polinomios cribados de Pollaczec de la primera y segunda clase. Estas representaciones subsisten para rangos más amplios de los parámetros que aquellos posibles obtenidos para representación por medidas positivas.

## Abstract

Distributional representations of the moment functionals of the sieved Pollaczec polynomials of the first and second kinds are established. These representations hold for wider ranges of the parameters than those were the representation by positive measures is possible.

## 1. Introducción

A moment functional  $\mathcal{L}$  ([11], Chap. I), i.e., a complex linear map of the space of complex polynomials into the field of complex numbers, is said to be regular, if it admits a system of monic *orthogonal polynomials*, a system  $\{P_n^{(\lambda)}; n > 0\}$  of complex polynomials satisfying a recurrence relation.

$$\begin{aligned} xP_n(x) &= P_{n+1}(x) + B_n P_n(x) + C_n P_{n-1}(x), \quad n > 0; \\ P_{-1}(x) &= 0, \quad P_0(x) = 1, \end{aligned} \quad (1.1)$$

with

$$C_{n+1} \neq 0, \quad n \geq 0, \quad (1.2)$$

such that

$$\mathcal{L}(P_0(x)) = 1; \quad \mathcal{L}(P_n(x)) = 0, \quad n \geq 1, \quad (1.3)$$

and that

$$\mathcal{L}(P_n(x) P_m(x)) = \lambda_n \delta_{mn}, \quad m, n \geq 0. \quad (1.4)$$

with

$$\lambda_0 = 1; \quad \lambda_n = C_1 \dots C_n, \quad n \geq 1. \quad (1.5)$$

1985 AMS Subject Classification. Primary 33A65. Secondary 33A70.

Key words and phrases. Moment functionals, spectral measures, Pollaczec and sieved Pollaczec polynomials, hypergeometric functions, contiguous function relations, distributions, support of a distribution and of a measure, mass points.

(\*) Author partially supported by CINDEC, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

Observe that  $\lambda_n \neq 0, n \geq 0$ . The system  $\{P_n(x)\}$  is uniquely determined by  $\mathcal{L}$  and is called the *monic orthogonal system of  $\mathcal{L}$* . Conversely ([11], Chap.I), if a system of monic polynomials  $\{P_n(x)\}$  is given by (1.1), if (1.2) holds and if  $\mathcal{L}$  is defined through (1.3) and linear extension, then  $\mathcal{L}$  is regular and  $\{P_n(x)\}$  is its monic orthogonal system. The functional  $\mathcal{L}$  is called the *moment functional of  $\{P_n(x)\}$* .

The moment functional  $\mathcal{L}$  is said to be *bounded* if there is a constant  $M > 0$  such that for  $B_n, C_n$  in the recurrence relation (1.1) of its monic orthogonal system we have

$$|B_n| \leq \frac{M}{3}, \quad |C_{n+1}| \leq \frac{M^2}{9}, \quad n \geq 0. \quad (1.6)$$

If  $\mathcal{L}$  is regular and bounded (by M), the continued fraction

$$\frac{1}{z - B_0} - \frac{C_1}{z - B_1} - \frac{C_2}{z - B_2} - \dots \quad (1.7)$$

of its monic orthogonal system ([18], Chap.V) converges uniformly on  $|z| \geq M'$ , for all  $M' > M$ , to a limit  $X(z)$ , which is an analytic function on  $|z| > M$ . Then ([8], [12])

$$\mathcal{L}(P(x)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z)X(z) dz, \quad (1.8)$$

for any positively oriented contour of  $|z| > M$  enclosing  $z = 0$ .

Representation (1.8) of  $\mathcal{L}$  was established in [12] for special cases. A general proof based on the theory of continued fractions is in [8]. In the appendix at the end we include a proof based on functional analysis.

When  $\mathcal{L}$  is *positive*, i.e., when  $B_n, C_n$  in (1.1) are real numbers and

$$C_{n+1} > 0, \quad n \geq 0, \quad (1.9)$$

$\mathcal{L}$  has the representation ([11], Chap. II)

$$\mathcal{L}(P(x)) = \int_{-\infty}^{\infty} P(x) d\mu(x), \quad (1.10)$$

where  $\mu$  is a positive measure supported by the real line. If in addition (1.6) holds,  $\mu$  is unique and  $\text{Supp } \mu \subseteq [-M, M]$ . In these circumstances some powerful techniques have been devised to determine  $\mu$  explicitly. See [2] for many examples, and [5] for the special case of the Pollaczek polynomials. We mention that if (1.6) holds, (1.7) converges uniformly to  $X(z)$  on any compact subset of  $\mathbb{C} - [-M, M]$ . If  $\mathcal{L}$  is regular but not positive, representation (1.10) is impossible. However, (1.8) still holds if  $\mathcal{L}$  is bounded.

Now assume  $\mathcal{L}$  is regular and a polynomial

$$q(x) = a(x - \alpha_1)^{p_1}(x - \alpha_2)^{p_2} \dots (x - \alpha_m)^{p_m} \quad (1.11)$$

with real roots  $\alpha_1, \dots, \alpha_m$  can be found such that the moment functional  $\mathcal{U} = q(x)\mathcal{L}$  defined by

$$\mathcal{U}(P(x)) = \mathcal{L}(q(x)P(x)) \quad (1.12)$$

is positive, and let  $\nu$  be a positive measure representing  $\mathcal{U}$  in the sense of (1.10). From the partial fraction decomposition

$$\frac{P(x)}{q(x)} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{p_i} \frac{\alpha_{ij}}{(x - \alpha_i)^j} + R_m(x), \quad (1.13)$$

$R_m(x)$  a polynomial, we deduce that

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(P(x)) &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{p_i} \mathcal{L} \left( \frac{q(x)}{(x - \alpha_i)^j} \right) \alpha_{ij} \\ &+ \int_{-\infty}^{\infty} R_m(x) d\nu(x), \end{aligned} \quad (1.14)$$

which is, since

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{(p_i - j)!} \frac{d^{p_i - j}}{dx^{p_i - j}} \left[ \frac{P(x)(x - \alpha_i)^{p_i}}{q(x)} \right] (\alpha_i), \quad (1.15)$$

a representation of  $\mathcal{L}$  by distributions supported by the real line. Furthermore, if  $\mathcal{L}$  is bounded and representation (1.8) holds, then

$$\mathcal{L} \left( \frac{q(x)}{(x - \alpha_i)^j} \right) = \frac{1}{2\pi i} \int_C \frac{q(z)X(z)}{(z - \alpha_i)^j} dz. \quad (1.16)$$

The above procedure is an alternative to that of Krall [13] and Morton and Krall [15] to establish distributional representations of regular moment functionals. It can be applied to some systems of polynomials which fall outside the scope of [13], [15]. This has been done in [8] to obtain distributional representations for the moment functional of the sieved ultraspherical polynomials and in [9] for that of the general Pollaczek polynomials, when the values of the parameters do not allow for representations by positive measures.

Our aim in this paper is to obtain explicit distributional representations for the moment functional of the sieved Pollaczek polynomials. Our approach differs from that followed in [9] for the Pollaczek polynomials in that contiguous function relations are favored over the theory of left multiplication of a regular functional by a polynomial. The approach in [9] would be too cumbersome if applied to the sieved Pollaczek poly-

nomials. We also mention that the approach in [8] can not be followed in this case, as for the sieved Pollaczek polynomials there is no polynomial mapping involved.

For future reference we recall that the *Chebyshev polynomials of the first and second kinds*  $\{T_n(x)\}$  and  $\{U_n(x)\}$  are both defined (see [16], [17]) by the recurrence relation

$$2xy_n(x) = y_{n+1}(x) + y_{n-1}(x), \quad n \geq 1, \tag{1.17}$$

and the initial conditions are respectively  $T_0(x) = 1, T_1(x) = x$  and  $U_0(x) = 1, U_1(x) = 2x$ . For  $x = \cos \theta, 0 \leq \theta \leq \pi$ , we have

$$\begin{aligned} T_n(x) &= \cos n\theta, \\ U_n(x) &= \frac{\sin(n+1)\theta}{\sin \theta}, \quad n \geq 0. \end{aligned} \tag{1.18}$$

We observe (with  $T_{-1}(x) = 0 = U_{-1}(x)$ ) that

$$(a - c + 1)F(a, bc | z) = aF\left(\begin{matrix} a+1, b \\ c \end{matrix} \middle| z\right) - (c-1)F\left(\begin{matrix} a, b \\ c-1 \end{matrix} \middle| z\right), \tag{1.22}$$

$$(a + b - c)F\left(\begin{matrix} a, b \\ c \end{matrix} \middle| z\right) = a(1-z)F\left(\begin{matrix} a+1, b \\ c \end{matrix} \middle| z\right) - (c-b)F\left(\begin{matrix} a, b-1 \\ c+1 \end{matrix} \middle| z\right), \tag{1.23}$$

and

$$\begin{aligned} [1 - b + (c-a-1)z]F\left(\begin{matrix} a, b \\ c \end{matrix} \middle| z\right) \\ = (c-b)F\left(\begin{matrix} a, b-1 \\ c \end{matrix} \middle| z\right) - (c-1)(1-z)F\left(\begin{matrix} a, b \\ c-1 \end{matrix} \middle| z\right), \end{aligned} \tag{1.24}$$

will be needed in Section 2.

## 2. SIEVED POLLACZEK POLYNOMIALS

The sieved Pollaczek polynomials were introduced in [5] where they are derived from the  $q$ -Pollaczek polynomials by a procedure entirely analogous to that followed in [2] to define the sieved ultraspherical polynomials. A different approach to sieved polynomials is in [6], [7]. We here adopt this latter point of view.

Let  $k \geq 2$  be an integer. The  $k$ -sieved Pollaczek polynomials of the first kind  $\{P_n(k, \lambda, a, b; x)\}$  and of the second kind  $\{Q_n(k, \lambda, a, b; x)\}$  are both defined by blocks of recurrence relations

$$\begin{aligned} xp_{nk+j}(x) &= p_{nk+j+1}(x) + B_n^{(j)}p_{nk+j}(x) \\ &+ C_n^{(j)}p_{nk+j-1}(x), \quad n \geq 0, \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$2T_n(x) = U_n(x) - U_{n-2}(x), \quad n \geq 1, \tag{1.19}$$

and also that

$$1 - T_n^2(x) = (1 - x^2)U_{n-1}^2(x), \quad n \geq 0. \tag{1.20}$$

We also recall that the *hypergeometric series* is ([16], Chap. 4)

$$F\left(\begin{matrix} a, b \\ c \end{matrix} \middle| z\right) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(a)_n(b)_n}{n!(c)_n} z^n, \quad |z| < 1, \tag{1.21}$$

where  $(\alpha)_n$ , given by  $(\alpha)_0 = 1, (\alpha)_1 = \alpha$  and  $(\alpha)_n = \alpha(\alpha + 1) \cdots (\alpha + n - 1)$  for  $n > 1$ , is the *Pochhammer symbol*, so that  $c$  in (1.21) can not be zero nor a negative integer. The hypergeometric series defines an analytic function on  $|z| < 1$ . *The contiguous function relations* ([16], p.71)

$j = 0, 1, \dots, k-1$ , and initial conditions  $p_{-1}(x) = 0, p_0(x) = 1$ . For  $\{P_n(k, \lambda, a, b; x)\}$ , the coefficients  $B_n^{(j)}$  and  $C_n^{(j)}$ ,  $n \geq 0$ , are

$$\begin{aligned} B_n^{(0)} &= -\frac{b}{\lambda + a + n}; \\ B_n^{(j)} &= 0, \quad j = 1, 2, \dots, k-1, \\ C_n^{(0)} &= \frac{n}{4(\lambda + a + n)}; \quad C_n^{(1)} = \frac{2\lambda + n}{4(\lambda + a + n)}, \\ C_n^{(j)} &= \frac{1}{4}, \quad j = 2, \dots, k-1, \text{ if } k > 2. \end{aligned} \tag{2.2}$$

The coefficients of  $\{Q_n(k, \lambda, a, b; x)\}$  are, for  $n \geq 0$ ,

$$\begin{aligned} B_n^{(j)} &= 0, \quad j = 0, 1, 2, \dots, k-2, \\ B_n^{(k-1)} &= -\frac{b}{\lambda + a + n + 1}, \\ C_n^{(0)} &= \frac{n}{4(\lambda + a + n)}; \end{aligned}$$

$$C_n^{(k-1)} = \frac{n+1+2\lambda}{4(\lambda+a+n+1)},$$

$$C_n^{(j)} = \frac{1}{4}, \quad j = 1, \dots, k-2, \text{ if } k > 2. \tag{2.3}$$

It will be assumed throughout that

$$2\lambda \text{ and } \lambda \pm a \text{ are not integers } \leq 0. \tag{2.4}$$

This guaranties that (1.2) holds. To ensure (1.9), it has to be further assumed that  $\lambda, a, b$  are real numbers and that

$$\lambda > 0 \text{ and } \lambda + a > 0, \text{ or,}$$

$$-\frac{1}{2} < \lambda < 0 \text{ and } 0 < \lambda + a + 1 < 1. \tag{2.5}$$

and

$$\tilde{X}_\lambda(z) = 2 \frac{U_{k-2}(z)}{U_{k-1}(z)} + \frac{2(1+2\lambda)\beta^k}{U_{k-1}(z)} \cdot \frac{1}{-B_\lambda+1} F \left( \begin{matrix} A_\lambda, 1 \\ -B_\lambda+2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right), \tag{2.7}$$

where

$$\alpha = z + (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}}, \quad \beta = z - (z^2 - 1)^{\frac{1}{2}} \tag{2.8}$$

$$A_\lambda = -\lambda + \frac{az+b}{(z^2-1)^{\frac{1}{2}}}, \quad B_\lambda = -\lambda - \frac{az+b}{(z^2-1)^{\frac{1}{2}}}, \tag{2.9}$$

with  $(z^2 - 1)^{\frac{1}{2}}$  denoting the branch of the square root of  $z^2 - 1$  in  $\mathbb{C}$  that behaves as  $z$  when  $z \rightarrow \infty$ . It can be shown that  $(z^2 - 1)^{\frac{1}{2}}$  and thus  $\alpha, \beta, A_\lambda, B_\lambda$  are analytic functions of  $z$  for  $z \notin [-1, 1]$ . Furthermore,  $\alpha + \beta = 2z$ ,  $\alpha - \beta = 2(z^2 - 1)^{\frac{1}{2}}$ ,  $\alpha\beta = 1$  and  $|\beta| \leq 1 \leq |\alpha|$ , with  $|\beta| = |\alpha| = 1$  if and only if  $z \in [-1, 1]$ . Thus,  $X_\lambda(z)$  and  $\tilde{X}_\lambda(z)$  are analytic functions of  $z$  on  $\mathbb{C} - [-1, 1]$ , except for simple poles on the set

$$Z_\lambda = \{z \in \mathbb{C} - [-1, 1] \mid B_\lambda(z) = 0, 1, 2, \dots\}. \tag{2.10}$$

$$M_\lambda = 3 \sup_n \left\{ \left| \frac{b}{n+a+\lambda} \right|, \sqrt{\left| \frac{n}{4(n+a+\lambda)} \right|}, \sqrt{\left| \frac{n+2\lambda}{4(n+a+\lambda)} \right|} \right\}, \tag{2.13}$$

we have

$$\mathcal{L}_\lambda(P(x)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) X_\lambda(z) dz \tag{2.14}$$

for  $C$  in  $|z| > \tilde{M}_\lambda$ , where

$$\tilde{M}_\lambda = \sup_n \left\{ \left| \frac{b}{n+a+\lambda+1} \right|, \sqrt{\left| \frac{n+1}{4(n+a+\lambda+1)} \right|}, \sqrt{\left| \frac{n+2\lambda}{4(n+a+\lambda)} \right|} \right\}. \tag{2.16}$$

We will write  $P_n^\lambda(x), Q_n^\lambda(x)$  instead of  $P_n(k, \lambda, a, b; x)$  and  $Q_n(k, \lambda, a, b; x)$ , respectively. In fact, throughout most arguments  $k, a, b$  will be kept fixed, and only  $\lambda$  should be emphasized.

Results in [5], [6] or [7] and some analytic continuation arguments (see [10] for details) give for the limits of the continued fractions of  $\{P_n^\lambda(x)\}$  and  $\{Q_n^\lambda(x)\}$  the expressions

$$X_\lambda(z) =$$

$$2(\lambda+a)U_{k-1}(z)\beta^k \frac{1}{-B_\lambda} F \left( \begin{matrix} A_\lambda+1, 1 \\ -B_\lambda+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \tag{2.6}$$

Now,  $B_\lambda(z) = n$  implies that

$$[(\lambda+n)^2 - a^2] z^2 - 2abz - b^2 - (n+\lambda)^2 = 0,$$

$$n \geq 0. \tag{2.11}$$

Hence, there are at most two values  $x_{2n}$  and  $x_{2n+1}$  of  $z$  at which  $B_\lambda(z) = n$ . With the determination of branch of the square root which is analytic in  $\mathbb{C} - (-\infty, 0]$  and provided (2.4) holds, we can write

$$x_{2n} = \frac{ab - (n+\lambda)\sqrt{(n+\lambda)^2 + b^2 - a^2}}{(n+\lambda)^2 - a^2},$$

$$x_{2n+1} = \frac{ab + (n+\lambda)\sqrt{(n+\lambda)^2 + b^2 - a^2}}{(n+\lambda)^2 - a^2},$$

$$n \geq 0, \tag{2.12}$$

and observe that  $x_{2n} \rightarrow -1, x_{2n+1} \rightarrow 1$  as  $n \rightarrow +\infty$  and that  $x_0, x_1$  are not poles of  $\tilde{X}_\lambda(z)$ .

We denote with  $\mathcal{L}_\lambda$  the moment functional of  $\{P_n^\lambda(x)\}$  and with  $\tilde{\mathcal{L}}_\lambda$  that of  $\{Q_n^\lambda(x)\}$ . Provided  $|z| > M_\lambda$ , where

for  $C$  a positively oriented contour of  $|z| > M_\lambda$  enclosing  $z = 0$ . Also

$$\tilde{\mathcal{L}}_\lambda(P(x)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) \tilde{X}_\lambda(z) dz \tag{2.15}$$

Observe that  $\bar{M}_\lambda \leq M_\lambda$ . If  $\lambda, a, b$  are real numbers and (2.4), (2.5) hold, then (see [5])  $\mathcal{L}_\lambda$  can be represented by means of the positive measure

$$d\mu_\lambda(x) = \omega_\lambda(x)dx + \sum_{\zeta \in Z_\lambda} \text{Res}(X_\lambda, \zeta)\delta(x - \zeta)dx \tag{2.17}$$

where

$$\omega_\lambda(x) = 2^{2\lambda-1} \frac{\lambda + a}{\pi\Gamma(2\lambda)} (1-x^2)^{\lambda-\frac{1}{2}} (U_{k-1}^2(x))^\lambda |(1-\alpha^{2k})^{-(B_\lambda+\lambda)}|^2 |\Gamma(-B_\lambda)|^2 \chi(x), \tag{2.18}$$

$\chi$  being the characteristic function of  $(-1, 1)$ ,  $\delta$  denoting the Dirac measure at  $\zeta = 0$ , and  $Z_\lambda$  being as in (2.10). Also,  $\bar{\mathcal{L}}_\lambda$  is represented (see [5]) by

$$d\bar{\mu}_\lambda(x) = \bar{\omega}_\lambda(x)dx + \sum_{\zeta \in \bar{Z}_\lambda} \text{Res}(\bar{X}_\lambda, \zeta)\delta(x - \zeta)dx \tag{2.19}$$

where

$$\bar{\omega}_\lambda(x) = \frac{2^{2\lambda+1}}{\pi\Gamma(2\lambda+1)} (1-x^2)^{\lambda+\frac{1}{2}} (U_{k-1}^2(x))^\lambda \times |(1-\alpha^{2k})^{-(B_\lambda+\lambda)}|^2 |\Gamma(-B_\lambda+1)|^2 \chi(x), \tag{2.20}$$

and

$$\bar{Z}_\lambda = \{z \in \mathbb{C} - [-1, 1] \mid B_\lambda(z) = 1, 2, \dots\}. \tag{2.21}$$

Explicit formulae for  $\text{Res}(X_\lambda, \zeta)$  and  $\text{Res}(\bar{X}_\lambda, \zeta)$  can be found in [5]. We mention that  $Z_\lambda$  and  $\bar{Z}_\lambda$  can be empty, finite, or infinite countable with no limit point in  $\mathbb{C} - [-1, 1]$ , according to the relative values of  $\lambda, a, b$ , and observe that  $B_\lambda + \lambda$  is independent of  $\lambda$ . Let

$$Z = \{\lambda \in \mathbb{C} \mid 2\lambda \text{ or } \lambda \pm a \text{ is an integer } \leq 0\} \tag{2.22}$$

**Lemma 2.1.** For  $\lambda$  not in  $Z$ ,

$$\begin{aligned} X_{\lambda+1}(z) &= q_\lambda(z)X_\lambda(z) + r_\lambda(z), \\ |z| &> \max\{M_\lambda, M_{\lambda+1}\}, \end{aligned} \tag{2.23}$$

where

$$q_\lambda(x) = \frac{2(\lambda + a + 1)}{\lambda(\lambda + a)(2\lambda + 1)} (-A_\lambda)(-B_\lambda)(1 - x^2)U_{k-1}^2(x) \tag{2.24}$$

and

$$\begin{aligned} r_\lambda(x) &= -\frac{2(\lambda + a + 1)}{\lambda(2\lambda + 1)} [(ax + b)U_{k-1}(x) \\ &\quad - \lambda T_k(x)]U_{k-1}(x) \end{aligned} \tag{2.25}$$

are polynomials. Thus

$$\mathcal{L}_{\lambda+1} = q_\lambda(x)\mathcal{L}_\lambda \tag{2.26}$$

*Proof.* From (1.22), with  $z = \beta^{2k}$ ,  $a = A_\lambda = A$ ,  $c = -B_{\lambda+2} = -B + 2$  and  $b = 1$ , we obtain that

$$F\left(\begin{matrix} A, 1 \\ -B + 2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) = -\frac{1}{2\lambda + 1} \left[ AF\left(\begin{matrix} A + 1, 1 \\ -B + 2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) - (-B + 1)F\left(\begin{matrix} A, 1 \\ -B + 1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) \right]$$

and (1.23), (1.24) give, taking into account that

$$F\left(\begin{matrix} A, 0 \\ -B + 2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) = F\left(\begin{matrix} A, 0 \\ -B + 1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) \equiv 1,$$

that

$$F\left(\begin{matrix} A + 1, 1 \\ -B + 2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) = \frac{-B + 1}{2\lambda\beta^{2k}} \left[ 1 - (1 - \beta^{2k})F\left(\begin{matrix} A + 1, 1 \\ -B + 1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) \right]$$

and

$$F\left(\begin{matrix} A, 1 \\ -B + 1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) = \frac{-1}{2\lambda} \left[ A(1 - \beta^{2k})F\left(\begin{matrix} A + 1, 1 \\ -B + 1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k}\right) + B \right].$$

Hence

$$F \left( \begin{matrix} A, 1 \\ -B+2 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) = \frac{B-1}{2\lambda(2\lambda+1)} \left[ \frac{A}{\beta^k}(\alpha^k - \beta^k) - 2\lambda - A(\alpha^k - \beta^k)^2 F \left( \begin{matrix} A+1, 1 \\ -B+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \right], \quad (2.27)$$

and therefore

$$X_{\lambda+1} = -\frac{2(\lambda+a+1)}{2\lambda(2\lambda+1)} U_{k-1}(z) \left[ A(\alpha^k - \beta^k) - 2\lambda\beta^k - A\beta^k(\alpha^k - \beta^k)^2 F \left( \begin{matrix} A+1, 1 \\ -B+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \right].$$

Now we observe that from (1.18) and (2.8),  $\alpha^k(z) = \alpha(T_k(z))$ ,  $\beta^k(z) = \beta(T_k(z))$ , so that  $(\alpha^k - \beta^k)^2 = 4(T_k^2(z) - 1) = 4(z^2 - 1)U_{k-1}^2(z)$

Here we use (1.20) and  $\alpha^k + \beta^k = 2T_k(z)$ . Hence, from (2.9),  $A(\alpha^k - \beta^k) - 2\lambda\beta^k = 2[(az + b)U_{k-1}(z) - \lambda T_k(z)]$ . Also,

$$q_\lambda(z) = -\frac{\lambda+a+1}{(\lambda+a)(2\lambda)(2\lambda+1)} (\alpha^k - \beta^k)^2 (-A)(-B),$$

and taking into account (2.6), (2.24) follows at once. Since for a positively oriented contour  $C$  of  $|z| > \max\{M_\lambda, M_{\lambda+1}\}$  enclosing  $z = 0$  we have

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{\lambda+1}(P(x)) &= \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) X_{\lambda+1}(z) dz \\ &= \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) q_\lambda(z) X_\lambda(z) dz \\ &\quad + \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) r_\lambda(z) dz \\ &= \frac{1}{2\pi i} \int_C P(z) q_\lambda(z) X_\lambda(z) dz \\ &= \mathcal{L}_\lambda(q_\lambda(x)P(x)), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{X}_\lambda(z) &= 2 \frac{U_{k-2}(z)}{U_{k-1}(z)} \\ &\quad + \frac{2\lambda+1}{U_{k-1}(z)} \cdot \frac{2}{-B+1} \left\{ -\frac{(-B+1)}{(2\lambda)(2\lambda+1)} \left[ A(\alpha^k - \beta^k) - 2\lambda\beta^k - A(\alpha^k - \beta^k)^2 F \left( \begin{matrix} A+1, 1 \\ -B+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \right] \right\} \\ &= 2 \frac{U_{k-2}(z)}{U_{k-1}(z)} \\ &\quad - \frac{1}{\lambda U_{k-1}(z)} \left\{ 2[(az+b)U_{k-1}(z) - \lambda T_k(z)] + 4(-A)(-B)(z^2-1)U_{k-1}^2(z) \frac{\beta^k}{-B} F \left( \begin{matrix} A+1, 1 \\ -B+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \right\} \\ &= 2 \frac{U_{k-2}(z)}{U_{k-1}(z)} + \frac{2T_k(z)}{U_{k-1}(z)} - \frac{2(az+b)}{\lambda} + \frac{4}{\lambda} (-A)(-B)(1-z^2)U_{k-1}(z) \frac{\beta^k}{-B} F \left( \begin{matrix} A+1, 1 \\ -B+1 \end{matrix} \middle| \beta^{2k} \right) \end{aligned}$$

Using (1.17) and (1.19) we get  $T_k(x) = xU_{k-1}(x) - U_{k-2}(x)$ , and simple calculations yield

$$\tilde{X}_\lambda(z) = \tilde{r}_{\lambda-1}(z) + \tilde{q}_{\lambda-1} \tilde{X}_{\lambda-1}$$

(2.26) holds.  $\square$

Now let

$$q_{m,\lambda}(x) = \frac{(\lambda+a+1)_m (-A)_m (-B)_m (1-x^2)^m U_{k-1}^{2m}(x)}{(\lambda)_m (\lambda+1/2)_m (\lambda+a)_m} \quad (2.28)$$

then  $q_{0,\lambda}(x) = 1$ ,  $q_{1,\lambda}(x) = q_\lambda(x)$ . Also  $q_{m,\lambda}(x) = q_\lambda(x)q_{\lambda+1}(x) \cdots q_{\lambda+m-1}(x)$  for  $m > 1$ , so that  $q_{m,\lambda}(x)$  is a polynomial. Induction on Lemma 2.1 gives

**Theorem 2.1.** For all  $m \geq 0$  and  $\lambda$  not in  $Z$ ,

$$X_{\lambda+m}(z) = q_{m,\lambda}(z)X_\lambda(z) + r_{m,\lambda}(z), \quad |z| > \max\{M_\lambda, M_{\lambda+m}\}, \quad (2.29)$$

where  $r_{m,\lambda}(x)$  is a polynomial. Furthermore

$$\mathcal{L}_{\lambda+m} = q_{m,\lambda}(x)\mathcal{L}_\lambda \quad (2.30)$$

From (2.7) and (2.27) we obtain, for  $|z| > \tilde{M}_{\lambda-1}, \tilde{M}_\lambda$  and  $\lambda \notin Z$ , that

where

$$\tilde{q}_{\lambda-1}(x) = \frac{(-A)(-B)(1-x^2)U_{k-1}^2(x)}{\lambda(\lambda-1/2)}$$

and

$$\tilde{r}_{\lambda-1}(x) = 2 \frac{(-A)(-B)(x^2 - 1)U_{k-2}(x)U_{k-1}(x)}{\lambda(\lambda - 1/2)} - 2 \frac{(a - \lambda)x + b}{\lambda}.$$

Thus, for  $\lambda$  not in  $Z$ ,

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{\lambda+1}(z) &= \tilde{q}_\lambda(z)\tilde{X}_\lambda(z) + \tilde{r}_\lambda(z), \\ |z| &> \max\{\tilde{M}_\lambda, \tilde{M}_{\lambda+1}\}, \end{aligned} \tag{2.31}$$

where  $\tilde{r}_\lambda(z)$  and  $\tilde{q}_\lambda(z)$  are polynomials. Hence

$$\tilde{\mathcal{L}}_{\lambda+1} = \tilde{q}_\lambda(x)\tilde{\mathcal{L}}_\lambda. \tag{2.32}$$

Induction on (2.31) gives

**Theorem 2.2.** For all  $m \geq 1$  and  $\lambda$  not in  $Z$ ,

$$\begin{aligned} \tilde{X}_{\lambda+m}(z) &= \tilde{r}_{m,\lambda}(z) + \tilde{q}_{m,\lambda}(z)\tilde{X}_\lambda(z), \\ |z| &> \max\{\tilde{M}_\lambda, \tilde{M}_{\lambda+m}\}, \end{aligned} \tag{2.33}$$

where

$$\begin{aligned} \tilde{q}_{m,\lambda}(z) &= \frac{(-A_\lambda + 1)_m(-B_\lambda + 1)_m(1 - x^2)^m U_{k-1}^{2m}(x)}{(\lambda + 1)_m(\lambda + 1/2)_m} \end{aligned} \tag{2.34}$$

and  $\tilde{r}_{m,\lambda}(x)$  are polynomial. Furthermore

$$\tilde{\mathcal{L}}_{\lambda+m} = \tilde{q}_{m,\lambda}(x)\tilde{\mathcal{L}}_\lambda. \tag{2.35}$$

*Remark 2.1.* Clearly  $r_{m,\lambda}(x)$  and  $\tilde{r}_{m,\lambda}(x)$  can be explicitly calculated, but that information is not needed. From (2.6) and (2.7) we also get

$$\mathcal{L}_{\lambda+1} = \frac{\lambda + a + 1}{2\lambda + 1} U_{k-1}^2(x)\tilde{\mathcal{L}}_\lambda. \tag{2.36}$$

If  $\mathcal{L}$  has a representation (1.8), we can define  $q(x)\mathcal{L}$ , where  $q(x)$  is a rational function of  $x$ , in the obvious manner:

$$(q(x)\mathcal{L})(P(x)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C q(z)P(z)X(z) dz, \tag{2.37}$$

provided all the poles of  $q(z)$  and of  $X(z)$  are within the contour  $C$ . From (2.36) it can be seen, however, that  $\mathcal{U} = q(x)\mathcal{L}$  does not imply that  $\mathcal{L} = (q(x))^{-1}\mathcal{U}$ .

### 3. DISTRIBUTIONAL REPRESENTATIONS OF $\mathcal{L}_\lambda$ AND $\tilde{\mathcal{L}}_\lambda$

We assume  $\lambda, a, b$  to be real numbers and  $m \geq 0$  to be such that

$$\lambda + m > 0 \quad \text{and} \quad \lambda + a + m > 0,$$

or,

$$-\frac{1}{2} < \lambda + m < 0 \quad \text{and} \quad 0 < \lambda + a + m < 1. \tag{3.1}$$

If (2.5) holds,  $m$  can be taken to be 0.

Let  $-1 < \zeta_1 < \zeta_2 < \dots < \zeta_{k-1} < 1$  be the roots of  $U_{k-1}(x)$ . Each is a root of multiplicity  $2m$  of both  $q_{m,\lambda}(x)$  and  $\tilde{q}_{m,\lambda}(x)$ . We assume  $\alpha_1, \dots, \alpha_n$  to be the other distinct roots of  $q_{m,\lambda}(x)$ , each of multiplicity  $m_j, j = 1, 2, \dots, n$ . As for  $\tilde{q}_{m,\lambda}(x)$ , we denote with  $\tilde{\alpha}_1, \dots, \tilde{\alpha}_n$  its other distinct roots and with  $m_j$  the multiplicity of  $\tilde{\alpha}_j$  ( $n$  and  $m_j$  do not need to be the same for  $q_{m,\lambda}(x)$  and  $\tilde{q}_{m,\lambda}(x)$ ). However,  $m_1 + m_2 + \dots + m_n = 2m$  in both cases. Since  $A(\zeta_j), B(\zeta_j)$  are either  $-\lambda$  or a complex number, it follows that  $\alpha_j$  is either  $x_{2i}$  or  $x_{2i+1}$  (as given by (2.12)) for some  $i = 0, 1, \dots, m - 1$  (also  $\tilde{\alpha}_j$  is  $x_{2i}$  or  $x_{2i+1}$  for some  $i = 1, 2, \dots, m$ ). From (1.14), (1.15), (1.16), (2.14) and (2.30) we obtain

**Theorem 3.1.** If  $\lambda, a, b$  are real numbers, if (2.4) and (3.1) hold, and if

$$(\lambda + j)^2 + b^2 \geq a^2, \quad j = 0, 1, 2, \dots, m - 1, \tag{3.2}$$

then the moment functional  $\mathcal{L}_\lambda$  of  $\{P_n^\lambda(x)\}$  has the distributional representation

$$\mathcal{L}_\lambda = T_1 + T_2 + T_3, \tag{3.3}$$

where, for any test function  $\varphi$  on the real line, we have

$$\begin{aligned} T_1(\varphi) &= \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^{m_j} A_{jh} \frac{d^{m_j-h}}{dx^{m_j-h}} \left[ \frac{(x - \alpha_j)^{m_j} \varphi(x)}{q_{m,\lambda}(x)} \right] (\alpha_j) \end{aligned} \tag{3.4}$$

with

$$A_{jh} = \frac{1}{2\pi i(m_j - h)!} \int_C \frac{q_{m,\lambda}(z)X_\lambda(z)}{(z - \alpha_j)^h} dz, \tag{3.5}$$

and  $C$  any positively oriented contour of  $|z| > \max\{M_\lambda, M_{\lambda+m}\}$  enclosing  $z = 0$ ;

$$\begin{aligned} T_2(\varphi) &= \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{h=1}^{2m} A'_{jh} \frac{d^{2m-h}}{dx^{2m-h}} \left[ \frac{(x - \zeta_j)^{2m} \varphi(x)}{q_{m,\lambda}(x)} \right] (\zeta_j) \end{aligned} \tag{3.6}$$

with

$$A'_{jh} = \frac{1}{2\pi i(2m-h)!} \int_C \frac{q_{m,\lambda}(z)X_\lambda(z)}{(z-\zeta_j)^h} dz, \quad T_3(\varphi) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_m(x) d\mu_{\lambda+m}(x), \quad (3.7)$$

(3.7) where

$j = 1, \dots, k-1, h = 1, \dots, 2m$ ; and

$$\varphi_m(x) = \frac{\varphi(x)}{q_{m,\lambda}(x)} - \sum_{j=1}^n \sum_{h=0}^{m_j-1} \frac{1}{h!} \frac{d^h}{dx^h} \left[ \frac{(x-\alpha_j)^{m_j} \varphi(x)}{q_{m,\lambda}(x)} \right] (\alpha_j) \frac{1}{(x-\alpha_j)^{m_j-h}} - \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{h=0}^{2m-1} \frac{1}{h!} \frac{d^h}{dx^h} \left[ \frac{(x-\zeta_j)^{2m} \varphi(x)}{q_{m,\lambda}(x)} \right] (\zeta_j) \frac{1}{(x-\zeta_j)^{2m-h}}. \quad (3.9)$$

Furthermore,

$$\begin{aligned} \text{Supp } T_1 &= \{\alpha_j \mid j = 1, \dots, n\}, \\ \text{Supp } T_2 &= \{\zeta_1, \dots, \zeta_{k-1}\} \\ \text{Supp } T_3 &= \text{Supp } \mu_{\lambda+m} \end{aligned} \quad (3.10)$$

and thus  $T_1, T_2, T_3$  are compactly supported on the real line and can act on polynomials.

*Remark 3.1.* That  $T_3$  is a distribution follows from

$$|\varphi_m(x)| \leq C \sum_{i=0}^{2m} \sup_{t \in \mathbb{R}} |\varphi^{(i)}(t)|, \quad x \in [-M_{\lambda+m}, M_{\lambda+m}], \quad (3.11)$$

where  $C > 0$  is a constant (independent of  $\varphi$ ), which is a consequence of the Taylor Remainder Theorem.

*Remark 3.2.* If  $m = 0$  in (3.1), i.e., if (2.5) is satisfied, then  $T_1 = T_2 = 0$  and  $T_3 = \mu_\lambda$ . If (2.5) is not satisfied and  $m > 0$ ,  $T_1$  and  $T_2$  measure the contribution to the orthogonality of the points  $\alpha_j, j = 1, \dots, n$ , and of the points  $\zeta_j, j = 1, 2, \dots, k-1$ , where  $\omega_\lambda$  becomes infinite.

Similarly, from (1.14), (1.15), (1.16), (2.32) and (2.35), we get

**Theorem 3.2.** If  $\lambda, u, b$  are real numbers, if (2.4) and (3.1) hold, and if

$$(\lambda + j)^2 + b^2 \geq a^2, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (3.12)$$

then the moment functional  $\tilde{L}_\lambda$  of  $\{Q_n^\lambda(x)\}$  has the distributional representation

$$\tilde{L}_\lambda = \tilde{T}_1 + \tilde{T}_2 + \tilde{T}_3, \quad (3.13)$$

$$\tilde{\varphi}_m(x) = \frac{\varphi(x)}{\tilde{q}_{\lambda,m}} - \sum_{j=1}^n \sum_{h=0}^{m_j-1} \frac{1}{h!} \frac{d^h}{dx^h} \left[ \frac{(x-\tilde{\alpha}_j)^{m_j} \varphi(x)}{\tilde{q}_{m,\lambda}(x)} \right] (\tilde{\alpha}_j) \frac{1}{(x-\tilde{\alpha}_j)^{m_j-h}} - \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{h=0}^{2m-1} \frac{1}{h!} \frac{d^h}{dx^h} \left[ \frac{\varphi(x)(x-\zeta_j)^{2m}}{\tilde{q}_{m,\lambda}(x)} \right] (\zeta_j) \frac{1}{(x-\zeta_j)^{2m-h}}. \quad (3.19)$$

where, for any test function  $\varphi$  on the real line we have

$$\tilde{T}_1(\varphi) = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^{m_j} \tilde{A}'_{jh} \frac{d^{m_j-h}}{dx^{m_j-h}} \left[ \frac{(x-\tilde{\alpha}_j)^{m_j} \varphi(x)}{\tilde{q}_{m,\lambda}(x)} \right] (\tilde{\alpha}_j). \quad (3.14)$$

with

$$\tilde{A}'_{jh} = \frac{1}{2\pi i(m_j-h)!} \int_C \frac{\tilde{q}_{m,\lambda}(z)\tilde{X}_\lambda(z)}{(z-\tilde{\alpha}_j)^h} dz, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad h = 1, 2, \dots, m_j \quad (3.15)$$

and  $C$  any positively oriented contour of  $|z| > \max\{\tilde{M}_\lambda, \tilde{M}_{\lambda+m}\}$  enclosing  $z = 0$ ;

$$\begin{aligned} \tilde{T}_2(\varphi) &= \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{h=1}^{2m} \tilde{A}'_{jh} \frac{d^{2m-h}}{dx^{2m-h}} \left[ \frac{(x-\zeta_j)^{2m} \varphi(x)}{\tilde{q}_{m,\lambda}(x)} \right] (\zeta_j) \end{aligned} \quad (3.16)$$

with

$$\tilde{A}'_{jh} = \frac{1}{2\pi i(2m-h)!} \int_C \frac{\tilde{q}_{m,\lambda}(z)\tilde{X}_\lambda(z)}{(z-\zeta_j)^h} dz, \quad (3.17)$$

$j = 1, \dots, k-1, h = 1, 2, \dots, 2m$ ; and

$$\tilde{T}_3(\varphi) = \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{\varphi}_m(x) d\tilde{\mu}_{\lambda+m}(x), \quad (3.18)$$

where

Moreover,

$$\begin{aligned} \text{Supp } \tilde{T}_1 &= \{\tilde{\alpha}_j \mid j = 1, 2, \dots, n\}, \\ \text{Supp } \tilde{T}_2 &= \{\zeta_1, \dots, \zeta_{k-1}\} \\ \text{Supp } \tilde{T}_3 &= \text{Supp } \tilde{\mu}_{\lambda+m} \end{aligned} \tag{3.20}$$

and thus  $\tilde{T}_1, \tilde{T}_2, \tilde{T}_3$  have compact support on the real line and can act on polynomials.

*Remark 3.3.* Again  $\tilde{T}_1 = \tilde{T}_2 = 0$  and  $\tilde{T}_3 = \tilde{\mu}_\lambda$  if  $m$  can be taken to be 0.

*Remark 3.4.* If  $a \neq \pm b$  and  $(j+n)^2 + b^2 > a^2$  for  $j = 0, 1, \dots, m-1$ , it can be shown (see [9]) that  $\alpha_j$  has multiplicity 1 (so that  $m_j = 1$  and  $n = 2m$ ). If such is the case,  $T_1$  in (3.3) is a measure. Also, if  $a \neq \pm b$  and  $(j+\lambda)^2 + b^2 > a^2$  for  $j = 1, 2, \dots, m$ ,  $\tilde{T}_1$  in (3.13) is a measure.

*Remark 3.5.* If  $a = b = 0$ ,  $\{P_n^\lambda(x)\}$  and  $\{Q_n^\lambda(x)\}$  are respectively the systems of sieved ultraspherical polynomials of the first and second kinds (see [1], [8]). Their distributional representations have been studied in [8]. We observe that in such case

$$\begin{aligned} \tilde{q}_{m,\lambda}(x) &= q_{m,\lambda}(x) \\ &= \frac{(\lambda+1)_m}{(\lambda+\frac{1}{2})_m} (1-x^2)^m U_{k-1}^{2m}(x), \end{aligned} \tag{3.21}$$

and its only roots are  $-1, 1$  each of multiplicity  $m$ , and  $\zeta_1, \dots, \zeta_{k-1}$ , each of multiplicity  $2m$ . It is easily seen that relations (3.3) and (3.13) respectively reduce to those in Theorems 5.1 and 5.2 of [8].

*Remark 3.6.* Extrapolating to  $k = 1$  the distributional representation (3.3) of  $\mathcal{L}_\lambda$  we obtain (2.26) of [9].

*Remark 3.7.* Now we observe that in spite of the apparent freedom of choice of  $m$  in Theorems 3.1 and 3.2, the distributional representation of  $\mathcal{L}$  is unique, as far as only distributions with compact support are taken into account. This follows from general results (mainly due to H. G. Tillmann) on the theory of representations of distributions on the real line by analytic functions on  $\mathbb{C} - \mathbb{R}$  (see [4], Chap 5). In fact, if  $T$  is a distribution with compact support  $K$  on  $\mathbb{R}$ , the Cauchy-Stieljes transform of  $T$ ,

$$\hat{T}(z) = T_\zeta\left(\frac{1}{z-\zeta}\right), \tag{3.22}$$

is an analytic function off  $K$ , and if  $K \subseteq (-M, M)$  and  $|z| > 2M$ , from the uniform convergence of  $\sum_{n=0}^\infty \frac{\zeta^n}{z^{n+1}}$  on  $(-M, M)$  it follows that

$$\hat{T}(z) = \sum_{n=0}^\infty \frac{T(\zeta^n)}{z^{n+1}}. \tag{3.23}$$

Hence, if  $T$  represents  $\mathcal{L}$ ,  $T(\zeta^n) = \mathcal{L}(\zeta^n) = c_n$  is the  $n^{\text{th}}$ -moment of  $\mathcal{L}$ , and

$$\hat{T}(z) = \sum_{n=0}^\infty \frac{c_n}{z^{n+1}} = X(z), \quad |z| > 2M, \tag{3.24}$$

where  $X(z)$  is the limit of continued fraction of the monic orthogonal system of  $\mathcal{L}$  (as in (1.34). For a proof of (3.24), see [18], Chap. XI or the appendix at end). Hence,  $\hat{T}(z)$  is an analytic continuation of  $X(z)$  from  $|z| > 2M$  to  $\mathbb{C} - K$ . This implies, in view of the Stieljes inversion formula ([4], Chap. 5), that

$$\begin{aligned} \langle T, \varphi \rangle &= \\ \lim_{\epsilon \rightarrow 0^+} \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty}^\infty \{X(x+i\epsilon) - X(x-i\epsilon)\} \varphi(x) dx \end{aligned} \tag{3.25}$$

for any test function  $\varphi$ , which ensures the uniqueness of  $T$ .

*Remark 3.8.* Under the assumptions of each of Theorems 3.1, or 3.2, a measure on the line can be found which represents  $\mathcal{L}$  (Boas [3]. See also [11], Chap. II). Since the distributions representing  $\mathcal{L}$  in (3.3) or (3.13) are not measures when the positivity conditions fail, Boas' measures can not be supported by a compact set under such circumstances (as follows from the arguments in Remark 3.7).

#### 4. APPENDIX

We include in this appendix a functional analytic proof of (1.8). To this purpose, let

$$J = \begin{pmatrix} B_0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ C_1 & B_1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C_2 & B_2 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \end{pmatrix} \tag{4.1}$$

be the infinite tri-diagonal matrix of the coefficients  $B_n, C_n$  in (1.1), and for each  $n \geq 1$ , let  $J_n$  be the submatrix of the first  $n$  rows and columns of  $J$ , and  $\tilde{J}_n$ , the infinite matrix

$$\begin{pmatrix} J_n & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{4.2}$$

Let  $I_n$  be the  $n \times n$  identity matrix. From (1.1) it follows at once that

$$P_n(x) = \text{Det}(xI_n - J_n), \quad n \geq 1. \quad (4.3)$$

Also let  $J_n^*$  be the matrix obtained from  $J_n$  by deleting the first row and column, and define  $\{P_n^*(x)\}$  by

$$\begin{aligned} P_0^*(x) &= 0, \quad P_1^*(x) = 1; \\ P_n^*(x) &= \text{Det}(xI_{n-1} - J_n^*), \quad n \geq 2. \end{aligned} \quad (4.4)$$

It is readily verified that  $\{P_n^*(x)\}$  satisfies (1.1) for  $n \geq 1$ .

Now let  $l_2$  be the Hilbert space of square summable sequences  $(x_0, x_1, \dots)$ , with inner product

$$((x_n); (y_n)) = \sum_{n=0}^{\infty} x_n \bar{y}_n$$

and norm  $\sqrt{((x_n); (x_n))}$ . With  $\{e_n \mid n \geq 0\}$  we denote its canonical orthonormal basis  $(e_n = (\delta_{n0}, \delta_{n1}, \dots))$ . If (1.6) holds, a bounded operator  $L$  on  $l_2$  is defined by

$$Le_n = e_{n+1} + B_n e_n + C_n e_{n-1}, \quad n \geq 0, \quad (4.5)$$

( $e_{-1} = 0$ ) and continuous linear extension, and for this operator,  $\|L\| \leq M$ . The matrix of  $L$  relative to  $\{e_n\}$  is  $J$ . Also, from (1.1) with  $L$  in the place of  $x$ , and (4.5), it easily follows ( see [4]) that

$$P_n(L)e_0 = e_n, \quad n \geq 0 \quad (4.6)$$

Now, Cramer's formula for the inverse of a matrix and simple calculations yield

$$\begin{aligned} ((zI_n - J_n)^{-1} \bar{e}_0; \bar{e}_0) &= ((z - L_n)^{-1} e_0; e_0) \\ &= \frac{P_n^*(z)}{P_n(z)}, \quad |z| > M, \end{aligned} \quad (4.7)$$

where  $\bar{e}_0 = (1, 0, \dots, 0) \in \mathbb{C}^n$  and  $L_n$  is the operator of  $l_2$  whose matrix relative to  $\{e_n\}$  is  $J_n$ . The operator  $L_n$  is bounded with  $\|L_n\| \leq M$ , and coincides with  $L$  on the span of  $e_0, \dots, e_{n-2}$ . This implies that  $L_{n+1}^k e_0 = L^k e_0$ ,  $k = 0, 1, \dots, n-1$ .

For any operator  $T$  of  $l_2$  we write  $(z-T)^{-1} = R(T, z)$ . Then

**Lemma 4.1.** For  $|z| > M$ ,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \|(R(L, z) - R(\bar{L}_n, z))e_0\| = 0, \quad (4.8)$$

and the limit is uniform on  $|z| \geq M' > M$ .

*Proof.* For  $|z| \geq M$  ([19], Chap.VIII),

$$R(L, z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{L^k}{z^{k+1}}, \quad R(\bar{L}_n, z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{L_n^k}{z^{k+1}}, \quad (4.9)$$

the convergence of the series being in norm. Since  $L_{n+1}^k e_0 = L^k e_0$  for  $k = 0, 1, \dots, n-1$ , then

$$(R(L, z) - R(\bar{L}_{n+1}, z))e_0 = \sum_{k=n}^{\infty} \frac{L^k e_0}{z^{k+1}} - \frac{L_{n+1}^k e_0}{z^{k+1}}.$$

Thus, taking into account that  $\|L\| \leq M$  and  $\|\bar{L}_{n+1}\| \leq M$ , it follows that if  $M' > M$  then

$$\begin{aligned} \sup_{|z| > M'} \|(R(L, z) - R(\bar{L}_{n+1}, z))e_0\| \\ \leq \frac{2}{M'} \sum_{k=n}^{\infty} \left(\frac{M}{M'}\right)^k, \end{aligned}$$

and, since the series on the right hand side is convergent, the assertion follows.  $\square$

**Theorem 4.1.** If  $X(z) = (R(L, z)e_0; e_0)$ , then

$$X(z) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{P_n^*(z)}{P_n(z)}, \quad |z| > M, \quad (4.10)$$

the limit is uniform on  $|z| \geq M'$  for  $M' > M$ , and the function  $X(z)$  is the limit of the continued fraction (1.7) and is an analytic function on  $|z| > M$ . Furthermore, if  $\mathcal{L}$  is the moment functional of  $\{P_n(x)\}$ , then

$$\mathcal{L}(P(x)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C X(z)P(z) dz, \quad (4.11)$$

where  $C$  is any positively oriented closed contour of  $|z| > M$  around  $z = 0$ .

*Proof.* That (4.10) holds follows at once from Lemma 4.1 and relation (4.7), and the analyticity of  $X(z)$ , from the uniform convergence of  $\frac{P_n^*(z)}{P_n(z)}$  on  $|z| \geq M' > M$ . Since  $\frac{P_n^*(z)}{P_n(z)}$  is, when (1.2) holds, the  $n$ -th convergent of (1.7) ([11], Chap.III),  $X(z)$  is in fact the limit of (1.7). All that remains to be proved is relation (4.11). To do so we recall the Cauchy-Dunford representation ([19], Chap.VIII)

$$P(L) = \frac{1}{2\pi i} \int_C R(L, z)P(z) dz, \quad (4.12)$$

which holds for any polynomial  $P(x)$  and any positively oriented contour  $C$  of  $|z| > \|L\|$  enclosing  $z = 0$ , so that

$$(P(L)e_0; e_0) = \frac{1}{2\pi i} \int_C X(z)P(z) dz. \quad (4.13)$$

Then, since  $(P_n(L)e_0; e_0) = (e_n; e_0) = \delta_{n0}$ , the assertion follows.  $\square$

We can easily prove that

$$\lim_{z \rightarrow \infty} zX(z) = 1 \tag{4.14}$$

In fact, from (4.9) and Theorem 4.1,

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(L^n e_0; e_0)}{z^{n+1}}, \quad |z| > M,$$

so that

$$|zX(z) - 1| \leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{M^n}{|z|^n} = \frac{M/|z|}{1 - M/|z|} \rightarrow 0, \quad z \rightarrow \infty.$$

Relation (4.14) is, of course, well known, and will be used in the following argument. We observe that if  $F(z)$  is analytic for  $|z| > M' > 0$ ,  $\lim_{z \rightarrow \infty} F(z) = 0$ , and

$$\mathcal{L}(P(z)) = \frac{1}{2\pi i} \int_C F(z)P(z) dz$$

for any positively oriented contour  $|z| > M'$  enclosing  $z = 0$ , necessarily  $F(z) = X(z)$  for  $|z| > \min\{M', M\}$ . In fact, for any contour  $C$  in  $|z| > \max\{M', M\}$ ,

$$\int_C (F(z) - X(z))P(z) dz = 0$$

for any polynomial  $P(z)$ . Hence, if  $\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n z^n$  is the Laurent development of  $F(z) - X(z)$  in  $|z| > \max\{M', M\}$  then

$$c_{-n-1} = \frac{1}{2\pi i} \int_C (F(z) - X(z))z^n dz = 0, \quad n \geq 0,$$

so that  $F(z) - X(z)$  is an entire function. Since  $\lim_{z \rightarrow \infty} (F(z) - X(z)) = 0$ , Liouville's Theorem implies that this function must vanish. This result has proved useful in [8], [10].

**Remark 4.1.** The connection between the supports of the distributions representing  $L$  and the spectrum of the associated matrix (4.1), an interesting aspect of the whole subject, is presently under research.

**Acknowledgments.** We thank Dr. M. E. H. Ismail for calling our attention to the problem of representing moment functionals by distributions. We also thank Dr. X. Caicedo for suggesting the functional analytic proof in Section 5, and to Professor F. H. Soriano for pointing out results in Remark 3.7.

REFERENCES

1. W. Al-Salam, W. Allaway and R. Askey, *Sieved ultraspherical polynomials*, Trans. Amer. Math. Soc. **284** (1984), 39-55.
2. R. Askey and M.E.H. Ismail, *Recurrence relations, continued fractions and orthogonal polynomials*, Mem. Amer. Math. Soc. **300** (1984), 1-108.
3. R.P. Boas, *The Stieltjes moment problem for functions of bounded variation*, Bull. Amer. Math. Soc. **45** (1939), 399-404.
4. H. Bremermann, *Distributions, complex variables and Fourier transforms*, Addison-Wesley, Reading Mass, 1965.
5. J.A. Charris and M.E.H. Ismail, *Sieved orthogonal polynomials V: Pollaczek polynomials*, SIAM J. Math. Anal. **18** (1987), 1177-1218.
6. J.A. Charris and M.E.H. Ismail, *Sieved orthogonal polynomials VII: Generalized polynomial mappings*, Trans. Amer. Math. Soc **340** (1193), 71-93.
7. J.A. Charris, M.E.H. Ismail and S. Monsalve, *Sieved orthogonal polynomials X: General blocks of recurrence relations*, Pac. J. Math **163** (1994), 237-267.
8. J.A. Charris and F.H. Soriano, *Complex and distributional orthogonality of sieved ultraspherical polynomials*, to appear, Int. J. of Math. and Math. Sci.
9. J.A. Charris and F.H. Soriano, *On the distributional orthogonality of the general Pollaczek polynomials*, to appear, Int. J. of Math. and Math. Sci.
10. J.A. Charris, Y.L. Prieto y F.H. Soriano, *Sobre la fracción continua de los polinomios cribados de Pollaczek*: pre-print.
11. T.S. Chihara, *An introduction to orthogonal polynomials*, Gordon and Breach, New York, N.Y., 1978.
12. M.E.H. Ismail, D. Masson and M. Rahman, *Complex weight functions for classical orthogonal polynomials*, Canadian J.F Math **43** (1191), 1294-1308.
13. A. Krall, *Orthogonal polynomials through moment functionals*, SIAM J. Math. Anal. **9** (1978), 600-603.
14. S. Lang, *Algebra*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1965.
15. R. Morton and A. Krall, *Distributional weight functions for orthogonal polynomials*, SIAM J. Math. Anal. **9** (1978), 604-626.
16. E.D. Rainville, *Special functions*, Macmillan, New York, N.Y., 1960.
17. G. Szegő, *Orthogonal polynomials, 4<sup>th</sup> Ed.*, Colloquium Publications, Amer. Math. Soc., Providence, R.I., 1975.
18. H.S. Wall, *Analytic theory of continued fractions*, Chelsea, New York, N.Y., 1973.
19. K. Yosida, *Functional analysis, 5th. Ed.*, Springer, Berlín, 1979.

J.A.C. DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND STATISTICS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SANTAFÉ DE BOGOTÁ, COLOMBIA - Y.L.P. DEPARTMENTS OF MATHEMATICS AND STATISTICS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA AND UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SANTAFÉ DE BOGOTÁ.

# TERMINOS DE PERIODO CORTO EN EL MOVIMIENTO DE UN SATELITE ARTIFICIAL BAJO LA ACCION DE LOS ARMONICOS $J_5$ Y $J_6$ DEL POTENCIAL TERRESTRE INTEGRACION ANALITICA MEDIANTE EL USO DE LA TRANSFORMACION KS

por

José Gregorio Portilla\*

## Resumen

Portilla, J. G.: Términos de período corto en el movimiento de un satélite artificial bajo la acción de los armónicos  $J_5$  y  $J_6$  del potencial terrestre integración analítica mediante el uso de la transformación KS. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 317-335, 1994. ISSN 0370-3908.

Se desarrolla la solución analítica de corto período del movimiento del satélite artificial con los armónicos zonales  $J_5$  y  $J_6$  en términos de los elementos KS. A causa de la simetría de las ecuaciones de los elementos, sólo es necesario integrar analíticamente dos de las nueve ecuaciones. Las expansiones en serie incluyen términos hasta en la tercera potencia en la excentricidad.

## Summary

Short-term analytical theory is developed for the motion of a satellite of an oblate planet whose gravitational potential includes the fifth and sixth zonal harmonics. Due to symmetry in KS elements equations, only two of the nine equations are integrated analytically. The series expansions include terms to third power in the eccentricity.

## 1. Introducción

En mecánica celeste los métodos de integración numérica permiten obtener efemérides muy pre-

cisas de órbitas de satélites cuando se incluyen modelos de fuerzas complejos. Sin embargo, es conocido que las soluciones analíticas poseen una aplicación fundamental para el planeamiento de misiones y elaboración de análisis cualitativos ya que éstas son bastante flexibles a la hora de considerar una gran gama de condiciones iniciales.

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

Por otra parte, las ecuaciones clásicas newtonianas no son apropiadas para la integración numérica o el desarrollo de teorías analíticas a causa de su inherente inestabilidad. Por ello se han desarrollado transformaciones que han permitido su estabilización, esto es, la disminución de los errores numéricos acumulados y el uso de grandes pasos de integración.

La transformación KS de sistemas gravitacionales introducida por Kustaanheimo y Steifel (1965), regulariza el movimiento kepleriano no lineal y lo reduce a un conjunto de ecuaciones diferenciales lineales del tipo oscilador armónico con frecuencia constante. Así mismo se ha encontrado que la obtención de soluciones numéricas con respecto a cualquier tipo de fuerza perturbatriz, mucho menos sensible a errores de truncado y redondeo (Stiefel y Scheifele 1971). Las ecuaciones son apropiadas para estudiar el movimiento en cualquier tipo de órbita; en particular se evitan los problemas de las excentricidades e inclinaciones casi nulas (como en los satélites geoestacionarios) en fuerte contraste con las ecuaciones de Lagrange en donde  $e$  y  $\sin i$  están presentes en el denominador.

Se han realizado estudios que comprenden integraciones numéricas de las ecuaciones diferenciales de los elementos KS (Sharma y Mani, 1985) incluyendo los armónicos zonales  $J^2$  hasta el  $J^6$  y la resistencia que opone la atmósfera. Sharma y Roy (1988) integraron numéricamente otra forma de las ecuaciones diferenciales llamadas ecuaciones KS canónicamente regulares en las cuales se incluyeron los armónicos  $J^2$  y  $J^6$ .

A causa de la dificultad inherente en integrar analíticamente las ecuaciones de los elementos KS, aún para modelos de fuerzas muy simplificados, los estudios a este respecto son escasos. Sharma (1989) obtuvo expresiones de corto período considerando únicamente el armónico  $J^2$ . Mediante el método de expansión en serie incluyó términos hasta la cuarta potencia en la excentricidad. Dichos resultados fueron aplicados al estudio del movimiento de satélites indúes en órbitas bajas. Posteriormente Sharma (1993) obtuvo expresiones para el movimiento de corto período adicionando los armónicos de segundo orden  $J^3$  y  $J^4$ . Así mismo, las expansiones en serie fueron llevadas hasta la tercera potencia en la excentricidad.

## 2. Las Ecuaciones Diferenciales de Movimiento

Las ecuaciones diferenciales de los elementos KS cuando sólo se considera un potencial perturbador son (Stiefel & Scheifele, 1971):

$$\frac{d\omega}{dE} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{d\tau}{dE} = \frac{1}{8\omega^3} \left[ K^2 - 2rV - \frac{r}{2} \left\langle \mathbf{u}, \frac{\partial V}{\partial \mathbf{u}} \right\rangle \right], \quad (2)$$

$$\frac{d\alpha}{dE} = \frac{1}{2\omega^2} \left[ \frac{V}{2} \mathbf{u} + \frac{r}{4} \frac{\partial V}{\partial \mathbf{u}} \right] \sin \frac{E}{2}, \quad (3)$$

$$\frac{d\beta}{dE} = - \frac{1}{2\omega^2} \left[ \frac{V}{2} \mathbf{u} + \frac{r}{4} \frac{\partial V}{\partial \mathbf{u}} \right] \cos \frac{E}{2}, \quad (4)$$

en donde:

$$\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3, u_4) = \alpha \cos \frac{E}{2} + \beta \sin \frac{E}{2}, \quad (5)$$

$$\mathbf{u}^* = \frac{d\mathbf{u}}{dE} = -\frac{1}{2} \alpha \sin \frac{E}{2} + \frac{1}{2} \beta \cos \frac{E}{2}, \quad (6)$$

$$\tau = t + \frac{1}{w} \langle \mathbf{u}, \mathbf{u}^* \rangle, \quad (7)$$

$$\omega = \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{K^2}{r} - \frac{1}{2} |\dot{\mathbf{x}}|^2 - v \right) \right]^{1/2} \quad (8)$$

$$r = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2,$$

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3) = L(\mathbf{u})\mathbf{u},$$

donde  $E$  es la anomalía excéntrica generalizada,  $\omega$  es la frecuencia angular,  $\tau$  el tiempo ficticio,  $r$  el radio vector y  $K^2$  es la constante de gravitación.

Introduciendo la matriz  $KS$

$$L(\mathbf{u})\mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 & -u_2 & -u_3 & u_4 \\ u_2 & u_1 & -u_4 & -u_3 \\ u_3 & u_4 & u_1 & u_2 \\ u_4 & -u_3 & u_2 & -u_1 \end{pmatrix}$$

$$\dot{x}_1 = \frac{4w}{r} \langle u_1 u_1^* - u_2 u_2^* - u_3 u_3^* - u_4 u_4^* \rangle,$$

$$\dot{x}_2 = \frac{4w}{r} \langle u_2 u_1^* + u_1 u_2^* - u_4 u_3^* - u_3 u_4^* \rangle,$$

$$\dot{x}_3 = \frac{4w}{r} \langle u_3 u_1^* + u_4 u_2^* + u_1 u_3^* + u_2 u_4^* \rangle, \quad (9)$$

de la ecuación (1) notamos inmediatamente que el negativo de la energía total es constante:

$$h = 2\omega^2.$$

Quando se considera el achatamiento terrestre tendremos como potencial

$$V = \frac{K^2}{R} \sum_{n=2}^{\infty} J_n \left( \frac{R}{r} \right)^n P_n(\cos \nu), \quad (10)$$

en donde

$$\cos \nu = x_3 / r,$$

R es el radio ecuatorial terrestre,  $J_n$  son los armónicos zonales y  $P_n$  es el polinomio de Legendre de grado n.

Quando sólo se considera un término  $J_n$  en (2) obtenemos

$$\left( u, \frac{\partial V_n}{\partial u} \right) = -2(n+1)V_n$$

En el presente trabajo consideraremos:

$$V_5 = J_5 \frac{K^2}{r} \left( \frac{R}{r} \right)^5 \left( \frac{63}{8} \cos^5 \nu - \frac{35}{4} \cos^3 \nu + \frac{15}{8} \cos \nu \right)$$

$$V_6 = J_6 \frac{K^2}{r} \left( \frac{R}{r} \right)^6 \left( \frac{231}{16} \cos^6 \nu - \frac{315}{16} \cos^4 \nu + \frac{105}{16} \cos^2 \nu - \frac{5}{16} \right)$$

Las ecuaciones (2), (3) y (4) pueden escribirse de la siguiente forma:

$$\frac{d\tau}{dE} = \frac{1}{8\omega^3} [K^2 + (n-1)rV_n] \quad (11)$$

$$\frac{d\alpha_i}{dE} = Q_i^{(n)} \operatorname{sen} \frac{E}{2} \quad (12)$$

$$\frac{d\beta_i}{dE} = -Q_i^{(n)} \cos \frac{E}{2} \quad (13)$$

donde

$$Q_i^{(5)} = \frac{5K^2 J_5 R^5}{32\omega^2} \left[ 3 \frac{u_k}{r^6} - 18 \frac{x_3^1 u_l}{r^7} - \right. \\ \left. - 42 \frac{x_3^2 u_k}{r^8} + 112 \frac{x_3^3 u_l}{r^9} + 63 \frac{x_3^4 u_k}{r^{10}} - \right. \\ \left. - 126 \frac{x_3^5 u_l}{r^{11}} \right] \quad (14)$$

$$Q_i^{(6)} = \frac{K^2 J_6 R^6}{32\omega^2} \left[ 15 \frac{u_l}{r^7} + 105 \frac{x_3^1 u_k}{r^8} - \right. \\ \left. - 420 \frac{x_3^2 u_l}{r^9} - 630 \frac{x_3^3 u_k}{r^{10}} + 1575 \frac{x_3^4 u_l}{r^{11}} + \right. \\ \left. + 693 \frac{x_3^5 u_k}{r^{12}} - 1386 \frac{x_3^6 u_l}{r^{13}} \right] \quad (15)$$

(i=1,2,3,4) con  $u_{j+4} = u_j$ , (j=1,2).

### 3. La Integración Analítica

Para poder integrar de una manera analítica las ecuaciones (11), (12), y (13) utilizamos la conocida relación entre la anomalía excéntrica y el radio vector, a saber  $r = a(1 - e \cos E)$ , siendo  $a$  y  $e$  el semieje mayor y la excentricidad respectivamente. Se expande hasta la tercera potencia en  $e$  con ayuda del teorema del binomio para determinar las expresiones del tipo  $1/r^n$  donde  $n = 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13$ , por ejemplo:

$$\frac{1}{r^{13}} = \frac{1}{a^{13}} [1 + 13e \cos E + 91e^2 \cos^2 E + \\ + 455e^3 \cos^3 E + \dots]$$

Los valores de  $x_3^2, x_3^3, x_3^4, x_3^5$  y  $x_3^6$  en términos de  $\alpha_i$  y  $\beta_i$  son

$$x_3 = a_0 + a_1 \cos E + a_2 \operatorname{sen} E ,$$

$$x_3^2 = b_0 + b_1 \cos E + b_2 \cos^2 E + b_3 \operatorname{sen} E + \\ + b_4 \operatorname{sen} E \cos E ,$$

$$x_3^3 = c_0 + c_1 \cos E + c_2 \cos^2 E + c_3 \cos^3 E + \\ + c_4 \operatorname{sen} E + c_5 \operatorname{sen} E \cos E + c_6 \operatorname{sen} E \cos^2 E ,$$

$$x_3^4 = d_0 + d_1 \cos E + d_2 \cos^2 E + d_3 \cos^3 E + \\ + d_4 \cos^4 E + d_5 \operatorname{sen} E + d_6 \operatorname{sen} E \cos E + \\ + d_7 \operatorname{sen} E \cos^2 E + d_8 \operatorname{sen} E \cos^3 E ,$$

$$x_3^5 = m_0 + m_1 \cos E + m_2 \cos^2 E + m_3 \cos^3 E + \\ + m_4 \cos^4 E + m_5 \cos^5 E + m_6 \operatorname{sen} E + m_7 \operatorname{sen} E \cos E + \\ + m_8 \operatorname{sen} E \cos^2 E + m_9 \operatorname{sen} E \cos^3 E + m_{10} \operatorname{sen} E \cos^4 E ,$$

$$x_3^6 = f_0 + f_1 \cos E + f_2 \cos^2 E + f_3 \cos^3 E + \\ + f_4 \cos^4 E + f_5 \cos^5 E + f_6 \cos^6 E + f_7 \operatorname{sen} E + \\ + f_8 \operatorname{sen} E \cos E + f_9 \operatorname{sen} E \cos^2 E + f_{10} \operatorname{sen} E \cos^3 E + \\ + f_{11} \operatorname{sen} E \cos^4 E + f_{12} \operatorname{sen} E \cos^5 E ,$$

donde:

$$a_0 = \alpha_1 \alpha_3 + \alpha_2 \alpha_4 + \beta_1 \beta_3 + \beta_2 \beta_4 ,$$

$$a_1 = \alpha_1 \alpha_3 + \alpha_2 \alpha_4 - \beta_1 \beta_3 - \beta_2 \beta_4 ,$$

$$a_2 = \alpha_1 \beta_3 + \beta_1 \alpha_3 + \alpha_2 \beta_4 + \beta_2 \alpha_4 ,$$

$$b_0 = a_0^2 + a_2^2 ,$$

$$b_1 = 2a_0 a_1 ,$$

$$b_2 = a_1^2 - a_2^2 ,$$

$$b_3 = 2a_0 a_2 ,$$

$$b_4 = 2a_1 a_2 ,$$

$$c_0 = a_0 b_0 + a_2 b_3 ,$$

$$c_1 = a_0 b_1 + a_1 b_0 + a_2 b_4 ,$$

$$c_2 = a_0 b_2 + a_1 b_1 - a_2 b_3 ,$$

$$c_3 = a_1 b_2 - a_2 b_4 ,$$

$$c_4 = a_{03} b_3 + a_{20} b_0 ,$$

$$c_5 = a_{04} b_4 + a_{13} b_3 + a_{21} b_1 ,$$

$$c_6 = a_{14} b_4 + a_{22} b_2 ,$$

$$d_0 = b_0^2 + b_3^2 ,$$

$$d_1 = 2(b_0 b_1 + b_3 b_4) ,$$

$$d_2 = b_1^2 - b_3^2 + b_4^2 + 2b_0 b_2 ,$$

$$d_3 = 2(b_1 b_2 - b_3 b_4) ,$$

$$d_4 = b_2^2 - b_4^2 ,$$

$$d_5 = 2b_0 b_3 ,$$

$$d_6 = 2(b_0 b_4 + b_1 b_3) ,$$

$$d_7 = 2(b_1 b_4 + b_2 b_3) ,$$

$$d_8 = 2b_2 b_4 ,$$

$$m_0 = a_{00} d_0 + a_{25} d_5 ,$$

$$m_1 = a_{01} d_1 + a_{10} d_0 + a_{26} d_6 ,$$

$$m_2 = a_{02} d_2 + a_{11} d_1 + a_{27} d_7 - a_{25} d_5 ,$$

$$m_3 = a_{03} d_3 + a_{12} d_2 - a_{26} d_6 + a_{28} d_8 ,$$

$$m_4 = a_{04} d_4 + a_{13} d_3 - a_{27} d_7 ,$$

$$m_5 = a_{14} d_4 - a_{28} d_8 ,$$

$$m_6 = a_{05} d_5 + a_{20} d_0 ,$$

$$m_7 = a_{06} d_6 + a_{15} d_5 + a_{21} d_1 ,$$

$$m_8 = a_{07} d_7 + a_{16} d_6 + a_{22} d_2 ,$$

$$m_9 = a_{08} d_8 + a_{17} d_7 + a_{23} d_3 ,$$

$$m_{10} = a_{18} d_8 + a_{24} d_4 ,$$

$$f_0 = c_0^2 + c_4^2 ,$$

$$f_1 = 2(c_0 c_1 + c_4 c_5) ,$$

$$f_2 = c_1^2 - c_4^2 + c_5^2 + 2(c_0 c_2 + c_4 c_6) ,$$

$$f_3 = 2(c_0 c_3 + c_1 c_2 - c_4 c_5 + c_5 c_6) ,$$

$$f_4 = c_2^2 - c_5^2 + c_6^2 + 2(c_1 c_3 - c_4 c_6) ,$$

$$f_5 = 2(c_2 c_3 - c_5 c_6) ,$$

$$f_6 = c_3^2 - c_6^2 ,$$

$$f_7 = 2c_0 c_4 ,$$

$$f_8 = 2(c_0 c_5 + c_1 c_4),$$

$$f_9 = 2(c_0 c_6 + c_1 c_5 + c_2 c_4),$$

$$f_{10} = 2(c_1 c_6 + c_2 c_5 + c_3 c_4),$$

$$f_{11} = 2(c_2 c_6 + c_3 c_5),$$

$$f_{12} = 2c_3 c_6.$$

Substituyendo los valores requeridos en la ecuación (11), integrando y simplificando obtenemos:

$$\begin{aligned} \tau = & \frac{K^2}{8\omega^3} \left\{ E + J_n \left[ \frac{R}{a} \right]^n \left[ (w_0 + \frac{1}{4} w_1 + \frac{1}{3} w_2 + \frac{5}{32} w_3 + \right. \right. \\ & + \frac{1}{5} w_4 + \frac{11}{96} w_5 + \frac{1}{7} w_6 + \frac{93}{1024} w_7 + \frac{1}{9} w_8) + (v_0 + \frac{1}{2} v_2 + \\ & + \frac{3}{8} v_4 + \frac{5}{16} v_6 + \frac{35}{128} v_8) E + (v_1 + \frac{3}{4} v_3 + \frac{5}{8} v_5 + \\ & + \frac{35}{64} v_7 + \frac{63}{128} v_9) \text{sen} E + (\frac{1}{4} v_2 + \frac{1}{4} v_4 + \frac{15}{64} v_6 + \\ & + \frac{7}{32} v_8) \text{sen} 2E + (\frac{1}{2} v_3 + \frac{5}{48} v_5 + \frac{7}{64} v_7 + \frac{49}{384} v_9) \text{sen} 3E + \\ & + (\frac{1}{32} v_4 + \frac{3}{64} v_6 + \frac{7}{128} v_8) \text{sen} 4E + (\frac{1}{80} v_5 + \frac{7}{320} v_7 + \\ & + (\frac{9}{320} v_9) \text{sen} 5E + (\frac{1}{192} v_6 + \frac{1}{96} v_8) \text{sen} 6E + (\frac{1}{448} v_7 + \\ & + \frac{9}{1792} v_9) \text{sen} 7E + \frac{1}{1024} v_8 \text{sen} 8E + \frac{1}{2304} v_9 \text{sen} 9E - \\ & - \left[ (w_0 + \frac{1}{4} w_2 + \frac{1}{8} w_4 + \frac{5}{64} w_6 + \frac{7}{128} w_8) \text{cos} E + (\frac{1}{4} w_1 + \right. \\ & + \frac{1}{8} w_3 + \frac{5}{64} w_5 + \frac{7}{128} w_7) \text{cos} 2E + (\frac{1}{12} w_2 + \frac{3}{48} w_4 + \\ & + \frac{3}{64} w_6 + \frac{7}{192} w_8) \text{cos} 3E + (\frac{1}{32} w_3 + \frac{1}{32} w_5 + \frac{7}{256} w_7) \text{cos} 4E + \\ & + (\frac{1}{80} w_4 + \frac{1}{64} w_6 + \frac{1}{64} w_8) \text{cos} 5E + (\frac{1}{192} w_5 + \frac{1}{128} w_7) \text{cos} 6E + \\ & \left. \left. + (\frac{1}{448} w_6 + \frac{1}{256} w_8) \text{cos} 7E + \frac{1}{1024} w_7 \text{cos} 8E + \frac{1}{2304} w_8 \text{cos} 9E \right] \right\}, \quad (16) \end{aligned}$$

con  $\tau = 0$  para  $t = 0$ .

Para  $n = 5$  tenemos:

$$v_0 = \rho_1 m_0 - \rho_2 c_0 + \rho_3 a_0,$$

$$v_1 = \rho_1(m_1 + 10m_0 e) - \rho_2(c_1 + 8c_0 e) + \rho_3(a_1 + 6a_0 e) ,$$

$$v_2 = \rho_1(m_2 + 10m_1 e + 55m_0 e^2) - \rho_2(c_2 + 8c_1 e + 36c_0 e^2) + 3\rho_3 e(2a_1 + 7a_0 e) ,$$

$$v_3 = \rho_1(m_3 + 10m_2 e + 55m_1 e^2 + 220m_0 e^3) - \rho_2(c_3 + 8c_2 e + 36c_1 e^2 + 120c_0 e^3) + 7\rho_3 e^2(3a_1 + 8a_0 e) ,$$

$$v_4 = \rho_1(m_4 + 10m_3 e + 55m_2 e^2 + 220m_1 e^3) - 4\rho_2 e(2c_3 + 9c_2 e + 30c_1 e^2) + 56\rho_3 a_1 e^3 ,$$

$$v_5 = \rho_1(m_5 + 10m_4 e + 55m_3 e^2 + 220m_2 e^3) - 12\rho_2 e^2(3c_3 + 10c_2 e) ,$$

$$v_6 = 5\rho_1 e(2m_5 + 11m_4 e + 44m_3 e^2) - 120\rho_2 c_3 e^3 ,$$

$$v_7 = 55\rho_1 e^2(m_5 + 4m_4 e) , \quad v_8 = 220\rho_1 m_5 e^3 , \quad v_9 = 0$$

$$w_0 = \rho_1 m_6 - \rho_2 c_4 + \rho_3 a_2 ,$$

$$w_1 = \rho_1(m_7 + 10m_6 e) - \rho_2(c_5 + 8c_4 e) + 6\rho_3 a_2 e ,$$

$$w_2 = \rho_1(m_8 + 10m_7 e + 55m_6 e^2) - \rho_2(c_6 + 8c_5 e + 36c_4 e^2) + 21\rho_3 a_2 e^2$$

$$w_3 = \rho_1(m_9 + 10m_8 e + 55m_7 e^2 + 220m_6 e^3) - 4\rho_2 e(2c_6 + 9c_5 e + 30c_4 e^2) + 56\rho_3 a_2 e^3 ,$$

$$w_4 = \rho_1(m_{10} + 10m_9 e + 55m_8 e^2 + 220m_7 e^3) - 12\rho_2 e^2(3c_6 + 10c_5 e) ,$$

$$w_5 = 5\rho_1 e(2m_{10} + 11m_9 e + 44m_8 e^2) - 120\rho_2 c_6 e^3 ,$$

$$w_6 = 55\rho_1 e^2(m_{10} + 4m_9 e) , \quad w_7 = 220\rho_1 m_{10} e^3 , \quad w_8 = 0 ,$$

donde:

$$\rho_1 = \frac{63}{2a^5} , \quad \rho_2 = \frac{35}{a^3} , \quad \rho_3 = \frac{15}{2a} .$$

Para  $n = 6$  tenemos:

$$v_0 = \rho_4 f_0 - \rho_5 d_0 + \rho_6 f_0 - \rho_7 ,$$

$$v_1 = \rho_4 (f_1 + 12f_0 e) - \rho_5 (d_1 + 10d_0 e) + \rho_6 (b_1 + 8b_0 e) - 6\rho_7 e ,$$

$$v_2 = \rho_4 (f_2 + 12f_1 e + 78f_0 e^2) - \rho_5 (d_2 + 10d_1 e + 55d_0 e^2) + \\ + \rho_6 (b_2 + 8b_1 e + 36b_0 e^2) - 21\rho_7 e^2 ,$$

$$v_3 = \rho_4 (f_3 + 12f_2 e + 78f_1 e^2 + 364f_0 e^3) - \rho_5 (d_3 + 10d_2 e + \\ + 55d_1 e^2 + 220d_0 e^3) + 4e\rho_6 (2b_2 + 9b_1 e + 30b_0 e^2) - 56\rho_7 e^3 ,$$

$$v_4 = \rho_4 (f_4 + 12f_3 e + 78f_2 e^2 + 364f_1 e^3) - \rho_5 (d_4 + 10d_3 e + \\ + 55d_2 e^2 + 220d_1 e^3) + 4e^2 \rho_6 (9b_2 + 30b_1 e) ,$$

$$v_5 = \rho_4 (f_5 + 12f_4 e + 78f_3 e^2 + 364f_2 e^3) - 5e\rho_5 (2d_4 + 11d_3 e + \\ + 44d_2 e^2) + 120\rho_6 b_2 e^3 ,$$

$$v_6 = \rho_4 (f_6 + 12f_5 e + 78f_4 e^2 + 364f_3 e^3) - 55e^2 \rho_5 (d_4 + 4d_3 e) ,$$

$$v_7 = 2e\rho_4 (6f_6 + 39f_5 e + 182f_4 e^2) - 220\rho_5 d_4 e^3 ,$$

$$v_8 = 2e^2 \rho_4 (39f_6 + 182f_5 e) , \quad v_9 = 364\rho_4 f_6 e^3 ,$$

$$w_0 = \rho_4 f_7 - \rho_5 d_5 + \rho_6 b_3 ,$$

$$w_1 = \rho_4 (f_8 + 12f_7 e) - \rho_5 (d_6 + 10d_5 e) + \rho_6 (b_4 + 8b_3 e) ,$$

$$w_2 = \rho_4 (f_9 + 12f_8 e + 78f_7 e^2) - \rho_5 (d_7 + 10d_6 e + 55d_5 e^2) + \\ + 4e\rho_6 (2b_4 + 9b_3 e) ,$$

$$w_3 = \rho_4 (f_{10} + 12f_9 e + 78f_8 e^2 + 364f_7 e^3) - \rho_5 (d_8 + 10d_7 e + \\ + 55d_6 e^2 + 220d_5 e^3) + 4e^2 \rho_6 (9b_4 + 30b_3 e) ,$$

$$w_4 = \rho_4 (f_{11} + 12f_{10} e + 78f_9 e^2 + 364f_8 e^3) - 5e\rho_5 (2d_8 + 11d_7 e + \\ + 45d_6 e^2) + 120\rho_6 b_4 e^3 ,$$

$$w_5 = \rho_4 (f_{12} + 12f_{11}e + 78f_{10}e^2 + 364f_9e^3) - 55e^2\rho_5(d_8 + 4d_7e),$$

$$w_6 = 2e\rho_4(6f_{12} + 39f_{11}e + 182f_{10}e^2) - 220\rho_5d_8e^3,$$

$$w_7 = 2e^2\rho_4(39f_{12} + 182f_{11}e), \quad w_8 = 364\rho_4f_{12}e^3,$$

donde:

$$\rho_4 = \frac{1155}{16a^6}, \quad \rho_5 = \frac{1575}{16a^4}, \quad \rho_6 = \frac{525}{16a^2}, \quad \rho_7 = \frac{25}{16}.$$

Dado que  $u \sin(E/2)$  y  $u \cos(E/2)$  aparecen en cada término de las ecuaciones (12) y (13) pueden escribirse así:

$$u_i \sin(E/2) = \frac{1}{2} [q_0^{(i)} + q_1^{(i)} \cos E + q_2^{(i)} \sen E],$$

$$u_i \cos(E/2) = \frac{1}{2} [q_0^{(i)} + q_1^{(i)} \cos E + q_2^{(i)} \sen E],$$

con

$$q_0^{(i)} = \beta_i, \quad q_1^{(i)} = -\beta_i, \quad q_2^{(i)} = \alpha_i, \tag{17}$$

en el primer caso, y

$$q_0^{(i)} = \alpha_i, \quad q_1^{(i)} = \alpha_i, \quad q_2^{(i)} = \beta_i, \tag{18}$$

en el segundo.

Podemos calcular ahora analíticamente las ocho ecuaciones (12) y (13) simplemente resolviendo una sola ecuación (13) a causa de la simetría existente entre ellas.

Sustituyendo la ecuación (17) en la (12), integrando y simplificando obtenemos:

$$\begin{aligned} \Delta \alpha_i = & \frac{K^2 J_n R^n}{32 \omega^2 a^{n+1}} \left\{ (t_0^{(i)} + \frac{1}{4} t_1^{(i)} + \frac{1}{3} t_2^{(i)} + \frac{5}{32} t_3^{(i)} + \right. \\ & + \frac{1}{5} t_4^{(i)} + \frac{11}{96} t_5^{(i)} + \frac{1}{7} t_6^{(i)} + \frac{93}{1024} t_7^{(i)} + \frac{1}{9} t_8^{(i)} + \\ & + \frac{193}{2560} t_9^{(i)}) + (k_0^{(i)} + \frac{1}{4} k_2^{(i)} + \frac{3}{8} k_4^{(i)} + \frac{5}{16} k_6^{(i)} + \\ & + \frac{35}{128} k_8^{(i)} + \frac{63}{256} k_{10}^{(i)}) E + (k_1^{(i)} + \frac{3}{4} k_3^{(i)} + \frac{5}{8} k_5^{(i)} + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{35}{64} k_7^{(i)} + \frac{63}{128} k_p^{(i)} \text{sen} E + \left( \frac{1}{4} k_2^{(i)} + \frac{1}{4} k_4^{(i)} + \frac{15}{64} k_\sigma^{(i)} + \right. \\
& + \frac{7}{32} k_8^{(i)} + \frac{105}{512} k_{10}^{(i)} \text{sen} 2E + \left( \frac{1}{12} k_3^{(i)} + \frac{5}{48} k_5^{(i)} + \frac{7}{64} k_7^{(i)} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{49}{384} k_p^{(i)} \text{sen} 3E + \left( \frac{1}{32} k_4^{(i)} + \frac{3}{64} k_\sigma^{(i)} + \frac{7}{128} k_8^{(i)} + \right. \right. \\
& + \frac{15}{256} k_{10}^{(i)} \text{sen} 4E + \left( \frac{1}{80} k_5^{(i)} + \frac{7}{320} k_7^{(i)} + \frac{9}{320} k_p^{(i)} \text{sen} 5E + \right. \\
& \quad \left. + \left( \frac{1}{192} k_\sigma^{(i)} + \frac{1}{96} k_8^{(i)} + \frac{45}{3072} k_{10}^{(i)} \right) \text{sen} 6E + \left( \frac{1}{448} k_7^{(i)} + \right. \right. \\
& \quad \left. + \frac{9}{1792} k_p^{(i)} \text{sen} 7E + \left( \frac{1}{1024} k_8^{(i)} + \frac{5}{2048} k_{10}^{(i)} \right) \text{sen} 8E + \right. \\
& \quad \left. + \frac{1}{2304} k_p^{(i)} \text{sen} 9E + \frac{1}{5120} k_{10}^{(i)} \text{sen} 10E - \left[ \left( t_0^{(i)} + \frac{1}{4} t_2^{(i)} + \right. \right. \right. \\
& \quad \left. + \frac{1}{8} t_4^{(i)} + \frac{5}{64} t_\sigma^{(i)} + \frac{7}{128} t_8^{(i)} \right) \text{cos} E + \left( \frac{1}{4} t_1^{(i)} + \frac{1}{8} t_3^{(i)} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{5}{64} t_5^{(i)} + \frac{7}{128} t_7^{(i)} + \frac{21}{512} t_p^{(i)} \right) \text{cos} 2E + \left( \frac{1}{12} t_2^{(i)} + \frac{1}{16} t_4^{(i)} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{3}{64} t_\sigma^{(i)} + \frac{7}{192} t_8^{(i)} \right) \text{cos} 3E + \left( \frac{1}{32} t_3^{(i)} + \frac{1}{32} t_5^{(i)} + \frac{7}{256} t_7^{(i)} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{3}{128} t_p^{(i)} \right) \text{cos} 4E + \left( \frac{1}{80} t_4^{(i)} + \frac{1}{64} t_\sigma^{(i)} + \frac{1}{64} t_8^{(i)} \right) \text{cos} 5E + \\
& \quad \left. + \left( \frac{1}{192} t_5^{(i)} + \frac{1}{128} t_7^{(i)} + \frac{9}{1024} t_p^{(i)} \right) \text{cos} 6E + \left( \frac{1}{448} t_\sigma^{(i)} + \right. \right. \\
& \quad \left. + \frac{1}{256} t_8^{(i)} \right) \text{cos} 7E + \left( \frac{1}{1024} t_7^{(i)} + \frac{1}{512} t_p^{(i)} \right) \text{cos} 8E + \\
& \quad \left. + \frac{1}{2304} t_8^{(i)} \text{cos} 9E + \frac{1}{5120} t_p^{(i)} \text{cos} 10E \right] \left. \right\}, \quad (19)
\end{aligned}$$

en la cual, para  $n = 5$  tenemos:

$$\begin{aligned}
k_0^{(i)} &= \lambda_1 q_0^{(k)} + \lambda_2 \xi_0^{(i)} + \lambda_3 s_0^{(k)} + \lambda_4 h_0^{(i)} + \lambda_5 l_0^{(k)} + \lambda_\sigma n_0^{(i)}, \\
k_1^{(i)} &= \lambda_1 \{ q_1^{(k)} + 6e q_0^{(k)} \} + \lambda_2 \{ \xi_1^{(i)} + 7e \xi_0^{(i)} \} + \lambda_3 \{ s_1^{(k)} + 8e s_0^{(k)} \} + \\
& + \lambda_4 \{ h_1^{(i)} + 9e h_0^{(i)} \} + \lambda_5 \{ l_1^{(k)} + 10e l_0^{(k)} \} + \lambda_\sigma \{ n_1^{(i)} + 11e n_0^{(i)} \}, \\
k_2^{(i)} &= 3e \lambda_1 \{ 2q_1^{(k)} + 7e q_0^{(k)} \} + \lambda_2 \{ \xi_2^{(i)} + 7e \xi_1^{(i)} + 28e^2 \xi_0^{(i)} \} + \\
& + \lambda_3 \{ s_2^{(k)} + 8e s_1^{(k)} + 36e^2 s_0^{(k)} \} + \lambda_4 \{ h_2^{(i)} + 9e h_1^{(i)} + 45e^2 h_0^{(i)} \} + \\
& + \lambda_5 \{ l_2^{(k)} + 10e l_1^{(k)} + 55e^2 l_0^{(k)} \} + \lambda_\sigma \{ n_2^{(i)} + 11e n_1^{(i)} + 66e^2 n_0^{(i)} \},
\end{aligned}$$

$$k_3^{(i)} = 7e^2 \lambda_1 \{3q_1^{(k)} + 8eq_0^{(k)}\} + 7e \lambda_2 \{\epsilon_2^{(i)} + 4e\epsilon_1^{(i)} + 12e^2 \epsilon_0^{(i)}\} + \\ + \lambda_3 \{s_3^{(k)} + 8es_2^{(k)} + 36e^2 s_1^{(k)} + 120e^3 s_0^{(k)}\} + \lambda_4 \{h_3^{(i)} + 9eh_2^{(i)} + \\ + 45e^2 h_1^{(i)} + 165e^3 h_0^{(i)}\} + \lambda_5 \{l_3^{(k)} + 10el_2^{(k)} + 55e^2 l_1^{(k)} + 220e^3 l_0^{(k)}\} + \\ + \lambda_6 \{n_3^{(i)} + 11en_2^{(i)} + 66e^2 n_1^{(i)} + 286e^3 n_0^{(i)}\} ,$$

$$k_4^{(i)} = 56\lambda_1 q_1^{(k)} e^3 + 28e^2 \lambda_2 \{\epsilon_2^{(i)} + 3e\epsilon_1^{(i)}\} + 4e \lambda_3 \{2s_3^{(k)} + 9es_2^{(k)} + \\ + 30e^2 s_1^{(k)}\} + \lambda_4 \{h_4^{(i)} + 9eh_3^{(i)} + 45e^2 h_2^{(i)} + 165e^3 h_1^{(i)}\} + \lambda_5 \{l_4^{(k)} + \\ + 10el_3^{(k)} + 55e^2 l_2^{(k)} + 220e^3 l_1^{(k)}\} + \lambda_6 \{n_4^{(i)} + 11en_3^{(i)} + 66e^2 n_2^{(i)} + \\ + 286e^3 n_1^{(i)}\} ,$$

$$k_5^{(i)} = 84\lambda_2 e^3 \epsilon_2^{(i)} + 12\lambda_3 e^2 \{10es_2^{(k)} + 3s_3^{(k)}\} + 3e \lambda_4 \{3h_4^{(i)} + \\ + 15eh_3^{(i)} + 55e^2 h_2^{(i)}\} + \lambda_5 \{l_5^{(k)} + 10el_4^{(k)} + 55e^2 l_3^{(k)} + 220e^3 l_2^{(k)}\} + \\ + \lambda_6 \{n_5^{(i)} + 11en_4^{(i)} + 66e^2 n_3^{(i)} + 286e^3 n_2^{(i)}\} ,$$

$$k_6^{(i)} = 120\lambda_3 e^3 s_3^{(k)} + 15e^2 \lambda_4 \{3h_4^{(i)} + 11eh_3^{(i)}\} + 5e \lambda_5 \{2l_5^{(k)} + \\ + 11el_4^{(k)} + 44e^2 l_3^{(k)}\} + \lambda_6 \{n_6^{(i)} + 11en_5^{(i)} + 66e^2 n_4^{(i)} + 286e^3 n_3^{(i)}\} ,$$

$$k_7^{(i)} = 165\lambda_4 e^3 h_4^{(i)} + 55e^2 \lambda_5 \{l_5^{(k)} + 4el_4^{(k)}\} + 11e \lambda_6 \{n_6^{(i)} + \\ + 6en_5^{(i)} + 26e^2 n_4^{(i)}\} ,$$

$$k_8^{(i)} = 220\lambda_5 e^3 l_5^{(k)} + 11e^2 \lambda_6 \{6n_6^{(i)} + 26en_5^{(i)}\} ,$$

$$k_9^{(i)} = 286\lambda_6 e^3 n_6^{(i)} , \quad k_{10}^{(i)} = 0 ; \quad (20)$$

$$t_0^{(i)} = \lambda_1 q_2^{(k)} + \lambda_2 \epsilon_3^{(i)} + \lambda_3 s_4^{(k)} + \lambda_4 h_5^{(i)} + \lambda_5 l_6^{(k)} + \lambda_6 n_7^{(i)} ,$$

$$t_1^{(i)} = 6\lambda_1 eq_2^{(k)} + \lambda_2 \{7e\epsilon_3^{(i)} + \epsilon_4^{(i)}\} + \lambda_3 \{8es_4^{(k)} + s_5^{(k)}\} + \\ + \lambda_4 \{9eh_5^{(i)} + h_6^{(i)}\} + \lambda_5 \{10el_6^{(k)} + l_7^{(k)}\} + \lambda_6 \{11en_7^{(i)} + n_8^{(i)}\} ,$$

$$t_2^{(i)} = 21\lambda_1 e^2 q_2^{(k)} + 7e \lambda_2 \{4e\epsilon_3^{(i)} + \epsilon_4^{(i)}\} + \lambda_3 \{36e^2 s_4^{(k)} + 8es_5^{(k)} +$$

$$+ s_{\sigma}^{(k)} + \lambda_4 \{45e^2 h_5^{(i)} + 9eh_{\sigma}^{(i)} + h_7^{(i)}\} + \lambda_5 \{55e^2 l_{\sigma}^{(k)} + 10el_7^{(k)} + l_8^{(k)}\} + \lambda_{\sigma} \{66e^2 n_7^{(i)} + 11en_8^{(i)} + n_9^{(i)}\},$$

$$t_3^{(i)} = 56\lambda_1 e^3 q_2^{(k)} + 28e^2 \lambda_2 \{3e\epsilon_3^{(i)} + \epsilon_4^{(i)}\} + 4e\lambda_3 \{30e^2 s_4^{(k)} + 9es_5^{(k)} + 2s_{\sigma}^{(k)}\} + \lambda_4 \{165e^3 h_5^{(i)} + 45e^2 h_{\sigma}^{(i)} + 9eh_7^{(i)} + h_8^{(i)}\} + \lambda_5 \{220e^3 l_{\sigma}^{(k)} + 55e^2 l_7^{(k)} + 10el_8^{(k)} + l_9^{(k)}\} + \lambda_{\sigma} \{286e^3 n_7^{(i)} + 66e^2 n_8^{(i)} + 11en_9^{(i)} + n_{10}^{(i)}\},$$

$$t_4^{(i)} = 84\lambda_2 e^3 \epsilon_4^{(i)} + 12e^2 \lambda_3 \{10es_5^{(k)} + 3s_{\sigma}^{(k)}\} + 3e\lambda_4 \{55e^2 h_{\sigma}^{(i)} + 15eh_7^{(i)} + 3h_8^{(i)}\} + \lambda_5 \{220e^3 l_7^{(k)} + 55e^2 l_8^{(k)} + 10el_9^{(k)} + l_{10}^{(k)}\} + \lambda_{\sigma} \{286e^3 n_8^{(i)} + 66e^2 n_9^{(i)} + 11en_{10}^{(i)} + n_{11}^{(i)}\},$$

$$t_5^{(i)} = 120\lambda_3 e^3 s_{\sigma}^{(k)} + 15\lambda_4 e^2 \{11eh_7^{(i)} + 3h_8^{(i)}\} + 5\lambda_5 e \{44e^2 l_8^{(k)} + 11el_9^{(k)} + 2l_{10}^{(k)}\} + \lambda_{\sigma} \{286e^3 n_9^{(i)} + 66e^2 n_{10}^{(i)} + 11en_{11}^{(i)} + n_{12}^{(i)}\},$$

$$t_{\sigma}^{(i)} = 165\lambda_4 e^3 h_8^{(i)} + 55e^2 \lambda_5 \{4el_9^{(k)} + l_{10}^{(k)}\} + 11e\lambda_{\sigma} \{26e^2 n_{10}^{(i)} + 6en_{11}^{(i)} + n_{12}^{(i)}\},$$

$$t_7^{(i)} = 220\lambda_5 e^3 l_{10}^{(k)} + 11e^2 \lambda_{\sigma} \{26en_{11}^{(i)} + 6n_{12}^{(i)}\},$$

$$t_8^{(i)} = 286\lambda_{\sigma} e^3 n_{12}^{(i)}, \quad t_9^{(i)} = 0. \quad (21)$$

Donde:

$$\lambda_1 = \frac{15}{2}, \quad \lambda_2 = -\frac{45}{a}, \quad \lambda_3 = -\frac{105}{a^2}, \quad \lambda_4 = \frac{280}{a^3}$$

$$\lambda_5 = \frac{315}{2a^4}, \quad \lambda_{\sigma} = -\frac{315}{a^5}.$$

Para  $n = 6$  tenemos:

$$k_0^{(i)} = \psi_1 q_0^{(i)} + \psi_2 \epsilon_0^{(k)} + \psi_3 s_0^{(i)} + \psi_4 h_0^{(k)} + \psi_5 l_0^{(i)} + \psi_6 n_0^{(k)} + \psi_7 r_0^{(i)}$$

$$k_1^{(i)} = \psi_1 \{7q_0^{(i)} e + q_1^{(i)}\} + \psi_2 \{8e\epsilon_0^{(k)} + \epsilon_1^{(k)}\} + \psi_3 \{9es_0^{(i)} +$$

$$+ s_1^{(i)} \rangle + \psi_4 \langle 10eh_0^{(k)} + h_1^{(k)} \rangle + \psi_5 \langle 11el_0^{(i)} + l_1^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 12en_0^{(k)} + n_1^{(k)} \rangle + \psi_7 \langle 13er_0^{(i)} + r_1^{(i)} \rangle ,$$

$$k_2^{(i)} = 7\psi_1 e \langle q_1^{(i)} + 4eq_0^{(i)} \rangle + \psi_2 \langle 36e^2 \zeta_0^{(k)} + 8e\zeta_1^{(k)} + \zeta_2^{(k)} \rangle + \psi_3 \langle 45e^2 s_0^{(i)} + 9es_1^{(i)} + s_2^{(i)} \rangle + \psi_4 \langle 55e^2 h_0^{(k)} + 10eh_1^{(k)} + h_2^{(k)} \rangle + \psi_5 \langle 66e^2 l_0^{(i)} + 11el_1^{(i)} + l_2^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 78e^2 n_0^{(k)} + 12en_1^{(k)} + n_2^{(k)} \rangle + \psi_7 \langle 91e^2 r_0^{(i)} + 13er_1^{(i)} + r_2^{(i)} \rangle ,$$

$$k_3^{(i)} = 28e^2 \psi_1 \langle q_1^{(i)} + 3eq_0^{(i)} \rangle + 4e\psi_2 \langle 30e^2 \zeta_0^{(k)} + 9e\zeta_1^{(k)} + 2\zeta_2^{(k)} \rangle + \psi_3 \langle 165e^3 s_0^{(i)} + 45e^2 s_1^{(i)} + 9es_2^{(i)} + s_3^{(i)} \rangle + \psi_4 \langle 220e^3 h_0^{(k)} + 55e^2 h_1^{(k)} + 10eh_2^{(k)} + h_3^{(k)} \rangle + \psi_5 \langle 286e^3 l_0^{(i)} + 66e^2 l_1^{(i)} + 11el_2^{(i)} + l_3^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 364e^3 n_0^{(k)} + 78e^2 n_1^{(k)} + 12en_2^{(k)} + n_3^{(k)} \rangle + \psi_7 \langle 455e^3 r_0^{(i)} + 91e^2 r_1^{(i)} + 13er_2^{(i)} + r_3^{(i)} \rangle ,$$

$$k_4^{(i)} = 84e^3 \psi_1 q_1^{(i)} + 12e^2 \psi_2 \langle 10e\zeta_1^{(k)} + 3\zeta_2^{(k)} \rangle + 3e\psi_3 \langle 55e^2 s_1^{(i)} + 15es_2^{(i)} + 3s_3^{(i)} \rangle + \psi_4 \langle 220e^3 h_1^{(k)} + 55e^2 h_2^{(k)} + 10eh_3^{(k)} + h_4^{(k)} \rangle + \psi_5 \langle 286e^3 l_1^{(i)} + 66e^2 l_2^{(i)} + 11el_3^{(i)} + l_4^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 364e^3 n_1^{(k)} + 78e^2 n_2^{(k)} + 12en_3^{(k)} + n_4^{(k)} \rangle + \psi_7 \langle 455e^3 r_1^{(i)} + 91e^2 r_2^{(i)} + 13er_3^{(i)} + r_4^{(i)} \rangle ,$$

$$k_5^{(i)} = 120e^3 \psi_2 \zeta_2^{(k)} + 15e^2 \psi_3 \langle 11es_2^{(i)} + 3s_3^{(i)} \rangle + 5e\psi_4 \langle 44e^2 h_2^{(k)} + 11eh_3^{(k)} + 2h_4^{(k)} \rangle + \psi_5 \langle 286e^3 l_2^{(i)} + 66e^2 l_3^{(i)} + 11el_4^{(i)} + l_5^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 364e^3 n_2^{(k)} + 78e^2 n_3^{(k)} + 12en_4^{(k)} + n_5^{(k)} \rangle + \psi_7 \langle 455e^3 r_2^{(i)} + 91e^2 r_3^{(i)} + 13er_4^{(i)} + r_5^{(i)} \rangle ,$$

$$k_6^{(i)} = 165e^3 \psi_3 s_3^{(i)} + 55\psi_4 e^2 \langle 4eh_3^{(k)} + h_4^{(k)} \rangle + 11e\psi_5 \langle 26e^2 l_3^{(i)} + 6el_4^{(i)} + l_5^{(i)} \rangle + \psi_6 \langle 364e^3 n_3^{(k)} + 78e^2 n_4^{(k)} + 12en_5^{(k)} + n_6^{(k)} \rangle +$$

$$+ \psi_7 (455e^3 r_3^{(i)} + 91e^2 r_4^{(i)} + 13er_5^{(i)} + r_6^{(i)}) ,$$

$$k_7^{(i)} = 220e^3 \psi_4 n_4^{(k)} + 11e^2 \psi_5 (26el_4^{(i)} + 6l_5^{(i)}) + 2e\psi_6 (182e^2 n_4^{(k)} +$$

$$+ 39en_5^{(k)} + 6n_6^{(k)}) + \psi_7 (455e^3 r_4^{(i)} + 91e^2 r_5^{(i)} + 13er_6^{(i)} + r_7^{(i)}) ,$$

$$k_8^{(i)} = 286e^3 \psi_5 l_5^{(i)} + 2e^2 \psi_6 (182en_5^{(k)} + 39n_6^{(k)}) + 13e\psi_7 (35e^2 r_5^{(i)} +$$

$$+ 7er_6^{(i)} + r_7^{(i)}) ,$$

$$k_9^{(i)} = 364e^3 \psi_6 n_6^{(k)} + 91e^2 \psi_7 (5er_6^{(i)} + r_7^{(i)}) , \quad k_{10}^{(i)} = 455e^3 \psi_7 r_7^{(i)} ; \quad (22)$$

$$t_0^{(i)} = q_2^{(i)} \psi_1 + \psi_2 \epsilon_3^{(k)} + \psi_3 s_4^{(i)} + \psi_4 h_5^{(k)} + \psi_5 l_6^{(i)} + \psi_6 n_7^{(k)} + \psi_7 r_8^{(i)}$$

$$t_1^{(i)} = 7e\psi_1 q_2^{(i)} + \psi_2 (8e\epsilon_3^{(k)} + \epsilon_4^{(k)}) + \psi_3 (9es_4^{(i)} + s_5^{(i)}) +$$

$$+ \psi_4 (10eh_5^{(k)} + h_6^{(k)}) + \psi_5 (11el_6^{(i)} + l_7^{(i)}) + \psi_6 (12en_7^{(k)} + n_8^{(k)}) +$$

$$+ \psi_7 (13er_8^{(i)} + r_9^{(i)}) ,$$

$$t_2^{(i)} = 28e^2 \psi_1 q_2^{(i)} + 4e\psi_2 (9e\epsilon_3^{(k)} + 2\epsilon_4^{(k)}) + \psi_3 (45e^2 s_4^{(i)} + 9es_5^{(i)} +$$

$$+ s_6^{(i)}) + \psi_4 (55e^2 h_5^{(k)} + 10eh_6^{(k)} + h_7^{(k)}) + \psi_5 (66e^2 l_6^{(i)} + 11el_7^{(i)} +$$

$$+ l_8^{(i)}) + \psi_6 (78e^2 n_7^{(k)} + 12en_8^{(k)} + n_9^{(k)}) + \psi_7 (91e^2 r_8^{(i)} + 13er_9^{(i)} + r_{10}^{(i)}) ,$$

$$t_3^{(i)} = 84e^3 \psi_1 q_2^{(i)} + 12e^2 \psi_2 (10e\epsilon_3^{(k)} + 3\epsilon_4^{(k)}) + 3e\psi_3 (55e^2 s_4^{(i)} +$$

$$+ 15es_5^{(i)} + 3s_6^{(i)}) + \psi_4 (220e^3 h_5^{(k)} + 55e^2 h_6^{(k)} + 10eh_7^{(k)} + h_8^{(k)})$$

$$+ \psi_5 (286e^3 l_6^{(i)} + 66e^2 l_7^{(i)} + 11el_8^{(i)} + l_9^{(i)}) + \psi_6 (364e^3 n_7^{(k)} +$$

$$+ 78e^2 n_8^{(k)} + 12en_9^{(k)} + n_{10}^{(k)}) + \psi_7 (455e^3 r_8^{(i)} + 91e^2 r_9^{(i)} + 13er_{10}^{(i)} + r_{11}^{(i)}) ,$$

$$t_4^{(i)} = 120e^3 \psi_2 \epsilon_4^{(k)} + 15e^2 \psi_3 (11es_5^{(i)} + 3s_6^{(i)}) + 5e\psi_4 (44e^2 h_6^{(k)} +$$

$$+ 11eh_7^{(k)} + 2h_8^{(k)}) + \psi_5 (286e^3 l_7^{(i)} + 66e^2 l_8^{(i)} + 11el_9^{(i)} + l_{10}^{(i)}) +$$

$$+ \psi_6 (364e^3 n_8^{(k)} + 78e^2 n_9^{(k)} + 12en_{10}^{(k)} + n_{11}^{(k)}) + \psi_7 (455e^3 r_9^{(i)} +$$

$$+ 91e^2 r_{10}^{(i)} + 13er_{11}^{(i)} + r_{12}^{(i)}) ,$$

$$t_5^{(i)} = 165e^3 \psi_3 s_0^{(i)} + 55e^2 \psi_4 (4eh_7^{(k)} + h_8^{(k)}) + 11e\psi_5 (26e^2 l_8^{(i)} + 6el_9^{(i)} + l_{10}^{(i)}) + \psi_6 (364e^3 n_9^{(k)} + 78e^2 n_{10}^{(k)} + 12en_{11}^{(k)} + n_{12}^{(k)}) + \psi_7 (455e^3 r_{10}^{(i)} + 91e^2 r_{11}^{(i)} + 13er_{12}^{(i)} + r_{13}^{(i)}),$$

$$t_6^{(i)} = 220e^3 \psi_4 h_8^{(k)} + 11e^2 \psi_5 (26el_9^{(i)} + 6l_{10}^{(i)}) + 2e\psi_6 (182e^2 n_{10}^{(k)} + 39en_{11}^{(k)} + 6n_{12}^{(k)}) + \psi_7 (455e^3 r_{11}^{(i)} + 91e^2 r_{12}^{(i)} + 13er_{13}^{(i)} + r_{14}^{(i)}),$$

$$t_7^{(i)} = 286e^3 \psi_5 l_{10}^{(i)} + 2e^2 \psi_6 (182en_{11}^{(k)} + 39n_{12}^{(k)}) + 13e\psi_7 (35e^2 r_{12}^{(i)} + 7er_{13}^{(i)} + r_{14}^{(i)}),$$

$$t_8^{(i)} = 364e^3 \psi_6 n_{12}^{(k)} + 91e^2 \psi_7 (5er_{13}^{(i)} + r_{14}^{(i)}), \quad t_9^{(i)} = 455e^3 \psi_7 r_{14}^{(i)}, \quad (23)$$

en donde:

$$\psi_1 = \frac{15}{2}, \quad \psi_2 = \frac{105}{2a}, \quad \psi_3 = -\frac{210}{a^2}, \quad \psi_4 = -\frac{315}{a^3},$$

$$\psi_5 = \frac{1575}{2a^4}, \quad \psi_6 = \frac{693}{2a^5}, \quad \psi_7 = -\frac{693}{a^6},$$

y además:

$$k = i + 2,$$

$$q_m^{(j+4)} = q_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 0,1,2),$$

$$\xi_m^{(j+4)} = \xi_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4),$$

$$s_m^{(j+4)} = s_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4,5,6),$$

$$h_m^{(j+4)} = h_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4,5,6,7,8),$$

$$l_m^{(j+4)} = l_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10),$$

$$n_m^{(j+4)} = n_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12),$$

$$r_m^{(j+4)} = r_m^{(j)}, \quad (j = 1,2; m = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14),$$

$$\xi_0^{(i)} = a_0 q_0^{(i)} + a_2 q_2^{(i)},$$

$$\xi_1^{(i)} = a_1 q_0^{(i)} + a_0 q_1^{(i)},$$

$$\xi_2^{(i)} = a_1 q_1^{(i)} - a_2 q_2^{(i)},$$

$$\begin{aligned} \xi_3^{(i)} &= a_2 q_0^{(i)} + a_0 q_2^{(i)}, \\ \xi_4^{(i)} &= a_2 q_1^{(i)} + a_1 q_2^{(i)}; \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} s_0^{(i)} &= b_0 q_0^{(i)} + b_3 q_2^{(i)}, \\ s_1^{(i)} &= b_0 q_1^{(i)} + b_1 q_0^{(i)} + b_4 q_2^{(i)}, \\ s_2^{(i)} &= b_2 q_0^{(i)} + b_1 q_1^{(i)} - b_3 q_2^{(i)}, \\ s_3^{(i)} &= b_2 q_1^{(i)} - b_4 q_2^{(i)}, \\ s_4^{(i)} &= b_3 q_0^{(i)} + b_0 q_2^{(i)}, \\ s_5^{(i)} &= b_4 q_0^{(i)} + b_3 q_1^{(i)} + b_1 q_2^{(i)}, \\ s_6^{(i)} &= b_4 q_1^{(i)} + b_2 q_2^{(i)}; \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} h_0^{(i)} &= c_0 q_0^{(i)} + c_4 q_2^{(i)}, \\ h_1^{(i)} &= c_1 q_0^{(i)} + c_0 q_1^{(i)} + c_5 q_2^{(i)}, \\ h_2^{(i)} &= c_2 q_0^{(i)} + c_1 q_1^{(i)} + (c_6 - c_4) q_2^{(i)}, \\ h_3^{(i)} &= c_3 q_0^{(i)} + c_2 q_1^{(i)} - c_5 q_2^{(i)}, \\ h_4^{(i)} &= c_3 q_1^{(i)} - c_6 q_2^{(i)}, \\ h_5^{(i)} &= c_4 q_0^{(i)} + c_0 q_2^{(i)}, \\ h_6^{(i)} &= c_5 q_0^{(i)} + c_4 q_1^{(i)} + c_1 q_2^{(i)}, \\ h_7^{(i)} &= c_6 q_0^{(i)} + c_5 q_1^{(i)} + c_2 q_2^{(i)}, \\ h_8^{(i)} &= c_6 q_1^{(i)} + c_3 q_2^{(i)}; \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} l_0^{(i)} &= d_0 q_0^{(i)} + d_5 q_2^{(i)}, \\ l_1^{(i)} &= d_1 q_0^{(i)} + d_0 q_1^{(i)} + d_6 q_2^{(i)}, \\ l_2^{(i)} &= d_2 q_0^{(i)} + d_1 q_1^{(i)} + (d_7 - d_5) q_2^{(i)}, \\ l_3^{(i)} &= d_3 q_0^{(i)} + d_2 q_1^{(i)} + (d_8 - d_6) q_2^{(i)}, \\ l_4^{(i)} &= d_4 q_0^{(i)} + d_3 q_1^{(i)} - d_7 q_2^{(i)}, \\ l_5^{(i)} &= d_4 q_1^{(i)} - d_8 q_2^{(i)}, \\ l_6^{(i)} &= d_5 q_0^{(i)} + d_0 q_2^{(i)}, \\ l_7^{(i)} &= d_6 q_0^{(i)} + d_5 q_1^{(i)} + d_1 q_2^{(i)}, \\ l_8^{(i)} &= d_7 q_0^{(i)} + d_6 q_1^{(i)} + d_2 q_2^{(i)}, \\ l_9^{(i)} &= d_8 q_0^{(i)} + d_7 q_1^{(i)} + d_3 q_2^{(i)}, \\ l_{10}^{(i)} &= d_8 q_1^{(i)} + d_4 q_2^{(i)}; \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} n_0^{(i)} &= m_0 q_0^{(i)} + m_6 q_2^{(i)}, \\ n_1^{(i)} &= m_1 q_0^{(i)} + m_0 q_1^{(i)} + m_7 q_2^{(i)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_2^{(i)} &= m_2 q_0^{(i)} + m_1 q_1^{(i)} + (m_8 - m_6) q_2^{(i)}, \\
 n_3^{(i)} &= m_3 q_0^{(i)} + m_2 q_1^{(i)} + (m_9 - m_7) q_2^{(i)}, \\
 n_4^{(i)} &= m_4 q_0^{(i)} + m_3 q_1^{(i)} + (m_{10} - m_8) q_2^{(i)}, \\
 n_5^{(i)} &= m_5 q_0^{(i)} + m_4 q_1^{(i)} - m_9 q_2^{(i)}, \\
 n_6^{(i)} &= m_5 q_1^{(i)} - m_{10} q_2^{(i)}, \\
 n_7^{(i)} &= m_6 q_0^{(i)} + m_0 q_2^{(i)}, \\
 n_8^{(i)} &= m_7 q_0^{(i)} + m_6 q_1^{(i)} + m_1 q_2^{(i)}, \\
 n_9^{(i)} &= m_8 q_0^{(i)} + m_7 q_1^{(i)} + m_2 q_2^{(i)}, \\
 n_{10}^{(i)} &= m_9 q_0^{(i)} + m_8 q_1^{(i)} + m_3 q_2^{(i)}, \\
 n_{11}^{(i)} &= m_{10} q_0^{(i)} + m_9 q_1^{(i)} + m_4 q_2^{(i)}, \\
 n_{12}^{(i)} &= m_{10} q_1^{(i)} + m_5 q_2^{(i)}; \\
 r_0^{(i)} &= f_0 q_0^{(i)} + f_7 q_2^{(i)}, \\
 r_1^{(i)} &= f_1 q_0^{(i)} + f_0 q_1^{(i)} + f_8 q_2^{(i)}, \\
 r_2^{(i)} &= f_2 q_0^{(i)} + f_1 q_1^{(i)} + (f_9 - f_7) q_2^{(i)}, \\
 r_3^{(i)} &= f_3 q_0^{(i)} + f_2 q_1^{(i)} + (f_{10} - f_8) q_2^{(i)}, \\
 r_4^{(i)} &= f_4 q_0^{(i)} + f_3 q_1^{(i)} + (f_{11} - f_9) q_2^{(i)}, \\
 r_5^{(i)} &= f_5 q_0^{(i)} + f_4 q_1^{(i)} + (f_{12} - f_{10}) q_2^{(i)}, \\
 r_6^{(i)} &= f_6 q_0^{(i)} + f_5 q_1^{(i)} - f_{11} q_2^{(i)}, \\
 r_7^{(i)} &= f_6 q_1^{(i)} - f_{12} q_2^{(i)}, \\
 r_8^{(i)} &= f_7 q_0^{(i)} + f_0 q_2^{(i)}, \\
 r_9^{(i)} &= f_8 q_0^{(i)} + f_7 q_1^{(i)} + f_1 q_2^{(i)}, \\
 r_{10}^{(i)} &= f_9 q_0^{(i)} + f_8 q_1^{(i)} + f_2 q_2^{(i)}, \\
 r_{11}^{(i)} &= f_{10} q_0^{(i)} + f_9 q_1^{(i)} + f_3 q_2^{(i)}, \\
 r_{12}^{(i)} &= f_{11} q_0^{(i)} + f_{10} q_1^{(i)} + f_4 q_2^{(i)}, \\
 r_{13}^{(i)} &= f_{12} q_0^{(i)} + f_{11} q_1^{(i)} + f_5 q_2^{(i)}, \\
 r_{14}^{(i)} &= f_{12} q_1^{(i)} + f_6 q_2^{(i)}.
 \end{aligned}
 \tag{28}$$

Al reemplazar los valores de  $q_m^{(i)}$ ,  $m = 0, 1, 2$  que aparecen en las ecuaciones (24), (25), (26), (27), (28) y (29) por los valores de (17), insertar los valores resultantes en (20), (21), (22), y (23), y tener en cuenta el signo de la ecuación (19), obtenemos  $\Delta\beta_i$  para  $J_5$  y  $J_6$ .

Al tomar  $E=0$  como valor inicial de la anomalía excéntrica obtenemos en las ecuaciones (5), (6) y (7) para  $t=0$ ,

$$\tau = \frac{1}{\omega} (u, u^*),$$

$$\alpha = u, \quad \beta = 2u^*.$$

Con esto, las ecuaciones (16) y (19) pueden ser utilizadas para computar  $\tau$  y  $\Delta\alpha_i$ ,  $\Delta\beta_i$  respectivamente para  $E = E_i$ .

Entonces para  $E = E_i$ , tendremos:

$$\alpha_{iE_i} = \alpha_{i0} + \Delta\alpha_{iE_i},$$

$$\beta_{iE_i} = \beta_{i0} + \Delta\beta_{iE_i},$$

los cuales se convierten en las condiciones iniciales para el cálculo de  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  para el siguiente paso. Estos valores pueden ser utilizados en (7), (8) y (9) para obtener  $t$ ,  $x$  y  $y$  en  $E=E_i$ .

#### 4. Conclusiones

Con ayuda de expansiones en series de potencias que permiten expresar términos de la forma  $1/r^n$  en función de la anomalía excéntrica, presentamos las expresiones analíticas que permiten calcular el movimiento de un satélite artificial considerando los armónicos zonales  $J^5$  y  $J^6$  en términos de los elementos KS. La inclusión de estos desarrollos a los calculados por Sharma (1993) permite obtener una teoría enteramente adecuada para describir el movimiento de un satélite que se mueve, como la gran mayoría, en una órbita poco excéntrica, a alturas superiores a los 600 Km.

#### 5. Agradecimientos

El autor desea expresar su gratitud al profesor Eduardo Brieva por sus comentarios y útiles sugerencias, y a Colciencias por la financiación parcial de una pasantía en la Universidad de Sao Paulo, en donde se discutieron algunas ideas sobre los desarrollos aquí presentados. Este trabajo ha sido financiado por el CINDEC de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, a través del proyecto 803116.

#### 6. Bibliografía

Kustaanheimo, P. & Stiefel, E. 1965, *J. Reine Angew. Math.* 218, 204.  
 Sharma, R.K. 1989, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 46, 321.  
 ——— 1991, VSSC/TR/154/91.  
 ——— 1993, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 56, 505.  
 ——— & Mani, L. 1985, *Indian J. Pure Appl. Math.* 16, 833.  
 Stiefel, E.L. & Scheifele, G. 1971, *Linear and Regular Celestial Mechanics*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

# ESTIMULACION IN VITRO DE LINFOCITOS UTILIZANDO DOS NUEVAS LECTINAS AISLADAS DE *Dioclea lehmanni* Y *Erythrina costaricensis*

por

Marta Lucía Bueno\*, Mario Contreras-Vega\* y Gerardo Pérez\*\*

## Resumen

Bueno, M.L., Contreras-Vega, M. & G. Pérez.: Estimulación invitro de linfocitos utilizando dos nuevas lectinas aisladas de *Dioclea lehmanni* y *Erythrina costaricensis*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 337-341, 1994. ISSN 0370-3908.

La actividad estimulante de linfocitos por las lectinas está relacionada con los glucósidos específicos a los que éstas se unen en la membrana celular. La composición de las membranas en las diferentes especies es particular por lo cual es posible detectar diversas respuestas ante lectinas que reconozcan azúcares diferentes. La lectina de *Erythrina costaricensis* logró transformar los linfocitos de *Proechimys chrysaeolus* en una concentración de 0.65  $\mu\text{g/ml}$ , los de *Aotus l. griseimembra*, con 2.38  $\mu\text{g/ml}$  y los de humanos con 19.65  $\mu\text{g/ml}$ . Las tres especies difieren significativamente en las concentraciones requeridas para obtener el pico máximo de transformación siendo éste siempre inferior al presentado en los cultivos controles con fitohemaglutinina y favina. La lectina P2 de *Dioclea lehmanni* no induce transformación en los linfocitos de los humanos ni en los de *Proechimys chrysaeolus*, observándose solamente estímulo en los de *Aotus l. griseimembra* en concentraciones de 1.34  $\mu\text{g/ml}$ . Los datos presentados son intrigantes dada la similitud estructural de la Favina con las lectinas de *Erythrina*, teniendo en cuenta el reconocimiento funcional por los carbohidratos que caracterizan las lectinas. Se plantean algunas hipótesis para explicar estos resultados.

**Palabras Claves:** Lectinas, *Dioclea lehmanni*, *Erythrina costaricensis*, mitogénesis, linfocitos, *Aotus l. griseimembra*, *Proechimys chrysaeolus*.

## Abstract

The *Erythrina costaricensis* transforms the *Proechimys chrysaeolus* lymphocytes at a concentration of 0.65  $\mu\text{g/ml}$ , the *Aotus l. griseimembra* lymphocytes at 2.38  $\mu\text{g/ml}$  and human lymphocytes at 19.65  $\mu\text{g/ml}$ . The three species differ in the concentrations required to reach maximal transformation; maximum stimulus is obtained with phytohaemagglutinin and favin. The *Dioclea lehmanni* P2 lectin stimulates only the *Aotus l. griseimembra* lymphocytes at a concentration of 1.34  $\mu\text{g/ml}$ . Given the structural similarity of favin with the *Erythrina* lectins, the reported data are puzzling. Some hypothesis are laid down to explain the results.

**Key Words:** Lectins, *Dioclea lehmanni*, *Erythrina costaricensis*, mitogenesis, lymphocytes, *Aotus l. griseimembra*, *Proechimys chrysaeolus*.

\* Laboratorio de Citogenética, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santa Fé de Bogotá, Colombia. Apartado 23227.

\*\* Laboratorio de Bioquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, Colombia.

## Introducción

Las lectinas son proteínas ampliamente distribuidas en microorganismos, plantas y animales (Kocourek, 1986; Lis y Sharon, 1986a,b). Dentro de las propiedades biológicas importantes de las lectinas están las de aglutinar eritrocitos humanos y animales, su citotoxicidad, la inducción de células supresoras, la actividad insulinoimética y la actividad mitogénica que presentan algunas de ellas. Nowell (1960), descubrió que los linfocitos, que eran considerados en ese tiempo como líneas terminales en su desarrollo, podían dividirse y desdiferenciarse cuando se cultivaban en presencia de lectinas. Desde entonces las lectinas han sido ampliamente empleadas en estudios inmunológicos y citogenéticos tanto básicos como aplicados.

Las más comunes son las extraídas de plantas, especialmente de las leguminosas (Kocourek, 1986). Para el estímulo de linfocitos humanos es muy utilizada la Fitoheماغlutinina (PHA) extraída de *Phaseolus vulgaris* que también ha sido empleada en algunos animales (Taylor y Siddiqui, 1978), aunque es poco activa en otras especies como mitógeno (Giraldo *et al.*, 1986; Bueno *et al.*, 1989).

Las lectinas difieren en su capacidad de estimular los linfocitos de distintas especies pero se piensa que todas tienen la capacidad de modificar la superficie celular e inducir la división si se emplea el sistema adecuado (Lis y Sharon, 1986a). Por nuestra experiencia en especies silvestres hemos podido observar que algunos ejemplares que no responden al estímulo con la PHA, presentaron buenos índices mitóticos con la lectina extraída de *Vicia faba* (favina).

La respuesta a agentes mitogénicos es muy específica y en algunos casos se ha encontrado que varía significativamente en grupos de especies muy cercanas o en segmentos poblacionales de una misma especie (Bryan y Hybertson, 1972).

El presente trabajo busca comparar la respuesta respecto a la actividad mitótica y los niveles de estimulación de los linfocitos de tres especies ante dos nuevas lectinas purificadas recientemente a partir de semillas de *Dioclea lehmanni* (P2) y *Erythrina costaricensis* (ECL) (Pérez *et al.*, 1990; Pérez, 1993b).

## Materiales y métodos

Para la obtención de los linfocitos fueron usados como donantes tres especies distintas de animales: *Proechimys chrysaeolus* (Rodentia: Echimyidae), *Aotus l. griseimembra* (Cebidae: Platyrrhini) y humanos.

Se efectuaron cultivos de sangre total, según Moorhead *et al.*, (1960) empleando siempre como control positivo un mitógeno que activara efectivamente los linfocitos de las especies escogidas. Para humanos se empleó PHA (GIBCO) a la concentración usada en los cultivos de rutina para estudios citogenéticos (7.5  $\mu$ g de liofilizado por ml de medio completo). Para *Aotus* y *Proechimys* el control positivo fue un extracto salino de *Vicia faba* preparado en el laboratorio en una dilución

previamente determinada por cultivos seriados en estas especies hasta obtener un pico máximo de respuesta al mitógeno (índices mitóticos entre 1.8% y 2.7%).

Los controles negativos fueron cultivos a los cuales no se adicionó ningún mitógeno. Los controles positivos también nos permitieron verificar las condiciones del medio de cultivo, ciclo celular y el tiempo de cosecha de células.

La evaluación de los índices mitóticos se obtuvo por conteo celular en láminas coloreadas con Giemsa, realizando la lectura con el objetivo de 10X, en 50 campos al azar por cada uno de los cultivos. El total de células se determinó por el número de células no transformadas, linfoblastos y células en mitosis (profásicas y metafásicas). Para cada uno de los cultivos el índice mitótico se calculó como la fracción: (número de metafases / número total de células) X 100.

Las lectinas de *Dioclea lehmanni* (P2) y *Erythrina costaricensis* (ECL) empleadas en estos cultivos fueron aisladas, purificadas y caracterizadas según Pérez *et al.*, (1990) y Pérez, (1993 b). La lectina ECL ha sido purificada por Nanne y Aragón (1991) por un método más complejo, por lo que éste no fue utilizado. Las proteínas puras se adicionaron a los cultivos según la especie, en diferentes concentraciones que en todos los casos fueron menores a la concentración que ocasionaba aglutinación de los eritrocitos.

## Resultados y discusión

En los controles negativos en ningún caso se observó transformación blástica. Los controles positivos tanto con la PHA como con la favina presentaron índices muy superiores a los que se lograron con las dos nuevas lectinas, por lo que sus valores no pudieron ser incluidos en la figura.

En la Tabla 1 y en la Figura 1 se observan los resultados de los índices mitóticos (I.M.) obtenidos con la lectina de *Erythrina costaricensis* (ECL) para cada una de las especies. Esta lectina mostró un amplio rango de acción aunque con índices bajos de estimulación con respecto a los obtenidos en el control positivo.

De acuerdo con los resultados es claro, que las concentraciones en las cuales se obtienen los picos máximos de transformación, para cada una de las especies incluidas en este estudio, difieren significativamente. *P. chrysaeolus* responde pobremente a concentraciones bajas de proteína (0.65  $\mu$ g / ml de medio con IM de 0.33%), en tanto que *A. l. griseimembra* presenta una mejor transformación (I.M. 0.45%) en concentraciones un poco más elevadas (1.9  $\mu$ g de proteína por ml de medio) después de la cual se muestra un claro efecto inhibitorio. En humanos sólo se obtuvo transformación con los índices mitóticos más altos de las tres especies, en concentraciones superiores a 13.1  $\mu$ g/ml de medio.

El I.M. máximo observado con esta lectina fue de 0.61% en linfocitos humanos en una concentración de proteína de 26.2  $\mu$ g/ml de cultivo. El patrón de PHA en este experimento mostró un índice mitótico (I.M.) de

**Tabla 1.** Indices mitóticos obtenidos con la lectina de *Erythrina costaricensis*

| Concentración (µg/ml) | A.l. <i>griseimembra</i> | Humanos | <i>P. chrysaеolus</i> |
|-----------------------|--------------------------|---------|-----------------------|
| 0.13                  | 0                        | 0       | 0                     |
| 0.26                  | 0                        | 0       | 0                     |
| 0.34                  | 0                        | 0       | 0                     |
| 0.52                  | 0                        | 0       | 0                     |
| 0.65                  | 0.08                     | 0       | 0.33                  |
| 1.31                  | 0.14                     | 0       | 0.19                  |
| 1.96                  | 0.45                     | 0       | 0.17                  |
| 2.38                  | 0.4                      | 0       | 0                     |
| 2.62                  | 0.27                     | 0       | 0                     |
| 5.24                  | 0.24                     | 0       | 0                     |
| 7.19                  | 0.3                      | 0       | 0                     |
| 10.48                 | 0.23                     | 0       | 0                     |
| 3.1                   | 0                        | 0.22    | 0                     |
| 19.65                 | 0                        | 0.41    | 0                     |
| 26.2                  | 0                        | 0.61    | 0                     |
| 32.75                 | 0                        | 0       | 0                     |
| 39.3                  | 0                        | 0       | 0                     |

**Tabla 2 .** Indices mitóticos máximos obtenidos con la lectina de *Erythrina costaricensis* (ECL)

| ESPECIE                 | E CL |       | CONTROL* |
|-------------------------|------|-------|----------|
|                         | I.M  | µg/ml | I.M.     |
| <i>P.chrysaеolus</i>    | 0.3  | 0.65  | 1.8      |
| <i>A.l.griseimembra</i> | 0.45 | 1.96  | 1.7      |
| HUMANOS                 | 0.61 | 26.2  | 2.2      |

\* Para los controles de *P.chrysaеolus* y *A.l.griseimembra* se utilizó favina, para los humanos fitohemaglutinina.

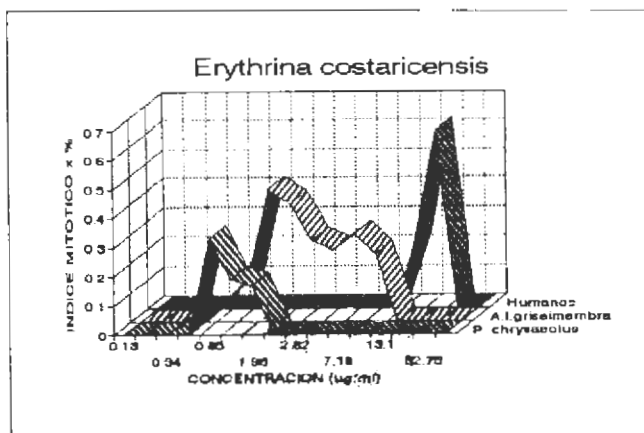
Los ensayos realizados demuestran claramente la capacidad mitogénica de esta lectina para los linfocitos de las tres especies. Esta es menor que la producida por la fitohemaglutinina en los linfocitos humanos o por la favina en los linfocitos de primates y roedores.

La comparación de los datos obtenidos en este trabajo con los publicados para las lectinas aisladas de varias especies de *Erythrina* (Gilboa-Garber & Mizrahi, 1981; Iglesias *et al.*, 1982; Lis *et al.*, 1985; Peña *et al.*, 1988 ) muestran que ellas difieren significativamente entre sí en cuanto a su capacidad mitogénica frente a linfocitos humanos. En los casos en que se obtiene estímulo, las dosis para el máximo I.M. varían entre 33-100 µg lectina/ml de cultivo. Las diferencias observadas son intrigantes cuando se considera la alta similitud estructural y funcional que poseen entre sí las lectinas del género *Erythrina* (Pérez, 1993a).

Para las tres especies las concentraciones altas de proteína en el medio de cultivo provocaron aglutinación de los eritrocitos. No se realizaron las pruebas de aglutinación in vitro con eritrocitos lavados dado que esta propiedad había sido establecida en trabajos previos (Pérez *et al.*, 1990; Pérez, 1993b).

Los datos presentados sugieren también claras diferencias en la composición de las membranas de las tres especies. Si la respuesta mitogénica está correlacionada con el número de receptores (glicoproteínas) en las membranas, las diferencias en las concentraciones de proteína requeridas para la transformación de los linfocitos podría ser explicada por esta característica siempre y cuando la relación linfocito/ml:eritrocito/ml sea equivalente entre ellas. Otra posible explicación para estos resultados, serían las diferencias en la afinidad de estas proteínas por oligosacáridos particulares presentes en los receptores de los linfocitos.

Estos resultados son interesantes dado que conservan alguna proximidad entre las respuestas del primate con los humanos y una mayor diferencia con el roedor que corresponden a la proximidad evolutiva de las especies. Con la lectina de *Dioclea lehmanni* (P2) se obtuvieron resultados notablemente diferentes. Se cubrió un



**Figura 1.** Índice mitótico de la lectina de *Erythrina costaricensis* para las tres especies estudiadas.

2.2% que es aproximadamente cuatro veces superior al encontrado con la ECL.

Para *Aotus l. griseimembra* el I.M. máximo con ECL fué de 0.45% para una concentración de proteína de 1.96 µg/ml de cultivo y en *P.chrysaеolus* de 0.19%. Al comparar estos valores con los de los controles realizados con favina, se puede ver que aunque se obtuvo estímulo, éste es también casi cuatro veces inferior al observado con la lectina control ( favina, I.M. 1.7%).

rango mucho más amplio de concentraciones (no todos los ensayos se incluyen en la Tabla 3), desde 0.058 hasta 10.76  $\mu\text{g}$  de proteína/ml de medio. Sólo se obtuvo transformación en los linfocitos de *A.l.griseimembra* con un I.M. máximo de 1.16% a una concentración final de 1.34  $\mu\text{g}$  lectina/ml de cultivo. Este índice fue inferior al observado en el control con favina (I.M. 1.7 %) pero superior al encontrado con la lectina de *Erythrina costaricensis* (Tabla 4).

**Tabla 3.** Índices mitóticos obtenidos con la lectina de *Dioclea lehmanni*

| CONCENTRACION<br>( $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) | A.l.<br><i>griseimembra</i> |
|--|-----------------------------|
| 0.06   | 0.32                        |
| 0.80   | 0.38                        |
| 1.07   | 0.13                        |
| 1.34   | 1.16                        |
| 2.69   | 0.09                        |
| 4.03   | 0                           |
| 5.03   | 0                           |

**Tabla 4.** Índices mitóticos obtenidos para *A.l. griseimembra* con las tres lectinas del presente trabajo.

| LECTINA | $\mu\text{g}/\text{ml}$ | I.M. |
|---------|-------------------------|------|
| ECL     | 1.96                    | 0.45 |
| P3      | 1.34                    | 1.16 |
| Favina  | 0.07                    | 1.7  |

En los cultivos de linfocitos humanos y de *Proechimys chrysaolus* estimulados con P2 el I.M. fue cero para todos los ensayos realizados, por lo que se concluye que esta proteína no es capaz de transformar los linfocitos de estas especies.

Al comparar los I.M. obtenidos en los linfocitos de *A.l. griseimembra* con las diferentes lectinas se observa que con la lectina de *Erythrina costaricensis* hay respuesta en un rango mucho más amplio aunque los índices mitóticos son más bajos que los obtenidos con la Favina. Con la lectina P2, se obtienen resultados intermedios en cuanto a concentración de proteína e índice mitótico.

Es posible que al trabajar con un extracto crudo de favina no se esté midiendo la capacidad mitogénica específica de una sola proteína sino de un complejo de proteínas que se encuentran en la *Vicia fava* y pueden estar presentando una acción sinérgica en la respuesta.

Desde el punto de vista citogenético, biológico y taxonómico los resultados presentados en este trabajo muestran unas interesantes líneas de aplicación de las

lectinas en su actividad diferencial de aglutinar los eritrocitos en diferentes animales, (Iglesias *et al.*, 1981) que pueden ser utilizadas para la diferenciación de especies o subespecies animales o para la diferenciación de estadios en el desarrollo de *Leishmania donovani* (Wilson y Pearson, 1984).

En los vertebrados son pocos los trabajos que se han realizado en este sentido pero se tienen datos como los presentados por Taylor y Siddiqui, (1978), en los que se muestran respuestas diferenciales de los linfocitos de diferentes poblaciones de *Aotus* frente a fitohemaglutinina, mitógeno de *Phytolacca americana* y Concanavalina A. Estas diferencias han sido utilizadas como evidencia por los taxónomos para proponer que este género no es monoespecífico (Herskovitz, 1983).

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a las secciones de Genética y Bioterio del Instituto Nacional de Salud (INS), por facilitar las instalaciones y el material biológico. Igualmente expresan sus agradecimientos al Departamento de Química (U.Nacional) por el apoyo prestado para realizar este trabajo.

#### Bibliografía

- Bryan, J.H.D. & R.L. Hybertson. 1972. The in vitro stimulation of lymphocytes from peripheral blood and lymph nodes of the laboratory mouse. *Cytogenetics* 11: 25-34.
- Bueno M.L., M. Gómez-Laverde & A. Morales. 1989. Caracterización cariológica de *Proechimys* sp. (Rodentia: Echimyidae) de una colonia experimental. *Biomédica* 9: 13-22.
- Gilboa-Garber, N & L. Mizrahi. 1981. A new mitogenic D-galactosephilic lectin isolated from seed of coral tree *Erythrina corallodendron*. Comparison with *Glycine max* (Soybean) and *Pseudomonas aeruginosa* lectins. *Can. J. Biochem.* 59: 315-320.
- Giraldo, A., M.L. Bueno & E. Silva. 1986. Estudio citogenético de 288 *Aotus* Colombianos. *Biomédica* 6: 5-13.
- Herskovitz, P. 1983. Two new species of night monkeys, genus *Aotus* (Cebidae, Platyrrhini): A preliminary report on *Aotus* taxonomy. *Am.J.Prim.* 4: 209-243.
- Iglesias, J. L., H. Lis & N. Sharon. 1982. Purification and properties of D-galactose / N-acetyl-D-galactosamine-specific lectin from *Erythrina cristagalli*. *Eur. J. Biochem.* 123: 247-253.
- Kocourek, J. 1986. Historical Background. In: Liener, I.E., Sharon, N. and I.J. Goldstein (eds.) *The Lectins: Properties, Functions, and Applications in Biology and Medicine*: Academic Press, New York, pages 3-32.
- Lis, H. & N. Sharon. 1986a. Applications of Lectins. In: Liener, I.E., Sharon, N. and I.J. Goldstein (eds.) *The Lectins: Properties, Functions and Applications in Biology and Medicine*: Academic Press, New York, pages 294-370.
- \_\_\_\_\_ & N. Sharon. 1986b. Biological Properties of Lectins. In: Liener, I.E., Sharon, N. and I.J. Goldstein (eds.) *The Lectins: Properties, Functions, and Applications in Biology and Medicine*: Academic Press, New York, pages 266-293.
- \_\_\_\_\_, J.F. Joubert, & N. Sharon. 1985. Isolation and properties of N-acetyllactosamine-specific lectins from nine *Erythrina* species. *Phytochemistry* 24: 2803-2809.
- Moorhead, P.S., P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battips & D.A. Hungerford. 1960. Chromosome preparations of leukocytes cultured from human peripheral blood. *Exp.Cell.Res.* 20: 613-616.

- Nanne, C.I. & F. Aragón. 1991. Aislamiento, purificación y caracterización de una lectina de la semilla del poró, *Erythrina costaricensis* (Leguminosae). *Rev.Biol.Trop.*, **39**: 15-21.
- Nowell, P.C. 1960. Phytohemagglutinin: An initiator of mitosis in cultures of normal human leukocytes. *Cancer Res.* **20**: 462-466.
- Peña C., F. Villarraga & G. Pérez. 1988. A lectin from the seeds of *Erythrina rubrinervia*. *Phytochemistry* **27**: 1045-1048.
- Pérez G. 1993a. *Erythrina* lectins-A review. Structural and physicochemical properties. *Rev.Acad. Col. Ciencias* **18**: 545-553.
- Pérez G. 1993b. Isolation and characterization of a lectin from the seeds of *Erythrina costaricensis* (en prensa).
- Pérez, G., M. Hernández & E. Mora. 1990. Isolation and characterization of a lectin from the seeds of *Dioclea lehmanni*. *Phytochemistry* **29**: 1745-1749.
- Taylor, D.W. & W.A. Siddiqui. 1978. Comparative mitogen responses of lymphocytes from Colombian, Panamanian, and Peruvian owl monkeys. *Lab. Ann. Sc.* **28**: 567-574.
- Wilson M.E. & R.D. Pearson. 1984. Stage specific variations in lectin binding to *Leishmania donovani*. *Infect.Immunol.* **46**: 128-134.

# MODELO MACROMOLECULAR PARA CARBONES DE DIFERENTE RANGO \*

por

José M. Rincón\*\*

## Resumen

Rincón, J. M.: Modelo macromolecular para carbones de diferente rango. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 343-351, 1994. ISSN 0370-3908.

Carbonificación es la transformación física y química de la materia orgánica desde lignitos hasta antracitas y está controlada especialmente por la temperatura y el tiempo. Las principales características de las reacciones térmicas son la formación de radicales libres y la aromatización, así que la aromatización es la principal tendencia durante las reacciones de carbonificación.

De lo anterior y sabiendo que la extracción del carbón es máxima para carbones del 87%C, se propone una estructura del tipo asociativo para carbones de este rango. Carbones de menor rango tienen mayor entrecruzamiento y el tamaño del anillo aromático es menor. Las reacciones de formación de antracitas son de condensación a partir del modelo asociativo. La estructura propuesta explica satisfactoriamente las propiedades macroscópicas y ayudan a dar dirección a nuevos trabajos de investigación de carbón.

## Abstract

Coalification is the chemical and physics transformation of the organic matter from lignite to anthracite and it is mainly control by temperature and geological time.

The principal characteristics of thermal reaction is the production of free radicals. Free radicals from aromatic are more stable than free radical from paraffinic structure, so aromatization is the mainly route during the coalification process by decreasing the crosslinking of the macromolecular structure. The decreasing in crosslinking during the coalification process means that there is depolymerization and aromatization reactions.

From the later and knowing that solvent extraction is higher for coals of 87% C, we can conclude that macromolecular structure for this rank of coal is of associative type. The low rank coals are most crosslinked but the aromatic cluster size is smaller. By free radical addition reaction and lost of methyl groups (methane production) the anthracite is obtained. The proposed structure explain the macroscopic properties of coal and helps to give new direction for research.

El carbón es el único precursor para la obtención de coque metalúrgico y el más importante para la producción de carbonizados de alta área superficial (carbón

activado) usados en la purificación de gases y agua. Es además el principal recurso energético para la producción de termoelectricidad y la única materia prima disponible, en forma económica, para la obtención de combustibles líquidos y demás derivados químicos provenientes del petróleo.

\* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia, el 22 de septiembre de 1993, con ocasión de su posesión como académico correspondiente.

\*\* Departamento de Química. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia

Este amplio espectro de utilización, las abundantes reservas mundiales, y la posibilidad de nuevas apli-

caciones, permiten predecir que este recurso seguirá siendo importante en el desarrollo de la humanidad. Por esto, y para aprovechar al máximo su potencial, se hace necesario mejorar el conocimiento que se tiene de este recurso.

Cuando a un químico se le pregunta sobre lo más importante en la caracterización de un material, la respuesta obvia, es su estructura. Un buen modelo de la estructura permite enfocar la investigación hacia el mejoramiento de las condiciones de procesos, predecir los catalizadores y diseñar las condiciones ecológicas de utilización.

La constitución química del carbón ha sido estudiada por más de cien años, los conocimientos y modelos propuestos, están aún en discusión. Debido a su complejidad, hablamos de estructura física, molecular y macromolecular (Meyer, 1982) (Thomas, 1986), por lo que en esta presentación haremos una discusión en este sentido, con especial énfasis en la estructura macromolecular.

### Estructura física

El origen del carbón muestra que es un material no homogéneo; es una roca orgánica proveniente de sedimentos fosilizados de plantas, conocidos como macerales, los cuales son áreas distinguibles bajo el microscopio y se diferencia en tres grandes grupos: **Vitrinita**, el más abundante, cerca del 80%, se deriva de la madera de las plantas, especialmente lignina. **Exinita**, proveniente de lípidos y ceras. **Inertinita**, se cree proviene del carbón remanente de antiguos incendios forestales (Hessley et al., 1986).

Grimes, (1982), presenta una revisión de la estructura física del carbón. Sus principales aspectos son: 1- La heterogeneidad, se realiza mediante la descripción en litotipos, macerales y distribución de material inorgánico de los principales minerales incrustados como caolinitas, piritas, calcitas etc. 2- La porosidad: distribución de poro, el área superficial y 3- Los efectos del calor durante el calentamiento, tal como propiedades plásticas y cambios en la estructura porosa debido al calentamiento.

### Estructura molecular

Se acepta que el carbón es predominantemente de origen vegetal (Van Krevelen, 1961), (Bend, 1992), (Haenel, 1992). El cambio de composición elemental con el incremento del rango (Spiro y Kosky, 1982) o grado de transformación se puede ver en la Tabla 1.

Existen características regulares que permiten hablar de una estructura física y química (Meyer, 1982), (Rincón, 1988), tales como:

- 1- El carbón es una sustancia de alto peso molecular y de estructura no uniforme.
- 2- Es de naturaleza aromática.
- 3- La aromaticidad se incrementa de lignitos a antracitas.

Tabla 1. Composición de carbones de diferente rango

|                    | Turba | Lignito | Carbón bituminoso | Antra |
|--------------------|-------|---------|-------------------|-------|
| %C                 | 55    | 70      | 80-90             | 92    |
| %H                 | 10    | 8-5     | 6-4               | 3     |
| %O                 | 35    | 25      | 10-5              | 2     |
| Oxíg. como %COOH   |       | 5.9     | 0                 | 0     |
| Oxígeno como %OH   |       | 5.9     | 2.2               | 0     |
| Oxíg. como éter    |       | 1.0     | 1.1               | 0     |
| Oxíg. carbonilo    |       | 1.0     | 1.1               | 0     |
| Oxig.heterocíclico |       | 0       | 1.1               | 0.9   |
| $C_{ar}/C_{total}$ |       | 0.5     | 0.60              | 0.95  |
| H/C                |       | 1       |                   | 0.5   |

4- Tiene estructura polimérica.

5- El tamaño de las unidades aromáticas, incrementan desde lignitos a antracitas.

Se acepta que los principales bloques de construcción son unidades aromáticas e hidroaromáticas, unidas por puentes de entrecruzamiento tales como uniones metilénicas, éter y tioéteres creando así una red tridimensional. En la periferia de las unidades se localizan diferentes grupos funcionales, las cuales durante el empaquetamiento desordenado dan lugar a la porosidad.

Existen varios modelos moleculares propuestos entre los que se destacan los de Given, Pitt (1979), Wisner (1973), Shinn (1984) entre otros Fig.1-5. Estos modelos son en esencia guías y deben usarse con cierto cuidado teniendo en cuenta la heterogeneidad del carbón.

### Estructura macromolecular

Los modelos moleculares no presentan una clara descripción de las propiedades del carbón. Algunos investigadores ven al carbón como un gel macromolecular poroso (Van Krevelen, 1961), (Green et al., 1982). Ejemplos de sustancias con estructura macromolecular son el caucho y los polímeros.

Las principales características macromoleculares que posee el carbón son:

- 1- El carbón no es soluble pero parte puede ser extraído con solventes.
- 2- Se hincha con varios solventes, sin descomponerse, a temperatura ambiente.
- 3- Es viscoelástico. Esta es una evidencia para la existencia de enlaces de entrecruzamiento.
- 4- La hidrogenólisis incrementa el porcentaje de material soluble, cuya composición es similar a la extraída del carbón directamente.

El problema en mostrar un modelo macromolecular para el carbón es que este debe representar un promedio estadístico de la estructura, la cual obviamente no se puede representar por unidades monoméricas repetitivas como se acostumbra en polímeros.

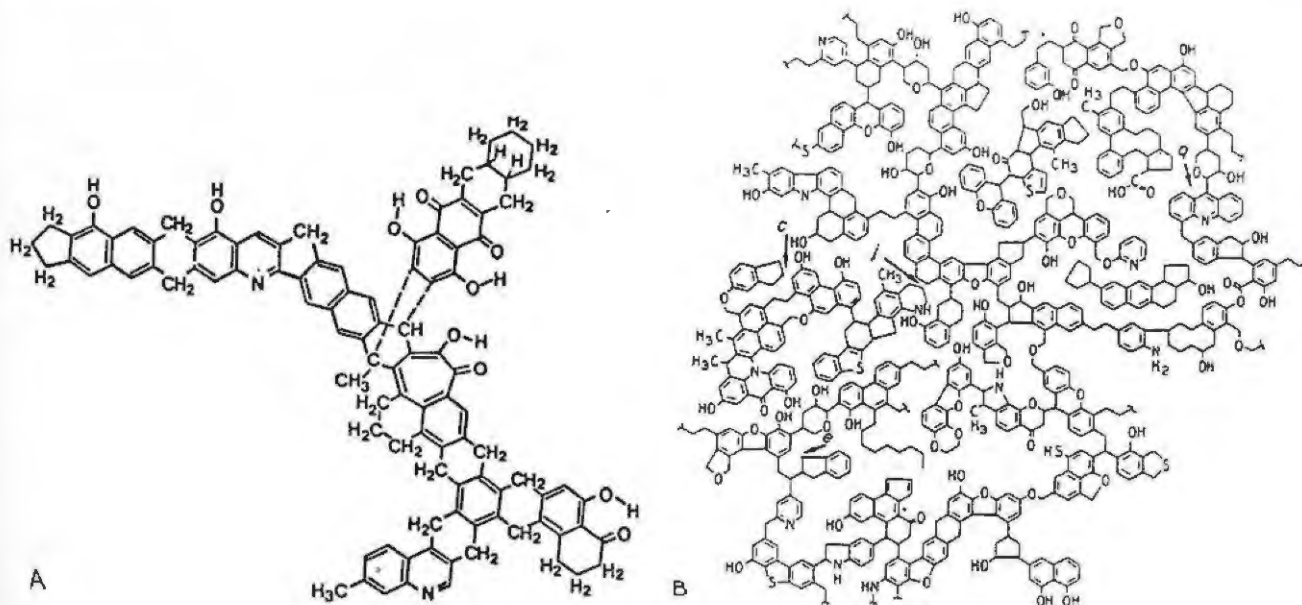


Figura 1. Modelos moleculares propuestos por A-Given y B-Shim

La información necesaria, para este modelo, es la siguiente:

- 1-Distribución del tamaño de la macromolécula.
- 2- Número tipo y distribución de grupos funcionales, heteroátomos, unidades aromáticas y alifáticas.
- 3- Naturaleza y distribución de la estructura de los puentes entre los racimos aromáticos.
- 4- El grado de entrecruzamiento en la estructura macromolecular.

Se han sugerido diferentes modelos. Una propuesta consiste en una mezcla de moléculas de amplio rango y tamaños asociada con puentes de hidrógeno e interacciones de van der Waals, modelo de Sternberg. Hay objeciones fundamentales. Si las moléculas se juntan por fuerzas no covalentes, cualquier solvente cuya interacción en el carbón sobrepase la energía de interacción molécula-molécula, lo disolverá totalmente. Un segundo

modelo, es el modelo de miscelas, (Kreulen ,1952), figura 2, que proviene de los estudios de extractabilidad. Los primeros investigadores proponían que durante las extracciones se obtenían miscelas, recientemente este modelo ha causado algunas dudas.

Un tercer modelo es el propuesto por Vahrman (1970) denominado de dos fases, quien visualiza al carbón como una matriz tridimensional insoluble compuesta de grandes moléculas y una porción soluble de moléculas mas pequeñas ocluída en los poros de la estructura tridimensional.

Que el carbón es una matriz con cantidades sustanciales de pequeñas moléculas es un punto de acuerdo general. Pero que estos últimos permanezcan en los poros no es necesariamente válido. Los carbonos se hinchan con solventes y la expansión de la matriz durante la extracción puede relajarlos, y así permitir la extracción de moléculas mas pequeñas (Marzec, y Woldzimierz, 1983). El modelo de Vahrman no intenta

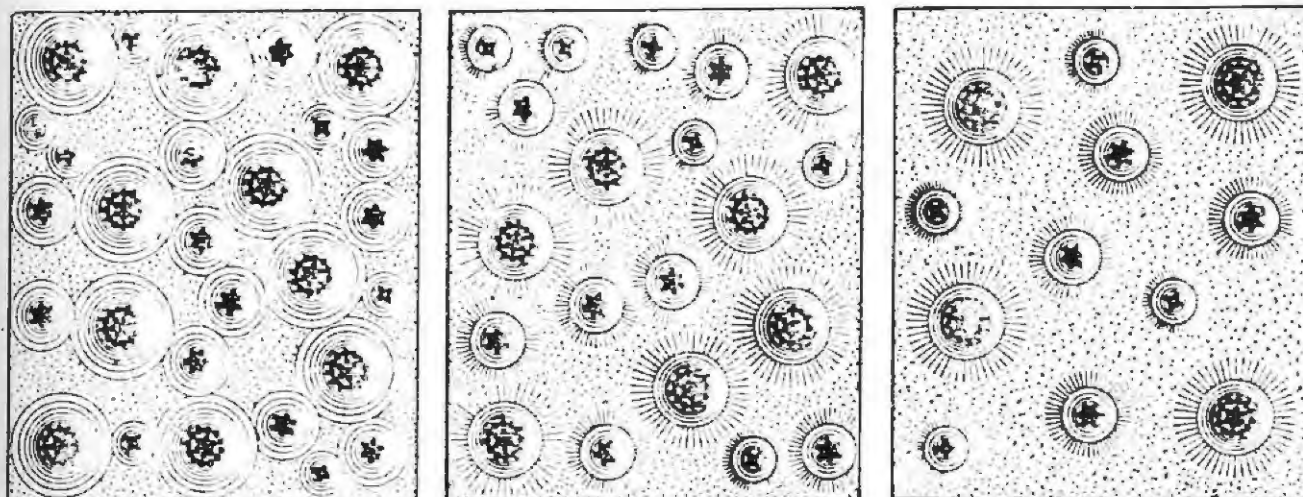


Figura 2. Modelo macromolecular del carbón propuesto por Kreulen.

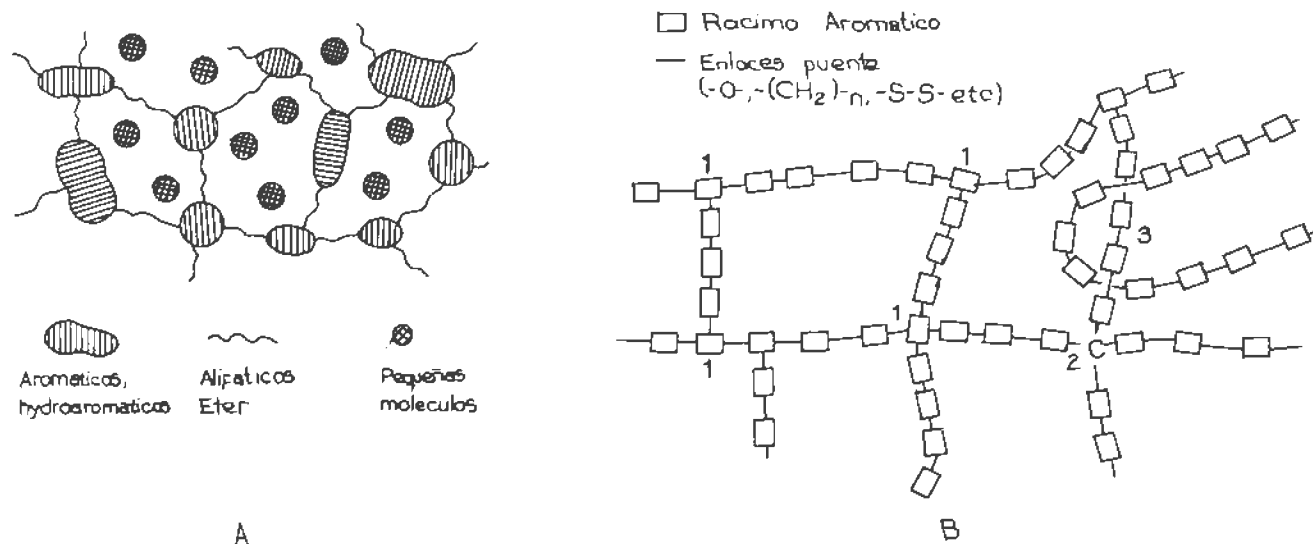


Figura 3. Modelo macromolecular del carbón propuesto por A.-Vahrman y B.-Green.

explicar porqué la matriz es insoluble. La pregunta es que clase de fuerzas unen la moléculas?. Existen enlaces químicos que sirven como agentes de entrecruzamiento o existen otras fuerzas asociativas tales como puentes de hidrógeno o mas general fuerzas donora-aceptor?. De aquí que el principal desacuerdo en la discusión está en si la red se une por una especie de maraña o por enlaces covalentes.

Basados en estas ideas **Green y colaboradores** (1982), figura 3B, proponen el modelo de racimos aromáticos polivalentes extensamente entrecruzados. Estos racimos están ligados covalentemente para formar la red. Puesto que estos racimos son polivalentes, existe un alto potencial para el entrecruzamiento. Las uniones entre los racimos son de cadenas cortas de tipo metilénico y éter, el material extractable se encuentra dentro de la matriz insoluble.

Sin embargo, existen indicios que apoyan el modelo de estructura de miscela como por ejemplo, el tratamiento del carbón con dietilnamina que da una suspensión de tipo coloide, entonces, las partículas son justamente pedazos grandes de la red liberados por rompimiento de los enlaces débiles o interacciones secundarias tales como: enlaces donora-aceptor, puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals y/o de transferencia de carga. Los enlaces fuertes del tipo covalente no pueden ser rotos en estas condiciones por el solvente.

La diferencia entre enlaces covalentes e interacciones secundarias fuertes no ha sido completamente estudiada. Se estima que, debido al mayor contenido de grupos carboxílicos, en carbones de bajo rango, predominan las fuerzas coulombicas; en los de medio rango las fuerzas de transferencia de carga, y las fuerzas de dispersión que involucra electrones- $\delta$  en policíclicos aromáticos, son los de mayor contribución en carbones de alto rango (Nishioka, 1992), (Nishioka et al., 1991), figura 4.

**Iino y colaboradores** (1988), realizan la extracción de carbones de diferente rango, utilizando una mezcla de N-metil-2-pirrolidona con bisulfuro de carbono a

temperatura ambiente y obtienen rendimientos hasta de un 60% en peso en carbones medios en volátiles; para lignitos y antracitas los rendimientos obtenidos fueron cerca al 10%. En artículo mas reciente el mismo grupo de Iino (Ishizuka et al., 1993), encuentran que al agregar tetracianoetileno (TCNE) al carbón y utilizando la misma mezcla de solventes los rendimientos son cercanos al 85% y proponen descartar el modelo aceptado de entrecruzamiento para estos carbones.

**Whan** (1987) mostró que cuando se realiza un pretratamiento térmico del carbón y el solvente a 277-322°C por 10 minutos antes de la licuefacción, obtiene un incremento dramático en la rendimiento a 427°C,

Estos resultados nos indican que buena parte del carbón es extractable si antes se rompe la maraña de interacciones secundarias. Esto a su vez llevó a **Nishioka** (1992) a hacer una discusión del papel de las interacciones asumiendo dos modelos totalmente opuestos: uno de entrecruzamiento covalente o uniones poliméricas y otro de asociación con interacciones secundarias, optando al final por un modelo de asociación para carbones bituminosos.

**Krichko** (1990) igualmente estima que debido a la habilidad de numerosos carbones a subdividirse en condiciones suaves la teoría polimérica debe ser recon-

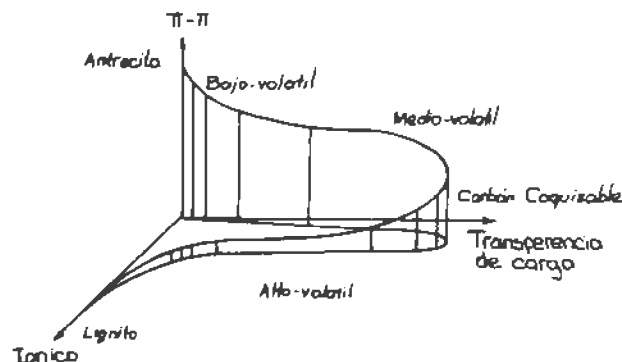


Figura 4. Dependencia de las fuerzas intra e intermoleculares con el rango del carbón, según Nishioka.

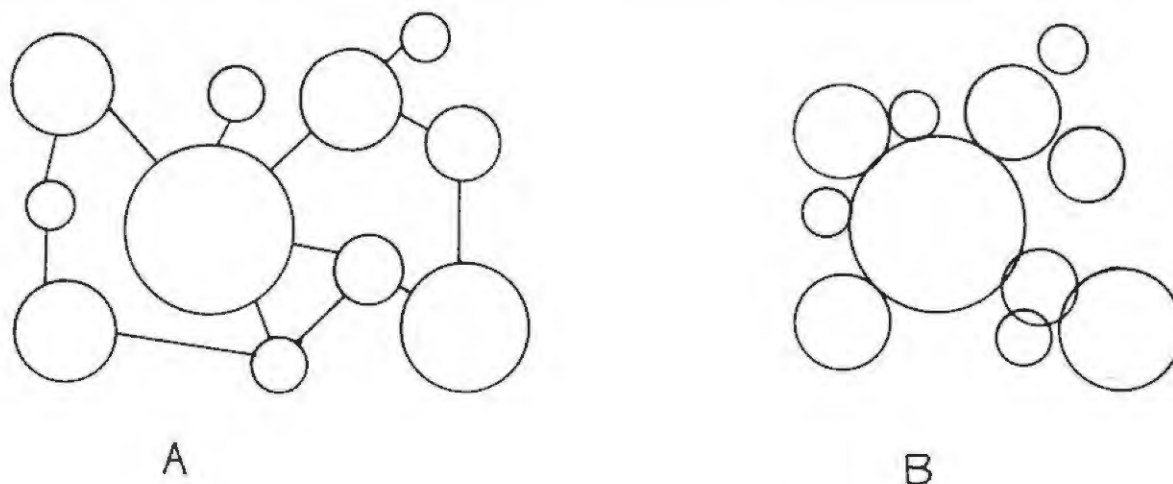


Figura 5. Modelos A.-Asociado y B.- Covalente de la estructura del carbón, según Nishioka.

siderada. A cambio, introduce la idea de que enlaces relativamente débiles funcionan como puentes entre racimos mas estables e introduce el concepto de asociación de multímeros, figura 6.

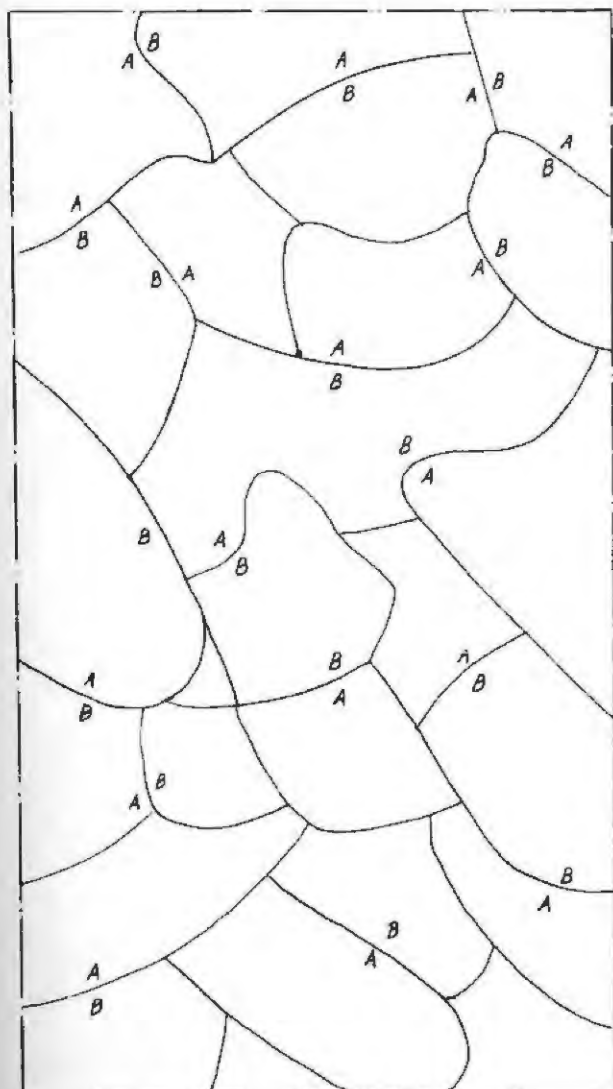


Figura 6. Modelo de asociación de multímeros, según Krisko

De acuerdo al concepto de autoasociación de multímeros de Krichko, la materia orgánica del carbón representa un grupo de macromoléculas de diferente composición química, conectada por unidades múltiples de carácter no covalente. Las uniones de mayor importancia son interacciones del tipo electrón-donor-aceptor (EDA) y enlaces de puente de hidrógeno, los cuales se ven como un caso particular de fuerzas EDA. Las unidades estructurales pueden incorporar diferentes grupos de donores y aceptores de electrones. El carácter de estos sitios, ácidos o básicos, depende de la composición química de sus grupos funcionales y sus alrededores, también como el grado de aromaticidad de la macromolécula. La energía de interacción EDA se puede ver como una contribución de varios factores (Redlich et al., 1985), como cargas electrostáticas, intercambio de polarización y factores de transferencia de carga. El modelo de Kirchko es en gran parte similar al propuesto por Nishioka de asociación con interacciones secundarias.

Como una alternativa se ha propuesto el sistema de dos componentes (Gieven y Marzec 1988), (Gieven et al., 1986), (Derbyshire et al., 1989). En este modelo una macromolécula, red tridimensional de sustancias de carbón, forma el componente o fase inmóvil en la cual se embebe una multitud de pequeñas moléculas de variada estructura formando la fase móvil.

### Discusión

De lo presentado se puede inferir que estos modelos no responden completamente al promedio de sus propiedades y aún quedan incógnitas que es necesario resolver. Los extremos de la hipótesis están claramente presentados en la discusión de Nishioka (18). En una u otra forma los demás modelos concuerdan con una de estas propuestas o una mezcla de ellas.

Existen sin embargo, algunos hechos que no se han tenido en cuenta en la formulación del modelo y que son importantes en la discusión. Quizá el principal problema es presentar un modelo para explicar el comportamiento de un rango particular, sin tener en cuenta los

extremos como carbones de bajo rango y antracitas. Es entonces importante presentar la variación de las propiedades y establecer con base en estas un modelo dinámico que permita visualizar el cambio a medida que se avanza en el rango.

Veamos algunos cambios regulares que ocurren con el incremento del rango. Así, a medida que se enriquece en carbono, encontramos:

1-Una pérdida de funciones oxigenadas (Meyer, 1982) (Hessley et al., 1986), (Grimes et al., 1982), (Spiro y Kosky 1982).

2-Un incremento en aromaticidad (Sfih y Legrand, 1990) (Retkpfosky, 1982).

3-Un incremento en el número de anillos condensados (Rn) (Hessley et al., 1986).

4-Un incremento en orientación, tamaño y espesor de las unidades estructurales básicas (lamelas) (Derbyshire et al., 1989), (Tschamler et al., 1963).

5-Disminución de materia volátil.

Existen otras propiedades con máximos o mínimos en el rango de carbones bituminosos bajos en materia volátil (87-92% C), tales como:

1-Índice de molienda máximo para carbones coquizables (Derbyshire et al., 1989), (Brown et al., 1963).

2-Porosidad y tamaño de poro mínimos (Sharkey y McCartney 1981).

3-Concentración máxima de radicales libres atrapados, por la matriz aromática (Retkpfosky, 1982), (Petrakis y Grandy, 1983).

4-Un máximo rendimiento de licuefacción, sin utilizar catalizadores, para carbones del 86% C (Derbyshire et al., 1989).

5-Una máxima extractabilidad a temperatura ambiente, para carbones de un 87% C, utilizando piridina o mezcla de bisulfuro de carbono:N-metil pirrolidona (Iino y et al., 1988).

6-Unas propiedades plásticas, máximo para carbones bituminosos.

Otras propiedades importantes que se deben tener en cuenta, para el modelamiento son:

1-El hinchamiento con solventes es anisotrópico (French et al., 1993), (Brenner, 1984).

2-Durante el hinchamiento, con solventes, se incrementa el rendimiento de licuefacción sin utilizar catalizadores (Rincón y Cruz 1988), (Joseph 1991), (Rincón et al., 1989).

3-El prehinchamiento del carbón con solventes mejora la extractabilidad de los carbones, (Rincón y Angulo, 1986), (Derbyshire et al., 1982).

## Modelo

La carbonificación es la transformación natural química y física de la materia orgánica a antracita pasando por lignito y carbón bituminoso; primero por procesos bioquímicos y posteriormente por procesos geoquímicos, los cuales son predominantemente controlados por la temperatura y el tiempo (Teichmuller, 1982), (Karweil, 1956).

Los principales grupos oxigenados en carbones son: ácidos carboxílicos, fenoles, cetonas, quinonas y éteres. Los grupos carboxílicos y metóxidos son importantes en carbones de bajo rango (C<72%) y se pierde a medida que se incrementa el rango, a tal punto que en carbones sub-bituminosos ya no se encuentran (Schobert, 1991). Los fenoles y quinonas son los principales grupos oxigenados en carbones de alto rango. Esta composición nos muestra que los primeros grupos funcionales en reaccionar durante la carbonificación son los grupos metóxidos y los ácidos con pérdida de CO<sub>2</sub> y agua, figura 7. Que las reacciones de descarboxilación y pérdida de grupos metóxidos, sean las primeras en ocurrir durante el proceso de carbonificación, es obvio (Gavalas, 1982); las reacciones de descarboxilación, en el laboratorio, ocurren a temperaturas aún de 150°C (Gómez, 1985).

Las reacciones térmicas se caracterizan por la formación de radicales libres (Rincón et al., 1985), (Stein), la estabilidad de estos radicales dependen del ambiente en que se encuentren. Debido a la energía de resonancia, los radicales libres que hacen parte de los anillos aromáticos son más estables que los de parafinas, por lo que la tendencia de las reacciones de radicales libres en carbo-

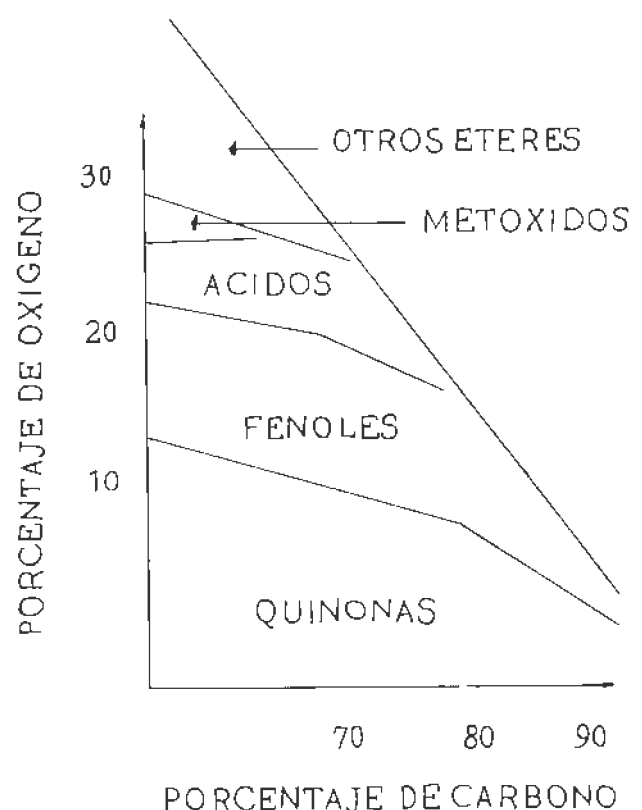


Figura 7. Variación de grupos funcionales oxigenados con el contenido de carbono, según Schobert.

nes durante el proceso de carbonificación es el de incrementar su aromaticidad y el número de anillos condensados.

Al incrementar la aromatización la estructura de la moléculas se vuelven mas planares y de aquí que el tamaño de las lamelas se incremente y el espacio interlamelar disminuye por mejor empaquetamiento de las unidades aromáticas, disminuyendo la porosidad. Este empaquetamiento mejora siempre y cuando se incremente la movilidad de las moléculas, la cual ocurre por disminución de entrecruzamiento de la estructura macromolecular. La disminución en el entrecruzamiento, muestra que durante el procesos de carbonificación existen reacciones de depolimerización y aromatización (Ouchi, et al.,1980), por esta razón los enlaces de entrecruzamiento covalentes disminuyen y las interacciones secundarias del tipo fuerzas de London e interacciones D de las nubes aromáticas se incrementan.

De lo anterior y además teniendo en cuenta que los últimos trabajos muestran que con carbones bituminosos (87%C) los resultados de extracción son cercanos al 85 %, se concluye que su estructura macromolecular es la de un gel de lamelas aromáticas cuyas principales fuerzas de unión son de naturaleza asociativa. Un esquema del modelo de la estructura propuesta se muestra en la figura 8.

Del mecanismo de carbonificación discutido, tenemos que con la disminución del rango se incrementa

el grado de entrecruzamiento, el número de grupos funcionales de las unidades aromáticas y disminuye el tamaño de los anillos aromáticos; en consecuencia el modelo para carbones de bajo rango se puede representar como se muestra en la figura 8 A.

El proceso de aromatización explica el incremento de radicales libres con el rango. Durante este proceso las reacciones de dos entidades moleculares con radicales libres pueden dar lugar a estructuras moleculares mayores las cuales son insolubles. A medida que incrementa la concentración de radicales libres la probabilidad de que ocurran reacciones de condensación se incrementan dando origen a las semiantracitas y antracitas, figura 8 B y C. A pesar de que la energía de activación para las reacciones entre radicales libres es baja, existen problemas difusionales por lo que, para vencer estos procesos de transferencia de masa, se necesita una mayor temperatura, razón por la cual los carbones antracíticos necesitan geotemperaturas altas para su formación.

Este modelo propuesto explica las propiedades de los diferentes rangos; se tiene que los carbones de bajo rango son polímeros de mayor entrecruzamiento y por lo tanto la participación de los enlaces covalentes es mayor. El índice de molienda se mejora a medida que disminuye el entrecruzamiento. La disminución de las fuerzas de enlaces covalentes se ve claramente por su aumento de solubilidad hasta un máximo en el punto crítico. Otro aspecto que muestra la alta participación de enlaces covalentes en los carbones de bajo rango son los

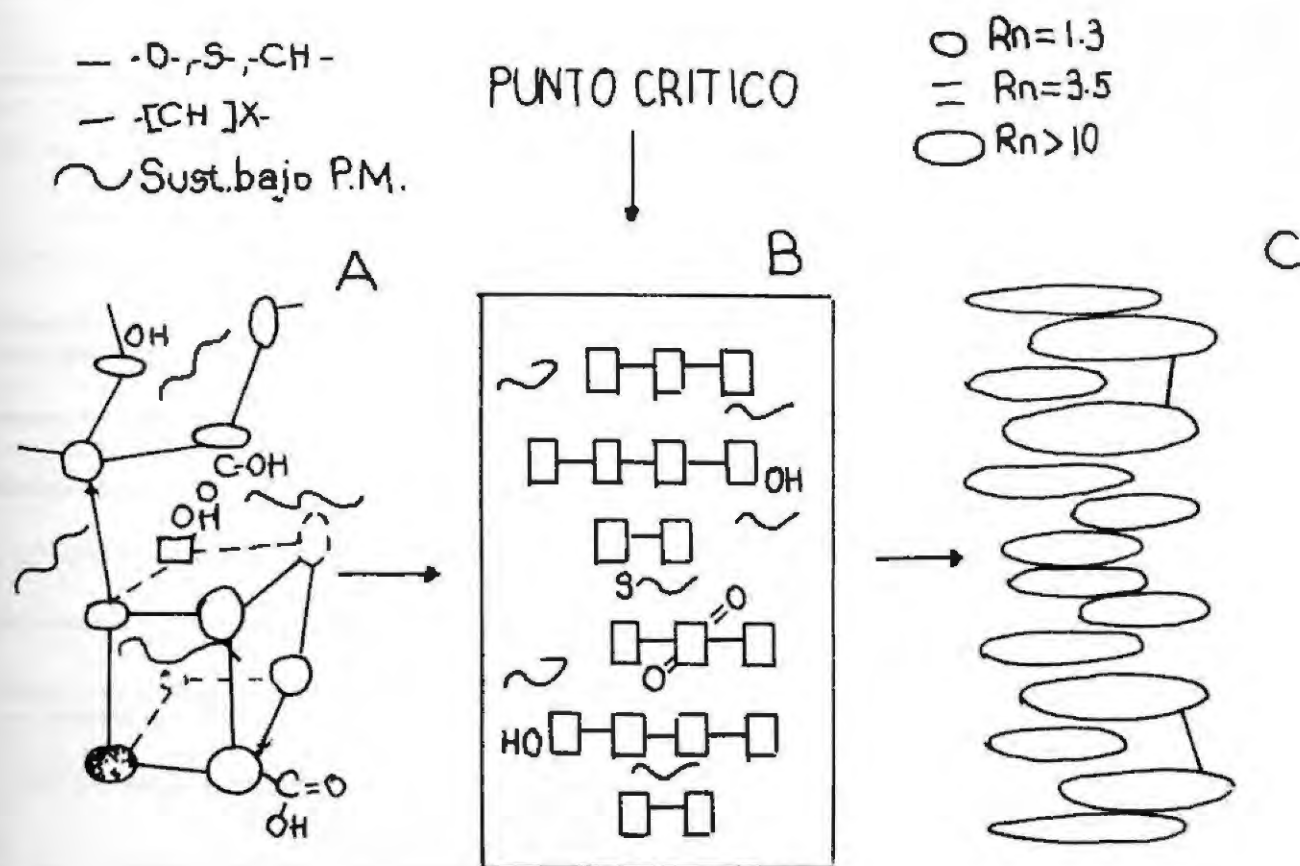


Figura 8. Modelo del carbón propuesto donde A.- Carbón de bajo rango, B.- Carbón bituminoso y C.- Carbón de alto rango o antracita.

bajos rendimientos en licuefacción cuando no se utiliza catalizadores.

Un aspecto importante que no ha sido explicado con anterioridad pero que sí lo hace este modelo, es el corte de propiedades a concentraciones de carbono alrededor de 87 % C, tales como porosidad y propiedades plásticas.

El hecho de que el carbón de bajo rango es de mayor carácter polimérico y de alto entrecruzamiento, también explica del porqué los carbones de bajo rango no pasan por una fase plástica. La estructura tridimensional de los carbones de bajo rango le da las propiedades de un polímero termoestable, mientras que la pérdida de entrecruzamiento y la formación de estructuras aromáticas de mayor número de anillos condensados, de punto de fusión cercano a los 400°C, actúan como solvente y plastificante, aumentando la movilidad de la macroestructura y facilitando el hinchamiento y demás propiedades plásticas observadas durante el calentamiento de los carbones bituminosos.

Una consecuencia de tener un modelo estructural correcto es el poder escoger los catalizadores adecuados en los diferentes procesos de conversión en especial los de licuefacción. El rompimiento de los enlaces covalentes son la etapa determinante del proceso. Para carbones de bajo rango el objetivo debe ser cambiar el mecanismo de pirólisis de radicales libres a mecanismo de carbocationes y esto se logra con catalizadores ácidos o de craqueo. Para carbones bituminosos, los catalizadores de hidrogenación más adecuados serán los de Ni, Mo, Co y similares cuyo objetivo es el de adicionar hidrógeno más que el del rompimiento térmico. Hemos dicho que para romper la barrera energética de enlaces covalentes debemos utilizar catalizadores ácidos y para el apagado con hidrógeno, catalizadores a base de Ni o Mo, por lo que, es de esperar que catalizadores bifuncionales sean los más adecuados para carbones de bajo rango. La utilización de catalizadores ácidos en carbones de bajo rango ha sido demostrada por **Mastral y Rubio** (1984) quienes logran licuar lignitos a temperaturas inferiores de 220°C y el uso de catalizadores a base de Mo para carbones bituminosos es de uso común en los estudios de hidrogenación de carbones (**Derbyshire** 1988). El uso de catalizadores bifuncionales es tema de investigación en la actualidad.

### Agradecimientos

A la Universidad Nacional, Departamento de Química, a sus directivas por su apoyo durante la realización del trabajo. A los estudiantes de post-grado en especial a Ma. Cristina Baquero por la discusión y colaboración durante el desarrollo del trabajo.

### Bibliografía

- Bend, S. L.** 1992. The Origin, formation and petrographic composition of coal, *Fuel*, **71**, 851-870.
- Brenner, D.** 1984. Microscopic in-situ studies of the solvent induced swelling of thin sections of coal, *Fuel*, **63**, 1324-1333.
- Brown, R. L., & Hiorns, F. J.** 1963. *Chemistry of Coal Utilization*, Ed. H. H. Lowry, John Wiley, N. y. pp.119-149.
- Derbyshire, F. J., Varghese, P. & Whitehurst, D.D.** 1982. Synergistic effects between light and heavy solvent components during coal liquefaction, *Fuel*, **61**, 859-864.
- Derbyshire, F. J.** 1988. Catalysis in coal liquefaction: New direction for research, International Energy Agency, Londres.
- Derbyshire, F.; Marzec, A., Shulten H. R.J, Wilson M. A., Davis, A., Tekely, P., & col.** 1989. Molecular structure of coal: A debate, *Fuel*, **68**, 1091-1106.
- French, D. C., Dieckman, S. L. & Boto, R. E.** 1993. Three-Dimensional NMR Microscopic Imaging of Coal Swelling in Pyridine, *Energy and Fuels*, **7**, 90-96.
- Gavalas, G. R.,** 1982. *Coal Pyrolysis*, Elsevier, Amsterdam.
- Given, P.H., Marzec, A. Barton W. A., Lynch, L. J. & Gerstein, B. C.** 1986. The concept of a mobile or molecular phase within the macromolecular network of coals: A debate, *Fuel*, **65**, 155-163.
- Given P.H., & Marzec A.** 1988. Protons of differing rotational mobility in coals, *Fuel*, **67**, 242.
- Gómez, M. J.** 1985. *Química Orgánica*, Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Green, T., Kovac, J., Brenner D. & Larsen, J. W.;** 1982. *Coal Structure*, Ed. R. A. Meyers, Academic Press.
- Grimes, R. Warren.** 1982. The physical structure of coal, *COAL SCIENCE* Vol 1, Editado por M. Gorbaty, J. W. Larsen y I. Wender, Academic Press.
- Haenel, M. W.** 1992. Recent progress in coal structure research, *Fuel*, **71**, 1211-1223.
- Hessley R. K., Reasoner J. W. & Riley J. T.,** 1986. *Coal Science*, John Wiley and Sons, New York.
- Iino, M. Takanohashi, T. Ohsuga, H.** 1988. Extraction of coals with CS<sub>2</sub>-N-methyl-2-pyrrolidinone mixed solvent at room temperature. *Fuel*, **67**, 1639-1647.
- Ishizuka, T., Takanohashi, T., Ito, O., & Iino, M.** 1993. Effect of additives and oxygen on extraction yield with CS<sub>2</sub>-NMP mixed solvent for Argonne premium coals samples, *Fuel*, **72**, 579-580.
- Joseph, J. T.** Liquefaction behaviour of solvent swollen coals. *Fuel* 1991, **70**, 139-144.
- Karweil, J. Z.** 1956. *Deutsch. Geol. Gesellschaft*, **107**, 132.
- Kreulen, D. J. W.,** 1952. *Elementos de Química del Carbón*. Editorial, Aguilar, Madrid.
- Krichko, A. A. & Gagarin, S. G.** New Ideas of coal organic matter chemical structure and mechanism of hydrogenation processes, *Fuel*, **69**, 885-891.
- Marzec, A., Woldzimirz, K.** Mechanism of swelling and extraction and coal structure. 1983. *Fuel*, **62**, 977-979
- Mastral, A. M., & Rubio, B.,** 1984. Recovery, fractionation and study of oils from lignite, *Fuel*, **63**, 355-360.
- Meyer R. A.,** 1982. *Coal Structure*, Ed. R. A. Meyers, Academic Press, 1982.
- Nishioka, M.** 1992. The associated molecular nature of bituminous coal, *Fuel*, **71**, 941-948.
- Nishioka, M., Gebhard, L. A. & Silbernagel, B. G.** 1991. Evidence for charge-transfer complexes in high-volatile bituminous coal, *Fuel*, **70**, 341-348.
- Ouchi, K., Hirano, Y., Makabe, M., & Hitoh, H.** *Fuel* 1980, **59**, 751.
- Pajak, J., Marzec A.** 1983. *Fuel* **62**, 979
- Petrakis, L. & Grandy, D. W.** 1983. *Free Radicals in Coals and Synthetic Fuels*, Elsevier.
- Pitt, G. J.** 1979. *Coal and Modern Coal Processing. An Introduction*,

Academic Press, London.

- Redlich, P., Jackson, W. R., & Larkins, F. P.** 1985. Hydrogenation of brown coal, *Fuel*, **64**, 1383-1390.
- Retkopsky, H. L.** 1982. COAL SCIENCE Vol 1, Editado por M. Gorbaty, J. W. Larsen y I. Wender, Academic Press.
- Rincón, J. M.** 1988. El crudo de Castilla como aditivo-solvente de coquización y licuefacción para carbones tipo Cerrejón. U. N. Bogotá.
- Rincón, J. M., Carvajal, R. & Pacheco, L.** 1985. Measurement of anisotropic development in a low-rank coal using e.s.r. spectroscopy and optical texture, *Fuel*, **64**, 119-122.
- Rincón J. M. & Angulo R.,** 1986. Petroleum Heavy oil mixture as a source of hydrogen in the liquefaction of Cerrejon coal, *Fuel*, **65**, 899-902.
- Rincón J. M. & Cruz S.,** 1988. Influence of preswelling on liquefaction of coal, *Fuel* 1988, **67**, 1162-1163.
- Rincón J. M. Cruz S., & Ramirez, J.** 1989. Pre-swelling in the liquefaction of coal. Proceedings, International Conference on Coal Science, NEDO, Tokyo, 1989, Vol. 2, pp. 851-854.
- Schobert, H. H.** 1991. The Chemistry of Hydrocarbon Fuels, Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1991, p113-156.
- Sfht, H. & Legrand, A. P.,** 1990. Advanced Methodologies in Coal Characterization, Ed. Charcosset, H. Elsevier.
- Sharkey, A. G. Jr & McCartney, J. T.,** Chemistry of coal Utilization, Ed. Elliot M., John Willey, 1981, N. Y.
- Shinn, J. H.** 1984. From coal to single-stage and tow-stage products: a reactive model for coal structure, *Fuel*, **63**, 1187-1195.
- Spiro C.L., Kosky P. G.** 1982. Space filling model for coal. *Fuel*, **61**, 1080.
- Stein, S.E.** 1988, Chemistry of Coal Conversion, Ed. R. H. Schlosberg, Premium Press, N. y.
- Teichmuller, M.** 1982. Stachs Textbook of Coal Petrology, 3 Edn. Eds E. Stach, M-Th, Mackowsky, M. Teichmuller, G. H. Taylor, D. Chandra y R. Teichmuller, Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Thomas Mark,** 1986. Carbon and Coal gasification, NATO ASI series, serie E: Applied Science No 105, Editor: José L. Figueredo y Jacob A. Moulijn.
- Tschamler, H. & de Ruitter, E.,** 1963 Chemistry of Coal Utilization, Ed. H. H. Lowry, John Wiley, N. y.
- Vahrman, M.** *Fuel* 1970, **49**, 5.
- Van Krevelen, D. W.** 1961. Coal Typology -Chemistry-Physics-Constitution, Elsevier, Amsterdam,
- Wham, R. M.** 1987, Effect of slurry heating rate on short contact time coal liquefaction, *Fuel*, **66**, 283-284.
- Wiser, W. H.** 1973. Proceedings of the Electric Power Research Institute Conference on Coal Catalysis, Palo Alto, California.

# HERPETOFAUNA DE LA CUENCA BANAHO-HIGUANOJO, SANCTI SPÍRITUS, CUBA

por

Alberto R. Estrada\*

## Resumen

Estrada, A.R.: Herpetofauna de la Cuenca Banao-Higuanojo, Sancti Spíritus, Cuba. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 353-360, 1994. ISSN 0370-3908.

La información sobre la herpetofauna del Escambray se nutre de datos procedentes de la parte occidental de ese macizo montañoso de la región central de Cuba. Las cuencas de los ríos Banao e Higuanojo, en la parte oriental del Escambray o Sierra de Sancti Spíritus, fueron objeto de un inventario preliminar de especies de anfibios y reptiles y su relación con las diferentes formaciones vegetales que se encuentran en la región. Se reportan 16 especies de anfibios y 17 de reptiles, destacándose el registro del majacito *Tropidophis wrighti* que no se había señalado para el Escambray.

## Abstract

The information related with Escambray's herpetofauna proceeds from western part of these mountains in the central region of Cuba. An inventory of amphibians and reptiles from Banao and Higuanojo river basins was made in relation with kinds of forest present in the area. The records include 16 amphibians and 17 reptiles species. One of the reptiles species is *Tropidophis wrighti* a new record of snake for the Escambray range.

## Introducción

El Macizo Guamuhaya, o Sierra del Escambray, se extiende por la parte S de la región central de Cuba y abarca territorios de las provincias Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spíritus. La Sierra está formada por dos grupos montañosos: uno occidental y de mayor extensión, conocido como Sierra o Alturas de Trinidad y otro oriental más pequeño llamado Sierra o Alturas de Sancti Spíritus. Ambos núcleos de montañas están separados por el valle del Río Agabama-Manatí.

La información faunística relativa a la herpetofauna del Escambray, recogida en publicaciones, colecciones y catálogos se refiere a informaciones y récords procedentes de las Alturas de Trinidad y podemos afirmar que no existen datos sobre la composición de la fauna de anfibios y reptiles al E del Río Agabama-Manatí.

La presente contribución aporta una primera lista de la herpetofauna de estas montañas de Sancti Spíritus, obtenidas a partir de la exploración de las cuencas altas de los ríos Banao e Higuanojo.

## Materiales y métodos

### Descripción del Territorio

El área de estudio se localiza en la provincia Sancti Spíritus y comprende parte de los municipios Fomento y Sancti Spíritus. Ocupa la parte oriental del Escambray y se ubica en la ladera NE de la Cordillera de Banao y comprende parte de las cuencas altas de los ríos Banao e Higuanojo. El área planimétrica total aproximada es de 30,7 Km<sup>2</sup> y el perímetro de 31 Km. El territorio está orientado en el eje NW-SE y en su mitad N se encuentra la cuenca del Río Higuanojo, que corre hacia el NW y luego cambia su curso al S al salir de los límites del área. La mitad S está ocupada por la cuenca del Río Banao, que corre hacia el SE. Los valles de ambos ríos están

\* Instituto de Investigaciones Forestales Apartado 5152, La Habana 5 Cuba 10500.

flanqueados por las Lomas Peladas que forman su límite NE y la Cordillera de Banao en el flanco SW (Fig.1).

### Características Climáticas

El período lluvioso se extiende desde mayo a octubre y el seco desde noviembre a abril. El promedio de precipitaciones en el período comprendido entre los años 1971 a 1987 fue de 1868 mm, con un mínimo de 1293 y un máximo de 2882 mm en ese período. El valor promedio mensual en esos años fue 151 mm con mínimo de 107 y máximo de 240 mm.

La temperatura media anual en zonas bajas es de 24°C; temperatura media anual en zonas altas 20°C; temperatura media en el período lluvioso 27°C; temperatura media en la época seca 20°C. La dirección predominante de los vientos en la cuenca del Higuanojo es NE-SW y en la cuenca del Banao NW-SW.

### Geomorfología

La región está ubicada en el macizo metamórfico Escambray, que se considera tiene centros emergidos que datan del Eoceno Superior, alrededor de 40 millones de años de antigüedad (Iturralde-Vinent, 1982). Geomorfológicamente la zona puede clasificarse como de montañas bajas (200-860 m s.n.m.) sobre esquistos terrígenos y carbonatados, con casquetes calcáreos (Tetas de Juana, Loma del Espejo) en la Cordillera de Banao. Existen manifestaciones del carso sobre toda esa cordillera, destacándose las depresiones cársticas y profusión de cavernas.

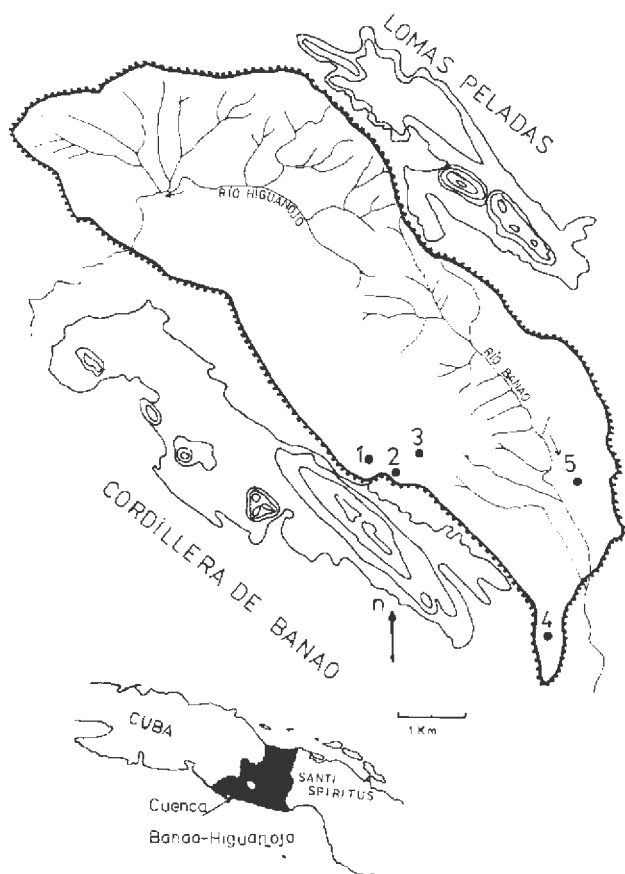


Fig. 1. Cuencas de los ríos Banao e Higuanojo. 1. Tetas de Juana. 2. Caja de Agua. 3. Hoyo del Plátano. 4. Loma del Espejo. 5. Loma del Jarico.

### Formaciones Vegetales

Seguiremos la clasificación propuesta por Capote y Berazaín (1984) para la denominación de las formaciones vegetales. A continuación se relacionan las formaciones y complejos de vegetación reconocidas en el área, y se acompañan de los intervalos de altitud en que aparecen (en metros) y de las siglas con que se identificarán en lo sucesivo (Fig.2).

- Bosque de galerías secundario (200-300m, BG)
- Bosque semidecídulo mesófilo (200-600m, BSM)
- Bosque Siempreverde (200-300m, BS)
- Bosque pluvial montano (680-800m BP)
- Complejo de vegetación de Mogote (800-860 m CM)
- Vegetación sinantrópica (VS)

### Estudio de la Herpetofauna

Se han tenido en cuenta todos los ejemplares de anfibios y reptiles colectados y observados en la zona durante la exploración del área en mayo de 1988. Cada taxon es tratado al nivel de especie o subespecie, según esté representado en la región. En el caso que se trate de una subespecie, se establece la situación de la especie y luego se particulariza el estatus de la subespecie.

Las siglas MNHNCU se refieren a ejemplares depositados en las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural de Cuba y las siglas CARE, corresponden a las colecciones del autor. Para cada taxon se refiere el tipo de formación vegetal, hábitat y altitud en la que se localiza en el territorio estudiado.

### Herpetofauna

#### Amphibia

La lista de anfibios aquí reportada está integrada por 16 especies, todas del único orden representado en Cuba, Anura y que pertenecen a las cuatro familias que forman la fauna cubana de anfibios. Se destacan dos especies y dos subespecies endémicas locales del Escambray.

#### Familia Bufonidae

*Peltaphryne longinasa dunni* (Barbour). Sapito narizón.

La especie *P. longinasa* presenta una interesante distribución disyunta en el territorio cubano, cada una de las cuatro poblaciones están consideradas como subespecies: *P. longinasa longinasa*, que se localiza en las proximidades de la ciudad de Pinar del Río y el municipio Viñales, provincia Pinar del Río; *P. l. cajalbanensis*, conocida exclusivamente de la Meseta de Cajalbana, La Palma, Pinar del Río; *P. l. ramsdeni*, reportada de Monte Líbano y sus alrededores en la Meseta del Guaso, Guantánamo y la presente subespecie que se conocía de varias localidades de la Sierra de Trinidad, por lo que se le considera una subespecie endémica local (Schwartz y Henderson, 1988).

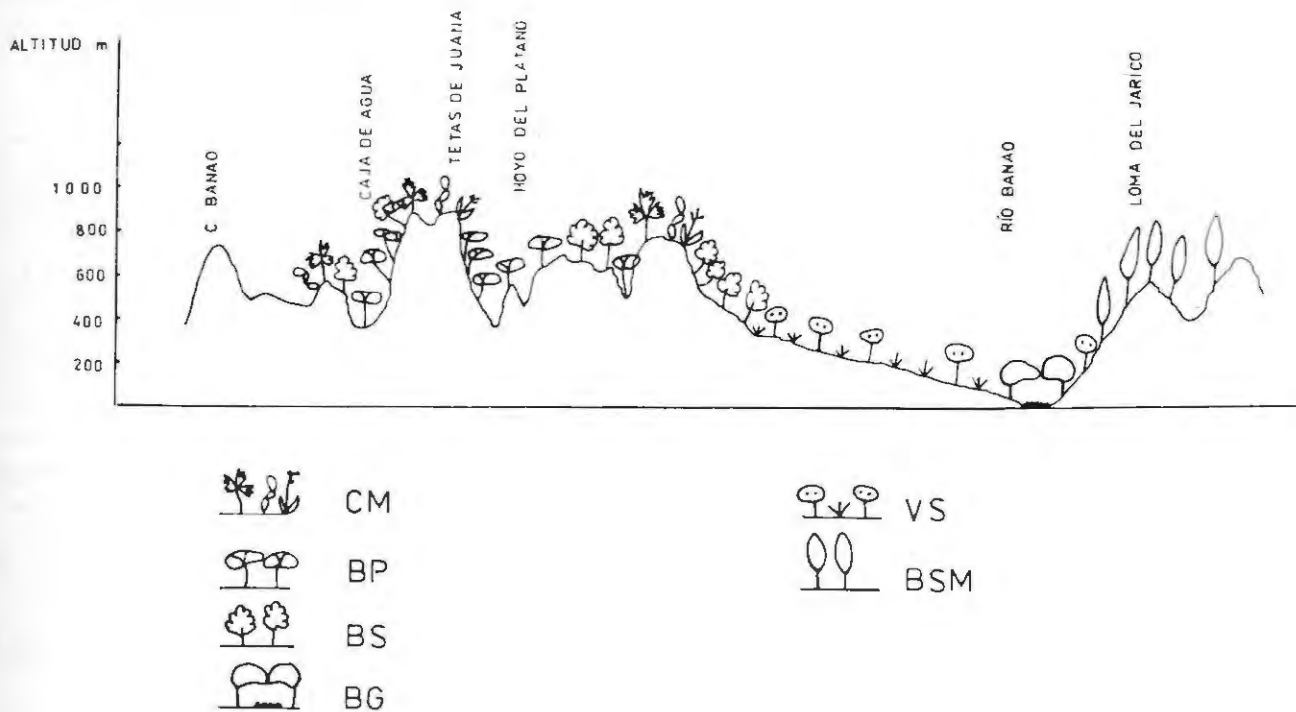


Fig. 2. Representación esquemática de un perfil de la cuenca del Río Banao mostrando la distribución de las formaciones vegetales.

El presente constituye el primer récord de poblaciones de *P. longinasa dunnii* en las montañas de la Sierra de Sancti Spíritus. Fue localizada en las formaciones vegetales del tipo BP, en altitudes entre los 500 y 800 m s.n.m... Esta especie frecuenta el suelo del bosque; orillas e interior de arroyos y ríos de montaña, encontrando refugio bajo piedras y hojarasca. Ejemplares de esta especie han sido observados bajo corteza, a algunos centímetros del suelo en troncos secos del bosque, situación poco común para los sapos de forma general; esto ya había sido comentado con anterioridad por varios autores Schwartz (1972), Valdés y Ruiz (1980); y Pregill (1981).

Ejemplares de esta subespecie han sido localizados sobre hojas de la planta llamada Mariposa (*Hydichion coronarium*) en las riveras de algunos arroyos, desde donde los machos efectúan sus llamadas de reclamo sexual (Valdés y Ruiz, 1980). Schwartz (1972) había señalado que esta subespecie parecía estar bien adaptada a trepar sobre la vegetación. No se localizaron sus puestas, pero sí varias pocetas con renacuajos; la temperatura del aire fue de 21°C y la del agua 16°C.

**Ejemplares Examinados** CARE 00589; 00603-4, Sierra de Banao; CARE 00639-40, Caja de Agua.

*Peltaphryne peltacephala* (Tschudi). Sapo común.

Es la especie más común de sapos de Cuba, su distribución es centro-oriental (Schwartz y Henderson, 1988). Es endémica de Cuba y fue encontrada en las formaciones vegetales BG, BS y VS, fundamentalmente en la cuenca del Río Banao (entre 0 y 300 m s.n.m.). Durante las observaciones realizadas se escucharon grandes coros nocturnos. Frecuenta las riveras de los ríos y los bosques, donde se oculta en cuevas cavadas en la tierra o bajo piedras y troncos caídos. No se efectuaron colectas.

*Peltaphryne taladai* (Schwartz) Sapo manchado.

Es una especie endémica de Cuba, que tiene una distribución centro-oriental (Schwartz y Henderson, 1988). Fue localizada una población sintópica con *P. peltacephala* en el Río Banao. El hábitat frecuentado por esta especie coincide con el de la especie anterior. Ruiz (1987) menciona las poblaciones de los alrededores de la presa Habanilla, en la vertiente N de la Sierra de Trinidad, y las considera pertenecientes a una especie separable de *taladai*, teniendo en cuenta ciertas diferencias de colorido y vocalización. No se colectaron ejemplares.

**Familia Hylidae**

*Osteopilus septentrionalis* (Duméril et Bibron). Rana platanera.

Es una de las especies más comunes de anfibios de toda Cuba, localizándose además en numerosos cayos adyacentes del Archipiélago Cubano (Schwartz y Henderson, 1988). Habita en todas las formaciones vegetales existentes en la región estudiada, encontrándose en el suelo; vegetación herbácea; arbustos y árboles, epífitas y proximidad de arroyos y ríos; desde el nivel del mar hasta los 800 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00602, Río Banao.

**Familia Leptodactylidae**

*Eleutherodactylus atkinsi atkinsi* Dunn. Ranita goteadora.

Es una especie endémica de Cuba, con dos subespecies: una en la región oriental (*E. atkinsi orientalis*) y la otra ampliamente distribuida por Cuba y

cayerías adyacentes (*E. atkinsi atkinsi*) (Schwartz y Henderson, 1988). Fue colectada en los pastizales (VS) bajo piedras y excrementos de ganado vacuno, en altitudes entre 200 y 400 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00585-6, Sierra de Banao.

*Eleutherodactylus auriculatus* (Cope). Ranita imitagrillo

Es una especie endémica de Cuba, con amplia distribución (Schwartz y Henderson, 1988). Habita en todas las formaciones vegetales presentes en las cuencas estudiadas, en altitudes que van desde cero hasta los 800 m s.n.m. Ocupa substratos en el suelo: entre la hojarasca; bajo piedras; sobre la vegetación herbácea, y también sobre arbustos y árboles, así como epífitas. Sus machos forman grandes coros audibles durante la caída de las lluvias, o en las mañanas y tardes húmedas y parte de las noches en la época lluviosa. Los machos eligen sitios de reclamo en axilas de pequeñas ramas, en alturas que varían entre uno y dos metros sobre el suelo.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00624-6, Hoyo del Plátano.

*Eleutherodactylus casparii* Dunn. Ranitas del Escambray.

Esta especie es endémica local de las montañas del Escambray, fue considerada mucho tiempo como una subespecie de *E. planirostris*, pero su situación ha sido reconsiderada por Estrada (inédito), rehabilitándose el nombre *E. casparii*. Frecuenta el suelo y la litera de hojarasca, así como la vegetación herbácea, se oculta bajo piedras y otros objetos y fue localizada en las formaciones vegetales BG, BS y BP en las altitudes entre 300 y 800 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00629-30; 00632-5; 00641, Hoyo del Plátano.

*Eleutherodactylus cuneatus* (Cope). Ranita acuática.

Es una especie endémica, muy común en toda Cuba (Schwartz y Henderson, 1988). Su hábitat lo constituyen las riveras de arroyos y ríos. Se le encontró en todas las formaciones en las cuencas de Banao e Higuanojo, en altitudes hasta los 800 m s.n.m. Encuentra sitio de refugio bajo piedras, hojarasca, así como la vegetación ribereña,

**Ejemplares examinados.** - CARE 00588; 00591-601 de la Sierra de Banao; CARE 00614-9, Caja de Agua.

*Eleutherodactylus dimidiatus dimidiatus* (Cope). Ranita de antifaz.

Especie ampliamente distribuida en Cuba (Schwartz y Henderson, 1988), característica del suelo de los bosques de montaña. Fue observada y colectada en los bosques de los tipos BS y BP, entre los 500 y 800 m s.n.m. Sus refugios pueden ser bajo la hojarasca y las piedras, así como troncos y ramas caídas.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00581-4, Sierra de Banao; CARE. 00605-13, Caja de Agua.

*Eleutherodactylus eileenae* Dunn, Colín.

Una especie muy común en los bosques llanos y montañosos de toda Cuba, desde la Península de Guanahacabibes hasta la Sierra de Najasa en Camagüey (Schwartz y Henderson, 1988:16). Se le puede localizar sobre arbustos y árboles; bajo la hojarasca, bajo piedras y en salientes u hoquedades de farallones calizos e incluso en el interior de cavernas. Fue observado y colectado en los bosques de los tipos BS y BP en altitudes entre los 500 y los 800 m s.n.m.

Los machos de esta especie forman grandes coros en las tardes lluviosas y en las noches húmedas del período lluvioso. Sus sitios de reclamo sexual se ubican sobre los haces de hojas, bajo axilas de pequeñas ramas o en salientes rocoso de farallones, desde unos pocos centímetros, hasta dos metros de altura sobre el suelo.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00622-3, Hoyo del Plátano.

*Eleutherodactylus emiliae* Dunn. Ranita de Emilia.

Especie endémica de la Sierra del Escambray (Schwartz y Henderson, 1988). Es una ocupante estricta del suelo del bosque, y fue observada y colectada en las formaciones BS y BP en las altitudes que varían entre 500 y 800 m s.n.m.

Sus refugios lo constituyen la hojarasca, ramas, troncos y piedras, bajo las que se ocultan, así como la vegetación herbácea.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00590, Sierra de Banao.

*Eleutherodactylus greyi* Dunn. Ranita jaspeada.

Es una especie endémica de Cuba y su distribución se limita a algunas localidades de la provincia Cienfuegos, Sancti Spíritus y Camagüey (Schwartz y Henderson, 1988). Es una especie que puede encontrarse eventualmente en cavernas y abrigos rocosos, pero también en el bosque, sobre la hojarasca o sobre el tronco de árboles y arbustos, o entre contrafuertes radiculares de grandes árboles durante la noche. En las cuencas estudiadas fue hallada en los bosques de los tipos BS y BP en altitudes desde los 500 a los 800 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00620-1, caja de Agua; CARE 00627 y 00637, Hoyo del Plátano.

*Eleutherodactylus limbatus limbatus* (Cope). Ranita Pigmea.

Es una especie endémica de Cuba, ampliamente distribuida en toda la isla por localidades que conservan la vegetación original o restos apreciablemente conservados de los bosques originales (Schwartz y Henderson, 1988). La subespecie *limbatus* es la más amplia distribución y la *orientalis* se conoce de algunas localidades de las provincias orientales. Habita el suelo de los bosques de los tipos BG, BS y BP, refugiándose en la vege-

tación herbácea y entre la hojarasca. Fue colectada y observada entre los 300 y 800 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00638, Hoyo del Plátano.

*Eleutherodactylus planirostris planirostris* (Cope).  
Ranita casera.

Es una especie de ranita presente en toda Cuba, especialmente de la subespecie o forma nominativa, que además del territorio cubano se extiende por las Islas Bahamas (Schwartz y Henderson, 1988). Habita en el suelo, debajo de la hojarasca, bajo piedras o cualquier objeto, así como la vegetación herbácea. Fue localizada en las formaciones de los tipos BSM, BS BP, CM y VS, en altitudes hasta los 650 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 00587, Sierra de Banao.

*Eleutherodactylus varians varians* (Gundlach et Peters) Campanilla.

Es una especie endémica de Cuba con varias subespecies que se distribuyen por toda Cuba e Isla de la Juventud. La forma *varians* está localizada en las montañas del Escambray, Ciénaga de Zapata y la Sierra de Cubitas (Schwartz y Henderson, 1988). Esta especie utiliza los estratos más altos del bosque, donde se oculta entre las axilas de las plantas epífitas, donde también deposita sus huevos.

Sólo localizamos sus coros en la zona con vegetación VS entre los 200 y 300 m s.n.m. La falta de observaciones nocturnas no nos permitió comprobar su presencia en otras localidades. Es una especie muy abundante en la Sierra de Trinidad. No fue colectada.

#### Familia Ranidae

*Rana catesbeiana* Shaw. Rana Toro.

Es una especie introducida en Cuba desde Norte América, y hoy se encuentra muy bien distribuida en el territorio cubano, Tiene hábitos acuáticos y es una especie de importancia económica, ya que se emplea en el consumo humano por su excelente carne. Fue localizada en el Río Banao en zonas con vegetación sinantrópica, no fue colectada.

#### Reptilia

La lista de especies de reptiles observados en la cuenca Banao-Higuanojo está compuesta por 17 especies, pertenecientes a dos órdenes Sauria y Serpentes y a cinco familias de las existentes en Cuba. Se destacan la presencia de una especie endémica local del Escambray.

#### Familia Boidae

*Epicrates angulifer* Cocteau et Bibron. Maja de Santa María.

Es una especie endémica, único representante de la familia de las boas de Cuba. Su distribución es amplia en el territorio cubano (Schwartz y Henderson, 1988) pero ha sido muy afectada por el desarrollo y expansión

de las actividades agrícolas, y la subsecuente disminución de las áreas boscosas. Los majaes que han sobrevivido a estos cambios, se han adaptado, se han adaptado a vivir en arboledas y pequeñas franjas forestadas y áreas próximas a viviendas y asentamientos humanos rurales. En muchos casos han conseguido sustento a cuenta de animales domésticos como aves de corral, lo cual los ha convertido en animales no deseados por la mayor parte de la población humana rural que los externa en cada encuentro.

Fue observado en todas las formaciones vegetales presentes en las cuencas estudiadas, en altitudes hasta los 800 m s.n.m. Se refugia en cuevas bajo tierra, o en troncos secos y huecos. También se encuentra en cavernas y grietas. Lo mismo utiliza el suelo que los estratos altos y medios de la vegetación. No fue colectado.

#### Familia Colubridae

*Alsophis cantherigerus cantherigerus* (Bibron).  
Jubo.

Esta especie de culebra presenta ocho formas o subespecies, de las cuales cuatro son endémicas del territorio cubano (Schwartz y Henderson, 1988). La forma nominativa está presente en la cuenca Banao-Higuanojo, donde fue observada y no colectada, en todas las formaciones boscosas y altitudes entre 250 y 800 m s.n.m. Frecuenta el interior de los bosques y zonas ecotonales, riveras de arroyos, ríos y zonas con pastos.

*Antillophis andreae andreae* (Reinhardt et Lütken). Jubito.

Es una especie endémica de Cuba y consta de seis subespecies (Schwartz y Henderson, 1988), siendo la nominativa la de más amplia distribución: desde el E de Guanahacabibes hasta Camagüey.

Fue observada en el suelo de todas las formaciones vegetales estudiadas, en alturas desde el nivel del mar hasta los 800 m s.n.m. Puede ocupar el estrato arbustivo y se refugia bajo piedras, hojarasca, troncos caídos, hojas de palmeras. Es frecuente encontrarlo en zonas abiertas y ruderales. Fue observada una pareja en cópula, el macho presentaba una coloración negra con brillos tornasolados y la hembra tenía una tonalidad negro-parduzco sin brillo tornasol.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60478-79, Caja de Agua.

#### Familia Gekkonidae

*Tarentola americana americana* (Gray) Dormilona.

Es una especie que está presente en Cuba y las Islas Bahamas, aunque la subespecie *americana* es endémica de Cuba (Schwartz y Henderson, 1988). Fue colectada y observada en los farallones de la loma del Espejo y las grietas de los abrigos rocosos donde predomina la vegetación CM (700 m s.n.m.).

Este lagarto es muy frecuente en los accidentes del carso y farallones calizos, así como en formaciones xeromórficas y zonas costeras.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60, Loma del Espejo.

Familia Iguanidae

*Anolis ahli* Barbour. Lagartija del Escambray.

Es una especie exclusiva de las montañas del Escambray (Schwartz y Henderson, 1988). *A. ahli* está muy relacionada con *A. allogus*; Schwartz y Thomas (1975) sugieren que debía ser considerada como una subespecie de *A. allogus*. Fue colectada y observada en el interior de los bosques en las zonas más húmedas y sombrías de todas las formaciones estudiadas. No fue detectada en la vegetación VS. Es muy frecuente en las riveras de los ríos y arroyos, se distribuye altitudinalmente entre los 250 y los 800 m s.n.m. Desde el punto de vista ecomorfológico es un lagarto corredor y su ecomorfo corresponde al denominado "tronco-tierra", ya que utiliza sitios de percha sobre troncos de árboles y arbustos, además del suelo.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60463;475-6 Sierra de Banao; CARE 60471-4, Loma de Jarico; CARE 60468-7, Hoyo del Plátano.

*Anolis alutaceus* (Cope). Lagartija yerbera.

Es un lagarto muy común en todos los bosques de Cuba, aunque pasa casi siempre inadvertido para el observador común debido a su parecido con una delgada ramita. Es una especie endémica de Cuba con amplia distribución (Schwartz y Henderson, 1988).

Habita la vegetación herbácea y las lianas en las formaciones boscosas, también se le puede ver en zonas ecotonales ocupando el estrato arbustivo. Fue colectada y observada en varias localidades en bosques y riveras, a través de todas las formaciones vegetales de la cuenca, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 800 m s.n.m.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60465, Hoyo del Plátano; CARE 60468-70, Sierra de Banao; y Loma del Jarico; CARE 60477; 480-3, Caja de Agua.

*Anolis angusticeps angusticeps* Hallowell. Lagartija.

Esta especie tiene una subespecie que es exclusiva de las Islas Bahamas, la nominativa tiene una amplia distribución en Cuba y es endémica del territorio cubano (Schwartz y Henderson, 1988). Fue observada en altitudes que varían entre 200 y 800 m s.n.m. en todas las formaciones de la cuenca. Ocupa las ramas de los estratos más altos del bosque (por encima de los dos metros). No fue colectada.

*Anolis equestris persparsus* Schwartz et Garrido. Chipoyo.

Esta especie de chipoyo fue observada y colectada en los estratos altos de los bosques, en todas las formaciones, incluyendo áreas con VS y en altitudes entre 200 y 800 m s.n.m.. Es una especie endémica de Cuba y la subespecie *persparsus* se distribuye en la región central

de Cuba (Schwartz y Henderson, 1988).

**Ejemplares examinados.** - CARE 60485, Hoyo del Plátano; CARE 60488, Sierra de Banao.

*Anolis homolechis homolechis* (Cope). Lagartija.

Es una especie endémica de Cuba, y una de las más comunes lagartijas del territorio cubano (Schwartz y Henderson, 1988), la subespecie *homolechis* es un habitante habitual de los bosques de llanuras y montañas de toda Cuba, también se le encuentra en zonas con vegetación secundaria y sinantrópica. En la cuenca Banao-Higuanajo fue observada y colectada en las formaciones, en altitudes que varían entre 200 y 800 m s.n.m. Puede localizarse con facilidad sobre substratos rocosos, troncos de arbustos y árboles, en zonas abiertas y ecotonales. Tiene zonas de contacto con las poblaciones de *A. ahli*.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60466-7, Hoyo del Plátano; CARE 60484, Sierra de Banao.

*Anolis lucius* Duméril et Bibron. Coronel.

Esta es una especie endémica de Cuba (Schwartz y Henderson, 1988). Fue observada y no colectada en los farallones rocosos y bosques con abundantes afloramientos de rocas, así como en riveras de arroyos y ríos. Está presente en altitudes desde el nivel del mar hasta los 800 m s.n.m. a través de las formaciones BG, CM y BSM.

*Anolis porcatius* Gray. Camaleón verde.

El camaleón verde es una especie endémica de Cuba, que se encuentra muy bien distribuida por el territorio cubano y sus cayerías adyacentes. En la actualidad se conocen poblaciones introducidas por el hombre en República Dominicana y Hawai (Schwartz y Henderson, 1988).

Es una especie muy común en la vegetación sinantrópica al igual que *A. sagrei*. En los bosques ocupa la vegetación más alta, también las hojas de palmeras, lo que la hace pasar inadvertida en muchos casos por su coloración críptica verdosa. No fue colectada pero se le observó en las formaciones BG, CM y VS, en altitudes hasta 800 m. s.n.m.

*Anolis sangrei sangrei* Dumeril et Bibron. Lagartija común.

Como su nombre vernáculo lo indica, es la más común y difundida de las especies de lagartijas en Cuba, no es endémica ya que las poblaciones se extienden por otras islas fuera del Archipiélago Cubano: Islas Bahamas, Caiman y Jamaica (Schwartz y Henderson, 1988). Esta especie es común en la vegetación sinantrópica en toda Cuba, frecuentando las partes bajas de los troncos de árboles y arbustos, así como el suelo en esta y otros tipos de vegetación. En la cuenca estudiada fue observada y colectada desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a 800 m s.n.m., en zonas ecotonales y áreas abiertas relacionadas con las formaciones BG, CM y VS.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60464, Sierra de Banao.

*Chamaeleolis chamalionides* (Duméril et Bibron). Chipoyo ceniciento.

Esta es una especie endémica que se encuentra en toda Cuba e Isla de la Juventud (Schwartz y Henderson, 1988). En la Sierra de Trinidad se han colectado ejemplares de esta especie y adicionalmente de otra del género que aún no se ha descrito (O.H. Garrido, com. pers.).

Es una especie arborícola que posee una eficiente coloración críptica que le permite confundirse con las cortezas de árboles manchadas de líquen. Una pareja adulta fue colectada en la Loma del Jarico (formación vegetal BSM) a una altitud de 250 m s.n.m. La hembra puso un huevo en la bolsa de tela en la que fue colocada y luego de nueve días puso un segundo huevo en un terrario al que fue trasladada. El primer huevo no eclosionó y fue puesto el 6 de mayo de 1988, sus medidas de longitud y ancho fueron 28 x 15 mm. El segundo fue puesto el 25 de mayo y midió 28 x 15 mm. A los treinta días de puesto sus medidas fueron 24 x 17, 5 mm y luego de 59 días de incubación sus dimensiones eran 28 x 22 mm y su peso 7,8 gramos. El huevo fue puesto en una depresión de la tierra y untado de lodo; el color de la cascara era blanco.

La eclosión se produjo a los 65 días y el peso del neonato fue de 2,5 gramos, la longitud hocico-cloaca fue 44,6 mm y la cola midió 38,2 mm.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60708 (neonato) Loma del Jarico; MNHNCU 346 Loma del Jarico.

*Leiocephalus cubensis cubensis* (Gray). Bayoya.

Es una especie endémica de Cuba y muy bien distribuida por todo el territorio cubano (Schwartz y Henderson, 1988).

Fue solamente observada en las zonas abiertas y secas con poca cobertura boscosa, entre 200 y 400 m s.n.m. en las áreas asociadas con vegetación BSM, CM y VS. Como todas las especies del género es un lagarto que frecuenta el suelo donde se refugia en cuevas bajo tierra, o bajo piedras y troncos.

#### Familia Tropidophidae

*Tropidophis melanurus melanurus* (Schlegel). Majá bobo

Existen cuatro subespecies descritas de esta especie de serpiente, tres de ellas son endémicas del territorio cubano y la restante se conoce de la Isla Navassa (Schwartz y Henderson, 1988). La subespecie nominativa, que se encontró en la cuenca de Banao-Higuanojo, está muy bien distribuida por toda Cuba.

Se le observó y colectó en todas las formaciones vegetales donde frecuenta refugios bajo piedras y troncos podridos, la vegetación arbustiva y herbácea, así

como las riveras de arroyos y ríos, desde los 200 m s.n.m. hasta los 800.

Uno de los ejemplares colectados fue observado mientras se alimentaba de renacuajos de *Osteopilus septentrionalis*, en una pequeña charca ribereña del Río Banao.

*Tropidophis pilsbryi galacelidus* Schwartz et Garridos. Majacito.

Se trata de una especie de majacito endémica de Cuba, con dos subespecies conocidas, la nominativa, de la región oriental de Cuba y la subespecie *galacelidus*, conocida de la región S de las provincias Cienfuegos y Sancti Spíritus (Schwartz y Henderson, 1988: 232). Fue observada y colectada en las seis formaciones o tipos de vegetación reconocidas para el área estudiada, en altitudes desde los 200 hasta los 800 m s.n.m. Frecuenta sitios bajo piedras y troncos caídos.

**Ejemplares examinados.** - CARE 60492-3, Sierra de Banao; CARE 60583, Caja de Agua.

*Tropidophis wrighti* Stull. Majacito.

Esta es una especie endémica de Cuba, considerada por Schwartz y Henderson (1988) de distribución oriental (desde Camagüey hasta Santiago de Cuba) y valoraron la posibilidad de su extensión hasta la región de Caguanes, al N de Sancti Spíritus. Garrido y Jaime (1984) mencionan dos ejemplares de Caguanes obtenidos en las dolinas del sistema cavernario de esa localidad, que aparentemente pudieran pertenecer a *T. wrighti*.

De esta especie se observaron dos ejemplares, uno había sido aplastado por un vehículo en el camino que bordea el Río Banao. El otro y el único colectado, fue descubierto bajo una piedra a orillas del terraplén a una altitud de 300 m s.n.m. Este ejemplar fue extraviado y no pudo ser conservado.

#### Discusión

La lista de especies, tanto en el caso de los anfibios como en los reptiles resulta inferior a la conocida para la Sierra de Trinidad, ya que según Schwartz y Henderson (1988) y datos inéditos del autor, se conocen 17 especies de anfibios y 30 de reptiles (Anexo 1).

Se destacan la ausencia de dos especies de anfibios:

*Eleutherodactylus thomasi trinidadensi*, una subespecie endémica de la Sierra de Trinidad (vertiente S de la Sierra), asociada a los bosques con afloramientos calizos. La ausencia de profundas exploraciones nocturnas, parecen ser la explicación de la falta de esta forma en la lista de anfibios de la cuenca de Banao-Higuanojo, ya que los bosques del tipo BSM de la Loma del Jarico tienen características similares a los de la vertiente S de la Sierra de Trinidad.

En el caso de los reptiles, 13 especies se conocen para la Sierra de Trinidad no se reportan en el presente trabajo. Destacan las ausencias de *Anolis delafuentei*, *A. isolepis isolepis* y *A. vanidicus vanidicus* endémicas del

Escambray y a los niveles de especie y subespecie respectivamente.

Es notable también, la ausencia de *Ameiva auberi atrothorax*, subespecie endémica de la vertiente S de la Sierra de trinidad. Otra ausencia destacable es la del género *Sphaerodactylus*: *S argus argus* y *S oliveri oliveri*, reportadas para la parte occidental del Escambray. No se puede descartar la presencia de *S. oliveri oliveri*, en los agaves de las crestas calizas de la Cordillera Banao.

Respecto a los aportes en el contexto de la herpetofauna del macizo Guamuhaya, se destaca el nuevo récord de *Tropidophis wrighti*, que no había sido reportada con antelación para esta región.

Las montañas de Sancti Spíritus, presentan un estado de conservación mucho menor que la parte occidental del Escambray. Existen amplias áreas que se han dedicado a la ganadería extensiva durante años y por lo tanto han desaparecido los bosques en las colinas de menor altura hasta los 400 m s.n.m. y en algunos casos por encima. Por otra parte los bosques de Galería han sufrido considerables modificaciones. No obstante estos aspectos negativos, la existencia de crestas calizas con vegetación CM le confiere una importancia notable a la región estudiada como refugio de fauna para la mayor parte de las especies endémicas locales de la herpetofauna, ya que estas crestas presentan un grado adecuado de conservación.

### Reconocimiento

Se agradece la participación en las colectas al personal técnico de la Empresa Nacional de Flora y Fauna; al botánico Antonio Pérez-Asso, y especialmente a José García y los demás trabajadores que nos brindaron albergue y atención durante la expedición.

### Bibliografía

- Capote, R.P. y R. Berazaín. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Bot. Nacional*, 5(2): 27-75.
- Estrada, A.R. (inédito): Validez de la especie *Eleutherodaetylus casparii dunn* (Amphibia; Leptodactylidae).
- Garrido, O.H. & Miguel L. Jaume. 1984. Catálogo descriptivo de los anfibios y reptiles de Cuba. *Doñana, Acta Vert.* 11(2): 5-128.
- Iturralde-Vinent, M.A. 1988. *Naturaleza Geológica de Cuba* Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba, i-iii, 146pp.
- Pregill, G. 1981. Cranial morphology and the evolution of the West Indies toads (Salientia; Bufonidae): Resurrection of the genus *Peltopyrne* Fitzinger. *Copeia*, 1981(2): 273-285.
- Ruiz, F.N. 1987. *Anfibios de Cuba*. Editorial Gente Nueva, Ciudad de la Habana, Cuba, 72pp.
- Schwartz, A. 1972. The native toads (Anura: Bufonidae) of Hispaniola. *Jour. Herp.*, 6(3-4): 217-231.
- \_\_\_\_\_ & R.W. Henderson. 1988. West indian amphibians and reptiles: A check-list. *Milwaukee Public Mus. Contrb. Biol. Geol.*, 74: 260pp.
- \_\_\_\_\_ & R. Thomas. 1975. A check list of West Indian Amphibians and Reptiles. *Carnegie Mus. Nat. Hist. Sypecial Publ.*, 1: 216pp.
- Valdés, A. & F. Ruiz. 1980. Consideraciones sistemáticas sobre *Bufo longinasus* (Anura:Bufonidae) de Cuba y descripción de una nueva subespecie. *Poeyana*, 206: 1-34.

### Anexo 1. Lista de especies de Anfibios y Reptiles reportados de la Sierra de Trinidad, Escambray, Cuba.

#### Amphibia

- Peltaphryne longinasa dunnii* \*\*  
*P. peltacephala*  
*P. taladai*  
*Osteopilus septentrionalis*  
*Eleutherodactylus atkinsi atkinsi*  
*E. auriculus*  
*E. casparii* \*  
*E. cuneatus*  
*E. dimiatus dimiatus*  
*E. elieenae*  
*E. emiliae* \*  
*E. greyi*  
*E. limbatus limbatus*  
*E. planirostris planirostris*  
*E. thomasi trinidadensis* \*\*  
*E. varians varians*  
*E. varleyi*  
*Rana castebiana*

#### Reptilia

- Amphisbaena caubana cubana*  
*Epicrates angulifer*  
*Alsophis cantherigerus cantherigerus*  
*Antillophis andreae andreae*  
*Sphaerodactylus argus argus*  
*S. elegans elegans*  
*S. oliveri oliveri*  
*Tarentola americana americana*  
*Anolis ahli* \*  
*A. alutaceus*  
*A. angusticeps*  
*A. centralis* s.sp  
*A. delafontei* \*  
*A. equestris persparsus*  
*A. homolechis homolechis*  
*A. isolepis isolepis*  
*A. loysianus*  
*A. lucius*  
*A. porcatus*  
*A. sagrei sagrei*  
*A. vanidicus vanidicus* \*\*  
*Chamaeleolis sp.* \*  
*C. chanaleonides*  
*L. macropus hyacanthurus* \*\*  
*Ameiva auberi atrothorax* \*\*  
*Tropidophis melanurus melanurus*  
*T. pilsbryi galacelidus* \*\*  
*T. semicinctus*  
*Typhlops lumbricalis*

Las especies marcadas con un \* son endémicas del Escambray, las subespecies marcadas con dos \*\* son endémicas del Escambray.

# LOS COPEPODOS (ARTHROPODA, CRUSTACEA) DE VIDA LIBRE DE LAS AGUAS CONTINENTALES DE COLOMBIA\*

por

Santiago Gaviria\*\*

## Resumen

**Gaviria, S.:** Los copépodos (Arthropoda, Crustacea) de vida libre de las aguas continentales de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 361-385, 1994. ISSN 0370-3908.

En el presente trabajo se hace una síntesis de las 56 especies de copépodos de vida libre conocidas en las aguas continentales de Colombia. Se dan datos sobre la taxonomía, biología, ecología y distribución geográfica de algunas especies. Del total de especies 35 corresponden al orden Cyclopoida, 6 al Calanoida y 15 al Harpacticoida. Se describe una nueva subespecie de *Tropocyclops prasinus*, habitante del litoral de lagunas de páramo y se discute el fenómeno de endemismo de Copepoda en estos ecosistemas tropicales de alta montaña. Se reportan por primera vez para el país cuatro especies de Cyclopoida del género *Eucyclops* (*E. delachauxi*, *E. demacedoi*, *E. pseudoensifer* y una especie posiblemente introducida *E. speratus*) y dos del género *Metacyclops* (*M. tredecimus* y *M. laticornis*). El macho de *M. laticornis* que era poco conocido, se describe en detalle. De las mencionadas especies se presentan ilustraciones y se describen sus principales caracteres morfológicos y la variabilidad en las poblaciones colombianas. Finalmente, se presenta una clave de determinación taxonómica ilustrada de las especies de Cyclopoida encontradas hasta hoy en el país.

## Abstract

In the present article 56 known species of free-living Copepoda of the continental waters of Colombia are reported. Information on taxonomy, biology, ecology and geographical distribution of some species is given. 35 belong to the order Cyclopoida, 6 to the Calanoida and 15 to the Harpacticoida. One new subspecies of *Tropocyclops prasinus* inhabiting the littoral zone of „páramo“-lakes is described; some cases of endemism in Copepoda of these tropical high mountain lakes are discussed. Four species of the genus *Eucyclops* (*E. delachauxi*, *E. demacedoi*, *E. pseudoensifer* and *E. speratus*) were found for the first time in Colombia, the last one seems to be an introduced species. Two species of *Metacyclops* (*M. tredecimus* and *M. laticornis*) are also new for the country; the poorly known male of *M. laticornis* is fully described. The main characters of the above mentioned species and their morphological variability within the colombian populations are given. A taxonomic key to known Colombian species of Cyclopoida is included.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden 56 freilebende Copepoden-Arten aus Binnengewässern Kolumbiens angeführt. Die Taxonomie, Biologie, Ökologie und geographische Verbreitung ausgewählter Arten wird behandelt. 35 Arten gehören der Ordnung

\* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia con ocasión de su posesión como académico correspondiente, el 23 de febrero de 1994.

\*\* Institut für Zoologie - Universität Wien - Althanstraße 14  
A-1090 Wien - AUSTRIA

Cyclopoida, 6 den Calanoida und 15 den Harpacticoida an. Eine neue Unterart von *Tropocyclops prasinus* aus dem Litoral von „Páramo“-Seen wird beschrieben; einige Fälle von Endemismus bei Copepoden dieser tropischen Hochgebirgsseen werden diskutiert. Vier Arten der Gattung *Eucyclops* (*E. delachauxi*, *E. demacedoi*, *E. pseudoensifer* und *E. speratus*) wurden das erste Mal in Kolumbien gefunden, die letztere scheint eingeschleppt worden zu sein. Zwei Arten von *Metacyclops* (*M. tredecimus* und *M. laticornis*) sind ebenfalls neu für das Land; das wenig bekannte Männchen von *M. laticornis* wird ausführlich beschrieben. Die hauptsächlichsten Merkmale der oben genannten Arten und ihre morphologische Variabilität innerhalb der kolumbianischen Populationen werden angegeben. Ein Bestimmungsschlüssel der in Kolumbien bekannten Cyclopoida-Arten ist eingeschlossen.

## Introducción

La investigación sobre Copepoda se inició en el país a comienzos de siglo. **Thiébaud** (1914) anota las primeras 9 especies (un Calanoida, un Harpacticoida, 7 Cyclopoida) de muestras colectadas por la expedición suiza de Fuhrmann & Mayor en cuerpos de agua lénticos de las Cordilleras Central y Oriental; de estas especies 3 eran nuevas para la ciencia. Poco después, **Pearson** (1915) indica tres especies colectadas por la expedición americana Walker a la región de Santa Marta, de las cuales una ya era conocida. Después de una larga pausa, **Kiefer** (1956) y **Chappuis** (1956) encuentran 10 especies adicionales, en un viaje realizado por el Prof. Gessner a Venezuela y a la región de Barranquilla. De esta manera, se amplía la lista conocida a 19 (2 Calanoida, 15 Cyclopoida, 2 Harpacticoida). Casi 20 años más tarde **Löffler** (1972) menciona en su trabajo sobre la limnología de lagos de montaña en Centroamérica la presencia de *Metacyclops leptopus* y *Elaphoidella* (grupo *schubarti*) y los subgéneros *Attheyella* (*Chappuisiella*) y *A. (Delachauxiella)* en lagos de la Sierra Nevada de Santa Marta, y primero mencionado también en los Andes. En 1972 **Noodt** describe tres especies de *Parastenocaris* de los Llanos orientales y registra el hallazgo de *Phyllognatopus viguieri*. En 1978 **Sturm** señala la presencia de una especie cosmopolita *Epactophanes richardii* en un ambiente semiterrestre de Monserrate, junto con el género *Elaphoidella*. En sus compilaciones sobre copépodos suramericanos, **Löffler** (1981) y **Dussart** (1984) incluyen 26 y 13 especies respectivamente para Colombia. En 1984 **Suárez et al.** reportan el hallazgo de una especie pantropical *Mesocyclops aspericornis*, predador de larvas de *Aedes aegypti*. La clave de **Reid** (1985) sobre Cyclopoida suramericanos incluye solamente 15 especies de este orden presentes en Colombia. La misma autora describe en 1987 *Paracyclops novenarius*, *Elaphoidella radkei* y *E. suarezi*, anota la especie *Paracyclops andinus* y tres especies ya conocidas en aguas del sector de Buenaventura. Un año más tarde **Reid** (1988) describe *Diacyclops hispidus* y *Nitocra lacustris colombiensis*, encuentra *Eucyclops bondi*, *Microcyclops alius* y 7 especies ya registradas para el país, esta vez en la zona de Tumaco. En 1990 **Reid et al.** describen *Metacyclops leptopus totensis* del Lago de Tota. **Petkovski** (1986 a, 1986b) en sus estudios de muestras de la isla de San Andrés describe dos nuevas especies de *Mesocyclops*, encuentra 2 nuevas para Colombia y una ya conocida en la zona continental. En 1988 el mismo autor estudia muestras de aguas

subterráneas de cuevas del departamento de Santander y encuentra 3 especies nuevas para el país, 2 ya conocidas y describe una nueva especie del género *Hesperocyclops*, endémico de las Antillas. De manera simultánea en 1988, **Reid** en muestras procedentes de Tumaco y **Petkovski** de aguas salobres de San Andrés encuentran la especie *Apocyclops panamensis*.

En un estudio sobre los copépodos de aguas de páramo, el autor encuentra por primera vez representantes de la familia Centropagidae (*Boeckella gracilis* y *B. occidentalis*), y en un sector del páramo bajo de la región central de la Cordillera Oriental describe un género de Diaptomidae (con una especie y una subespecie) (**Gaviria**, 1989). En muestras del litoral de la misma zona, describe posteriormente una nueva especie del género *Elaphoidella* y halla una segunda especie de Canthocamptidae ya conocida en Chile y en el Ecuador (**Gaviria** 1993b).

Con los reportes del presente artículo se suman en total 56 especies de Copepoda de vida libre de los tres órdenes mencionados (tabla 1), encontrados hasta hoy en aguas continentales del país. En una reciente investigación se encontraron 3 especies adicionales de la familia Diaptomidae en el plancton de ciénagas y embalses cálidos de valles interandinos, correspondientes a los géneros *Notodiptomus* (2 especies) y „*Arctodiptomus*“ (una especie). Estos taxones no se incluyen en la Tabla 1 y su estudio detallado es motivo de una publicación adicional.

## Características de algunas especies

*Tropocyclops prasinus altoandinus* n.ssp. (fig.1-20, Tab. 2-5)

Material: 42 hembras y 20 machos de las siguientes localidades del páramo en la Cordillera Oriental. Holotipo: 1 hembra, Alotipo: 1 macho, los demás ejemplares son paratipos. Las muestras de las lagunas La Primavera, Negra Superior, Agua Clara, Colorada y Verde fueron colectadas por A.M. & M. Cleef (Amsterdam), las demás por el autor.

1) Embalse de Chuza, Chingaza, Cundinamarca, 28.9.1983. Material disecado montado en portaobjetos. 1 hembra, holotipo (ICN-CR Nr. 1313, Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia); 1 hembra (ICN-CR Nr. 1314), 1 hembra (SG Nr. 500, colección del autor), 1 macho, alotipo (ICN-CR Nr. 1319), 2 machos (ICN-CR Nr. 1320 & 1323). Material no disecado montado en placas portaobjetos: 18 hembras (ICN-MHN-CR Nr. 1318), 7 machos (SG Nr. 482-488). Material preservado

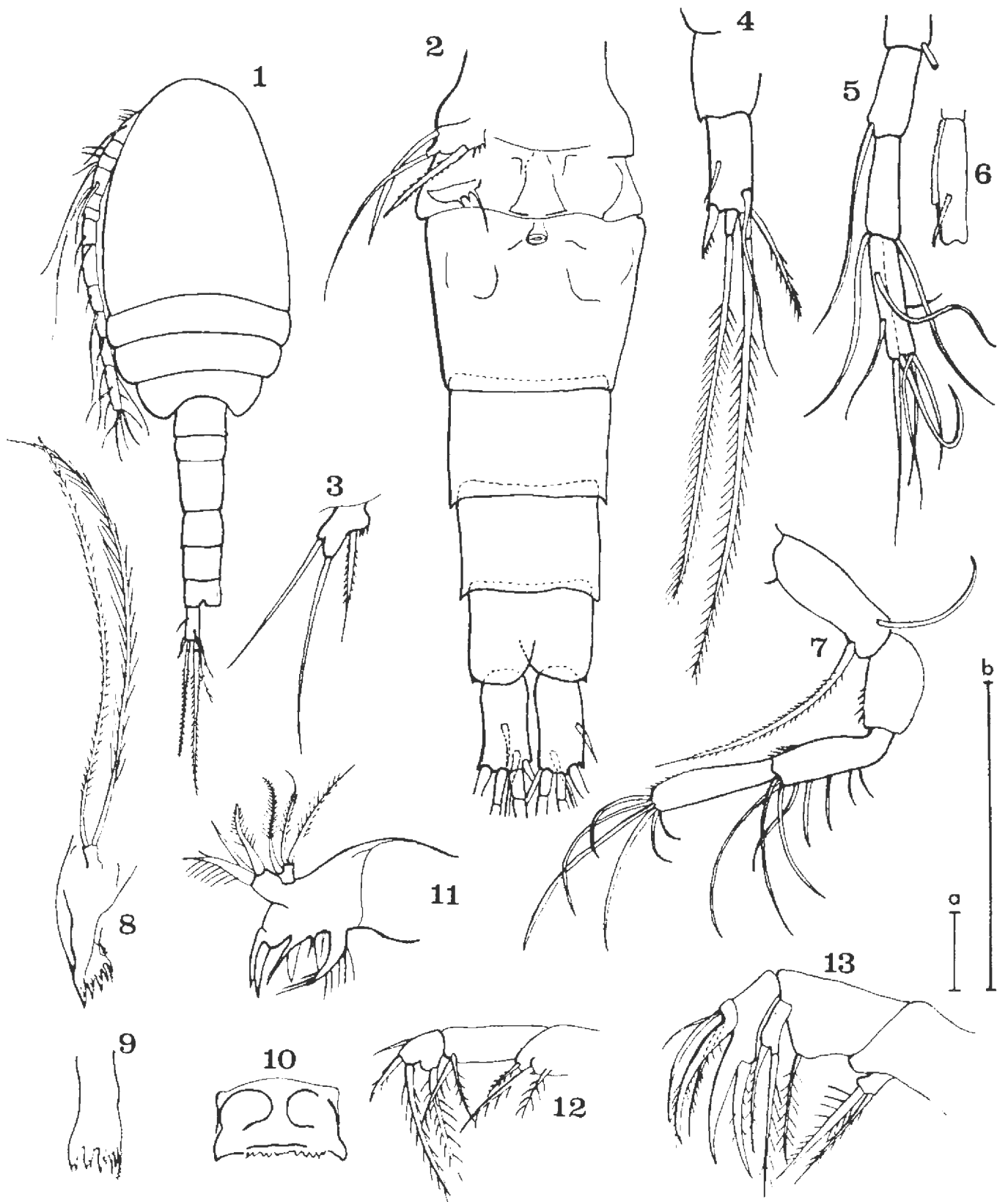
Tabla 1. Lista de especies de copépodos de vida libre encontrados hasta hoy en Colombia.

| <b>Cyclopoida</b>                    |                                |   |   |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|
| Neocyclops (Protoneocyclops) stocki  | Pesce, 1985                    |   | * |
| Macrocyclops albidus albidus         | (Jurine, 1820)                 | o | * |
| M. albidus principalis               | Herbst, 1963                   |   | * |
| Eucyclops serrulatus serrulatus      | (Fischer, 1951)                | o | * |
| E. delachauxi                        | (Kiefer, 1925)                 | o | + |
| E. demacedoi                         | Lindberg, 1957                 | o | + |
| E. pseudoensifer                     | Dussart, 1984                  | o | + |
| E. speratus                          | (Lilljeborg, 1901)             | o | + |
| E. bondi                             | Kiefer, 1934                   |   | * |
| E. cf. alticola                      | Kiefer, 1957                   |   | * |
| Tropocyclops prasinus prasinus       | (Fischer, 1860)                |   | * |
| T. prasinus altoandinus              | n.ssp.                         | o | + |
| Paracyclops fimbriatus chiltoni      | (Thomson, 1882)                | o | * |
| P. andinus                           | Kiefer, 1957                   |   | * |
| P. novenarius                        | Reid, 1987                     |   | * |
| Ectocyclops phaleratus               | (Koch, 1838)                   |   | * |
| E. rubescens                         | Brady, 1904                    |   | * |
| Microcyclops dubitabilis             | Kiefer, 1934                   |   | * |
| M. alius                             | (Kiefer, 1935)                 |   | * |
| Metacyclops laticornis               | (Lowndes, 1934)                | o | + |
| M. leptopus leptopus                 | (Kiefer, 1927)                 | o | * |
| M. leptopus totensis                 | Reid, Molina & Fukushima, 1989 | o | * |
| M. mendocinus                        | (Wierzejski, 1892)             | o | * |
| M. tredecimus                        | (Lowndes, 1934)                | o | + |
| Apocyclops distans                   | (Kiefer, 1956)                 |   | * |
| A. panamensis                        | (Marsh, 1913)                  |   | * |
| Hesperocyclops pescei                | Petkovski, 1988                |   | * |
| Neutrocyclops brevifurca             | (Lowndes, 1934)                |   | * |
| Mesocyclops brasiliensis             | Kiefer, 1933                   |   | * |
| M. longisetus longisetus             | (Thiébaud, 1914)               | o | * |
| M. aspericornis                      | (Daday, 1906)                  |   | * |
| M. reidae                            | Petkovski, 1986                |   | * |
| M. bernardi                          | Petkovski, 1986                |   | * |
| Thermocyclops decipiens              | (Kiefer, 1929)                 |   | * |
| Diacyclops hispidus                  | Reid, 1988                     |   | * |
| <b>Calanoida</b>                     |                                |   |   |
| Acartia tonsa                        | Dana, 1849                     |   | * |
| Prionodiptomus colombiensis          | Thiébaud, 1914                 | o | * |
| Colombodiptomus brandorffi           | Gaviria, 1989                  | o | + |
| C. brandorffi pilosus                | Gaviria, 1989                  | o | + |
| Boeckella occidentalis               | Marsh, 1906                    | o | + |
| B. gracilis                          | (Daday, 1902)                  | o | + |
| <b>Harpacticoida</b>                 |                                |   |   |
| Attheyella (Chappuisiella) fuhrmanni | (Thiébaud, 1914)               |   | * |
| A. (Ch.) derelicta                   | (Brian, 1927)                  |   | * |
| A. (Ch.) pichilafquensis             | Löffler, 1961                  | o | + |
| Elaphoidella suarezi                 | Reid, 1987                     |   | * |
| E. radkei                            | Reid, 1987                     |   | * |
| E. colombiana                        | Gaviria, 1993                  | o | + |
| Nitocra lacustris colombianus        | Reid, 1988                     |   | * |
| Parastenocaris chelifera             | Delachaux, 1923                |   | * |
| P. hexacantha                        | Kiefer, 1936                   |   | * |
| P. kubitzkii                         | Noodt, 1972                    |   | * |
| P. rottgeri                          | Noodt, 1972                    |   | * |
| P. columbiensis                      | Noodt, 1972                    |   | * |
| P. staheli                           | Menzel, 1916                   |   | * |
| Phyllognathopus viguieri             | (Maupas, 1892)                 |   | * |
| Epactophanes richardi                | Mrázek, 1893                   |   | * |

o encontrados por el autor

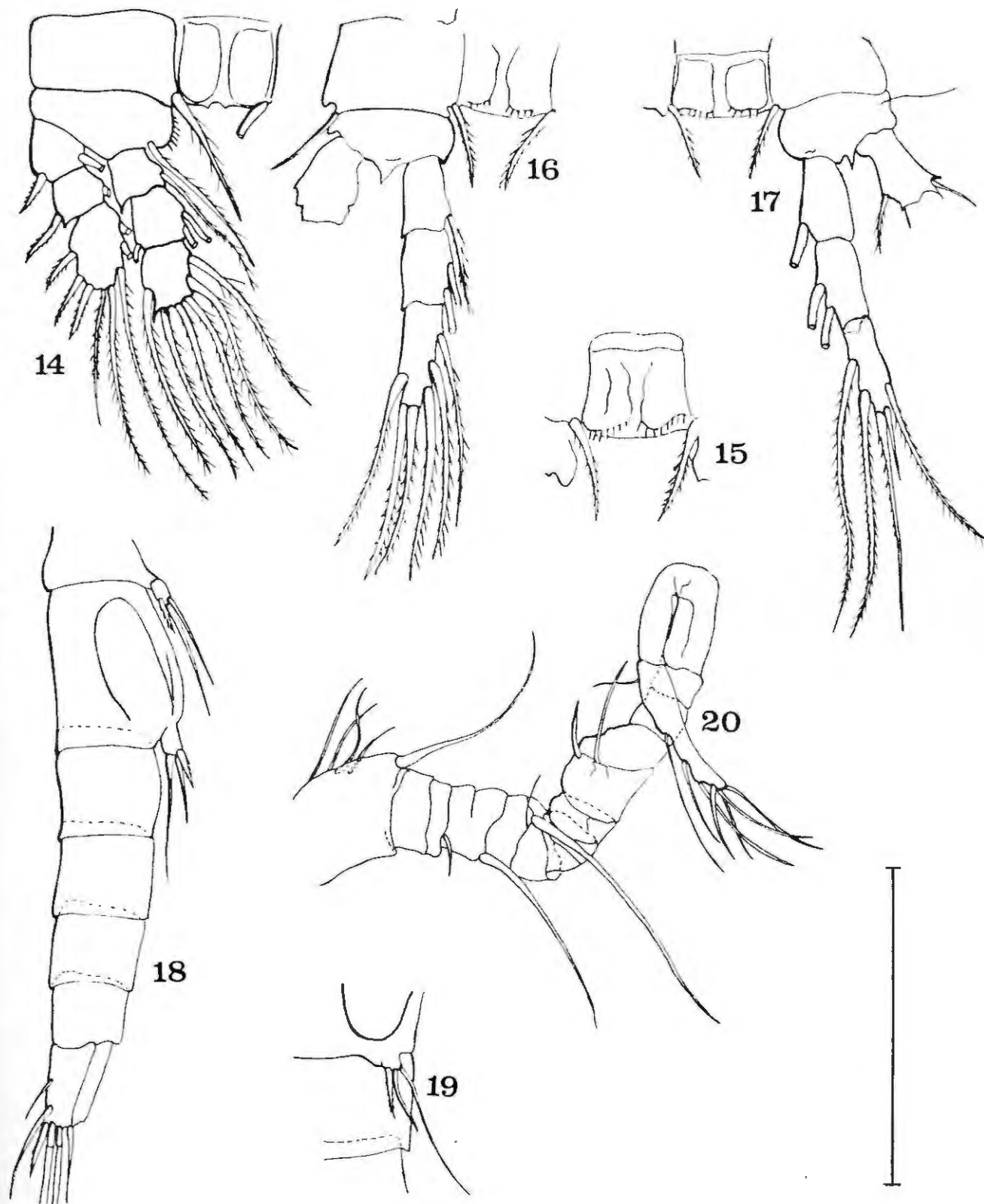
+ reportados por primera vez para el país por el autor

\* reportados por otros



Figuras 1 - 13. *Tropocyclops prasinus altoandinus* n. ssp.

Hembra, holotipo: 1) Aspecto general, vista dorsal. 2) Abdomen, vista ventral. 3) P5. 4) Rama furcal, vista dorsal. 5) Anténula, segmentos distales. 6) Anténula, último segmento. 7) Antena. 8) Mandíbula con palpo mandibular. 9) Gnatobase. 10) Labio. 11) Maxilula. 12) Maxila. 13) Maxilípido. Escala a: Fig. 1; escala b: Fig. 2-13 (cada escala = 100 µm).



Figuras 14 - 20. *Tropocyclops prasinus altoandinus* n. ssp.

Fig. 14 - 17, hembra, holotipo: 14) P1, derecha. 15) P2, placa intercoxal. 16) P3, endopodito derecho y placa intercoxal. 17) P4, endopodito izquierdo y placa intercoxal. Fig. 18 - 20, macho, alotipo: 18) Abdomen. 19) P6 (paratipo ICN-MHN-CR Nr. 1320). 20) Anténula.

Escala = 100  $\mu$ m.

en alcohol: 10 hembras (ICN-CR Nr. 1311), 6 machos (ICN-CR Nr. 1310).

Los ejemplares de las restantes localidades están todos disecados en portaobjetos.

2) Laguna Pozo Azul, Chingaza, 13.12.1983: 1 hembra (ICN-CR Nr. 1315), 2 machos (ICN-CR Nr. 1321 & 1324).

3) Laguna Seca, Chingaza, 20. 11. 1981: 1 hembra (ICN-CR Nr. 1316), 2 hembras (SG Nr. 221 & 223), 1 macho (SG Nr. 224).

4) Laguna Verde, cercana al Embalse del Neusa, Cundinamarca, 19. 8. 1972: 1 hembra (ICN-CR Nr. 1317), 1 macho (ICN-CR Nr. 1322).

5) Laguna La Primavera, Páramo de Sumapaz, Meta, 9.1.1973: 1 hembra (SG Nr. 303).

6) Laguna de Chingaza, 20.4.1983: 1 hembra (SG Nr. 304).

7) Laguna Negra Superior, Páramo de La Rusia, Boyacá, 19.12.1972: 1 hembra (SG Nr. 317).

8) Laguna Agua Clara, Páramo de la Rusia, 12.12.1972: 1 hembra (SG Nr. 315).

9) Laguna Colorada, Páramo de Pisba, Boyacá, 22.5.1972: 1 hembra (SG Nr. 319).

#### Descripción:

Hembra (fig.1-17, tab. 2 & 3): Longitud del holotipo, sin cerdas furcales 720  $\mu\text{m}$ ; longitud de 41 paratipos 600-860  $\mu\text{m}$ . Medidas adicionales del holotipo y 7 paratipos en las tabla 1 & 2. Anchura máxima del cuerpo en el segundo segmento torácico, cefalotórax

ovoide; segmento genital con la forma típica del género, receptáculo seminal difícil de observar.

Ramas furcales paralelas 2.04 veces (x) más largas que anchas (en 7 paratipos 2-2.25x)(tab.2), cerda dorsal (cd) delgada con una longitud de 2.3  $\mu\text{m}$ , 1.35 veces mayor que la cerda terminal interna (cti), esta última notoriamente (1.75-1) más larga que la externa (cte) (en 7 paratipos 4.2-5.45 x); cerda lateral corta, insertada en la mitad de la rama furcal, no sobrepasa el margen posterior de la rama furcal.

Anténula (An1) extendida alcanza el margen posterior del cuarto segmento torácico, con 12 artículos, el último de ellos con membrana hialina ancha (la cual no se observa en los artículos 10 y 11), finamente aserrada. Antena (An2) con 4 artículos; el primero con 2 cerdas, la más larga de ellas con cerdas secundarias; artículos 2-4 con hilera de espínulas en la superficie distal interna; segundo artículo sin cerdas; artículos 3 y 4 con 8 y 6 cerdas respectivamente. Mandíbula (Md) con gnatobase y palpo mandibular como se ilustra en las fig. 8 y 9; labio, maxílula (Mx1), maxila (Mx2) y maxilípedos (Mxp) como en las fig. 10-13.

Patas natatorias P1-P4 con fórmula espinal 3.4.4.3. Margen libre de la placa intercoxal de la P1 con 2 pequeños dientes; placa intercoxal de la P2-P4 ornamentada distalmente con grupo de espínulas o pelos cortos insertados cerca al margen libre, en mayor número (16 en el holotipo) en la P2. Fuera de estos, las superficies anteriores de las placas sin pelos ni espínulas. Endopodito 3 de la P4 3.06 x más largo que ancho (en 7 paratipos 2.71-3.5x)(tab.1); espina terminal interna (ei)

**Tabla 2.** *Tropocyclops prasinus altoandinus* n. ssp. Hembra: Medidas ( $\mu\text{m}$ ) y proporciones (en paréntesis) de la P4 (ei - espina interna, ee - espina externa, sg - segmento) y de la P5 (e - espina, cm - cerda mediana, ce - cerda externa) del holotipo (ICN-CR Nr. 1313) y 7 paratipos.

| Colección       | long.<br>$\mu\text{m}$ | furca<br>l:a      | furca                                       |          |           |          |
|-----------------|------------------------|-------------------|---|----------|-----------|----------|
|                 |                        |                   | cti:ctmi:ctme:cte:cd                        | ctmi:fu  | ctmi:ctme | cd:cti   |
| ICN-CR Nr. 1313 | 720                    | 51:25<br>(2.04:1) | 51:248:190:29:69<br>(1.75:8.55:6.55:1:2.38) | (4.86:1) | (1.3:1)   | 1.35:1   |
| SG Nr. 500      | 768                    | 44:20<br>(2.2:1)  | 40:218:168:24:—<br>(1.66:9.08:7:1:—)        | (4.95:1) | (1.29:1)  | —        |
| ICN-CR Nr. 1314 | 744                    | 45:20<br>(2.25:1) | 38:208:160:26:—<br>(1.46:8:6.15:1:—)        | (4.62:1) | (1.3:1)   | —        |
| ICN-CR Nr. 1315 | 680                    | 40:20<br>(2:1)    | —:218:152:22:69<br>(—:9.91:6.71:1:3.13)     | (5.45:1) | (1.4:1)   | —        |
| SG Nr. 223      | 608                    | 44:22<br>(2:1)    | 36:186:140:24:—<br>(1.5:7.75:5.38:1:—)      | (4.2:1)  | (1.32:1)  | —        |
| ICN-CR Nr. 1316 | 604                    | 40:18<br>(2.22:1) | 42:190:152:24:69<br>(1.75:7.92:6.33:1:2.87) | (4.75:1) | (1.25:1)  | (1.64:1) |
| SG Nr. 221      | 704                    | 38:18<br>(2.11:1) | 38:180:154:24:—<br>(1.58:7.5:6.42:1:—)      | (4.73:1) | (1.16:1)  | —        |
| ICN-CR Nr. 1317 | 720                    | 44:20<br>(2.2:1)  | 42:208:156:26:65<br>(1.62:8:6:1:2.5)        | (4.72:1) | (1.3:1)   | (1.54:1) |

**Tabla 3.** *Tropocyclops prasinus altoandinus* n. ssp. Hembra: Medidas (µm) y proporciones (en paréntesis) de la furca (fu), las cerdas terminal interna (cti), mediana interna (ctmi), mediana externa (ctme), externa (cte) y dorsal (cd) del holotipo (ICN-CR Nr. 1313) y 7 paratipos.

| Colección       | Localidad         | P4 end 3          |                   |                     | P5<br>e:cm:ce             |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|
|                 |                   | l:a               | ei:ee             | ei:sg               |                           |
| ICN-CR Nr. 1313 | Chuza             | 46:15<br>(3.06:1) | 99:33<br>(3:1)    | 99:46<br>(2.15:1)   | 47:97:59<br>(1:2.06:1.25) |
| SG Nr. 500.     | Chuza<br>(2.92:1) | 38:13<br>(—:—)    | 88:—<br>(2.32:1)  | 88:38<br>(1:2:1.68) | 38:76:64                  |
| ICN-CR Nr.1314  | Chuza             | 42:13<br>(3.23:1) | 84:28<br>(3:1)    | 84:42<br>(2:1)      | 28:—:—<br>(1:—:—)         |
| ICN-CR Nr.1315  | Pozo Azul         | 42:12<br>(3.5:1)  | 80:24<br>(3.33:1) | 80:42<br>(1.9:1)    | 30:64:50<br>(1:2.13:1.6)  |
| SG Nr. 223      | Lag. Seca         | 38:14<br>(2.71:1) | 84:24<br>(3.5:1)  | 84:42<br>(2:1)      | —<br>—                    |
| ICN-CR Nr. 1316 | Lag. Seca         | 36:13<br>(2.76:1) | 72:20<br>(3.6:1)  | 72:38<br>(1.89:1)   | —<br>—                    |
| SG Nr. 221      | Lag. Seca         | 36:12<br>(3:1)    | 76:22<br>(3.45:1) | 76:38<br>(2:1)      | —<br>—                    |
| ICN-CR Nr. 1317 | Lag. Verde        | 48:14<br>(3.43:1) | 86:—<br>(—:—)     | 86:48<br>(1.79:1)   | —<br>—                    |

**Tabla 4.** *Tropocyclops prasinus altoandinus* n. ssp. Macho: Medidas (µm) y proporciones (en paréntesis) de la furca (fu), la P5 y la P6 (e - espina, cm - cerda mediana, ce - cerda externa) del alotipo (ICN-CR Nr. 1319) y 7 paratipos.

| Colección      | Localidad  | long.<br>µm | furca<br>l:a | P5                        |                             | P6 |  |
|----------------|------------|-------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|----|--|
|                |            |             |              | e:cm:ce                   | e:cm:ce                     |    |  |
| ICN-CR Nr.1319 | Chuza      | 500         | 35:15        | 47:97:59<br>(1:2.06:1.25) | 35.: ? :45.5<br>(1: ? :1.3) |    |  |
| ICN-CR Nr.1320 | Chuza      | 624         | 34:16        | 38:76:64<br>(1:2:1.68)    | 35:45.5:63<br>(1:1.8:1.3)   |    |  |
| ICN-CR Nr.1323 | Chuza      | 518         | 35:17.5      | 28: ? : ?<br>(1: ? : ?)   | 28:40:52.5<br>(1:1.42:1.87) |    |  |
| ICN-CR Nr.1321 | Pozo Azul  | 528         | 36:20        | 30:64:50<br>(1:2.13:1.6)  | —<br>—                      |    |  |
| ICN-CR Nr.1324 | Pozo Azul  | 546         | 32:14        | —<br>—                    | 28:42:70<br>(1:1.5:2.5)     |    |  |
| SG Nr. 501     | Lag. Verde | 592         | 34:18        | —<br>—                    | —<br>—                      |    |  |
| ICN-CR Nr.1322 | Lag. Verde | 616         | 32:18        | —<br>—                    | —<br>—                      |    |  |
| SG Nr. 224     | Lag. Seca  | 608         | 36:20        | —<br>—                    | —<br>—                      |    |  |

3 veces más larga que la externa (ee) (en 7 paratipos hasta 3.6 x) y 2.15 veces más larga que el segmento (sg) (en 7 paratipos 2.77-3.52 x). P5 con espina (e) bien desarrollada de 47  $\mu\text{m}$ , cerda medial (cm) de 97  $\mu\text{m}$  y externa (ce) de 59  $\mu\text{m}$ ; segmento con grupo de 3 espínulas en el margen proximal interno. P6 formada de un segmento libre con 2 espinas externas cortas y una cerda interna larga (fig.2).

La variabilidad en el tamaño del cuerpo de las hembras es más acentuado que en cualquiera de las otras subespecies de *Tropocyclops prasinus* de América; este rango es solamente superado por la forma nominal (tab. 5), tomando en cuenta todas las poblaciones que considera Reid (1985).

Macho (fig. 18-20, tab. 4): Longitud del alotipo sin cerdas furcales 500  $\mu\text{m}$ , de 20 paratipos 518-640  $\mu\text{m}$ . Ramas furcales 2.33 x más largas que anchas (en 7 paratipos 1.77-2.12 x) (tab. 3). An1 de 17 artículos, los 2 distales fusionados. P6 con espina delgada y dos cerdas, la externa de mayor longitud que la interna (observado en paratipos, ya que en el alotipo la interna está rota). En el macho hay menor variabilidad en el tamaño del cuerpo, y se notó variabilidad en el tamaño de los apéndices de la P6.

Etimología: El nombre "altoandinus" se refiere a la región donde fue colectada la subespecie, que corresponde a lagunas altoandinas de la cordillera (entre 2996 y 4000 m.s.n.m).

Comparaciones: La hembra de *T. prasinus altoandinus* se diferencia de las otras hembras de las subespecies de *T. prasinus* por una combinación de diferentes caracteres como es la relación entre las longitudes del endopodito 3 de la P4 y de la espina terminal interna, la de ésta con la de la espina terminal externa, así como la relación entre la longitud y el ancho de las ramas furcales y entre la longitud de sus cerdas terminales interna y externa. En la tabla 4 se comparan estos caracteres morfológicos entre la subespecie propuesta, las subespecies americanas conocidas y la forma nominal (Fisher, 1860). La nueva subespecie se distingue de

*T. prasinus prasinus* y de las subespecies mencionadas (exceptuando a *peruviana*), por la mayor diferencia de tamaño entre las espinas terminales del endopodito 3 de la P4. Hay similitud con la forma *peruviana* (Lindberg, 1955) en este carácter, en la proporción de tamaño entre el endopodito y su espina interna y en el tamaño del segmento mismo. Se diferencia de ella en que la relación entre la longitud y el ancho de las ramas furcales es menor (*peruviana*:1.9-2.0:1); *altoandinus*: 2-2.25:1), y el tamaño de la cerda terminal interna es similar al de la externa (en *altoandinus* la interna es 1.45-1.75 mayor que la externa). Esta relación de longitudes entre las mencionadas cerdas también la diferencia de las subespecies *aztequei* Lindberg 1954, *mexicanus* Kiefer 1938, *jerseyensis* Kiefer 1931, *divergens* Dussart 1982 y de la población de *T. prasinus prasinus* conocida de la región de Barranquilla (1.25:1)(Kiefer 1956). La subespecie *altoandinus* posee además unas ramas furcales más cortas (longitud:ancho, 2-2.25:1) que la subespecie *T. prasinus prasinus* (poblaciones consideradas por Dussart, 1967: 2.3-3:1) y aquellas conocidas de Barranquilla (promedio de 4 ejemplares)(Kiefer, op.cit.). La nueva subespecie tiene la mayor similitud morfológica con *T. prasinus meridionalis* Kiefer 1931, ampliamente distribuida en el plancton de Suramérica (Reid, 1991) y conocida también en las Antillas (Reid, 1985), por la relación de tamaño de la furca y sus cerdas terminales: el macho de ambas taxa posee una P6 similar. Sin embargo, se distingue de ella porque en *T. prasinus meridionalis* existe una proporción menor entre las longitudes de las espinas terminales interna y externa del endopodito 3 de la P4 (*meridionalis* 2.49-2.88:1, *altoandinus* 3-3.6:1) y existe una proporción mayor entre la longitud de la primera espina mencionada y el artículo mismo (tab. 4).

Otro carácter que la diferencia de la forma nominal es la ornamentación de la placa intercoxal de la P1 (2 dientes): en la forma de Fischer tiene en vez de ellos una serie de pelos (como ocurre en las otras placas intercoxales, aunque más cortos).

Ecología: La subespecie es estenoterma de aguas frías (13.5-15.8 °C); se encontró en aguas ricas en oxígeno con valores ligeramente por debajo del valor de

Tabla 5. Comparación morfológica de la furca (cti - cerda terminal interna, cte - cerda terminal externa) y del endopodito 3 de la P4 (ei - espina interna, ee - espina externa, sg - segmento) de las subespecies americanas (hembras) de *Tropocyclops prasinus*. Los números indican proporciones (modificada de Reid 1991).

| subespecie   | longitud<br>$\mu\text{m}$ | furca        |              | P4 end 3     |              |              |
|--------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              |                           | l:a          | cti:cte      | l:a          | ei:sg        | ei:ee        |
| altoandinus  | 600-860                   | 2-2.25 :1    | 1.45-1.75 :1 | 2.71-3.5 :1  | 1.79-2.32 :1 | 3-3.6 :1     |
| f.peruviana  | 693-751                   | 1.9-2 :1     | 0.96-1.13 :1 | 2.33-3.23 :1 | 2.07-2.48 :1 | 2.77-3.52 :1 |
| meridionalis | 600-780                   | 1.84-2.17 :1 | 1.27-1.85 :1 | 2.46-3 :1    | 2.31-2.85 :1 | 2.49-2.88 :1 |
| prasinus     | 480-950                   | 2.3-3 :1     | 1-1.7 :1     | 2.3-2.6 :1   | 1.5-2 :1     | 1.7-2.6 :1   |
| aztequei     | 807-902                   | 2.61-3.12 :1 | 0.86-0.94 :1 | 2.86-3 :1    | 2.54-2.57 :1 | 1.87-2.07 :1 |
| mexicanus    | 522                       | 2.15-2.5 :1  | 1-1.17 :1    | 2.08 :1      | 2.68 :1      | 2.68-2.91 :1 |
| jerseyensis  | 480-500                   | 2.43-2.83 :1 | 1.05-1.22 :1 | 2.5 :1       | 2 :1         | 2.62-2.75 :1 |
| divergens    | —                         | —            | —            | 2.2 :1       | 1.92 :1      | 2.6 :1       |

saturación o por encima de él (95-107 %), con baja concentración iónica (conductividad eléctrica 3.2-36  $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$ ), bajos valores de la alcalinidad (0.26-0.4 mval) y de la dureza (11-27.2 mg/l como  $\text{CaCO}_3$ ) y valores del pH entre 6.1 y 7.7. En las lagunas muestreadas se le colectó en el litoral. En el embalse de Chuza la especie ocupaba en esa fecha las aguas libres, pero fué una situación temporal ya que el embalse se encontraba en una fase de llenado inicial. (Gaviria, 1993a). La especie no se adaptó a este medio y hasta 1992 no se le volvió a encontrar en el plancton del embalse.

Junto con *Macrocyclus albidus albidus* y *Eucyclops serrulatus*, es la especie más común en el litoral de lagunas paramunas de la cordillera oriental (Gaviria, 1988).

**Especiación:** El caso de endemismo en Copepoda en las altas montañas tropicales de América (puna y páramo) a nivel de subespecie se conoce también en *Metacyclops leptopus*, el cual está representado en Colombia por la subespecie *totensis* (Reid et al. 1990) en el plancton de lagos altoandinos de la cordillera oriental (Gaviria, reportados en 1988 como *M. leptopus leptopus*: Embalse Chisacá, Laguna del Sorbedero - Sumapaz, Charco de páramo en el Curubital; Reid et al. op.cit.: Tota), por la subespecie *mucujabi* (Kiefer, 1956) en los Andes venezolanos o por la forma nominal en estos y en la Sierra Nevada de Santa Marta (Löffler, 1972) y en los Andes peruanos y bolivianos (Marsh, 1906; Kiefer, 1927, 1952, 1957; Harding, 1955; Thomason, 1956; Lindberg, 1955, 1957). Los reportes de la forma nominal *M. leptopus leptopus* en algunas localidades de Los Andes merece una revisión ya que puede tratarse de la subespecie *totensis* en Colombia, de *mucubajensis* en Venezuela o de una aun no descrita en el Perú y Bolivia. El *Eucyclops serrulatus* del páramo colombiano es seguramente una subespecie diferente de la nominal, también conocida de otras regiones de Colombia (Thiébaud 1914; Kiefer, 1956; Reid, 1987). A las subespecies no se le ha dado todavía el valor que suficientemente merecen desde el punto de vista morfológico y ecológico.

Son conocidos también otros casos de evolución específica en Copepoda en cuerpos de agua de las altas montañas tropicales, como es el caso del género *Eucyclops*, con *E. delachauxi*, *E. pseudoensifer* y *E. demacedoi* en Colombia. Inclusive a nivel genérico existen casos como aquel de un representante de la familia Diaptomidae, *Colombodiaptomus* conocido exclusivamente en el páramo de la región central de la cordillera oriental, siempre por debajo de los 3700 m.s.n.m. (Gaviria, 1989).

La nueva subespecie *T. prasinus altoandinus* colectada en 9 localidades del páramo parece estar limitada a esta región. Esta separada de la especie nominal no solo morfológicamente, sino también ecológica y geográficamente.

*Eucyclops pseudoensifer* Dussart, 1984 (fig. 21-26)

Las hembras colombianas son más largas (longitud sin cerdas furcales 880-1104  $\mu\text{m}$ ) que el holotipo

(770  $\mu\text{m}$ ), descrito de la Laguna Mucujabí (Andes venezolanos); los machos (884-920  $\mu\text{m}$ ) son asimismo más largos que el alotipo (760  $\mu\text{m}$ ).

La hembra tiene ramas furcales ligeramente más cortas (3.3-3.5 x más largas que anchas) que la ilustración de Dussart (3.7 x). En su borde externo, la sierra se prolonga hasta el cuarto anterior, sus dientes posteriores son más largos que los anteriores, la cerda terminal externa de forma espinosa tiene como mínimo el doble del largo que el ancho de la rama furcal. Existe una diferencia con el holotipo en la relación de tamaño entre esta espina y la cerda interna: en el primero su longitud es igual, en los ejemplares de la laguna Seca varía de 1-1.25 x.

La An1 es más corta que el cefalotórax, posee 12 artículos de los cuales el último es más largo que el penúltimo, y este más largo que el décimo; los tres poseen una membrana hialina delgada de borde finamente aserrado.

La longitud del endopodito 3 de la P4 es más del doble que el ancho, la espina interna es más grande que el segmento y que la espina externa. El borde libre de la placa intercoxal tiene una serie de espínulas (Colombia: 9-14, Venezuela: 18). En los ejemplares colombianos existen 2 series de pelos finos en la superficie anterior de esta placa, localizados proximalmente y cerca a cada coxapodito.

La espina de la P5 es fuerte, la cerda apical es como mínimo el doble del largo de la cerda externa, y ésta, a su vez, es más corta que la espina.

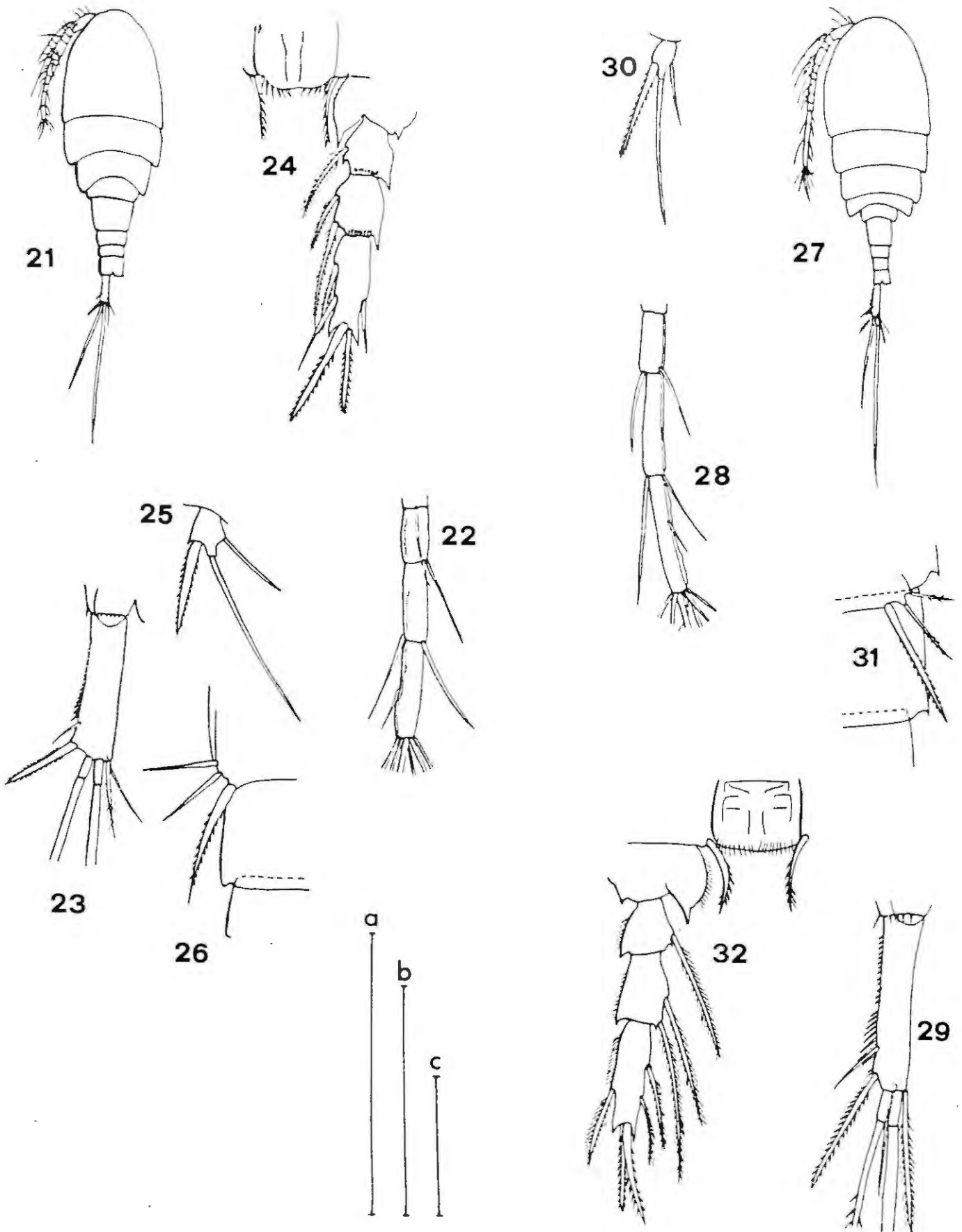
El macho no presenta variabilidad en su morfología con respecto a la descripción original.

Se estudiaron 7 hembras y 6 machos de la Laguna Seca en el páramo de Chingaza, Cundinamarca. En Gaviria (1988) se dan medidas adicionales de cada ejemplar (hembra: An1, furca, end P4 y placa intercoxal, P5; macho: furca, P6) y una descripción detallada de otros caracteres morfológicos.

**Distribución:** Con el presente registro se amplía su distribución a Colombia, y por lo tanto su distribución vertical conocida se amplía al rango 3560 (Laguna Mucujabí) - 3650 m.s.n.m. (Lag. Seca, Chingaza).

**Ecología:** Fué colectada (20.11.1981) en el litoral de una laguna de páramo, y parece estar limitada a este hábitat. Parece ser una especie estenoterma de aguas frías: en la Laguna Seca la temperatura el día de su recolección era de  $14^\circ\text{C}$ , en Mucujabí se reportan 9.7 -  $14^\circ\text{C}$  (Gessner & Hammer 1967). El contenido de electrolitos de ambas lagunas es bajo: la conductividad eléctrica en la Lag. Seca es de 3.2  $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$ , en Mucujabí de 11. El valor del pH en ambas lagunas está ligeramente por debajo de 7 (L. Seca: 6.65, Lag. Mucujabí: 6.7).

En Chingaza se colectó junto con las especies *E. serrulatus*, *Tropocyclops prasinus altoandinus*, *Attheyella* (*Chappuisiella*) *pichilafquensis*, *A. (Delachauxiella)* sp., *Parastenocaris* sp. y los cladóceros *Daphnia* sp., *Alona*



Figuras 21-26 *Eucyclops pseudoensifer*, 27-32 *E. demacedoi* *E. pseudoensifer* - Fig. 21 - 25, hembra: 21) Aspecto general. 22) An1, 3 últimos segmentos. 23) Furca, vista dorsal. 24) End. P4 y placa intercoxal, vista dorsal. 25) P5. Fig. 26, macho: P6. *E. demacedoi* - Fig. 27 - 30, hembra: 27) Aspecto general. 28) An1, 3 últimos segmentos. 29) Furca, vista dorsal. 30) P5. Fig. 31 y 32, macho: 31) P6. 32) P4.

Escala a: Fig. 21, 27; escala b: Fig. 25, 26, 30, 31; escala c: Fig. 22-24, 28, 29, 32 (cada escala = 100  $\mu$ m).

cf. *quadrangularis*, A. cf. *costata*, A. cf. *rustica*, A. cf. *guttata*, A. cf. *excisa*, *Chydorus* cf. *piger*, 2 especies adicionales del género *Chydorus* y el anfípodo *Hyalella*; en Mucujabí junto con *M. leptopus mucubajiensis* (Dussart op.cit.).

*Eucyclops demacedoi* Lindberg 1957. (fig. 27-32)

Las hembras colombianas son más cortas (longitud sin cerdas furcales: 960-976  $\mu\text{m}$ ) que las peruanas (1092-1254  $\mu\text{m}$ ); el único macho colectado también (Colombia: 888  $\mu\text{m}$ ; Perú: 950-995  $\mu\text{m}$ ).

Las hembras poseen un grupo de cerdas largas en el margen lateral posterior del quinto segmento torácico. Las ramas furcales son ligeramente divergentes y 5-5.7 más largas que anchas. La sierra del borde externo de las ramas furcales se extiende casi hasta la base de la furca y está formada por dientes muy separados unos de los otros, y agrupados en dos series: la serie anterior tiene 4-6 dientes largos, la posterior 11-18 dientes. En los ejemplares peruanos, 2-3 de últimos dientes están insertados posteriormente a la cerda lateral (en los ejemplares colombianos 2-4 dientes). Entre las dos series puede existir un espacio vacío; la serie anterior puede estar insertada con tendencia ventral. La cerda lateral está insertada en la cuarta sección posterior de las ramas furcales, la cerda dorsal es más corta que la cerda terminal externa, la cual es tan larga o más larga que la interna.

La An1 (12 artículos) se extiende (descripción original) como máximo hasta el tercio posterior del segundo segmento torácico, mientras que en las hembras colombianas es más larga y llega al margen posterior del mismo segmento. El último artículo de la antena es más largo que el penúltimo, los tres últimos artículos tienen una membrana hialina de borde liso.

La cerda terminal interna del endopodito 3 de la P4 es un poco más corta en los ejemplares colombianos (1.05-1.12 x más largos que el segmento) que en los ejemplares descritos del Perú (1.28 x)(Lindberg op.cit.).

El macho colombiano se diferencia del de Lindberg en que la espina de la P6 es más larga que ambas cerdas (en la ilustración de Linberg la cerda mediana es más larga) y sobrepasa el borde posterior del segundo segmento abdominal (en Linberg es más corta que el segmento).

Distribución: Esta especie litoral descrita de ejemplares del Lago Huampucha, Junín, Perú, se colectó en la Laguna Verde al NW del embalse del Neusa (A.M. & Cleef, 19.8.1972). Su distribución vertical queda de esta manera entre los 3650 (Colombia) y los 4700 m.s.n.m (Perú).

Ecología: No existen datos de temperatura ni características físicas y químicas de las dos localidades donde se ha colectado la especie. En la laguna Verde solo se tiene el valor de la conductividad eléctrica (10  $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$ .) y del pH (6.1). Se le encontró junto con *Eucyclops serrulatus*, *Tropocyclops prasinus altoandinus*, *Colombodiptomus brandorffi*, un representante de la familia Canthocamptidae, *Bosmina* sp., *Acroperus cf. harpae*, tres especies de *Chydorus* y una de *Hyalella*.

*Eucyclops delachauxi* (Kiefer, 1925). (fig. 33-38)

En las hembras (longitud sin cerdas furcales: 869-1058  $\mu\text{m}$ ) y machos (longitud: 688-907  $\mu\text{m}$ ) el último segmento abdominal es marcadamente más largo que el penúltimo (lo cual es en general típico hasta el estadio de copepodito V en Cyclopoida). En las hembras colombianas la longitud encontrada es igual o ligeramente mayor. Las ramas furcales son paralelas y su longitud es 4 veces mayor que su ancho (Colombia: 3.23-4x). Los dientes de la sierra del borde externo de la furca están muy separados y por regla, su número varía de 4-10, pudiendo llegar a tener 17 (Colombia, siembre < 8); la longitud de la cerda lateral es mayor que el ancho de las ramas furcales; la cerda terminal externa tiene forma de espina y es tan larga o ligeramente más larga que la interna; de las dos cerdas medianas, la interna es solamente 1.4 - 1.57 x más larga que la externa (Kiefer : 2 x).

La An 1 (12 artículos) alcanza como máximo el margen posterior del cefalotórax; sus 3 últimos segmentos poseen una membrana hialina de borde liso.

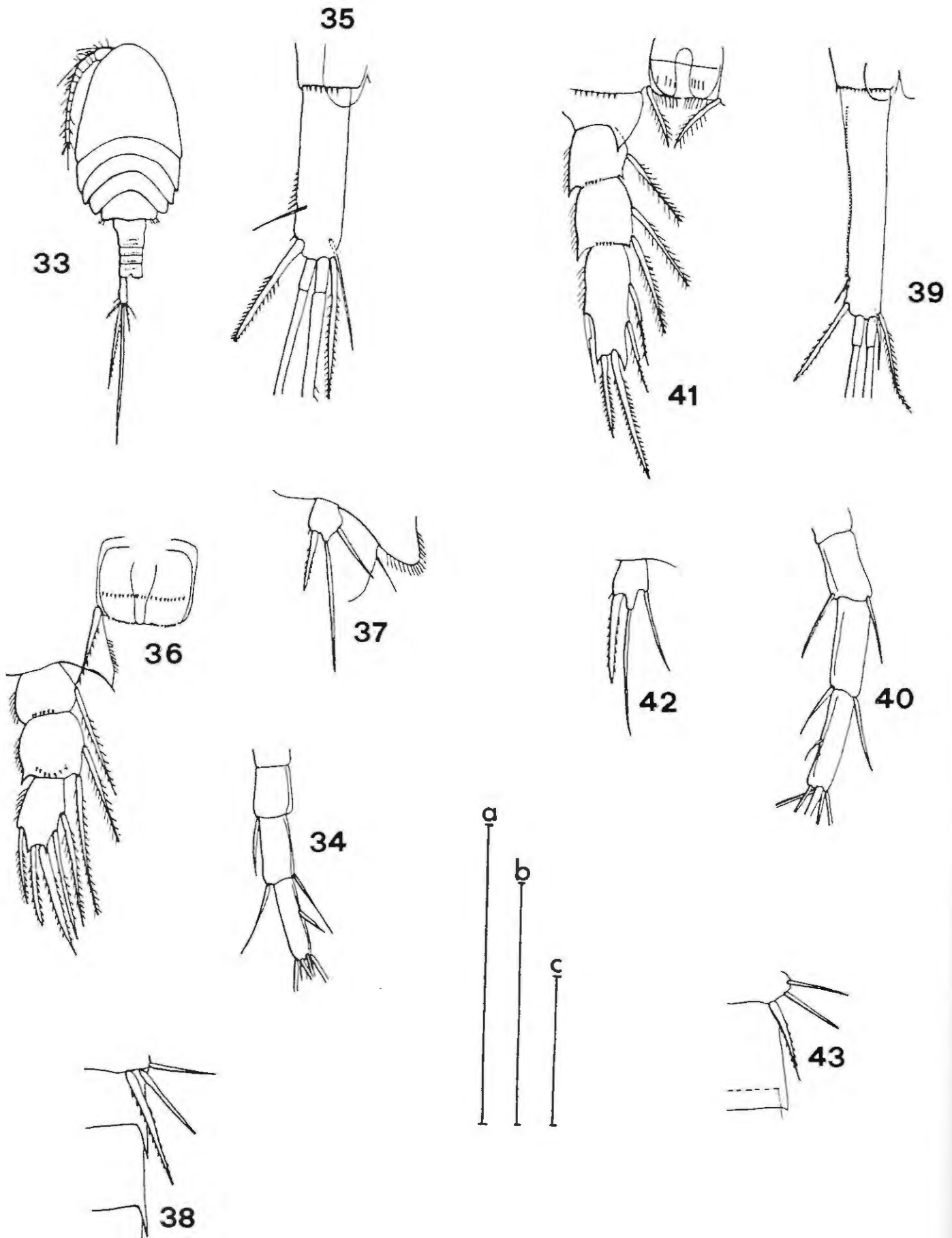
La placa intercoxal de la P4 tiene 2 series de espínulas. La longitud del endopodito 3 de la P4 es menos del doble de su ancho (1.6-1.92 x); su espina interna posee espínulas en sus borde convexo, y en los ejemplares colombianos además en su borde cóncavo.

En el macho, la furca no tiene sierra en el margen externo; posee solamente 2-3 espinas cerca al punto de inserción de la cerda lateral. La cerda terminal externa es más corta que la interna. La fuerte espina de la P6 sobrepasa el segundo segmento abdominal, las cerdas tienen igual longitud y son más cortas que la espina.

Distribución: La especie se encontró en la laguna de Siecha (29.1.1983), en un charco cerca a la misma laguna (29.1.1983) y en otro cercano a la Laguna Verde de Chingaza ( cabecera del río Chuza) (20.4.1983), en la laguna de los Tunjos 3 (Chisacá) (23.6.1982), en las lagunas del Rincón y de Bocagrande, páramo de Curubital (27.6.1984) y en la laguna La Primavera, páramo de Sumapaz (col. A.M. & M. Cleef, 27.6.1972), entre los 3570 y los 3730 m.s.n.m. La especie es también conocida de los Andes peruanos (Kiefer 1925, 1926; Delachaux 1928; Harding 1955; Lindberg 1957) y de un lago en Bolivia (Harding op.cit.).

Ecología: Es un habitante del litoral de lagunas y charcos altoandinos. En Colombia se le encontró en aguas con temperaturas entre 6 y 18  $^\circ\text{C}$ ., de alto contenido de oxígeno con valores ligeramente por debajo del valor de saturación o por encima de él, bajo contenido de electrolitos (conductividad eléctrica: 3.4 - 20  $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$ .), un rango de pH entre 5.7 y 8.6, bajos valores de la dureza (1 - 19.4 mg/l como  $\text{Ca CO}_3$ ) y de la alcalinidad (0.02-0.6 mval.).

En la laguna de Los Tunjos N° 3 se le encontró junto con *Macrocyclops albidus*, *Paracyclops fimbriatus chiltoni*, *Colombodiptomus brandorffi pilosus*, *Attheyella (Chappuisiella) pichilafquensis*, *Parasteno-caris* sp., un representante de la familia Macrothricidae, *Bosmina* sp., *Alona cf. costata*, A. cf. *affinis*, *Alonella*



Figuras 33-38 *Eucyclops delachauxi*, 39-43 *E. speratus* *E. delachauxi* - Fig. 33 - 37, hembra: 33) Aspecto general. 34) An1, 3 últimos segmentos. 35) Furca, vista dorsal. 36) End. P4 y placa intercoxal. 37) P5. Fig. 38, macho: P6. *E. speratus* - Fig. 39 - 42, hembra: 39) Furca, vista dorsal. 40) An1, 3 últimos segmentos. 41) End. P4 y placa intercoxal. 42) P5. Fig. 43, macho: P6.

Escala a: Fig. 33; escala b: Fig. 37, 38, 42, 43; escala c: Fig. 34-37, 39-42 (cada escala = 100  $\mu$ m).

cf. *excisa* y *Chydorus cf. ovalis*; en el Lago Huapucocha (Perú) se le encontró junto con *Eucyclops demacedoi*, *Paracyclops fimbriatus andinus*, *Acanthocyclops robustus*, diversos Calanoida, Harpacticoida y Cladocera (Lindberg, op. cit.) y en un pequeño lago de montaña en Paso de Unduavi con *Boeckella occidentalis* (Harding 1955).

*Eucyclops speratus* (Lilljeborg, 1901). (fig.39-43)

Las hembras de *E. speratus* (longitud sin cerdas furcales 1000 - 1700 µm) son muy similares a las de *E. serrulatus* (Fisher 1860), pero sus ramas furcales son paralelas y más largas (5-7 veces más largas que anchas; 4.3 - 4.5 x en los ejemplares estudiados); los dientes del margen externo son muy finos, la cerda terminal interna es más larga que la externa y hasta 0.5 veces tan larga como las ramas furcales (Dussart 1967: 0.6 x).

La An 1 alcanza hasta la mitad del segundo segmento torácico; sus 3 últimos artículos poseen una membrana hialina muy delgada de borde liso.

La placa intercoxal de la P4 posee 2 series de cerdas cortas. Esta y la morfología de los 3 últimos segmentos de la An1 son caracteres no mencionados en descripciones anteriores.

Los machos (longitud sin cerdas furcales 700-900 µm) tienen las ramas furcales 4-6 x más largas que anchas, su margen externa es lisa, la cerda terminal interna es más corta que las ramas furcales. La espina de la P6 no alcanza el margen posterior del segundo segmento abdominal.

Distribución: La especie tiene una amplia distribución geográfica, pero no es una especie común. Se le encuentra en Europa, Asia, Australia, Tasmania, África del Norte y Norteamérica. El único reporte de América Central y del Caribe es en aguas de Cuba (Smith & Fernando 1980, Collado *et al.*, 1984).

La especie no es conocida en Suramérica. En Colombia se le colectó en la Finca Los Cristales, Santandercito, Cundinamarca, en un estanque artificial a 1600 m.s.n.m, en donde se han sembrado en varias ocasiones carpa *Cyprinus carpio* y trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* provenientes de Asia a Norteamérica, y de donde los copépodos pudieron haber sido transportados accidentalmente.

Ecología: Dussart (1969) opina que *E. speratus* presenta una demanda ecológica diferente a *E. serrulatus*. Sin embargo, en el valle del Danubio se le ha encontrado recientemente asociado al fitobentos de un sistema de irrigación junto a la segunda especie mencionada (Gaviria, 1993c). La especie es euriterma; en la Laguna Los Cristales se le encontró en aguas con 17 °C., pero pudo habitar en aguas más frías, ricas en vegetación (Margalef, 1953; Dussart op.cit.). Wilson & Yeatman (1959) señalan que la especie es un habitante de aguas pandas; el estanque en Colombia tiene 2.8 m. de profundidad, es rico en macrófitos (entre otros *Lemna sp.*, *Azolla sp.*). *E. speratus* es poco sensible a fuertes cambios en el valor del pH (4.8- 9) (Dussart op. cit.) En los Cristales

este valor era de 7.1. La especie es resistente a salinidades hasta de 7.2 ‰ y valores de la alcalinidad hasta de 14 mval (Löffler, 1961); el estanque estudiado tenía una conductividad eléctrica de 75 µS/cm/20°C., una alcalinidad de 0.56 mval. y un valor de la dureza de 44 mg/l como CaCO<sub>3</sub>.

La densidad de la especie en el estanque era alta y se le encontró junto con *Paracyclops fimbriatus chiltoni*. Otros estudios han demostrado que en aquellos lugares donde se encuentra, nunca es la especie dominante (Löffler 1961, Armengol, 1978; Gaviria op.cit.).

*Metacyclops laticornis* (Lowndes, 1934). (Fig. 44-63)

Debido a que el macho de esta especie no era suficientemente conocido, se hace una descripción detallada de él y se da un diagnóstico resumido de los caracteres morfológicos de la hembra, con la variabilidad respectiva. Algunas estructuras del macho (furca, P4, P5, P6) de ejemplares provenientes de un afluente del río Paraná en Corrientes, Argentina, fueron ilustrados por Dussart & Frutos (1985), pero sin descripción alguna.

Material: 1 hembra y 1 macho de la Laguna de La Herrera, Sabana de Bogotá, col. 20.5.1984.

5 hembras y 19 machos de un represamiento del río Bojacá, Mosquera, Sabana e Bogotá, col. 20.5.1094.

Material disecado en portaobjetos: 1 macho (NHMW N° 5280 de la Laguna de La Herrera, Museo de Historia Natural de Viena, Austria), 5 machos (río Bojacá, col. autor), 1 hembra (L. de La Herrera, col autor), 1 hembra (río Bojacá, col. autor).

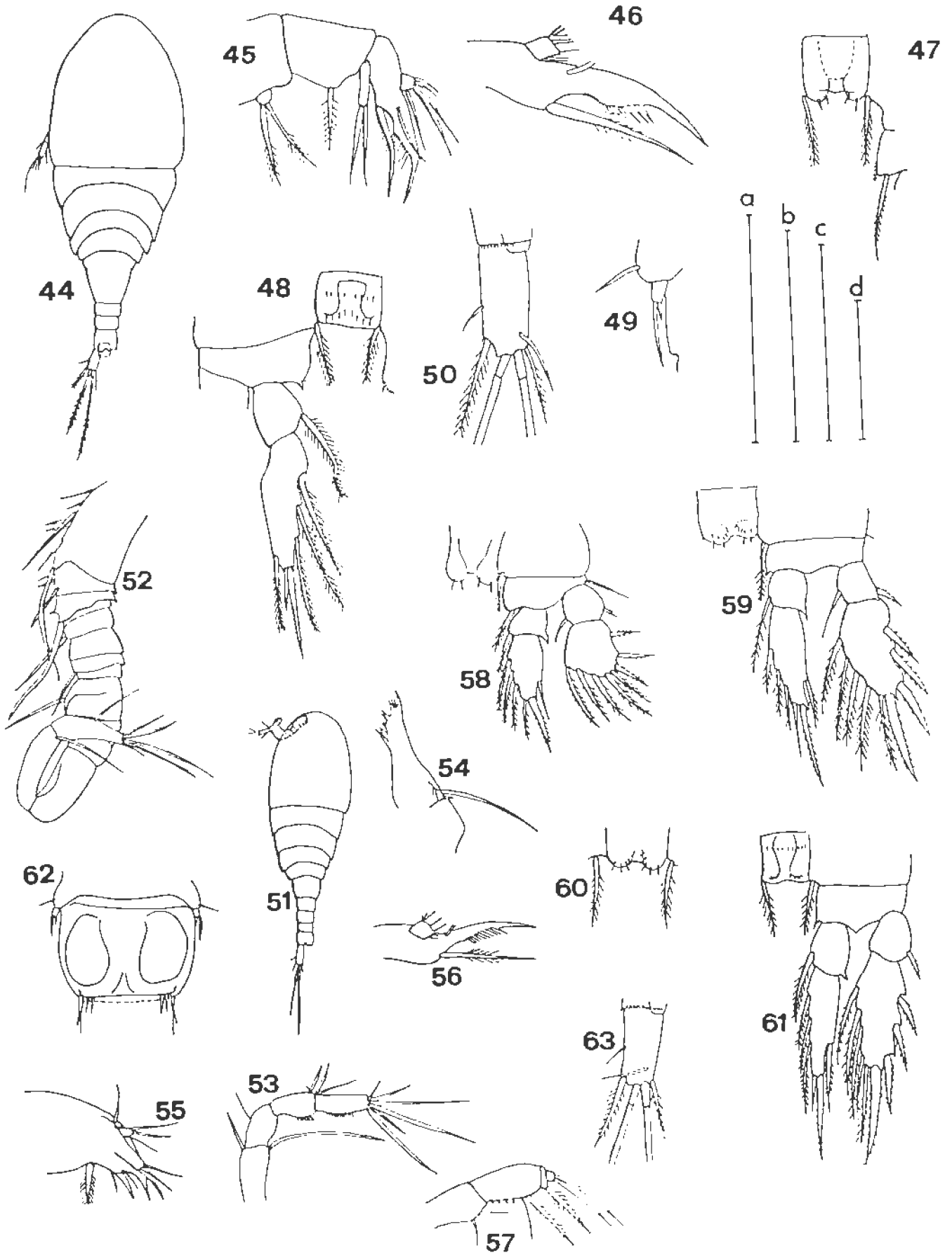
Material no disecado conservado en alcohol: 6 machos (NHMW N° 5281, río Bojacá), 8 machos (col. autor).

Diagnóstico: Las hembras del Paraguay miden en promedio (sin cerdas furcales) 1100 µm, las de Colombia (6 ejemplares) entre 926 y 963 µm. La parte más ancha del cuerpo se halla a la altura de la mitad del cefalotórax; las ramas furcales tienen el doble de largo que el ancho, la cerda terminal interna es más corta que la externa.

La An1 (12 artículos) alcanza el borde posterior del cefalotórax. La segunda maxila lleva 2 cerdas en una protuberancia del borde interior del primer segmento, 1 cerda en el mismo borde del segundo segmento y una en el tercero (entre ésta y la cerda porta una serie de 10 dientes). La protuberancia mencionada está claramente separada del segmento en los ejemplares colombianos, lo cual no ocurre en la descripción original.

Ambas ramas de las patas natatorias P1-P4 son bisegmentadas. La placa intercoxal de la P1 lleva 2 (Colombia: 2-3) dientes en cada protuberancia del borde libre; el basipodito porta una cerda en su borde interno. El endopodito de la P4 es 2.8 veces más largo que ancho (Colombia: 3.07 - 3.64x), la espina terminal interna es como máximo el doble de larga que la externa, y a su vez más corta que el segmento mismo (Paraguay 1:1.6, Colombia 1:1.4).

El primer segmento de la P5 está reducido a una cerda insertada en el quinto segmento torácico; el seg-



Figuras 44-63 *Metacyclops laticornis*

Fig. 44-50, hembra. 44) Aspecto general. 45) Mx2. 46) Mx2, tercer segmento. 47) P1, placa intercoxal y borde interno del basipodito. 48) P4, endopodito y placa intercoxal, vista anterior. 49) P5. 50) Rama furcal, vista dorsal. Fig. 51-63, macho. 51) Aspecto general. 52) An1. 53) An2. 54) Md. 55) Mx1. 56) Mx2, tercer segmento. 57) Mx2. 58) P1. 59) P2. 60) P3, placa intercoxal. 61) P4. 62) Segmento genital, P5 y P6. 63) Rama furcal. Escala a: Fig. 46, 49; escala b: Fig. 54-57; escala c: Fig. 44, 51; escala d: 45, 47, 48, 50, 52, 53, 58-63 (escala a, b, d = 100 µm, escala d = 500 µm).

mento distal es ligeramente más largo que ancho, y lleva una una cerda y una espina, la primera es 3 veces más larga que la espina y llega hasta el tercio anterior del segmento genital.

Descripción del macho (ejemplar de la Lag. de La Herrera): Su longitud (sin cerdas furcales) es de 680  $\mu\text{m}$  (648-688  $\mu\text{m}$ , 19 ejemplares), el ancho máximo es de 216  $\mu\text{m}$  y se halla a la altura del segundo tercio del cefalotórax. El borde posterior de los segmentos torácicos es liso. El abdomen tiene 5 segmentos: el segundo es más largo que los siguientes, el tercero y cuarto son iguales y más cortos que el quinto; el borde posterior de los 4 primeros segmentos abdominales es liso; en el quinto, el borde ventral tiene cortos dientes. Las ramas furcales son 2.08 (2.07-2.36 veces, 5 ejemplares adicionales) más largas que anchas, la cerda terminal externa es 1.13 x (4 ejemplares adicionales: 1.15-1.3x) más larga que la interna. De las 2 cerdas terminales medianas, la interna es 4.34 - 4.7 veces más larga que la terminal interna mientras que la externa es solamente 3.56 - 3.8 x.

La An1 (14 artículos) tiene la articulación entre el segmento 12 y 13; la disposición de sus cerdas esta ilustrada en la figura 52. An2, Md, maxilas Mx1, Mx2 (tercer segmento), maxilípodo Mx1 están ilustrados en las figuras 53 a 57 respectivamente. El borde interno del tercer segmento de la Mx2 no tiene esa concavidad (proximal a los dientes) tan acentuada como en la hembra.

La fórmula de P1-P4 es 3.4.4.3. (según nomenclatura de Lang, 1948). El basipodito de la P1 lleva una cerda en la esquina distal del borde interno. La placa intercoxal de esta pata lleva en cada protuberancia del borde libre dos espinas, en la P2 lo mismo, además dos grupos de 4 espinas en la superficie anterior y cerca al borde libre, la P3 un grupo de cinco (en 4 ejemplares adicionales: 4-5) espinas por protuberancia y la P4 dos grupos de tres espinas además de una serie de espinillas en la superficie anterior localizadas de manera proximal (en el ejemplar ilustrado de la Argentina, no aparece ornamentación alguna en esta placa). El endopodito 2 de la P4 es 3.2 x (3.1-3.7 x) más largo que ancho, su espina terminal externa es 1.92 x (1.7 - 2.6 x) más larga que la interna y más corta que el segmento mismo (en el ejemplar de la Argentina, el tamaño de estas dos espinas es invertido!, como ocurre en la hembra). El primer segmento de la P5 consiste en una cerda insertada en el borde lateral del quinto segmento torácico, el segundo segmento es ligeramente más largo que ancho, la cerda es más del doble de largo (en 1 ejemplar hasta 3 x) que la espina y alcanza hasta el primer tercio del segmento genital; la P6 está compuesta de 3 cerdas, las dos internas delgadas, de igual longitud y más cortas que la externa. En la ilustración de la P6 del macho argentino, las dos cerdas externas parecen de igual longitud, la interna más corta (Dussart & Frutos, op. cit.).

Distribución: La especie es conocida del Paraguay (Lowndes op. cit.) y de la Argentina (Dussart & Frutos op.cit.). Con el reporte actual se amplía su distribución al norte de Suramérica y al altiplano en la Cordillera de Los Andes. Las dos en las que se colectó la

especie se encuentran a 2600 m.s.n.m en el suroccidente de la Sabana de Bogotá.

Ecología: La especie es habitante de lagunas pandas, estanques y canales (de planicie). El rango de temperatura en que la especie vive está entre 15 (Colombia) y 18 °C (en la Argentina se reportan valores entre 23 y 38 °C. para el canal. El Sombrerito, pero no es claro si el macho colectado proviene de allí o del estanque de CECOAL). *M. laticornis* resiste valores bajos del oxígeno disuelto (hasta 14 % de saturación, Bogotá) y alta turbidez (hasta 74 U.N.T. y 370 unidades de color). Se le ha encontrado en aguas con diferentes valores de la conductividad eléctrica: 121 - 130 (Colombia)  $\mu\text{m/cm}/20^\circ$  (23-92  $\mu\text{S/cm}$  en El Sombrerito) y valores del pH entre 6.1 - 6.2 (7.8 en El Sombrerito). En el represamiento del río Bojacá se le encontró habitando entre macrófitos (*Azolla* sp. e *Hydromystria stolonifera*).

*Metacyclops tredecimus* (Lowndes, 1934). (Fig. 64-70)

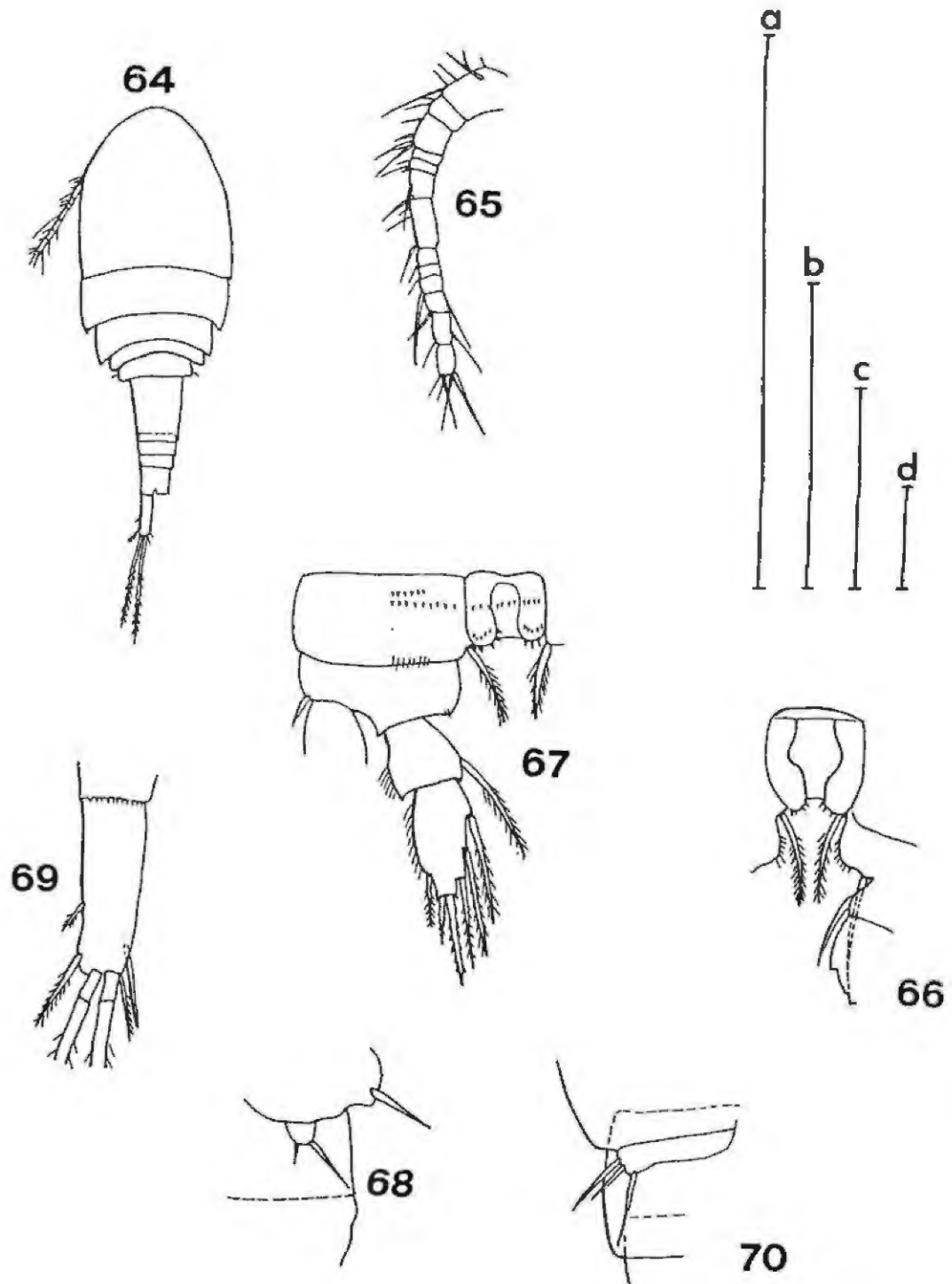
Las hembras colombianas miden 800 - 850  $\mu\text{m}$  (longitud sin cerdas furcales). Las ramas furcales son 4x más largas que anchas; la cerda lateral va insertada a 2/3 de la distancia entre la base y el borde posterior de la rama furcal; las cerdas terminales son cortas: la terminal externa es algo más larga que la terminal interna, la cerda terminal mediana interna es 2.5-2.7 x más larga que la rama caudal.

La An1 tiene 13 artículos y alcanza hasta el segundo segmento torácico. Ambas ramas de las P1-P4 son bisegmentadas, su fórmula espinal es 3.4.4.3.. El basipodito de la P1 lleva una cerda en su esquina distal interna. La espina terminal interna del endopodito 2 de la P4 es algo más corta que el segmento mismo y el doble de larga (Colombia: 1.6-1.75 x) que la espina terminal externa; el margen libre de la placa intercoxal tiene pocos dientes, y en los ejemplares colombianos se observaron dos series de pelos en la cara anterior, una en posición distal (dividida en 2 grupos) y otra en posición proximal. El P5 consiste en un artículo terminal fusionado al tórax y del cual solo queda remanente una cerda lateral, y un segmento distal con una cerda externa y una espina interna (la cerda es más de 3 x más larga que la espina).

Los 2 machos colectados en Colombia miden (sin cerdas furcales) 592 y 629  $\mu\text{m}$ , el ejemplar reportado por Reid (1985) 660  $\mu\text{m}$ . Las ramas furcales son 2.5 - 3.4 x más largas que anchas, las cerdas terminales externa e interna son de longitud semejante, la cerda terminal mediana interna es 3.5 - 3.8 x más larga que la rama furcal. La P6 tiene 3 apéndices, de los cuales el del medio es el más corto y el interno el más largo.

Distribución: Es una especie suramericana. Se ha encontrado en el norte de la Argentina (Ringuelet, 1958), el Paraguay (Lowndes, op. cit.) y los Llanos de Venezuela (Dussart, 1984). En Colombia se le encontró en los Llanos orientales en una zona de inundación cerca a Cumaral, Meta. Parece estar distribuida solamente al oriente de la Cordillera de Los Andes.

Ecología: Es un típico habitante de aguas pandas; se le encuentra en pequeños estanques, pantanos y zonas



Figuras 64 - 70. *Metacyclops tredecimus*

Fig. 64 - 69, hembra: 64) Aspecto general. 65) An1. 66) P1, placa intercoxal. 67) P4, endopodito y placa intercoxal. 68) P5. 69) Rama furcal, vista ventral. Fig. 70, macho: P6.

Escala a: Fig. 64; escala b: Fig. 65, 70; escala c: Fig. 66, 67, 68; escala d: Fig. 68 (escala a = 1 mm; escalas b, c, d = 100 μm).

de inundación. No se tienen datos sobre las características físicas ni químicas de las aguas en que vive. En Colombia se le encontró junto con *Termocyclops* sp., *Ceriodaphnia* sp., *Moina* sp. y un representante de la familia Macrothricidae.

#### Observaciones sobre faunística

De las especies reportadas para Colombia, muy pocas son cosmopolitas: *Macrocyclops albidus* s. str., *Eucyclops serrulatus* s. str., y *Epactophanes richardi*. *Paracyclops fimbriatus chiltoni* está ampliamente distribuida, pero no puede llamarse cosmopolita. *E. speratus* es considerado cosmopolita fuera de Suramérica. Los géneros *Thermocyclops*, *Mesocyclops*, *Metacyclops* y *Tropocyclops* tienen el mayor número de especies en el trópico y es posible que se hayan originado en él. Entre ellos encontramos en Colombia especies de clara distribución circuntropical como *Mesocyclops aspericornis* y *Thermocyclops decipiens*. Otras especies tienen su distribución limitada a la zona neotropical, como *Metacyclops mendocinus*, *Mesocyclops longisetus longisetus* y *Attheyella (Chappuisiella) fuhrmani*, y otras a los Andes suramericanos como *A. (Ch.) pichilafquensis*. Los casos de endemismo ya se discutieron para la subespecie de *Tropocyclops prasinus*, el género *Eucyclops* y el género *Colombodiptomus* en el páramo, y se presenta con frecuencia también en las islas del Caribe, como *Mesocyclops reidae* y *M. bernardi* de la isla de San Andrés.

Una observación interesante es el caso de la distribución vertical en Colombia del género *Metacyclops*. Al oriente de la Cordillera, en los Llanos en aguas cálidas con temperaturas por encima de los 23 °C vive *M. tredecimus*; en el plancton de lagunas del bosque andino (e.g. Lag. de Pedro Palo) habita *M. mendocinus*, en la Sabana de Bogotá a 2600 s.n.m. *M. laticornis* y en el páramo por debajo de los 12°C *M. leptopus (totensis)* y la forma nominal). El rango de temperatura es el parámetro limitante en la distribución de estas especies.

En el caso de los calanoideos, la familia Centropagidae está limitada a la Cordillera de Los Andes y al oriente de ella solo se le encuentra en las pampas Argentinas al sur del paralelo 40° S. Las especies que viven al sur del continente al nivel del mar, se les encuentra en Colombia en el páramo y el superpáramo, lo cual parece estar correlacionado con la temperatura. Los diatómidos tiene su distribución principal al oriente de la Cordillera y solo en Colombia, de forma reciente se encontraron representantes de dos de sus géneros en aguas cálidas de los valles interandinos (además del caso conocido de *Prionodiptomus colombiensis* en la zona del Caribe). En solo tres casos se encuentran diatómidos en la Cordillera, el caso de *Diptomus diabolicus* en Chile, *Colombodiptomus brandorffi* y *P. colombiensis* en Colombia. Esta última especie se le encontró en la laguna de Fúquene en 1988. Los géneros de Diptomidae que se encuentran en América del Sur son endémicos de ella y sólo se conoce de dos géneros que están también al norte de la línea de separación Terciaria (América Central): *Prionodiptomus* y „*Artodiptomus*“.

Además del género *Boeckella* de la familia Centropagidae, los subgéneros *Chappuisiella* y *Delachauxiella* del género *Attheyella* todos presentes en Colombia, tienen una distribución austral/antártica-tropical/montana y parecen haber sido transportados por aves migratorias desde el sur del continente (Löfller, 1968).

Es de esperarse que la lista de especies habitantes en Colombia se amplie por lo menos en una tercera parte más de las conocidas, ya que no se han estudiado por ejemplo las numerosas ciénagas y cuerpos de agua de los valles interandinos, las zonas de inundación y lagos de varzea de los Llanos y de la Amazonía, ni el bentos profundo de ninguna laguna andina. Para citar unos ejemplos vale la pena mencionar el caso de los diatómidos de aguas cálidas o del género *Termocyclops*. Otro grupo que no se ha estudiado en detalle es el género *Parastenocaris*, habitante común del litoral de lagunas de páramo y de aguas hipogeicas.

Clave de identificación para especies de Cyclopoida (cuando no se especifica de otra manera, las características incluidas en la clave hacen referencia a la hembra)

1. Palpo de la mandíbula en ambos sexos compuesto por más de un segmento ..... **Oithonidae** (principalmente marinos\*)
- Palpo de la mandíbula en ambos sexos reducido a una protuberancia armada con 2 o 3 cerdas, o ausente ..... **Cyclopidae** ..... 2
2. Artículo terminal de la P5 con 4 - 5 cerdas y/o espinas; patas natatorias triarticuladas .... **Halicyclopinæ** ..... 3
- Artículo terminal de la P5 con menos apéndices; patas natatorias bi- o triarticuladas ..... 5
3. P5 biarticulada; An1 con 6 artículos ..... **Halicyclops** (todavía no se ha encontrado en Colombia)
- P5 triarticulada (71A); An1 con 12 artículos ..... **Neocyclops** ..... 4
4. Cerda marginal interna de las ramas furcales algo más corta que la cerda dorsal; ambas más largas que las ramas furcales (71B) ..... **N. (Protoneocyclops) stocki** (agua salobre)
- Cerdas furcales diferentes .... **N. (Neocyclops) remanei, N. (N.) vicinus, N. (N.) medius, N. (N.) improvisus** (presentes en aguas saladas de Suramérica y las Antillas; en Colombia todavía no se han reportado)
5. Artículo único o terminal de la P5 en ambos sexos con tres apéndices; patas natatorias triarticuladas ..... **Eucyclopinae** ..... 6
- Artículo único o terminal de la P5 en ambos sexos con uno o dos apéndices; patas natatorias mono, bi- o triarticuladas ..... **Cyclopinae** ... 22

6. P5 en ambos sexos biarticuladas, artículo terminal con 2 espinas y una cerda (71C) ..... *Macrocyclops* ..... 7
- P5 en ambos sexos uniarticuladas; sus apéndices conformados de otra manera (71F,G,H,I,M,P; 72D,O) ..... 8
7. Endopodito 3 de la P4 con 2 cerdas internas, la distal rudimentaria, no sobrepasando el ápice del segmento mismo (71D) ..... *M. albidus albidus*
- Endopodito 3 de la P4 con 2 cerdas internas, la distal desarrollada, sobrepasando el ápice del segmento mismo (71E) ..... *M. albidus principalis*  
(en Cuba se conocen *M. albidus oligolasius* y *M. ater*, en Suramérica *M. fuscus*, aún no encontrados en Colombia)
8. Artículo de la P5 en ambos sexos soldado al segmento torácico, con 3 apéndices de diferente longitud (71F,G); An1 con 10 artículos ..... *Ectocyclops* ... 9
- Artículo de la P5 en ambos sexos no está soldado al tórax (71H,I) ..... 10
9. Cerda espiniforme interna de la P5 casi tan larga como la mediana y la externa (71F); An1 del macho con 17 artículos ..... *E. phaleratus*
- Cerda espiniforme interna de la P5 más larga que la mediana y la externa (71G); An1 del macho con 14 artículos (en formas neotropicales) ..... *E. rubescens*
10. Espina y ambas cerdas de la P5 en ambos sexos insertadas apicalmente (71H,I); An1 de la hembra con 8 o 9 artículos; serie de espínulas de la cara dorsal de las ramas furcales extendiéndose transversal o diagonalmente con respecto al margen externo de las ramas (71J,K,L) ..... *Paracyclops* ..... 11
- Espina y cerda externa de la P5 en ambos sexos insertadas lateralmente, cerda mediana apicalmente (71M; 72D,O); An1 de la hembra con 12 artículos; cara dorsal de las ramas furcales sin serie de espínulas ..... 14
11. An1 con 9 artículos ..... *P. novenarius*
- An1 con 8 artículos ..... 12
12. Distancia entre las bases de las ramas furcales mayor que el ancho de cada rama (71K) ..... *P. fimbriatus fimbriatus* (reporte dudoso para Colombia)
- Distancia entre las bases de las ramas furcales menor que el ancho de cada rama furcal (71J,L) ..... 13
13. Rama furcal cerca de 2.4 veces más larga que ancha ..... *P. andinus*
- Rama furcal más de 3 veces más larga que ancha ..... *P. fimbriatus chiltoni*
14. Región anterior del receptáculo seminal sin proyecciones laterales corniformes (71M; 72A); margen externo de las ramas furcales con sierra (71M,P; 72B,F,H,K,M) ..... *Eucyclops* ... 15
- Región anterior del receptáculo seminal con 2 proyecciones laterales corniformes (72Q); margen externo de las ramas furcales liso (72R) ..... *Tropocyclops* ... 21
15. Sierra de las ramas furcales (en ejemplares Colombianos consta de un máximo de 8 dientes) se inicia cerca a la mitad del margen externo o posterior a este punto (72F); placa intercoxal de las P4 con 2 series de espinitas, una en su margen libre, la otra en su cara distal anterior (72G) .... *E. delachauxi*
- Sierra de las ramas furcales se inicia anterior a la mitad del margen externo (71M,P; 72B,H,K,M); placa intercoxal de la P4 ornamentada de otra forma ..... 16
16. Placa intercoxal de la P4 con 3 series de espinitas, una en el margen libre, dos sobre la cara anterior paralelas a margen libre (71N) ..... *E. bondi*
- Placa intercoxal ornamentada de otra manera .... 17
17. Placa intercoxal de la P4 con dos series de pelos, una en el margen libre y una sobre la cara anterior, paralela al margen libre; membrana hialina de los 3 últimos artículos de la An1 con borde liso (no dentado)(72J); sierra de la furca con dientes cortos de igual tamaño, muy finos (72H) ..... *E. speratus*
- Placa intercoxal de la P4 con una serie de pelos o espinas en el margen libre, y puede o no tener una dos series de pelos sobre la cara anterior paralelos a los coxapoditos (72 LL); membrana hialina de los 3 últimos artículos de la An1 con borde liso o finamente dentado (72E,N); sierra de la furca con dientes cortos y largos, los anteriores más cortos que los posteriores (71 O; 721B,K,M) ..... 18
18. Ramas furcales como máximo 3.5 veces tan largas como anchas (71 O; 72K) ..... 19
- Ramas furcales 3.5 - 5.7 veces tan largas como anchas (72B, H,M) ..... 20
19. An1 alcanza como máximo el margen posterior del cefalotórax (72L); placa intercoxal de la P4 con una serie de pelos en el margen libre, y sobre la cara anterior, dos series paralelas a los coxapoditos (72LL) ..... *E. pseudoensifer*
- An1 sobrepasa el margen posterior del cefalotórax (71 O); placa intercoxal de la P4 solamente con una serie de pelos en el margen libre (71Q) ..... *E. alticola*

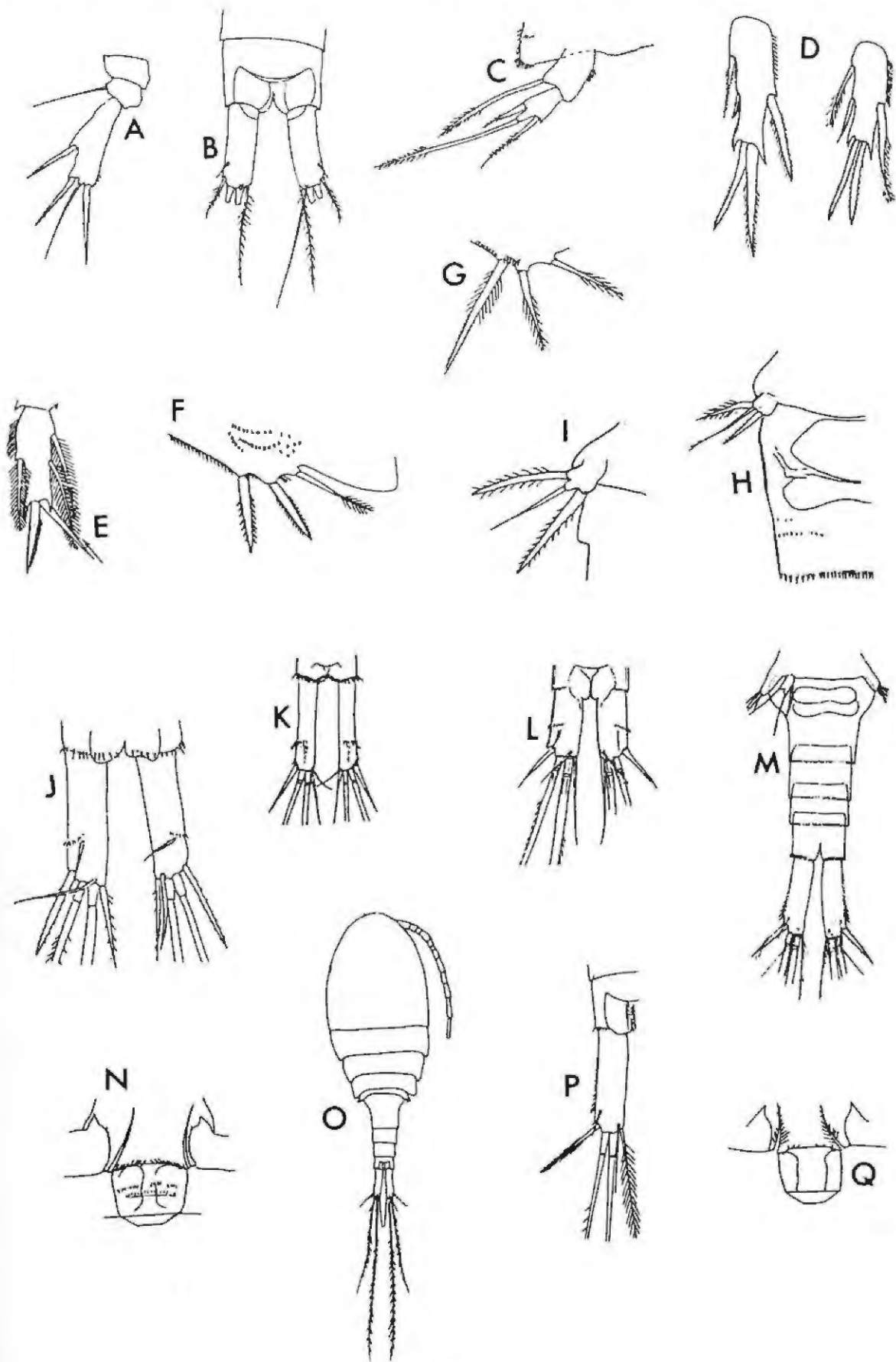


Figura 71.

A-B: *Neocyclops (P.) stocki*, hembra: A, P5; B, último segmento abdominal y furca, v.dorsal; C-D: *Macrocyclus albidus albidus*, hembra: C, P5; D, exopodito, artículo terminal (2 ejemplares); E: *M. albidus principalis*, hembra: P4, exopodito, artículo terminal; F: *Ectocyclops phaleratus*, hembra: P5; G: *E. rubescens*, hembra: P5; H: *Paracyclops novenarius*, hembra: P5 y segmento genital; I-J: *P. fimbriatus chiltoni*, hembra: I, P5; J, furca, v. dorsal; K: *P. fimbriatus fimbriatus*, hembra: Furca, v. dorsal; L: *P. andinus*, hembra: Furca, v. dorsal; M-N: *Eucyclops bondi*, hembra: M, P5 y abdomen; N, P4, placa intercoxal; O-Q: *E. alticola*, hembra: O, aspecto general, v. dorsal; P, furca, v. dorsal; Q, P4, placa intercoxal. (A-B según Petkovski, 1986a; E, s. Dussart, 1984; F, s. Reid, 1985; G, s. Kiefer, 1952; H, s. Reid, 1987; K, s. Dussart, 1969; L, s. Kiefer, 1957; M-O, s. Kiefer, 1936; P-Q, s. Petkovski, 1988).

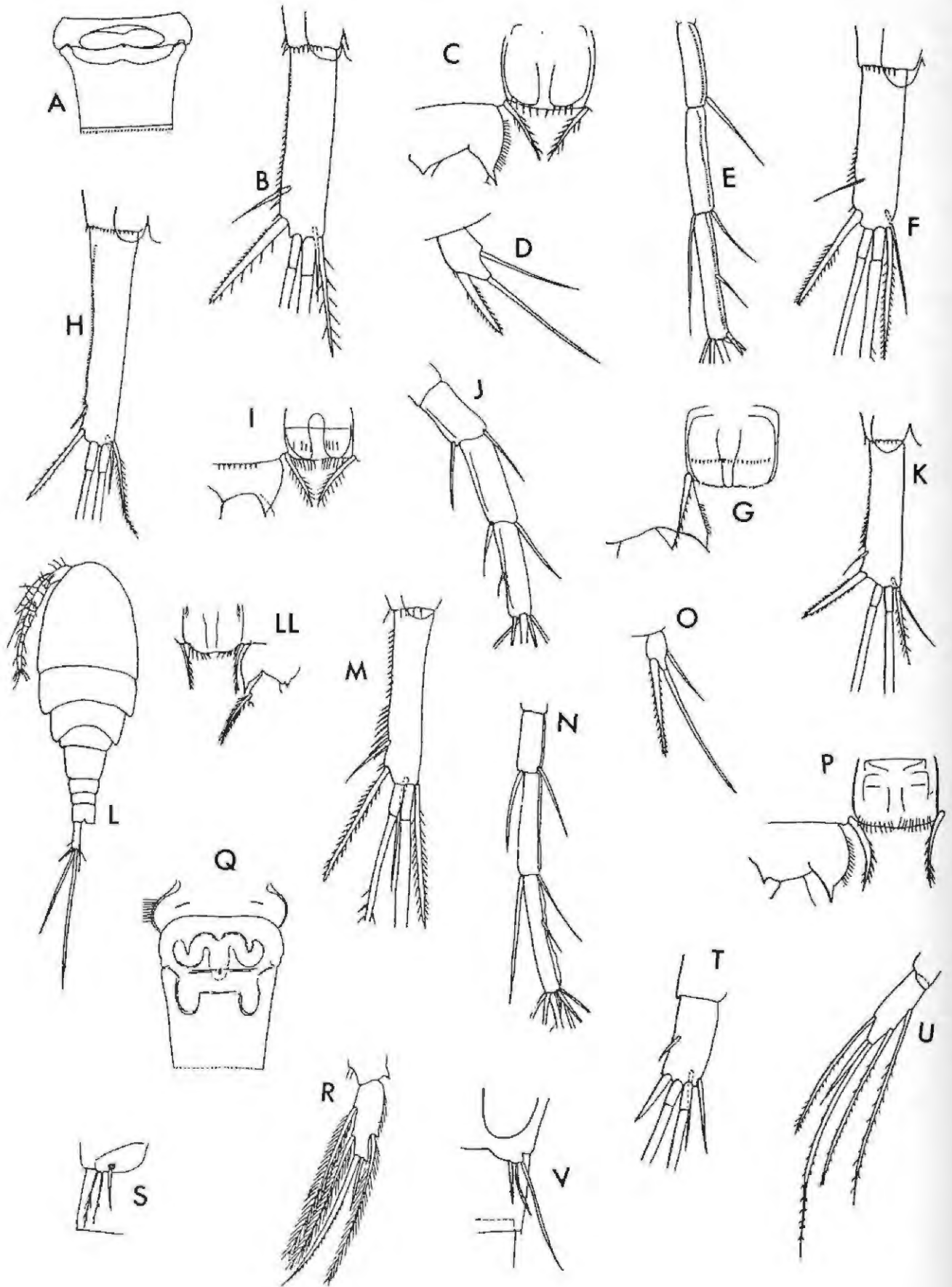


Figura 72

A-E: *Eucyclops serrulatus*, hembra: A, segmento genital; B, furca; C, P4, placa intercoxal; D, P5; E, An1, últimos artículos; F-G, *E. delachauxi*, hembra: H, furca; I, P4, placa intercoxal; J, An1, 3 últimos artículos; K-LL, *E. pseudoonsifer*, hembra: K, furca; L, aspecto general; LL, P4, placa intercoxal; M-P, *E. demacedoi*, hembra: M, furca; N, An1, 3 últimos artículos; O, P5; P, P4, placa intercoxal; Q-S, *Tropocyclops prasinus prasinus*: Q, segmento genital hembra; R, P4, endopodito hembra; U, P4 macho; T-V, *T. prasinus altoandinus*: T, furca (A, Q, S, según Kiefer, 1978).

20. Sierra de las ramas furcales dividida en 2 grupos, a veces con un espacio libre entre ambos; sus dientes largos, relación entre el diente más largo y el ancho de la furca como máximo 1:1.4 (72M); membrana hialina de los 3 últimos artículos de la An1 con borde liso (72N); margen libre de la placa intercoxal de la P4 con pelos (72P); base de la espina de la P5 el doble de ancha que aquella de las cerdas (72 O) ..... *E. demacedoi*
- Sierra de las ramas furcales sin espacio libre intercalado; con dientes cortos, relación entre el diente más largo y el ancho de la furca por lo menos 1:2.0 (72B); membrana hialina de los 3 últimos artículos de la An1 finamente dentados (72E); margen libre de la placa intercoxal de la P4 con dientes (72C); base de la espina de la P5 3-4 veces más ancha que aquella de las cerdas (72D) ..... *E. serrulatus*
21. Espina terminal interna del endopodito 3 de la P4 1.5-2.0 veces más larga que el propio artículo (72R); cerda externa de la P6 del macho tan larga como el segundo segmento abdominal (72S) ..... *T. prasinus prasinus*
- Espina terminal interna del endopodito 3 de la P4 2.7-3.5 veces más larga que el propio artículo (72U); cerda externa de la P6 del macho sobrepasa ampliamente el segundo segmento abdominal (72V) ..... *T. prasinus altoandinus*
22. Ambas ramas de la P1-P4 trisegmentadas ..... 23
- Ambas ramas de la P1-P3 y exopodito de la P4 bisegmentados, endopodito de la P4 unisegmentado o bisegmentado ..... 30
23. Artículo distal de la P5 con una cerda y una espina de tamaños diferentes ..... 24
- Artículo distal de la P5 con una cerda y una espina de tamaños parecidos ..... 25
24. Espina de la P5 más larga que el artículo que la porta (73A) ..... *Diacyclops*  
(*D. hispidus* se colectó en Colombia en la costa de Pacífico, en aguas salobres; el género tiene también representantes en agua dulce)
- Espina de la P5 más corta que el artículo que la porta ..... *Acanthocyclops*  
(no se ha encontrado en Colombia; el género con 2 subgéneros *A. (Acanthocyclops)* y *A. (Megacyclops)* está representado en Suramérica por 4 y 1 especie, respectivamente)
25. Cerda interna del artículo distal de la P5 insertada cerca a la mitad del margen interno del artículo (73A); último artículo de la An1 3-5 veces tan largo como ancho .....  
..... *Mesocyclops* ..... 26
- Cerda del artículo distal de la P5 insertada apical o subapicalmente (73K); último artículo de la An1 cerca de 2 veces tan largo como ancho .....  
..... *Thermocyclops* ... 30
26. Cerda marginal interna de las ramas furcales más corta que la marginal externa (73C); espina terminal interna del endopodito 3 de la P4 más de 2 veces de largo que la externa .....  
..... *M. bernardi*
- Cerda marginal interna de las ramas furcales más larga que la marginal externa (73E); espina terminal interna del endopodito 3 de la P4 como máximo un tercio más larga que la externa .....  
..... 27
27. Expansión interna del basipodito de la P1 sin cerda (73D) ..... *M. aspericornis*
- Expansión interna del basipodito de la P1 con cerda (73F,I) ..... 28
28. Cerda marginal interna de las ramas furcales un poco menos de 2 veces tan larga como la marginal externa; cuernos hialinos de la placa intercoxal de la P4 muy desarrollados (73G) .....  
..... *M. reidae*
- Cerda marginal interna de las ramas furcales más de 2.5 veces más larga que la marginal externa; cuernos hialinos de la placa intercoxal de la P4 medianamente desarrollados o ausentes (73B, H) ..... 29
29. Cuernos hialinos de la placa intercoxal de la P4 medianamente desarrollados (73H); receptáculo seminal con expansiones laterales anchas (73B,H) ..... *M. longisetus longisetus*
- Cuernos hialinos de la placa intercoxal de la P4 ausentes (73B); receptáculo seminal con expansiones laterales delgadas (73A) .....  
..... *M. brasilianus*
30. Expansiones laterales del receptáculo seminal relativamente delgadas, la sección anterior del receptáculo seminal es cerca de 5.5 veces tan ancha como la sección más angosta de las expansiones laterales (73K) .....  
..... *Th. decipiens*
- Receptáculo seminal conformado de otra manera ..... *Th. inversus*, *Th. minutus*, *Th. tenuis*, *Th. tenuis longifurcatus*, *Th. crassus*, *Th. hastatus antillensis*, *Th. brehmi*  
(presentes en las Antillas, América Central y del Sur; no encontrados hasta ahora en Colombia)
31. Ambas ramas de la P4 bisegmentadas ..... 32
- Ambas ramas y exopodito de la P4 bisegmentadas, endopodito de la P4 unisegmentado (73N) .....  
..... *Hesperocyclops*  
*H. pescei* es la única especie conocida en Colombia (el género es endémico de las Antillas y del norte de Suramérica)
32. Artículo distal de la P5 consiste solo de una protuberancia con una cerda (74A); An1 con 10 o 11 artículos (4. artículo a veces solo parcialmente dividido)(73B) ..... *Neurocyclops*  
..... *N. brevifurca*  
(solo se conoce una especie del género)

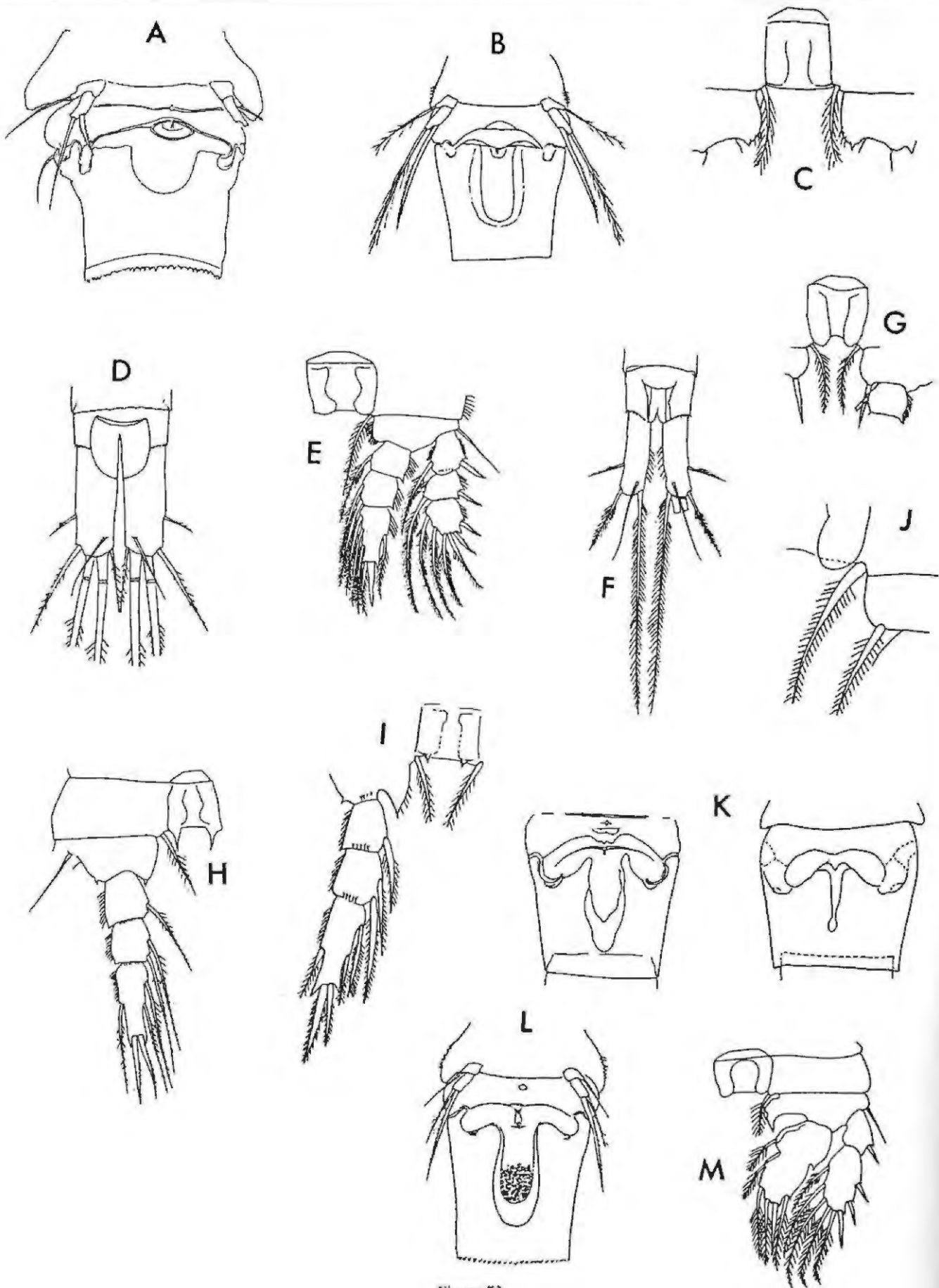


Figura 73

A: *Diacyclops hispidus*, hembra: P5 y segmento genital; B-C: *Mesocyclops brasiliensis*, hembra: B, P5 y segmento genital; C, P4, placa intercoxal; D: *M. bernardi*, hembra: furca; E-F: *M. aspericornis*, hembra: E, P1; F, furca; G-H: *M. reidae*, hembra: G, P1, placa intercoxal y borde interno del coxapodito y basipodito; H, P4, placa intercoxal y endopodito; I-K: *M. longisetus longisetus*, hembra: I, P4, placa intercoxal y endopodito; J, P1, borde interno del coxapodito y basipodito; K, segmento genital con receptáculo seminal (2 ejemplares); L, *Thermocyclops decipiens*, hembra: P5 y segmento genital con receptáculo seminal; M: *Hesperocyclops pescei*, hembra: P4.

(A, según Reid, 1988; B, C, L, s. Kiefer, 1956; D-H, s. Petkovski, 1986b; K, derecha, s. Dussart, 1982; M, s. Petkovski, 1988).

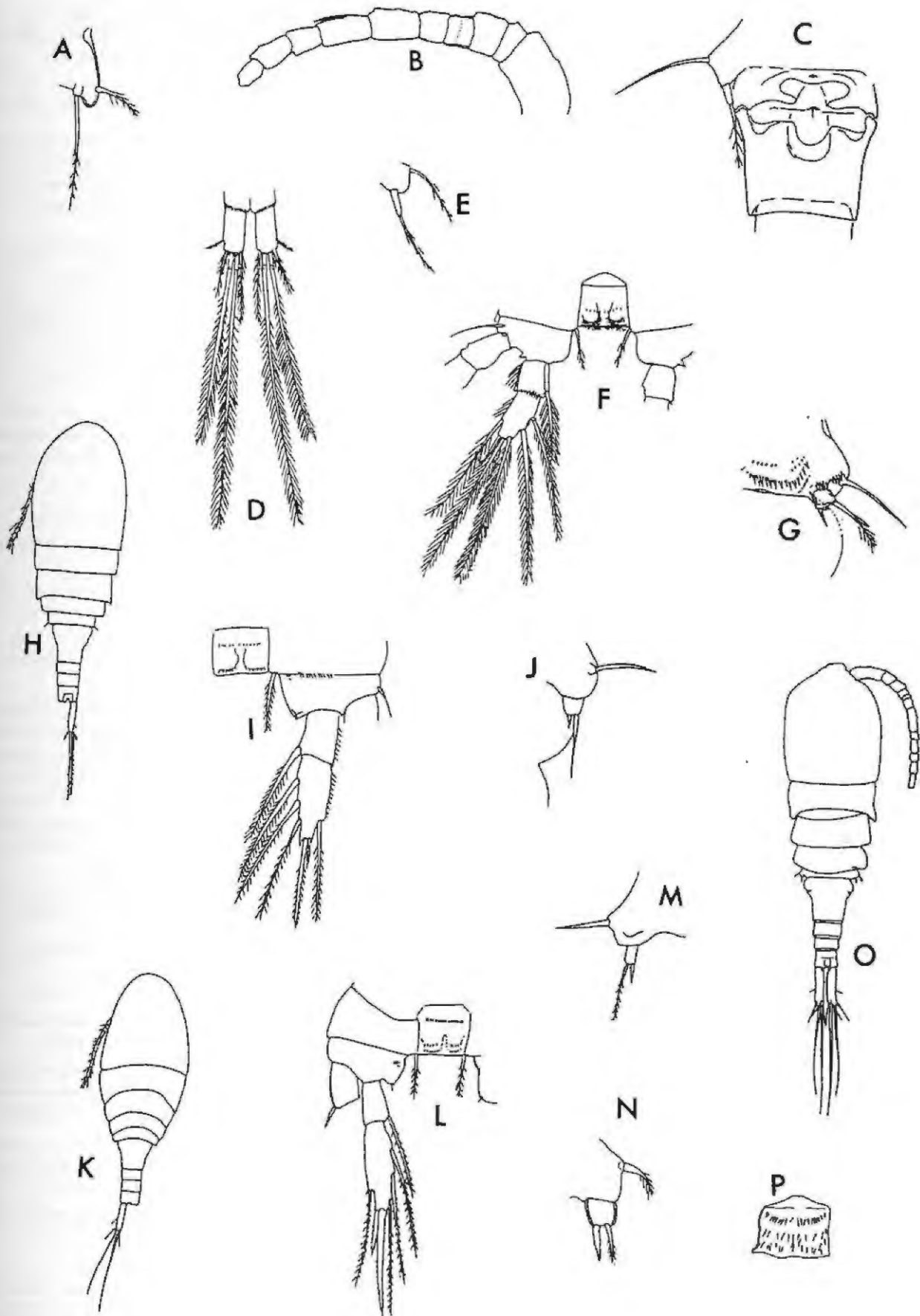


Figura 74

A-B, *Neutrocylops brevifurca*, hembra: A, P5; B, An1; C-D: *Microcylops dubitabilis*, hembra: C, P5 y segmento genital; D, furca; E: *M. alius*, hembra: P5; F-G: *Apocyclops distans*, hembra: F, P4, placa intercoxal y endopodito; G, P5; H-J: *Metacyclops mendocinus*, hembra: H, aspecto general; I, P4, placa intercoxal y endopodito; J, P5; K-M: *M. leptopus leptopus*, hembra: K, aspecto general; L, P4, placa intercoxal y endopodito; M, P5; N-P: *M. leptopus totensis*, hembra: N, P5; O, aspecto general; P, P4, placa intercoxal.

(A-B, F, G, según Kiefer, 1956; C, s. Dussart, 1982; E, s. Kiefer, 1935; N-P, s. Reid *et al.*, 1990).

- Artículo distal de la P5 claramente separado del segmento torácico, siempre con una cerda, en la mayoría de los casos con una cerda pequeña o una espina adicional (74C,E,G,J, M,N); An1 con 11-13 o 17 artículos ..... 33
- 33. Artículo distal de la P5 con una espinita o pequeña cerda interna insertada subapicalmente o en el margen interno, o sin ellas (74C,E) ..... *Microcyclops* ..... 34
- Artículo distal de la P5 con espina corta interna insertada apicalmente; cerda externa larga insertada apicalmente (74G,J,M,N) ..... 36
- 34. Artículo de la P5 sin espinita o pequeña cerda en el margen interno (74C,E) ..... 35
- P5 constituida de otra manera .... *M. paludicola*, *M. anceps anceps*, *M. anceps pauxensis*, *M. finitimus*, *M. ceibaensis*, *M. elongatus*, *M. varicans varicans*, *M. varicans subequalis*, *M. furcatus* (conocidas de las Antillas, América Central y del Sur; hasta ahora no anotadas para Colombia)
- 35. An1 con 12 artículos ..... *M. dubitabilis*
- An1 con 11 artículos ..... *M. alius*
- 36. Espina y cerda de la P5 insertadas lejos una de otra (74G) ..... *Apocyclops* ..... 37
- Espina y cerda de la P5 insertadas cercanas una de otra (74J,M,N) ..... *Metacyclops* ..... 38
- 37. Placa intercoxal de la P4 con una serie de espínulas en cada lado del margen libre y con 2 series de espínulas en cada lado de la cara anterior (74F) ..... *A. distans*
- Placa intercoxal de la P4 solamente con una serie de espínulas en cada lado del margen libre. .... *A. panamensis*
- 38. An1 con 13 artículos ..... *M. tredecimus*
- An1 con 12 artículos ..... 39
- 39. Ramas furcales 1.7-2.5 veces más largas que anchas ..... *M. laticornis*
- Ramas furcales 3.4-5.2 veces más largas que anchas ..... 40
- 40. Artículo distal de la P5 tan largo como ancho (74J); la cerda furcal terminal interna tan larga o algo más larga que las ramas furcales y los 3 últimos segmentos abdominales (74H); placa intercoxal de la P4 con 2 series de espínulas en cada lado de su cara anterior (74I) ..... *M. mendocinus*
- Artículo distal de la P5 tan largo o hasta 1.5 x más largo que ancho (74M,N); cerda furcal terminal interna tan larga como las ramas furcales, los 3 últimos segmentos abdominales y cerca de 3 cuartos del segmento genital (74K,O); placa intercoxal de la P4 con 3 series de espínulas en cada lado de la cara anterior (74K,P) ..... *M. leptopus* ..... 41

- 41. P5: artículo distal 1.5 x más largo que ancho, cerda lateral del mismo artículo 3-4 x más larga que el artículo mismo y cerca de 3 x más larga que la espina (74M) ..... *M. leptopus leptopus*

- P5: artículo distal igual de largo que ancho, cerda lateral del mismo artículo 1.5-2 x más larga que el artículo mismo y de longitud semejante a la espina (74N) ..... *M. leptopus totensis*

\*) La familia Oithonidae habita principalmente en el mar; sin embargo, unas especies del género *Oithona* se presentan en agua dulce, en desembocaduras de los ríos y en lagos salobres costeros de América Central y del Sur. En regiones de manglares del Caribe entre Belize y Surinam se encuentran *O. fonsecae* Ferrari & Bowman, 1980, *O. hebes* Giesbrecht, 1891 y *O. oswaldocruzi* Oliveira, 1945, en el océano Pacífico de América Central y del Sur *O. hebes* y *O. oswaldocruzi* (Falavigna de Rocha, 1986). *O. alvarezzi* Falavigna da Rocha, 1986 se conoce solamente en México.

En la clave anterior no se incluyen ni estas especies ni aquellas de la zona nerítica, reportadas por Löffler (1981).

## Bibliografía

- Armengol, J. 1978. Los Crustáceos del plancton de los embalses españoles.- *Oecología acuática* 3: 3-96.
- Chappuis, P.A. 1956. Freilebende Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda). II. Harpacticoida.- en: Gessner, F. & V. Vareschi (eds.): *Ergebnisse der Deutschen limnol. Venezuela-Expedition 1952*, Bd. 1.- Deutscher Verlag der Wiss., Berlin: 269-276.
- Dussart, B.H. 1969. Les Copépodes des Eaux Continentales d'Europe Occidentale. Tome II: Cyclopoïdes et Biologie.- Collection, Faunes et Flores Actuelles", Ed. N. Boubée & Cie., Paris: 291 pp.
- \_\_\_\_\_. 1982. Copépodes des Antilles françaises.- *Rev. Hydrobiol. trop.* 15 (4): 3133-324.
- \_\_\_\_\_. 1984. Some crustacea copepoda from Venezuela.- *Hydrobiologie* 113: 25-67.
- \_\_\_\_\_ & D. Defaye. 1985. Répertoire mondial des Copépodes Cyclopoïdes.- Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris: 236 pp.
- \_\_\_\_\_ & C.H. Fernando. 1985. Tropical freshwater Copepoda from Papua, New Guinea, Burma and Costa Rica, including a new species of *Mesocyclops* from Burma.- *Can.J.Zool.* 63 (1): 202-206.
- \_\_\_\_\_ & S.M. Frutos. 1985. Sur quelques copépodes d'Argentine.- *Rev.Hydrobiol.trop.* 18 (4): 305-314.
- Fischer, S. 1960. Beiträge zur Kenntnis der Entomostraceen.- *Abh. Akad. Wiss. München* 8: 645-680.
- Gaviria, S. 1988. Calanoida und Cyclopoida (Crustacea, Copepoda) der Cordillera Oriental der kolumbianischen Anden, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Taxonomie, Ökologie und geographischen Verbreitung.- *Dissertation, Formal- u. Naturwiss. Fakultät der Univ. Wien*, 211 pp.
- \_\_\_\_\_. 1989. The calanoid fauna (Crustacea, Copepoda) of the Cordillera Oriental of the Colombian Andes.- *Hydrobiologia* 178: 113-134.
- \_\_\_\_\_. 1993a. Aspectos limnológicos de las lagunas de Chingaza.- en: Andrade, G.I. (ed.): „Carpanta“. *Ecología y Con-*

- servación de un Ecosistema Altoandino.- Fundación Natura Colombia/The Nature Conservancy/Empr.Acued.Alacant.Btá, Bogotá: 189-203.
- \_\_\_\_\_. 1993b. Zwei Canthocamptidae (Copepoda, Harpacticoida) aus kolumbianischen Andengewässern.- Ann. Naturhist. Mus. Wien 94/95, B: 361-375.
- \_\_\_\_\_. 1993c. Die Entwicklung der Sukzessionen der Evertbraten-Fauna im Marchfeldkanal.- Tagungsreferat, Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Marchfeldkanal-system, Herbst-Colloquium 1993, 25 pp.
- Harding, J.P.** 1955. The Percy Sladen Expedition to Lake Titicaca in 1937. XV. Crustacea: Copepoda.- Trans.Linn.Soc. London, Ser. 3, 1: 219-247.
- Kiefer, F.** 1925. Ein neuer Süßwasser-Copepode aus Südamerika: *Cyclops delachauxi* n.sp.- Zool.Anz. 63 (1/2): 46-47.
- \_\_\_\_\_. 1927. Beiträge zur Copepodenkunde (VI).- Zool.Anz. 74: 116-122.
- \_\_\_\_\_. 1931. Die Untergattung *Tropocyclops* der Gattung *Eucyclops* (Copepoda Cyclopoida).- Zeitschrift Wiss. Zoologie 138. Bd.: 487 - 513.
- \_\_\_\_\_. 1935. Neue Süßwassercyclopiden (Crustacea Copepoda) aus Uruguay.- Zool. Anzeiger 109, Heft 7/8: 181-188.
- \_\_\_\_\_. 1936. Freilebende Süß- und Salzwassercopepoden von der Insel Haiti.- Arch. Hydrobiol. 30: 263-317.
- \_\_\_\_\_. 1938. Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda) aus Mexiko.- Zool.Anz. 123: 96-98.
- \_\_\_\_\_. 1952a. Freilebende Copepoda (Crustacea).- Beitr. Fauna Perus, Fischer, Jena: 197-199.
- \_\_\_\_\_. 1952b. Copepoda Calanoida und Cyclopoida.- en: Exploration du Parc National Albert, Mission H. Damas (1935-1936), Fasc. 21.- M. Hayez, Bruxelles: 1-136.
- \_\_\_\_\_. 1956. Freilebende Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda). I. Calanoida und Cyclopoida.- en: Gessner, B. & V. Vareschi (eds.): Ergebnisse der deutschen limnolog. Venezuela-Expedition 1952, Bd. I.- Deutscher Verlag der Wiss., Berlin: 233-268.
- \_\_\_\_\_. 1957. Freilebende Ruderfußkrebse (Crustacea Copepoda) des Titicacasees.- Veröff.Zool.Staatssamml. München 4: 125-150.
- \_\_\_\_\_. 1978. Freilebende Copepoda.- en: Elster, H.-J. & W. Ohle (eds.): Die Binnengewässer, Bd. XXVI, 2. Teil.- E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 1-343.
- Lang, K.** 1948. Monographie der Harpacticiden.- Vols. I & II.- Nordiska Bokhandeln, Stockholm: 1683 pp.
- Lilljeborg, W.** 1901. Sinopsis specierum huc usque in suecia observatorum generis *Cyclopsis*.- Svenska Akad. Handl. 35 (4): 1-118.
- Lindberg, K.** 1954. Cyclopoides (Crustacés copépodes) du Mexique.- Arkiv för Zoologi, Bd. 7, Nr. 23: 459-489.
- \_\_\_\_\_. 1955. Cyclopides (Crustacés Copépodes) recoltés au Pérou par le Dr. Hernando de Macedo.- Folia biol. andina II, Zool. 1: 1-18.
- \_\_\_\_\_. 1957. Cyclopides (Crustacés Copépodes) recoltés au Pérou par le Dr. Hernando de Macedo (Deuxième partie).- Folia biol. andina II, Zool. 1: 39-52,
- Löffler, H.** 1961. Beitrag zur Copepoden- und Ostracodenfauna Chiles.- Anz.österr.Akad.Wiss. 98: 111-116.
- \_\_\_\_\_. 1968. Geo-Ecology of the mountainous regions of the Tropical Americas.- Colloquium Geographicum, Geogr. Inst. Univ. Bonn, Bd. 9: 57-76.
- \_\_\_\_\_. 1972. Contribution to the Limnology of High Mountain Lakes in Central America.- Int.Revue ges.Hydrobiol. 57, 3: 397-408.
- \_\_\_\_\_. 1981. Copepoda.- en: S.H. Hurlbert, G. Rodriguez & N.D. dos Santos (eds.): Aquatic Biota of Tropical South America. Part I. Arthropoda.- San Diego St. Univ. Press, San Diego: 14-19.
- Lowndes, A.G.** 1934. Reports of an Expedition to Brazil and Paraguay in 1926-1927 supported by the Trustees of the Percy Sladen Memorial Fund and the Executive Committee of the Carnegie Trust for Scotland. Copepoda.- J.linn.Soc. London, Zool. 39: 83-131.
- Marsh, C.D.** 1906. Copépodes.- en: M. Nerveau-Lemaire (ed.): Les lacs des Hautes Plateaux de l'Amérique du Sud.- Miss.Scient. G.Crequi-Montfort et E. Sénechal de la Grange, Soudier, Paris: 175-188.
- Petkovski, T.K.** 1986a. Zur Taxonomie des Genus *Neocyclops* Gurney 1927 (Crustacea, Copepoda Cyclopoida).- Acta Mus.maced. sci.nat. 18, Nr. 2/148: 27-46.
- \_\_\_\_\_. 1986b. Zur Taxonomie des Genus *Mesocyclops* G.O. Sars 1914 (Crustacea, Copepoda Cyclopoida) in der Neotropis.- Acta Mus.maced.sci.nat. 18, Nr. 2/149: 47-79.
- \_\_\_\_\_. 1988. Zur Cyclopidenfauna Kolumbiens (Crustacea, Copepoda).- Acta Mus.maced.sci.nat. 19, Nr. 2/155: 39-64.
- Pearse, A.S.** 1915. An account of the crustacea collected by the Walker Expedition to Santa Marta, Colombia.- Proc.U.S.natn. Mus. 49: 531-556.
- Reid, J.W.** 1985. Chave de identificação e lista de referencias bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda).- Bolm. Zool., Univ. S. Paulo 9: 17-143.
- \_\_\_\_\_. 1987. Some Cyclopoid and Harpacticoid Copepods from Colombia, including descriptions of three new species.- Proc. Biol.Soc.Wash. 100 (2): 262-271.
- \_\_\_\_\_. 1988. Cyclopoid and Harpacticoid Copepods (Crustacea) from Mexico, Guatemala and Colombia.- Trans.Am. Microsc.Soc. 107 (2): 190-202.
- \_\_\_\_\_. 1991. Some species of *Tropocyclops* (Crustacea, Copepoda) from Brazil, with a key to the American species.- Bijdragen tot de Dierkunde 61 (1): 3-15.
- J.A. Molina Arévalo & M.M. Fukushima** 1990. *Metacyclops leptopus totaensis*, new subspecies (Crustacea: Copepoda) from Lago de Tota, Colombia.- Proc.Biol.Soc.Wash. 103 (3): 674-680.
- Sturm, H.** 1978. Zur Ökologie der andinen Páramoregion.- Biogeographica 14: 1-115.
- Suárez, M.F., D. Ayala, M.J. Nelson & J.W. Reid.** 1984. Hallazgo de *Mesocyclops aspericornis* (Daday), depredador de larvas de *Aedes aegypti* en Anapoima, Colombia.- Biomedica 4 (2): 74-76.
- Thiébaud, M.** 1914. Copépodes de Colombie et des Cordillères de Mendoza.- en: Fuhrmann, O. & E. Mayor (eds.): Voyage d'Exploration Scientifique en Colombie.- Mém. Soc. Neuchâtel Scienc. Nat. 5: 160-175.
- Thomasson, K.** 1956. Reflection on arctic and alpine lakes.- Oikos 7 (1): 117-143.
- Wilson, M.S. & H.C. Yeatman** 1959. Free-Living Copepoda.- en: Edmonson, W.T. (ed.): Freshwater Biology.- John Wiley & Sons, Inc.: 735-861.

# SCORPIONS CHELICERATA DE COLOMBIE. VI. QUATRE NOUVELLES ESPÈCES DE BUTHIDAE DES RÉGIONS AMAZONIENNE, SUD-PACIFIQUE ET DE LA CORDILLÈRE ORIENTALE

por

Wilson R. Lourenço\*

## Resumen

**Laurenço, W. R.:** Scorpions chelicerata de Colombia. VI. Quatre nouvelles espèces de buthidae des régions amazonienne, sud-pacifique et de la cordillère orientale. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **19** (73): 387-392, 1994. ISSN 0370-3908.

Se describen para Colombia cuatro nuevas especies de escorpiones de la familia Buthidae. *Ananteris ehrlichi* y *Tityus blanci* para la amazonia. *Tityus cuellari* para el sur de la región pacífica, *Tityus sabineae* para la cordillera oriental.

**Palabras claves:** Escorpiones, Colombia, Amazonía, Cordillera Oriental, Buthidae.

## Abstract

Four new species of scorpions belonging to the Buthidae family are described for Colombia. *Ananteris ehrlichi* n.sp. and *Tityus blanci* n.sp. from Amazonia; *Tityus cuellari* n.sp. from south pacific region; *Tityus sabineae* from cordillera oriental.

**Key words:** Scorpion, Colombia, Amazonia, Cordillera oriental, Buthidae.

## Résumé

Quatre nouvelles espèces de scorpions qui appartiennent à la Famille Buthidae ont été décrites pour la Colombie. *Ananteris ehrlichi* y *Tityus cuellari* du sud de la région du Pacifique; *Tityus sabineae* from cordillère Orientale.

## Introduction

Depuis le début de nos travaux sur la composition et la diversité de la faune des Scorpions de Colombie (Lourenço, 1991; Lourenço et Florez, 1989, 1990a, b), plusieurs nouvelles espèces ont été décrites pour cette partie de la région néotropicale. Au cours d'une récente mission de l'auteur en Colombie (février 1993), quatre nouvelles espèces appartenant à la famille des Buthidae ont pu être mises en évidence: Deux d'Amazonie, une

de la région sud-pacifique et une de la cordillère orientale, lesquelles sont décrites à présent.

Dans la présente note les descriptions sont faites selon les méthodes déjà préconisées par Lourenço (1988a, 1991); seules des descriptions courtes sont données pour les nouvelles espèces.

## A. Région Amazonas

*Ananteris ehrlichi* nouvelle espèce (Figs. 1 et 2)

Holotype-femelle: Florencia, Vereda El Paraiso, Escuela El Paraiso, Dept. Caqueta, Colombie, VI/1990 (P. Ruiz) (850 m alt.)

\* Université Pierre et Marie Curie, U.F.R. des Sciences de la Vie, 4 Place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05, France.

Address for correspondence: Wilson R. Lourenço, 5, Rue de Salonique 94400, Vitry-5-Seine, France.

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales (ICN-AS-007), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

Etymologie: Le nom spécifique est attribué en hommage au Professeur Paul R. Ehrlich, Stanford University, Stanford, USA.

Diagnose: Espèce voisine d'*Ananteris ashmolei* Lourenço, décrite de Los Tayos en Equateur, mais différente par la présence d'une pigmentation très foncée sur les mains des pédipalpes, et par des valeurs morphométriques moins importantes (cf. Lourenço, 1981).

Description fondée sur l'holotype-femelle. Coloration générale jaune-rougeâtre avec plusieurs taches brunâtres très denses et foncées. Tubercule oculaire très foncé, presque noir. Mesosoma: tergites pourvus de taches confluentes très foncées. Metasoma avec les anneaux jaune-rougeâtre; IV et V très foncés. Les faces latérales, dorsales et partiellement les faces ventrales tachetées. Vésicule rougeâtre, moins foncée que le Vème anneau, avec de taches brunes longitudinales sur la face ventrale. Aiguillon rougeâtre. Sternites ocre-jaune, nuancés de taches foncées. Pédipalpes: fémur et tibia à faces dorsales presque entièrement tachetées d'un ton brun-noir, avec quelques régions jaunâtres assez réduites. Pincés: la main est jaune clair avec de taches brunes longitudinales; les doigts sont brun-clair. Chélicères jaunâtres avec une trame de taches brun-noir incomplète; les doigts sont rougeâtres.

Morphologie; prosoma: plaque prosomienne avec le bord antérieur non concave, presque droit. Tubercule oculaire bien antérieur par rapport au centre de la plaque prosomienne; yeux médians séparés par un peu moins qu'un diamètre oculaire. Trois paires d'yeux latéraux. Carènes du prosoma à peine esquissées; plaque prosomienne moyennement granulée, d'une granulation plutôt fine. Mesosoma: tergites peu granulés avec la même granulation que celle de la plaque prosomienne, plus marquée dans la région postérieure; carène axiale présente sur tous les tergites. Tergite VII moins granulé, avec cinq carènes: une axiale incomplète, deux médianes et deux latérales pratiquement complètes. Metasoma: anneaux I et II avec 10 carènes; III et IV avec 8 carènes; anneaux V avec 5 carènes complètes; espaces intercarénaux pourvus d'une très fine granulation; les carènes intermédiaires du I<sup>er</sup> et du II<sup>ème</sup> anneau sont un peu incurvées. Présence sur les carènes dorsales et latérodorsales de la région postérieure des anneaux I à IV, d'un granule plus ou moins spiniforme. Vésicule avec quelques granulations sur les faces latérales et à carène médiane ventrale accentuée. Aiguillon pourvu d'une épine ventrale très développée. Sternites à stigmates linéaires aplatis. Peignes avec 22-21 dents, sans fulcra. Pédipalpes: fémur avec 5 carènes, toujours incomplètes; tibia et pince avec des ébauches de carènes, toujours incomplètes, constituées de granules mieux différenciés, spiniformes. Tranchant des doigts mobiles avec 7-7 séries longitudinales de granules, disposés en ligne droite, l'une derrière l'autre. Chélicères avec la dentition caractéristique des Buthidae. Trichobothriotaxie du type A-Beta. Pas de paratypes.

*Tityus blanci* nouvelle espèce (Figs. 3 à 5)

Holotype-mâle: Araracuara, Dept. Amazonas, Colombie, XII/1982 (M. Campos).

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales (ICN-AS-006), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

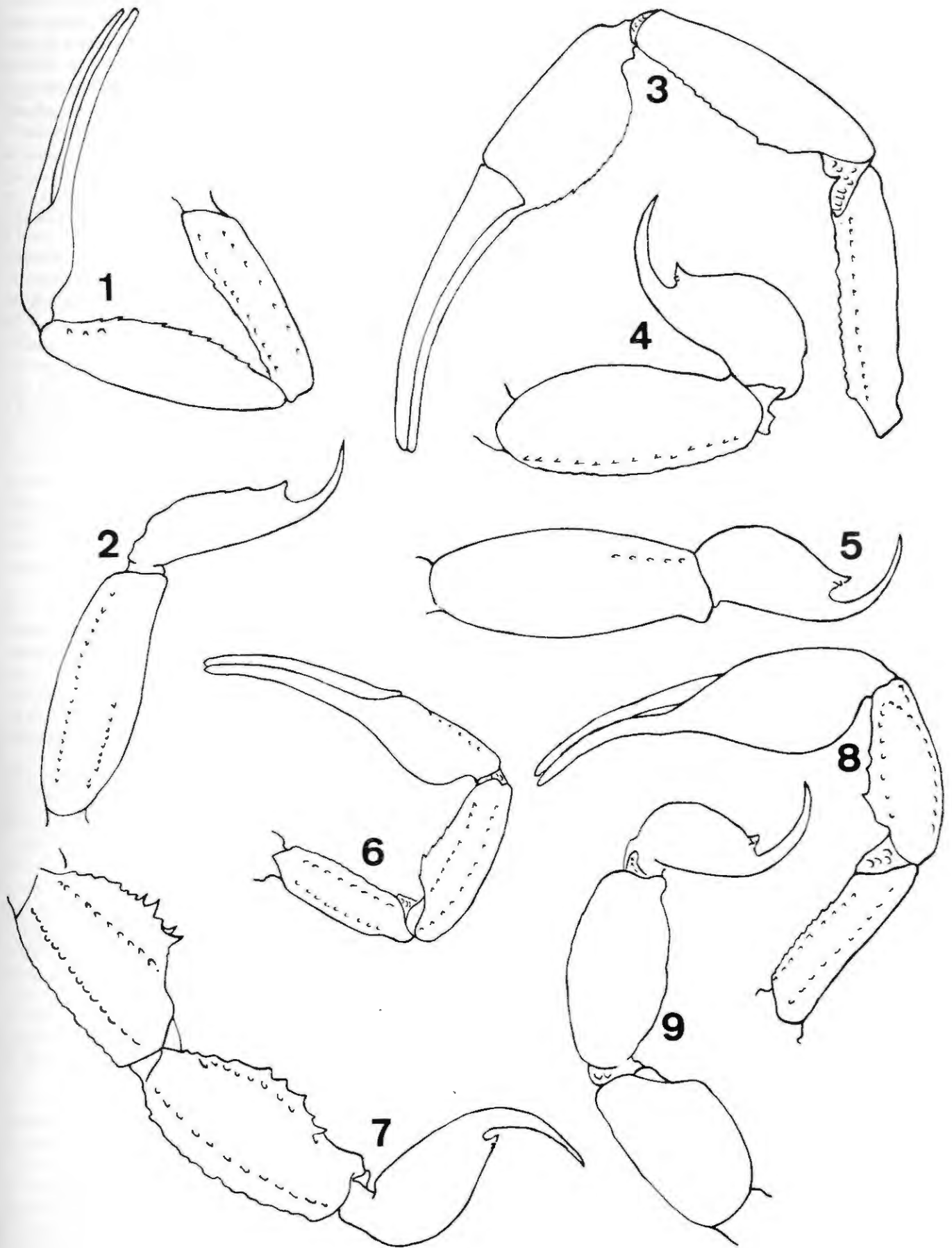
Etymologie: Le nom spécifique est attribué en hommage au Professeur Charles P. Blanc de l'Université Montpellier 3.

Diagnose: Espèce de grande taille, associée au groupe de *Tityus metuendus* Pocock, de l'Amazonie brésilienne; voisine morphologiquement de *Tityus tucurui* Lourenço de l'Amazonie orientale, mais différente par la présence de carènes très spiniformes sur la face interne de la pince des pédipalpes (cf. Lourenço, 1988b).

Description fondée sur l'holotype-mâle. Coloration générale jaune-rougeâtre. Prosoma: tubercule oculaire et yeux latéraux noirâtres. Mesosoma: tergites I à VII beaucoup plus foncés que la plaque prosomienne. Sternites rougeâtres. Metasoma: anneaux caudaux I à V rougeâtres; IV et V plus foncés. Telson rougeâtre; aiguillon rougeâtre, plus clair. Peignes, opercule génital, sternum, hanches et processus maxillaires jaune-rougeâtre. Pattes et pédipalpes rougeâtre-clair; doigts des pincés rougeâtre-foncé. Chélicères rougeâtre-clair; les doigts sont rougeâtres avec des dents noires.

Morphologie; prosoma: front de la plaque prosomienne avec une échancrure frontale peu marquée. Tubercule oculaire antérieur par rapport au centre de la plaque prosomienne; yeux médians très gros, séparés par un diamètre oculaire environ; trois paires d'yeux latéraux. Plaque prosomienne faiblement granulée; carènes médianes oculaires allant du bord antérieur jusqu'à mi-chemin du tubercule oculaire; carènes médianes postérieures bien marquées, délimitant un carré dans la région postéro-médiane de la plaque prosomienne; sillon interoculaire bien marqué. Mesosoma: tergites moyennement granulés avec des carènes transversales bien marquées; carène axiale présente sur tous les tergites; tergite VII avec cinq carènes, l'axiale limitée au tiers antérieur; les deux médianes et latérales fusionnées dans la région proximale. Sternites I à VI peu granulés; VII fortement granulé; stigmates linéaires. Peignes avec 20-19 dents; lame basilaire intermédiaire non dilatée. Metasoma: anneau I à 10 carènes; anneaux II à IV à 8 carènes; anneau V avec 5 carènes; espaces intercarénaux faiblement granulés; vésicule peu granulée; épine sous-aiguillonnaire aigüe et importante, avec deux granules ventraux. Pédipalpes: fémur à 5 carènes, tibia à 7 carènes, pince à 9 carènes; les carènes internes des trois segments à granules spiniformes. Tranchant des doigts mobiles avec 17-17 séries de granules. Chélicères avec la dentition caractéristique des Buthidae; doigt fixe avec une dent interne; doigt mobile avec deux dents basales. Trichobothriotaxie: A-Alpha, orthobothriotaxique (cf. Lourenço, 1987).

Allotype-femelle: Restrepo, cerca a salinas de Upin, Dept. Meta, Colombia, VI/1989 (P. Ruiz) (750 m alt.).



Figs. 1 et 2. *Ananteris ehrlichi* n.sp. (holotype-femelle): 1. Pédipalpe gauche, vue dorsale. 2. Anneau caudal V et telson, vue latérale. Figs. 3 à 5. *Tiryus blanci* n. sp. 3. Pédipalpe gauche, vue ventrale (holotype-mâle). 4. Anneau caudal V et telson, vue latérale (allotype-femelle). 5. Anneau caudal V et telson (holotype-mâle). Figs. 6 et 7. *Tiryus cuellari* n. sp. (holotype-femelle). 6. Pédipalpe droit, vue dorsale. 7. Anneaux caudaux IV et V et telson, vue latérale. Figs. 8 et 9. *Tiryus sabineae* n. sp. (holotype-mâle). 8. Pédipalpe droit, vue dorsale. 9. Anneaux caudaux IV et V et telson, vue latérale.

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales ICN-AS-008), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

Différences avec l'holotype: Coloration plus claire que celle du mâle; jaunâtre. Valeurs morphométriques moins importantes (Tableau 1). Peignes plus petits avec 17-18 dents; lame basilaire intermédiaire dilatée. Tranchant des doigts mobiles avec 17-17 séries de granules.

## B. Región sud-pacifique

*Tityus cuellari* nouvelle espèce (Figs. 6 et 7)

Holotype-femelle: R.N. La Planada, Dept. Nariño, Colombie, III/1991 (C. Valderrama) (1800 m alt.).

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales (ICN-AS-013), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

Etymologie: Le nom spécifique est attribué en hommage au Dr. Orlando Cuellar, University of Utah, Salt Lake City, USA.

Diagnose: Espèce associée au groupe de *Tityus forcipula* (Gervais). Différente de *T. forcipula* par les "patterns" de coloration; pattes et pédipalpes jaune-rougeâtre, tandis que chez *T. forcipula* ils sont noirs. Granulation générale bien plus importante et valeurs morphométriques bien plus faibles (cf. Lourenço, 1984).

Description fondée sur l'holotype-femelle. Coloration générale rougeâtre-foncé avec des taches brunes sur le corps. Prosoma: tubercule oculaire et yeux latéraux noirâtres. Mesosoma: tergites I à VII avec le même dessin que la plaque prosomienne. Sternites rouge-brunâtre. Metasoma: anneaux caudaux I à III rougeâtres; IV et V noirâtres. Telson noirâtre; aiguillon rougeâtre. Peigne, opercule génital, sternum, hanches et processus maxillaires jaune-rougeâtre. Pattes et pédipalpes rougeâtres; doigts des pinces noirâtres avec l'extrémité rougeâtre. Chélicères noirâtres; les doigts sont noirâtres.

Morphologie; prosoma: front de la plaque prosomienne avec une échancrure frontale bien marquée. Tubercule oculaire antérieur par rapport au centre de la plaque prosomienne; yeux médians séparés par un diamètre oculaire environ; trois paires d'yeux latéraux. Plaque prosomienne fortement granulée; carènes médianes oculaires allant du bord antérieur jusqu'à mi-chemin du tubercule oculaire; carènes médianes postérieures bien marquées, délimitant un carré dans la région postéro-médiane de la plaque prosomienne; sillon interoculaire bien marqué. Mesosoma: tergites fortement granulés; carène axiale présente sur tous les tergites; tergite VII avec cinq carènes, l'axiale limitée au tiers antérieur; les deux médianes et latérales fusionnées dans la région proximale. Sternites fortement granulés; stigmates linéaires. Peignes avec 12-11 dents; lame basilaire intermédiaire dilatée. Metasoma: anneaux I et II à 10 carènes; anneaux III et IV à 8 carènes; anneau V avec 5 carènes; espaces intercarénaux fortement granulés;

Tableau 1. Mensurations (en mm) des exemplaires décrits. *An. ehr.* = *Ananteris ehrlichi* n.sp.; *T. bl.* = *Tityus blanci* n.sp.; *T. cue.* = *Tityus cuellari* n.sp.; *T. sab.* = *Tityus sabineae* n.sp.

|                            | <u>An.ehr.</u> | <u>T. bl.</u> |      | <u>T.cue.</u> | <u>T. sab.</u> |     |
|----------------------------|----------------|---------------|------|---------------|----------------|-----|
|                            | F              | M             | F    | F             | M              | F   |
| Prosoma, longueur          |                |               |      |               |                |     |
| Prosoma, longueur          | 3,8            | 8,0           | 7,9  | 5,8           | 6,2            | 6,4 |
| Prosoma largeur antérieure | 2,6            | 5,8           | 6,2  | 4,2           | 4,8            | 4,7 |
| Anneau caudal I,           |                |               |      |               |                |     |
| longueur                   | 1,8            | 6,6           | 5,2  | 3,3           | 5,4            | 4,8 |
| largeur                    | 1,9            | 4,2           | 4,3  | 3,7           | 4,2            | 4,0 |
| Anneau caudal V,           |                |               |      |               |                |     |
| longueur                   | 4,8            | 10,6          | 8,5  | 6,9           | 7,2            | 6,8 |
| largeur                    | 2,0            | 4,3           | 4,2  | 4,4           | 5,2            | 3,8 |
| hauteur                    | 2,0            | 4,2           | 4,0  | 3,4           | 3,4            | 3,2 |
| Vésicule,                  |                |               |      |               |                |     |
| largeur                    | 1,0            | 3,4           | 3,2  | 3,0           | 2,8            | 2,8 |
| hauteur                    | 1,1            | 3,2           | 3,2  | 2,2           | 2,4            | 2,2 |
| Pince,                     |                |               |      |               |                |     |
| largeur                    | 0,9            | 4,0           | 3,2  | 2,7           | 3,8            | 2,6 |
| hauteur                    | 0,8            | 3,8           | 3,0  | 2,3           | 3,6            | 2,4 |
| Doigt mobile,              |                |               |      |               |                |     |
| longueur                   | 4,5            | 12,2          | 11,2 | 7,7           | 9,0            | 8,4 |

vésicule granulée; épine sous-aiguillonnaire aigue, avec deux granules ventraux. Pédipalpes: fémur à 5 carènes, tibia à 7 carènes, la carène interne-dorsale à granules spiniformes. Pince avec 9 carènes; tous les segments bien granulés. Tranchant des doigts mobiles avec 14-14 séries de granules. Chélicères avec la dentition caractéristique des Buthidae; doigt fixe avec une dent interne; doigt mobile avec deux dents basales. Trichobothriotaxie: A-Alpha, orthobothriotaxique (cf. Lourenço, 1984).

Deux paratypes (femelles): Même données qui pour l'holotype (ICN-AS-011, 012). Peignes avec 11-12 et 12-12 dents.

### C. Région de la Cordillère orientale

*Tityus sabineae* nouvelle espèce (Figs. 8 et 9)

Holotype-mâle: Fusagasuga, Dept. Cundinamarca, Colombie, 10/VII/1983 (A. Cadena) (Ver. El Placer, Finca Aimarure, 1470 m alt.).

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales (ICN-AS-001), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

Etymologie: Le nom spécifique est attribué en hommage au Dr. Sabien Jourdan (Paris).

Diagnose: Espèce associée au groupe de *Tityus magnimanus* Pocock, mais caractérisée par une coloration noirâtre du corps et des pattes, en contraste avec des pédipalpes très rougeâtres chez les mâles et jaunâtres chez les femelles. Le nombre des dents des peignes chez la nouvelle espèce (22 à 25) est également supérieur à ceux trouvés chez *T. magnimanus* (cf. Lourenço, 1987).

Description fondée sur l'holotype-mâle. Coloration générale noirâtre. Prosoma: tubercule oculaire et yeux latéraux noirâtres. Mesosoma: tergites I à VII avec la même coloration que la plaque prosomienne. Sternites brunâtre-foncé avec des zones plus claires dans la région postérieure de chaque sternite. Metasoma: anneaux caudaux I à V noirâtres. Telson noirâtre; aiguillon rougeâtre. Peignes jaune-clair. Opércule génital, sternum, hanches et processus maxillaires brunâtres avec des taches jaunâtres. Pattes noirâtres; pédipalpes rougeâtres avec l'auréole des trichobothries et les doigts des pinces noirâtres. Chélicères jaune-rougeâtre avec des taches noires très denses dans la partie antérieure; les doigts sont rouge-noirâtres.

Morphologie: prosoma: front de la plaque prosomienne avec une échancrure frontale bien marquée. Tubercule oculaire antérieur par rapport au centre de la plaque prosomienne; yeux médians séparés par plus d'un diamètre oculaire; trois paires d'yeux latéraux. Plaque prosomienne moyennement granulée; carènes médianes oculaires allant du bord antérieur jusqu'à mi-chemin du tubercule oculaire; carènes médianes postérieures bien marquées, délimitant un carré dans la région postéro-médiane de la plaque prosomienne; sillon interoculaire bien marqué. Mesosoma: tergites fortement granulés d'une granulation fine; carène axiale présente sur tous les tergites; tergite VII avec cinq carènes, l'axiale limitée

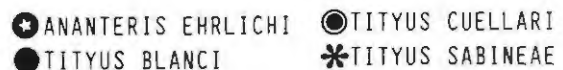
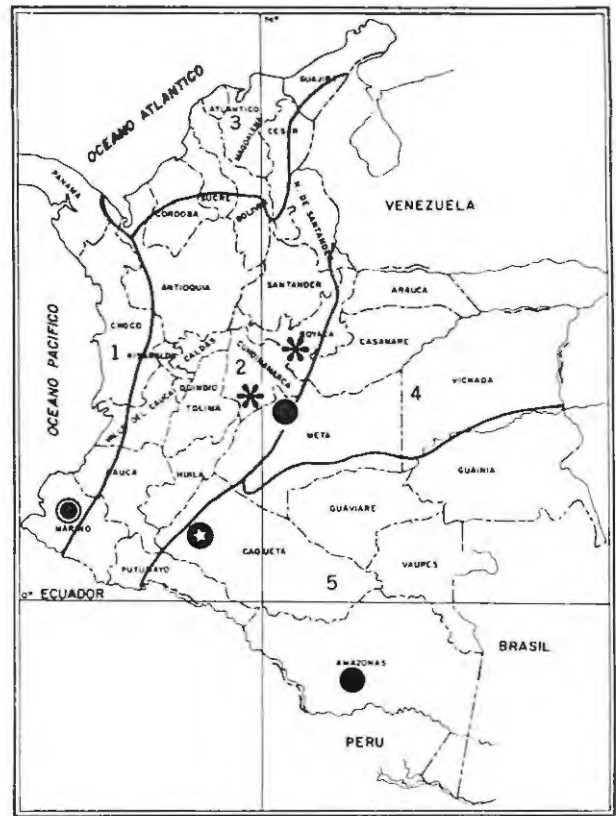


Fig. 10. Distribution connue des espèces décrites.

au tiers antérieur; les deux médianes et latérales fusionnées dans la région proximale. Sternites lisses; stigmates linéaires. Peignes avec 22-22 dents; lame basilaire intermédiaire non dilatée.

Metasoma: anneaux I et II à 10 carènes; anneaux III et IV à 8 carènes; anneau V avec 5 carènes; espaces intercarénaux moyennement granulés; vésicule peu granulée; épine sous-aiguillonnaire aigue et importante, avec deux granules ventraux. Pédipalpes: fémur à 5 carènes, tibia à 7 carènes, la carène interne-dorsale à granules spiniformes. Pince avec 9 carènes très peu marquées. Tranchant des doigts mobiles avec 17-17 séries de granules. Chélicères avec la dentition caractéristique des Buthidae; doigt fixe avec une dent interne; doigt mobile avec deux dents basales. Trichobothriotaxie: A-Alpha, orthobothriotaxique (cf. Lourenço, 1987).

Allotype-femelle: Chulavita, Dept. Boyaca, Colombie, V/1991 (J.G. Baptiste) (2600 m alt.).

Déposé dans l'Instituto de Ciencias Naturales (ICN-AS-004), Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombie.

Différences avec l'holotype: Coloration plus claire que celle du mâle; pédipalpes jaunâtres. Valeurs morphométriques moins importantes (Tableau 1). Peignes plus petits avec 24-25 dents; lame basilaire intermédiaire fortement dilatée. Tranchant des doigts mobiles avec 17-17 séries de granules.

## Conclusions

Avec la description de quatre nouvelles espèces appartenant à la famille des Buthidae, le nombre d'espèces d'*Ananteris* s'élève à 20 (Lourenço, sous-presse), dont 3 pour la Colombie.

En ce qui concerne le genre *Tityus*, le nombre exact d'espèces demeure imprécis; il peut être estimé à l'heure actuelle à environ 110-120.

Avec les trois nouvelles espèces décrites à présent, ajoutées à *Tityus lourençoi* Florez (sous-presse), le nombre d'espèces connues pour la Colombie s'élève à 19 (Lourenço et Florez, 1990b).

Le nombre important d'espèces nouvelles décrites depuis 1988 (Lourenço, 1991; Lourenço et Florez, 1989, 1990a,b). a contribué de manière significative à l'enrichissement de la faune des Scorpions de Colombie; néanmoins, le nombre d'espèces actuellement connues est certainement très sous-estimé. Avec la suite des études sur la biodiversité de cette partie de la région néotropicale, ce nombre pourra se voir doubler, voir tripler pour certaines régions telle l'Amazonie.

## Références

- Florez, E. Scorpions (Chelicerata) from Colombia. V. *Tityus lourençoi* new species of Buthidae from the oriental cordillera. *Caldasia* (sous-presse).
- Lourenço, W.R. 1981. Scorpions cavernicoles de l'Equateur: *Tityus demangei* n. sp. et *Ananteris ashmolei* n. sp. (Buthidae); *Troglotayosicus vachoni* n. gen., n. sp. (Chactidae), Scorpion troglobie. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris*, 4è sér., 3 (A-2): 635-662.
- \_\_\_\_\_. 1984. Etude systématique de quelques espèces appartenant au complexe *Tityus forcipula* (Gervais, 1844) (Scorpiones, Buthidae). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris*, 4è sér., 6 (A-3): 729-739.
- \_\_\_\_\_. 1987. Considerações sistemáticas sobre *Tityus magnimanus* Pocock, 1897 (Scorpiones, Buthidae) e espécies associadas. *Rev. Brasil. Biol.*, 47(4): 565-572.
- \_\_\_\_\_. 1988a. La faune des Scorpions de l'Equateur. I. Les Buthidae. Systématique et biogéographie. *Rev. suisse Zool.*, 95(3): 681-697.
- \_\_\_\_\_. 1988b. Sinopse da fauna escorpiônica do Estado do Pará, especialmente as regiões de Carajas, Tucuruí, Belém e Trombetas. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, sér. Zool.*, 4(2): 155-173.
- \_\_\_\_\_. 1991. Les Scorpions de Colombie, II. Les faunes des régions de Santa Marta et de la Cordillère orientale. Approche biogéographique (Arachnida: Scorpiones). *Senckenbergiana biol.*, 71(4/6): 275-288.
- \_\_\_\_\_. (sous-presse). A review of the geographical distribution of the genus *Ananteris* Thorell (Scorpiones, Buthidae), with description of a new species. *Rev. Biol. Trop.*
- \_\_\_\_\_. y E. Florez. 1989. Los escorpiones (Chelicerata) de Colombia. I. La fauna de la isla Gorgona. Aproximación biogeográfica. *Caldasia*, 16(76): 66-70.
- \_\_\_\_\_. and E. Florez. 1990a. Scorpions (Chelicerata) from Colombia. III. The scorpio-fauna of pacific region (Choco), with some biogeographic considerations. *Amazoniana*, 11 (2): 119-133.
- \_\_\_\_\_. et E. Florez. 1990b. Scorpions (Chelicerata) de Colombia. IV. Biogéographie et diversité biologique des Scorpions de Colombie, avec des commentaires sur les refuges quaternaires. *C.R. Soc. Biogéogr.*, 66(2): 65-74.

# SIMULIDOS (DIPTERA:SIMULIIDAE) DE LA REGION DE CHISACA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA \*

por

Paulina Muñoz de Hoyos\*\*, Xatlí Martínez\*\*\*, Antonio Mejía\*\*\*\*  
& Martha Lucía Bueno\*\*\*\*\*

## Resumen

Muñoz de Hoyos, P., Martínez, X., Mejía, A. y M. L. Bueno. Simúlidos (Diptera:Simuliidae) de la región de Chisacá, Cundinamarca, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 393-412, 1993. ISSN 0370-3908.

Se suministra información sobre las especies de la familia Simuliidae de la región de Chisacá, Cundinamarca, Colombia. Se describe la larva de *Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989 y se anota la existencia de una nueva especie del género *Gigantodax*. Se comenta de distribución y abundancia de las especies en la zona de estudio y finalmente se incluye una clave para la identificación de las larvas y las pupas de los géneros *Simulium* y *Gigantodax* de la zona de Chisacá entre 3590 y 3150m de altitud.

**Palabras claves:** Simuliidae - Colombia.

## Abstract

Data related to the species of the Simuliidae family from the region of Chisacá, Cundinamarca, Colombia are given. The description of the larva of *Gigantodax nasutus* Wygodzinsky and Coscarón, 1989 is presented. A new species of the genus *Gigantodax* is mentioned. The distribution and abundance of the species from the studied zone is commented. There is a key for the identification of larva and pupa of the species of the genus *Simulium* and *Gigantodax* from Chisacá region, between 3590 and 3150m of altitude.

**Key words:** Simuliidae - Colombia.

## Introducción

En el estudio de los simúlidos de la región de Chisacá se realizaron capturas quincenales y/o mensuales de larvas y pupas, durante los años de 1988 y 1990, en cuatro sitios seleccionados, dos de ellos en el río Chisacá, a diferentes altitudes, y los otros en quebradas aledañas a éste. El proyecto tenía como objetivos clasificar las especies de simúlidos del área, tanto morfológica como

citológicamente, y los enemigos naturales de las larvas, así como enriquecer la colección de entomología del Instituto de Ciencias Naturales-Museo Historia Natural. En la presente publicación se dan a conocer los resultados morfotaxonómicos y se presenta una clave para la identificación de larvas y pupas de los simúlidos de la región de estudio. De cada especie se suministra información nueva y se dan rangos en que pueden fluctuar algunas características medibles y contables. Así mismo, se relaciona el material examinado, se anota la distribución de la especie, se adicionan registros nuevos para esas especies en Colombia y se proporcionan datos de biología. Se dan a conocer las características de la larva de *Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989. La descripción de la especie nueva del género *Gigantodax* saldrá en una próxima publicación.

Los trabajos taxonómicos de simúlidos en Colombia son escasos; puede decirse que, con este estudio y

\* Estudio financiado por Colciencias y Universidad Nacional de Colombia

\*\* Universidad Nacional Facultad de Ciencias Instituto de Ciencias Naturales A. A. 7495, Bogotá D.C.

\*\*\* Corporación Araracuara (COA)

\*\*\*\* Labfarve. Av. Corpas Km 3 Suba

\*\*\*\*\* Universidad Nacional Facultad de Ciencias Depto de Biología A. A. 23227, Bogotá D.C.

el anterior realizado en el río Teusacá Municipio de La Calera (Moncada & Bueno, 1977; Bueno, Moncada & Muñoz de Hoyos, 1979; Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno, 1981; Muñoz de Hoyos, Bueno & Moncada, 1984), la fauna de simúlidos de las regiones altas, paramunas y de bosque alto andino, de la cordillera oriental, vertiente occidental, de la sabana de Bogotá, es la que mejor se conoce.

En la zona de estudio existen en total 13 especies de la familia Simuliidae, 6 del género *Simulium* Latreille, 1802: *S. bicornutum*, *S. furcillatum*, *S. ignescens*, *S. tunja*, *S. muiscorum* y *S. schmidtummi* y 7 del género *Gigantodax* Enderlein, 1925: *G. ortizi*, *G. brevis*, *G. basinflatus*, *G. siberianus*, *G. misitu*, *G. nasutus* y *Gigantodax* sp. nov.

Los simúlidos de esta región no son antropofílicos, muy seguramente las hembras toman la comida de sangre del ganado, las ovejas, las aves de corral y los animales silvestres que habitan en la zona, por lo tanto las colecciones se centraron en los estadios inmaduros hallados en sustratos vegetales y/o piedras en las diferentes corrientes de agua.

En el momento, el género *Simulium* de la tribu Simuliini está representado en Colombia por 11 subgéneros con 44 especies. En la región de Chisacá se hallan 3 subgéneros: el subgénero *Ectemnaspis* es neotropical concentrado más que todo en América del Sur. Según Coscarón (1984) el grupo *bicoloratum*, al cual pertenecen las 4 especies de Chisacá, es exclusivamente andino de la cordillera oriental y probablemente su centro de dispersión se localiza en el nordeste de América del Sur. El subgénero *Psaroniocompsa* es de zonas bajas tropicales y subtropicales, la especie *S. schmidtummi* es la única registrada en zonas altas (Wygodzinsky, 1973a). El subgénero *Grenieriella* es un taxon representado mejor en la región Neotropical (Cascarón, 1987).

El género *Gigantodax* es el más grande, en cuanto al número de especies se refiere, de los Prosimuliini neotropicales. Tiene una distribución amplia a lo largo del sistema Andino desde el sur de México hasta Tierra del Fuego. Wygodzinsky y Coscarón (1989) empleando caracteres apomórficos dividieron el género en grupos y de ellos, 4 se encuentran en Colombia y en la región de Chisacá: grupo *brophyi*, grupo *cilicinus*, grupo *cormonsi* y grupo *wrightii*.

### Materiales y métodos

El área de estudio está ubicada en el municipio de Usme, Departamento de Cundinamarca, veredas el Hato y Chisacá. La zona se extiende desde la Hacienda El Hato hasta las Ruinas y se encuentra entre los 74° 12' 11" y 74° 11' 02" L.O. y entre los 4° 23' 16" y 4° 21' 9" L.N. Los cuatro sitios seleccionados se ubican en la vía entre Usme y San Juan de Sumapaz: Río Chisacá, cerca a las Ruinas, km 27, 3590 m; Quebrada del Oso, cerca a Santa Helena, km 22-23, 3410 m; Quebrada Hoya Honda, cerca a El Brasil, km 20, 3240 m y Río Chisacá, cerca a la Hacienda El Hato, km 17, 3150 m.

Las larvas y pupas se localizan en las rocas y vegetación que están en contacto directo con el agua corriente. Estas se separan del sustrato con pinzas finas y se colocan en frascos plásticos o de vidrio con agua para ser transportadas al laboratorio. De cada una de las corrientes de agua muestreadas se registraron datos de temperatura superficial y pH del agua.

La mayoría de los especímenes colectados (larvas y pupas) se transfirieron a alcohol al 96%. Los adultos (hembras y machos) se obtuvieron en el laboratorio a partir de pupas maduras.

Los montajes de las preparaciones de larva, pupa y adulto se hicieron con las técnicas empleadas en el Museo Británico - Historia Natural, gentilmente proporcionadas por el Dr. A.J. Shelley a Muñoz de Hoyos y el material está depositado en la colección de entomología del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional (ICN-MHN). Los dibujos se hicieron con la ayuda de la cámara lúcida y las mediciones con el uso de un ocular micrométrico. Las figuras han sido elaboradas por uno de los autores (A. Mejía).

### Resultados

#### Sitios de muestreo

**Río Chisacá, 3590 m. Páramo.** En este sitio el río tiene aproximadamente 10 metros de ancho como máximo y 3 metros como mínimo. La vegetación de hojas pequeñas, en su mayor parte Gramineas, en contacto con el agua, y las rocas proporcionan el sustrato de adhesión para larvas y pupas. Las larvas prefieren localizarse sobre las piedras de color oscuro. Durante el último año de muestreo la velocidad del río decayó por el aumento del material de sedimentación y la contaminación del lugar. Los promedios de la temperatura y el pH del agua fueron 11.04°C y 6.75 respectivamente. El 50.6% del material colectado correspondía al género *Simulium* y el 49.4% al género *Gigantodax*.

**Quebrada del Oso, 3410 m. Subpáramo.** Corresponde a un curso de agua pequeño, de 60 a 80 cm de ancho, con poco sedimento en suspensión y agua transparente. El 12.1% de larvas y pupas de la quebrada pertenecían al género *Simulium* y el 87.9% al género *Gigantodax*. Los promedios de la temperatura y el pH del agua fueron 10.34°C y 6.55 respectivamente.

**Quebrada Hoya Honda, 3240 m. Bosque alto andino.** Corresponde a un curso de agua pequeño, de 1 m de ancho, con agua transparente y material en suspensión. En la época de lluvias el pasto cercano a la quebrada es cubierto por el agua y éste proporciona un buen sustrato para la adhesión de larvas y pupas. Aproximadamente el 19.5% del material colectado era del género *Simulium* y el 80.5% del género *Gigantodax*. Los promedios de la temperatura y el pH del agua fueron 10.13°C y 6.61 respectivamente.

**Río Chisacá, 3150 m. Bosque alto andino.** El río recibe, entre otras, las aguas de las dos quebradas anteriores; es un curso de agua mayor, 5 a 7 metros de ancho, con agua menos clara, el material vegetal se li-

mita a las orillas del río y en mayor parte son plantas de cortadera que dejan colgar sus hojas en el agua, las piedras son abundantes. El género *Simulium* es más frecuente (72.9 %) que el género *Gigantodax* (27.1 %). Los promedios de la temperatura y el pH del agua fueron 12.24°C y 6.64 respectivamente.

### Especies presentes. Género *Simulium*

*Simulium (Ectemnaspis) bicornutum* Wygodzinsky y Coscarón (Figs. 1-4 )

*Simulium (Ectemnaspis) bicornutum* Wygodzinsky y Coscarón, 1982, p.2. Coscarón, 1984, p. 300. Coscarón, 1990, p. 128.

**Hembra.** Longitud ala 2.9-3.3 mm. *Scutum* amarillo cubierto de pelos marrón oscuro; *scutellum* amarillo, postnoto café. Patas oscuras o bicolores. Tergitos I-IV amarillo grisosos, III y IV con placa central oscura, V a IX marrón oscuro, casi negro. Esternitos I-IV amarillo verdosos; V a IX oscuros. Triángulo frontocular tan alto como ancho. Frente 0.12 mm. Maxila con 26 dentículos vs 28 - 30 (Wygodzinsky & Coscarón, 1982). Proporción segmentos III a V del palpo maxilar I: 1.3-1.5 : 2.2-2.4 (Fig. 1a). Vesícula sensorial ovalada y ornamentada, más grande que la del macho. Antena como en la figura 1b. Cibario liso con cornuae prominente y oscura. Vena C del ala con tricomas largos y pequeños y espinas entremezcladas. Sc con 13-15 pelos en los 3/4 basales. Sección basal de R desnuda. R1 basalmente con cerca de 34 setas en hilera y distalmente con espinas entremezcladas. Rs con una hilera de pelos (Fig. 1c). Forma y proporción de las patas como en la figura 1d. Basitarso posterior 6.1-6.3 veces más largo que ancho. Calcícala pequeña, apenas cubre el pedisulco. Uña con pequeño diente subbasal. Octavo esternito con un número mayor de setas a cada lado (46 vs 30). Gonapófisis subtriangular con bordes internos ligeramente abiertos y pigmentados (Fig. 1e). Cerco subcircular. Horquilla genital con rama mediana esclerotizada, fuertemente engrosada en el ápice, brazos laterales con terminaciones en forma de sombrero (Fig.1f). Espermateca globular con superficie rugosa (Fig. 1g).

**Macho.** Longitud ala 2.8 - 3.2 mm. *Scutum* naranja con bordes laterales oscuros a manera de banda angosta. Vesícula sensorial ovalada, pequeña y ornamentada. Vena Sc del ala con 5 setas en la región basal, número menor al de la descripción (6) (Fig. 2a). Basitarso posterior (incluida la calcícala) 4.0-4.3 veces más largo que ancho. Calcícala pequeña, tan larga como ancha, no más ancha que larga, alcanza a cubrir el pedisulco. Esclerito mediano pigmentado en la región más angosta (Fig. 2b) y órgano endoparameral como en la figura 2c.

**Pupa.** Capullo: Longitud ventral 3.5-3.8 mm; longitud dorsal 4.2 mm. Translúcido. Color café amarillento. Frontoclípeo con 1+1 tricomas faciales de 4-6 ramas, con 2+2 tricomas frontales de 4-6 ramas (vs 6-8) y con un grupito de tubérculos muy pequeños localizados cerca a los tricomas faciales (Figs. 3a y 3b).

**Larva.** Longitud total 5.34 - 6.48 mm. Apotoma cefálico como en la figura 4a. Puente postgenal la mi-

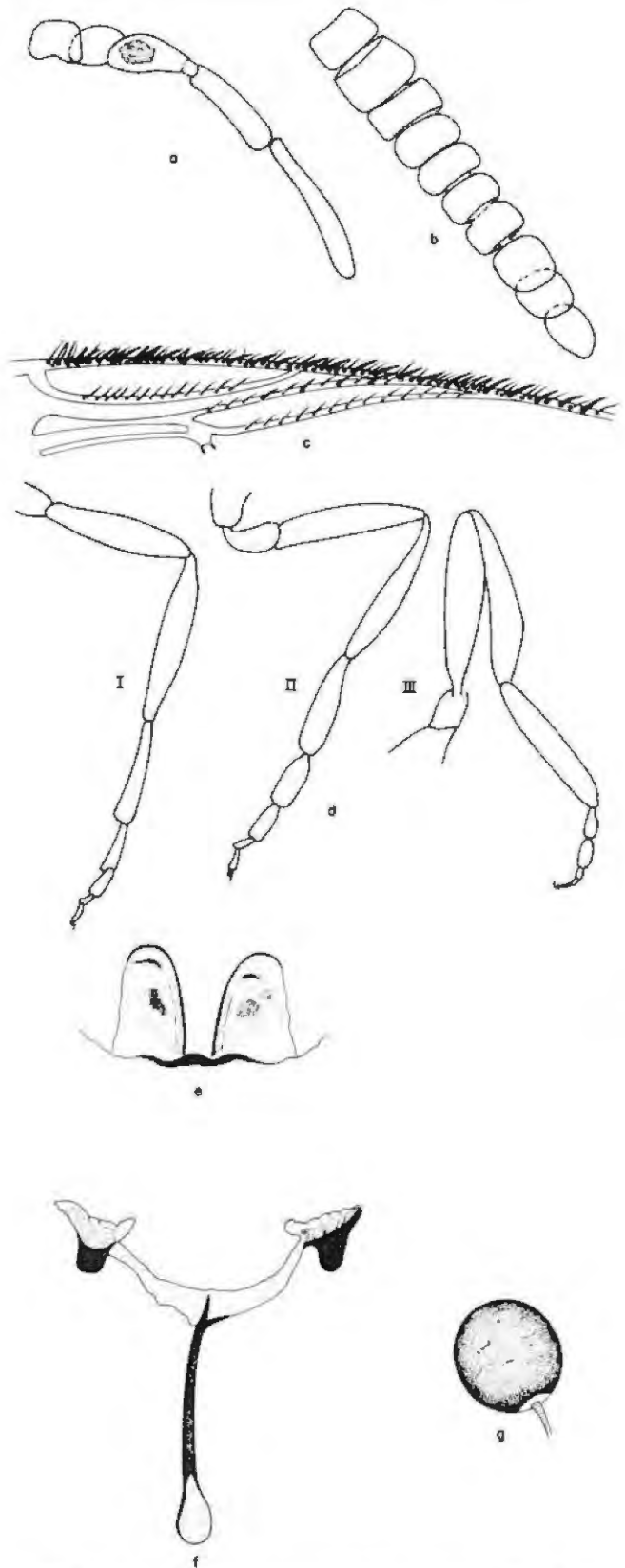


Figura. No. 1. *Simulium (Ectemnaspis) bicornutum*. Hembra. a: Palpo maxilar. b: Antena. c: Detalle del ala. d: Patas. e: Gonapófisis. f: Horquilla genital. g: Espermateca.

tad del largo del hipostomio. Hipostomio con 3-7 aserraciones. Abanico cefálico con 32-38 rayos mayores (vs 40) y 10 rayos menores; detalle de los dientes del rayo del abanico cefálico como en la figura 4b. Relación artejos antenales I-III : 1 : 1.33-1.75 : 1.66-2.25 vs 1 : 1.7 : 2.5. Antena ligeramente menor que la base del

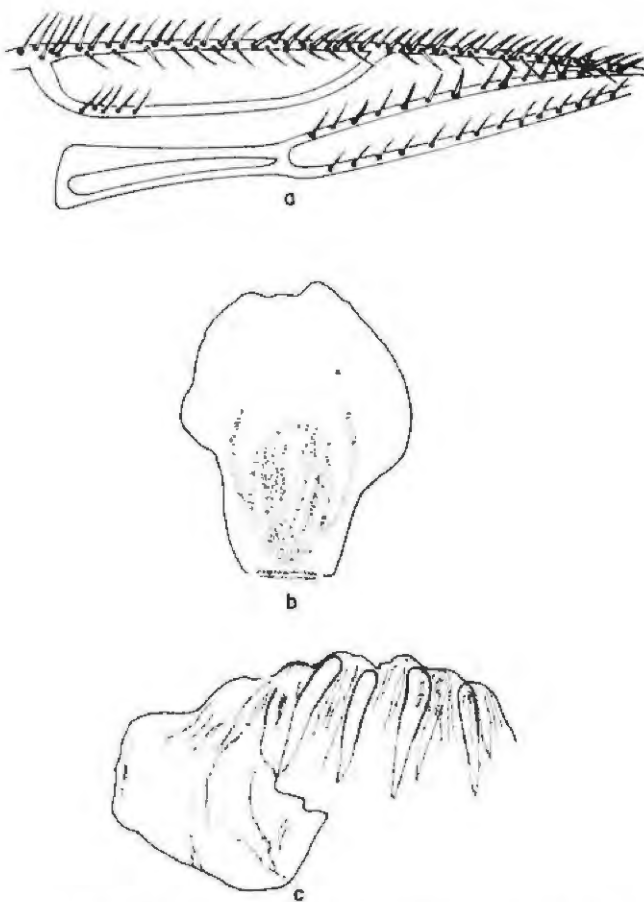


Figura. No. 2. *Simulium (Ectemnaspis) bicornutum*. Macho. a: Detalle del ala. b: Esclerito mediano. c: Organo endoparameral.

abanico cefálico. Mandíbula con 9-10 dientes internos, 2-3 endentaduras, la más distal siempre muy pequeña, a veces imperceptible, la segunda 1/5 de la primera y la primera, en ocasiones, con un proceso pequeño. Brazos ventrales del esclerito anal bastante largos, llegan a la hilera de ganchos No. 19 del círculo anal; presenta pequeñas setas entre los brazos dorsales y ventrales. Anillo anal con 82-92 bileras de ganchos, 16 ganchos por hilera.

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montados en lámina: 8 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 001-003, 005-006), 6 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 007-008, 010-015), 10 larvas (ICN-MHN-DIPSi 021-030); preservados en alcohol: 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 197), 8 pupas (ICN-MHN-DIPSi 073, 200, 310), 9 larvas (ICN-MHN-DIPSi 066, 198-199, 622-624). Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, montada en lámina: 1 hembra (ICN-MHN-DIPSi 009). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, preservados en alcohol: 2 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 308, 621), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 309), 5 larvas (ICN-MHN-DIPSi 307, 511, 625).

**Citas nuevas:** BOYACA: Municipio de Aquitania, Páramo de los Curies, Quebrada El Machito, 3240m, mar-21-1989, conservados en alcohol: 6 pupas (J. Campos; ICN-MHN-DIPSi 527), 14 larvas (V. Acero; ICN-MHN-DIPSi 528). Páramo de Pisba, 3900m, ago-13-1976, montados en lámina: 1 pupa (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 016), 4 larvas (L. Moncada & M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 017-020).

**Distribución.** Colombia. BOYACA (3240m - 3900m). CUNDINAMARCA (3150 - 3700m).

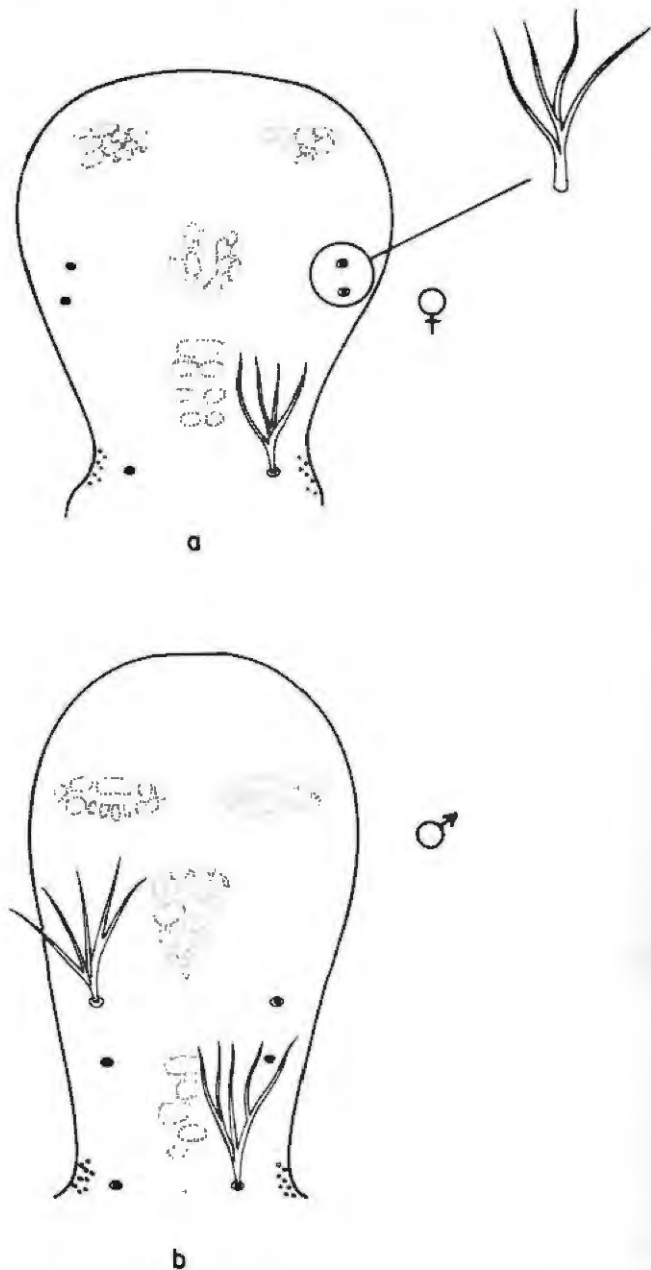


Figura. No. 3. *Simulium (Ectemnaspis) bicornutum*. Pupa. a: Frontoclipeo de la hembra. b: Frontoclipeo del macho.

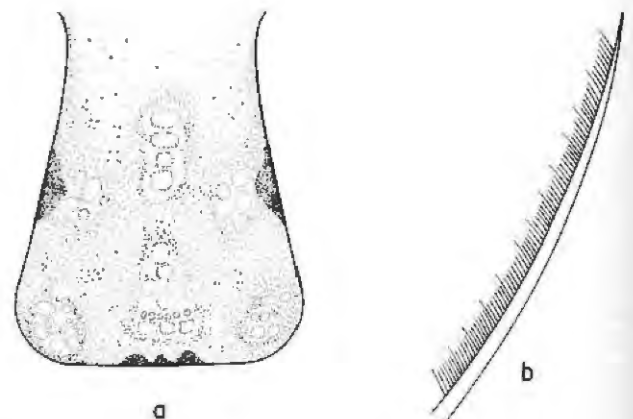


Figura 4. *Simulium (Ectemnaspis) bicornutum*. Larva. a: Apotoma cefálico. b: Detalle del rayo del abanico cefálico.

**Biología.** Las larvas y las pupas se localizan en la vegetación colgante en contacto con el agua clara. Las hojas verdes de *Calamagrostis* sp. y *Poa annua*, las hojas verdes y los tallos de *Calitriche nubigena*, *Plagiocheilus salivaeformis*, *Ranunculus fageliformes* y el musgo *Zigodon* sp. sirven de sustrato a las larvas (Martínez & Mejía, 1991). Prefieren corrientes de agua con temperaturas de 11.04°C y pH 6.75; es característica del río Chisacá, 3590m. *Polydispyrenia simulii* (Microspora) infecta las larvas de *S. bicornutum* del río Chisacá (Hernández, 1990). El 60% de las larvas de la especie en este lugar presentaron parasitismo por un mermíto del género *Isomermis* Coman, 1953 (Acero, 1991).

**Notas.** Los datos que se suministran pueden ser considerados como adicionales o complementarios a la descripción de la especie ya que en algunos casos se muestra que la medida presenta una variación mayor quizá debido a que el material empleado en la descripción de la especie por Wygodzinsky y Coscarón (1982) fue reducido (1 hembra farate, 1 macho, 4 pupas y 1 larva). El par de manchas laterales plateadas en el segmento abdominal VI en el macho percibidas por Wygodzinsky y Coscarón (1982) no se visualizaron en el material fijado en alcohol. Las patas y el ala no habían sido examinadas en la hembra.

*Simulium (Ectemnaspis) furcillatum* Wygodzinsky y Coscarón (Figs. 5-8)

*Simulium (Ectemnaspis) furcillatum* Wygodzinsky y Coscarón, 1982, p.6. Coscarón, 1984, p. 300. Coscarón, 1990, p. 128.

**Hembra.** Longitud ala 2.55-2.57 mm. Color general del cuerpo amarillo naranja y negro. Cabeza oscura. *Scutum* amarillo limón con dibujo naranja y una pequeña placa negra en la región anterior. Patas bicolores, no café oscuro como señalan Wygodzinsky y Coscarón (1982). Tergitos I-III amarillos; IV amarillo con una placa pequeña oscura; V-IX oscuros. Triángulo frontocular tan alto como ancho. Maxila con 22-28 denticulos. Proporción segmentos III-V palpo maxilar: 1 : 1.06-1.21 : 1.73-1.86 (Fig. 5a). Vesícula sensorial ovalada. Antena como en la figura 5b. Cibario sin dientes y con cornuae pigmentada. Frente 0.10-0.13 mm. Vena C de ala con tricomas y espinas a todo lo largo. Sc con 12-16 tricomas en los 2/3 basales, Wygodzinsky y Coscarón (1982) encontraron 2 o 3 pelos. Rb desnuda (Fig. 5c). Basitarso posterior 5.4-5.7 veces más largo que ancho. Octavo esternito con 26-30 setas. Gonapófisis con bordes internos abiertos ligeramente pigmentados. Rama mediana de la horquilla esclerotizada y con ensanchamiento apical. Espermateca redonda, con cuello y base membranosa (Fig. 5d).

**Macho.** Longitud ala 2.52-2.80 mm, menor que la suministrada en la descripción de la especie (2.9 mm) por Wygodzinsky y Coscarón en 1982. Color general del cuerpo amarillo y negro, macrofacetas del ojo amarillo quemado y microfacetas café rojizo oscuro. Patas bicolores o marrón oscuro, no solo marrón oscuro. Las manchas laterales plateadas del segmento abdominal VIII no se aprecian en material conservado en alcohol. Pro-

porción segmentos III-V del palpo maxilar 1: 1.1-1.2 : 1.8-1.9. Vena C del ala con tricomas y espinas a todo lo largo. Vena Sc con 3-5 pelos; sección basal de R desnuda; R1 con tricomas y espinas (Fig. 6a). Basitarso posterior 3.8-4.4 veces más largo que ancho. Placa ventral de la genitalia acorazonada con procesos laterales anchos y cubierta de pelos numerosos y largos. Esclerito mediano y órgano endoparameral como en las figuras 6b y 6c.

**Pupa.** Capullo: Longitud al dorso 3.7-4.2 mm. Frontoclípeo con una grupo pequeño de tubérculos entre los tricomas faciales y frontales y en posición lateral; con 1+1 tricomas faciales de 5 ramas cada uno y 2+2 tricomas frontales de 4-6 ramas cada uno (Figs. 7a y 7b). Cefalotórax con escasos tubérculos distribuidos irregularmente; con 5-6 tricomas torácicos de 4-6 ramas cada uno (Fig. 7c). Branquias respiratorias con superficie rugosa.

**Larva.** Color general del cuerpo verde oliva, con pigmentación sepia. Cabeza semioscura. Dorsalmente

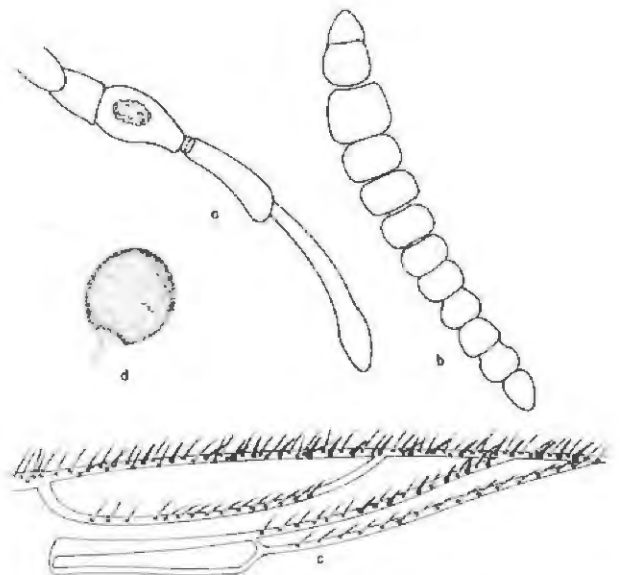


Figura. No. 5. *Simulium (Ectemnaspis) furcillatum*. Hembra. a: Palpo maxilar. b. Antena. c: Detalle del ala. d: Espermateca.

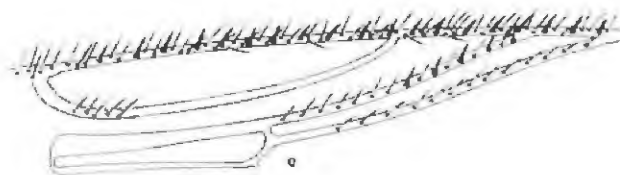


Figura. No. 6. *Simulium (Ectemnaspis) furcillatum*. Macho. a: Detalle del ala. b: Esclerito mediano. c: Organó endoparameral.

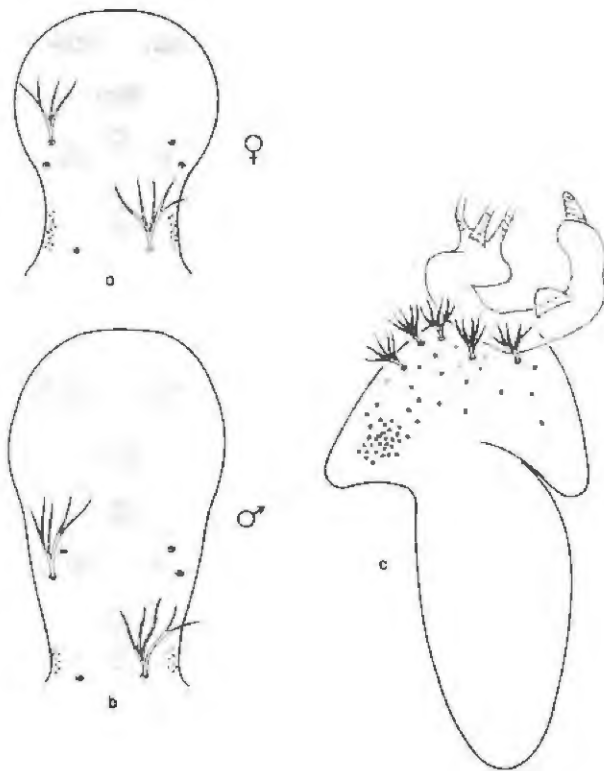


Figura No. 7. *Simulium (Ectemnaspis) furcillatum*. Pupa. a: Frontoclípeo de la hembra. b: Frontoclípeo del macho. c: Cefalotórax.

los segmentos abdominales I a IV con pigmentación verde oliva muy claro, los restantes con pigmentación sepia. Ventralmente el primer segmento abdominal oscuro, los otros claros con pigmentación verdosa. Cerca al pseudópodo torácico presenta tres bandas transversales oscuras. Hipostomio con 4-6 aserraciones laterales y con 5-6 setas hipostomiales en hilera. Abanicos cefálicos con menor número de rayos al de la descripción 28-30 vs 35. Relación artejos antenales I-III : 1: 1.42 : 1.64 vs 1: 1.3: 1.8. Antena igual o ligeramente menor que la base del abanico cefálico. Mandíbula con 2 dientes externos, 1 apical largo y robusto, 3 preapicales descendientes en tamaño, 10 internos y 2 endentaduras laterales (Fig. 8a). Brazo ventral del esclerito llega a la hilera 14-15 del círculo anal (Fig. 8b).



Figura. No. 8. *Simulium (Ectemnaspis) furcillatum*. Larva. a: Mandíbula. b: Esclerito anal.

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montados en lámina: 2 machos (ICN-MHN-DIPSi 004, 212). Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, montada en lámina: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 213); conservada en alcohol 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 305). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, montados en lámina: 3 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 214, 217, 579), 3 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 209-211), 3 pupas (ICN-MHN-DIPSi 108); preservados en alcohol: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 619), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 109). Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, montados en lámina: 4 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 215-216, 218, 604), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 208), 6 larvas (ICN-MHN-DIPSi 219-224); conservados en alcohol: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 617), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 618), 4 pupas (ICN-MHN-DIPSi 304), 3 larvas (ICN-MHN-DIPSi 306, 620).

**Citas nuevas.** BOYACA: Arcabuco, Santuario de Flora y Fauna, Parque Nacional Natural Iguaque, 2800m, ago-25-1992, conservados en alcohol: 1 macho farate, 2 pupas, 7 larvas (C. Moreno; ICN-MHN-DIPSi 516). CUNDINAMARCA: Río Tunjuelo, Usme, 3010m, jun-23-1990, conservadas en alcohol: 3 larvas (V. Acero; ICN-MHN-DIPSi 546).

**Distribución.** Colombia. BOYACA (2800 - 3400m). CUNDINAMARCA (2750 - 3590m).

**Biología.** Como sustrato de adhesión emplea las hojas de *Cortaderia* sp., *Mimulus glabratus*, *Rumex acetocella*, *Cardamine bonariensis* y el musgo *Zygodon* sp. (Martínez & Mejía, 1991). Debido a que las larvas se pueden colectar durante todos los meses del año se cree que la especie tiene varias generaciones por año. Es una especie bien adaptada a las quebradas del Oso y Hoya Honda, corrientes pequeñas de agua clara con temperaturas de 10.13°C - 10.34°C y pH 6.55 - 6.61. *Polydispyrenia simulii* ataca las larvas de *S. furcillatum* (Hernández, 1991) e igualmente son susceptibles al mermítilo *Isomermis* sp., en la Quebrada del Oso (Acero, 1991). La caracterización de los cromosomas politénicos aparece en Campos (1989) y Campos y Muñoz de Hoyos (1990).

**Notas.** Los adultos de *S. furcillatum* son bastante parecidos a los adultos de *S. bicornutum*. La separación de las dos especies se hace con base en los filamentos branquiales de la pupa. Posiblemente comparten un ancestro común reciente (Wygodzinsky & Coscarón, 1982).

#### *Simulium (Ectemnaspis) ignescens* Roubaud

*Simulium ignescens*, Roubaud, 1906, p. 107. Wygodzinsky, 1971, p. 14. Coscarón, 1984, p. 295. Ramírez Pérez & Ramírez, 1983, p. 32. Muñoz de Hoyos et al., 1984, p. 15.

*Simulium (Ectemnaspis) ignescens* Roubaud, 1906. Coscarón, 1990, p. 121.

*Eusimulium ignescens* Surcouf y González Rincones, 1911, p. 281. Pinto, 1932, p. 732.

**Hembra.** Longitud ala 2.39-2.69 mm. Color general del cuerpo amarillo naranja y café oscuro. Cabeza negra. Tercer segmento de palpo maxilar oscuro. *Scutum* amarillo claro con dibujo amarillo intenso de tonalidad

des más oscuras hacia los lados y una pequeña mancha negra en la parte anterior, cubierto de pelos oscuros. *Scutellum* amarillo. *Postnotum* café oscuro. Patas bicolores y/o marrones. Tergitos I-III amarillos, IV con una placa tergal negra, V-IX negros. Esternitos I-IV amarillos. Esternito V ligeramente más oscuro. Triángulo frontocular más ancho que alto. Maxila con 19-23 denticulos. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar 1 : 1.0-1.43 : 1.58-1.86. Vesícula sensorial ovalada y ornamentada, 1.75 veces más larga que ancha. Cibario con una leve depresión en la parte media, lateralmente con un conjunto de granulaciones, no muy bien definidas, con ~~cornuae~~ fuertemente pigmentada y gruesa. Vena C del ala con espinas y pelos a todo lo largo. Sc con 17-20 pelos. Sección basal de R con una hilera de 19 pelos. R1 con pelos y espinas y Rs con pelos y espinas en una hilera. Relación longitud/anchura basitarso posterior 5.3-6.2. Calcípala cubre aproximadamente 1/3 - 1/4 del II segmento tarsal. Uña con pequeño diente subbasal. Octavo esternito con numerosas escamas distales y aproximadamente 40 tricomas a cada lado. Gonapófisis con bordes internos abiertos y esclerotizados hacia el ápice. Cerco subcuadrado y bicolor. Paraprocto subtriangular. Horquilla genital con la rama media esclerotizada y ensanchada en el ápice. Espermateca globosa con superficie rugosa.

**Macho.** Longitud ala 2.5- 2.8 mm. Color general del cuerpo amarillo naranja y café oscuro. Cabeza bicolor. *Scutum* con dibujo predominantemente amarillo naranja y en ocasiones, con una franja lateral café oscuro que puede ser ancha o delgada, o una mancha pequeña oscura en la porción anterolateral o posterolateral. *Scutellum* amarillo. *Postnotum* negro. Patas bicolores u oscuras. Tergitos abdominales I-II amarillos, tergitos III y IV con placa tergal oscura, tergitos restantes marrón oscuro. Esternitos I-IV amarillos. Esternitos V-VI más oscuros que los anteriores. Esternitos VII-IX negros. Proporción segmentos III-V del palpo: 1: 1.27- 1.31 : 1.61-1.87. Vesícula sensorial ovalada, aproximadamente 1/3 de la longitud del III segmento del palpo. Vena C del ala con 2 hileras de espinas y setas en toda su longitud. Sc con 3 pelos basales, 1-8 pelos mediales y desnuda distalmente. Sector basal de R con una hilera de pelos. R1 con una hilera de espinas y una hilera de pelos y Rs con 2 hileras de pelos. Relación longitud / anchura basitarso posterior 4.6-5.1. Calcípala más larga que ancha. Distímerno más corto que el basímerno, subcónico, curvado distalmente y con una espina terminal; basímerno subcuadrado. Placa ventral subtriangular, más larga que ancha. Organó endoparameral con 5 dientes largos poco esclerotizados y varios dientes cortos fuertemente pigmentados. Esclerito mediano más largo que ancho, con base esclerotizada.

**Pupa.** Capullo: Longitud máxima en el dorso 2.25-3.81 mm; branquias 2.01-3.15 mm; longitud cuerpo pupa 3.0-3.8 mm. Relación longitud branquias/ longitud cuerpo pupa 0.57-1.44. Capullo color miel; forma de china, tejido burdo con hilos y ventanas visibles. Porción central anterior con una proyección y reborde anterior reforzado en toda su longitud. Capullo cubre casi todo el cuerpo de la pupa, solo sobresale la parte anterior de

la cabeza. Frontoclípeo con un grupo de tubérculos en la porción lateral entre los tricomas frontales y los faciales y entre los dos faciales, con 1+1 tricomas faciales arborescentes y largos de 4 a 5 ramas cada uno; con 2+2 tricomas frontales arborescentes de 3-5 ramas. Cefalotórax con escasos tubérculos la mayoría localizados cerca a la base de los filamentos branquiales; con 5 tricomas torácicos arborescentes, de 4 - 7 ramas. Branquias respiratorias con 5 ramas basales que se bifurcan muy cerca a la base para dar un total de 10 filamentos largos y delgados de color gris.

**Larva.** Color general amarillo con pigmentación jaspeada verde oliva. Cabeza de color variable; algunas veces oscura. Relación longitud/anchura cápsula cefálica: 0.75 - 0.79. Tegumento del cuerpo glabro excepto en la región perianal. Apotoma cefálico con patrón negativo, oscuro en la base, con espinitas distribuidas irregularmente y manchas claras en las regiones posterolaterales, posteromedial, anterolaterales y anteromedial. Puente postgenal 1/3 del cuerpo del hipostomio. Escotadura gular profunda, subtriangular. Relación longitud/anchura de la escotadura gular: 1.55 - 2.0. Hipostomio con 3-5 aserraciones laterales conspicuas y con 4 - 6 setas hipostomiales en hilera. Abanicos cefálicos con 26-34 rayos mayores con dientes largos alternados con otros más cortos. Antena igual o ligeramente menor que la base del abanico cefálico. Relación artejos antenales I-III : 1: 1.3-1.5 : 1.27-1.4. Mandíbulas con 2 endentaduras marginales. Porción hialina del palpo maxilar 1/4 de la longitud total del palpo. Esclerito anal con escamas muy pequeñas, no siempre visibles. Anillo anal con 72-80 hileras de ganchos, 13-16 ganchos por hilera; pelos. Branquias anales con tres ramas principales multilobuladas (17-11-17).

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, montados en alfiler: 1 macho (ICN-MHN-DIPSi 590), 1 hembra (ICN-MHN-DIPSi 592); montados en lámina: 13 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 044-049, 051-057), 12 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 032-042, 537), 8 larvas (ICN-MHN-DIPSi-058-065); preservados en alcohol: 9 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 087, 091, 095, 318, 320, 322-323, 325, 327), 1 hembra (ICN-MHN-DIPSi 321), 1 macho farate (ICN-MHN-DIPSi 092), 9 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 084-086, 088, 090, 094, 324, 326, 328), 1 macho (ICN-MHN-DIPSi 089), 6 pupas (ICN-MHN-DIPSi 093, 319). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, montada en lámina: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 050).

**Citas nuevas.** CUNDINAMARCA: vía Sibaté-Aguadita Km 31-32, 2610m, nov-29-1979, montado en lámina: 1 macho criado (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 031); conservados en alcohol: idem, mar-31-1991, 2 pupas (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 170). Río Barro Blanco, Aguadita, 1930m, jun-15-1991, montados en lámina: 1 macho criado (R. Miranda; ICN-MHN-DIPSi 110); idem, nov-16-1991, 1 larva (R. Miranda; ICN-MHN-DIPSi 535). Vía Aguadita-Pasca, Quebrada La Pradera, 2010m, abr-21-1992, montado en alfiler: 1 macho criado (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 626); idem, abr-21-1992, montadas en lámina: 3 larvas (V. Acero; ICN-MHN-DIPSi 638). Río Teusacá, La Calera, 3025m, may-30-1979, montada en alfiler: 1 hembra (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 591); idem, mar-04-1976, preservados en alcohol: 22 pupas (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 316), idem, jun-18-1979, 20 machos (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 317). Río Tunjuelo,

Usme, 3010m, jun-09-1990, preservados en alcohol: 9 larvas (A. Mejía; ICN-MHN-DIPSi 548). Vía Albán-Sasaima, Km 90-91, 2095m, feb-15-1992, montada en alfiler: 1 hembra criada (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 627). SANTANDER DEL NORTE: Pamplona, Río Pamplonita, 2200m, dic-27-1976, preservadas en alcohol: 7 pupas (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 607).

**Distribución.** Bolivia (700 - 2000m). Colombia: BOYACA (2600m). CAUCA (2300 - 2800m). CUNDINAMARCA (1800 - 3410m). SANTANDER DEL NORTE (2200m). TOLIMA (2400m). VALLE (1700 - 2550). Ecuador (1120 - 2650m). Perú (1800m). Venezuela (1500 - 3500m).

**Biología.** Las larvas y pupas se encuentran adheridas a vegetación (*Cortaderia* sp., *Mimulus glabratus*, *Rumex acetocella*, *Cardamine bonariensis* y el musgo *Zygodon* sp., Martínez & Mejía, 1991) colgante en las corrientes de agua clara con y sin sombra. Es más frecuente en el río Chisacá, 3150m, que en las quebradas aledañas a éste. Es una especie que se encuentra en asociación con *S. tunja* en el río Chisacá, Hacienda el Hato, 3150m. La amplia distribución de la especie indica que se adapta fácilmente a las diferentes condiciones ambientales. Se encontró la microsporidia *Polydispyrenia simulii* en larvas de esta especie (Hernández, 1990) y cerca del 43% de las larvas del río Chisacá, 3150m mostró parasitismo por *Isomermis* sp. (Acero, 1991). La descripción de los cromosomas politénicos de la especie se efectuó con material de La Calera, Río Teusacá (Duque, 1980; Duque et al., 1988). Nunca atacó al hombre aunque León y Wygodzinsky (1953) lo señalan para Ecuador.

**Notas.** Ramírez Pérez y Ramírez (1983) se refieren a las patas de color marrón oscuro uniforme, en Chisacá las patas pueden ser bicolors también; señalan que los tergitos I-II son amarillo limón y que los III y IV tienen placas oscuras centrales. En Chisacá, los segmentos I-III son amarillo limón y el IV tiene placa central oscura. Las características anotadas por Coscarón (1984) coinciden con el material colombiano, a excepción del número de lóbulos en las branquias anales; él señala entre 15 y 20 lóbulos. El color del *scutum*, tanto en hembras como en machos, es variable en cuanto al grado de intensidad y tamaño de la zona oscura; igualmente el color de las patas. La especie *S. ignescens* es polimórfica, varios caracteres varían considerablemente dentro de la especie y otros poseen rangos de medición bastante amplios con respecto a la redesccripción hecha por Wygodzinsky en 1971. La coloración del *scutum* en adultos de ambos sexos, las serraciones laterales y las setas del hipostomio son un ejemplo de ello.

*Simulium (Ectemnaspis) tunja* Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) tunja* Coscarón, 1990, p. 126.

*Simulium* sp. Muñoz de Hoyos et al., 1984, p. 16.

**Hembra.** Longitud del ala puede tener un rango amplio de variación 2.43-2.91 vs 2.8-2.9 mm. Color general del cuerpo amarillo y negro. Cabeza negra. *Scutum* amarillo claro con dibujo naranja intenso con una mancha lateral oscura. Esternitos I-VI amarillos,

VII-VIII ligeramente más oscuros. Patas negras o bicolors las cuales, según Coscarón (1990), son negras. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar 1 : 1.0 - 1.3 : 1.4 - 2.0. Vesícula sensorial ovalada. Cibario liso, con cornuae esclerotizada. Vena C del ala con espinas a todo lo largo. Sc con 14 - 15 pelos pero basalmente desnuda. Sección basal de R desnuda. R1 con pelos y espinas. Rs con una hilera de pelos a todo lo largo. Relación largo/ancho del basitarso posterior 5.9-7.1. Uña con débil diente subbasal. Cerco subcuadrado y bicolor. Paraprocto subtriangular. Horquilla genital con dos procesos laterales esclerotizados; rama mediana muy esclerotizada y ensanchada en el ápice. Espermateca subglobosa con textura rugosa.

**Macho.** Patas en la mayoría de los ejemplares bicolors. Proporción segmentos III-V del palpo: 1 : 0.9-1.2 : 1.6-1.9. Vesícula sensorial más larga que ancha. Vena C del ala con 2 hileras de espinas y setas en toda su longitud. Sc con 7-14 pelos, desnuda distalmente. Sector basal de R desnudo. R1 con pelos y espinas y Rs con 1 hilera de pelos. Relación longitud / anchura basitarso posterior 3.1-4.4. Calcípala pequeña, cubre menos de la tercera parte del 2° segmento tarsal; casi tan larga como ancha. Distímero un poco más corto que el basímero, curvado apicalmente y con una espina terminal; basímero cuadrado. Placa ventral subtriangular. Órgano endoparameral con 5 dientes largos poco esclerotizados y varios dientes cortos fuertemente pigmentados. Esclerito mediano subrectangular, hialino con base esclerotizada.

**Pupa.** Capullo color ámbar claro, en forma de chivela, subcónico, con proyección dorso-lateral acusada; bordes lisos, reborde anterior reforzado en toda su longitud. Tejido más o menos compacto, con hilos distinguibles pero no tan separados como en *S. ignescens*. Capullo cubre casi todo el cuerpo de la pupa, sólo sobresale la parte anterior de la cabeza. Branquias respiratorias con 10 filamentos. Basalmente se aprecian tres ramas con distribución 4-4-2. El tronco dorsal se bifurca cerca a la base e inmediatamente se vuelve a dividir para dar un total de 4 filamentos. El tronco medial se bifurca más lejos de la base, uno de los filamentos se bifurca muy cerca y el otro lo hace distalmente a 0.57 mm de la base en la hembra y a 0.72 mm en el macho, para dar un total de 4 filamentos. El tronco ventral posee una base alargada y delgada y se bifurca antes de la separación distal del tronco anterior.

**Larva.** Escotadura gular profunda, generalmente no presenta puente postgenal o si lo tiene es muy reducido. Antena igual o ligeramente mayor que la base del abanico cefálico. Abanicos cefálicos con 30-32 rayos. Hipostomio con 4-5 setas hipostomiales. Brazo largo del esclerito anal llega a la hilera 15-17 del círculo anal.

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, montados en alfiler: 4 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 582-584, 586), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 585); montados en lámina: 9 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 147-155), 13 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 117, 126-137), 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 156), 10 larvas (ICN-MHN-DIPSi 159-168); preservados en alcohol: 15 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 186-194, 551-

555, 557), 3 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 185, 550, 556), 23 pupas (ICN-MHN-DIPSi 184, 558). Quebrada el Oso, Santa Helena, 3410m, montados en lámina : 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 107), 2 pupas (ICN-MHN-DIPSi 195).

**Citas nuevas:** CUNDINAMARCA: La Calera, Río Teusacá, 3025m, montados en lámina: mar-10-1978, 1 macho (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 581), idem, feb-23-1977, 2 machos (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 114-115), idem, feb-22-1979, 1 macho (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 138), idem, feb-24-1979, 1 macho (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 139), idem, feb-26-1979, 3 machos (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 140-142), idem, sep-24-1979 (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 143), idem, abr-16-1976 (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 157), idem, abr-27-1976, 1 pupa (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 158); preservados en alcohol: idem, jun-18-79, 25 machos (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 559). Vía Sibaté-Aguadita, km 31-32, 2610m, nov-29-1979, montados en lámina: 1 macho (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 146); idem, dic-20-1979, 1 macho (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 116); idem, ene-07-1980, 1 macho (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 144); idem, ene-20-1980, 8 machos (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 118-125); idem, may-18-1991, 1 hembra criada (R. Miranda; ICN-MHN-DIPSi 281); idem, jun-15-1991, preservada en alcohol: 1 hembra criada (V. Acero; ICN-MHN-DIPSi 102); idem, montado en alfiler: 1 macho criado (R. Miranda; ICN-MHN-DIPSi 587).

**Distribución.** Colombia. BOYACA (2900 - 3050m). CUNDINAMARCA (1200 - 3410m).

**Biología.** Las larvas y las pupas emplean vegetación colgante en la corriente de agua, como sustrato de adhesión. Las hojas de *Cortaderia* sp. son las preferidas

(Martínez & Mejía, 1991). Es una especie muy frecuente en el río Chisacá, Hacienda del Hato. La especie también es parasitada por el mermíto *Isomermis* sp., aproximadamente el 12% de las larvas llevaban el parásito (Acero, 1991). Es una especie muy semejante a *S. ignescens* en estado larval. Los cromosomas politénicos de la especie se conocen en el estudio realizado en La Calera, río Teusacá, 3025m por Duque (1980) y Duque et al. (1988) con el nombre de *Simulium* "C".

**Notas.** La especie *S. tunja* es polimórfica, varios caracteres son inconstantes dentro de la especie y otros poseen rangos de medición bastante amplios con respecto a la descripción hecha por Coscarón en 1990. La coloración del escudo en las hembras, el número de serraciones laterales y setas del hipostomio en la larva y la distancia de las ramificaciones secundarias de los filamentos branquiales de la pupa son muy variables.

*Simulium (Grenieriella) muiscorum* Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos (Figs. 9-12)

*Simulium (Hemicnetha)muiscorum* Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos, 1979, p.581. Muñoz de Hoyos et al., 1984, p. 15.

**Hembra.** Longitud ala 3.24-3.69 vs 3.9-4.1 mm. Frente y triángulo fronto-ocular como en la figura 9a. Proporción segmentos III-V del palpo: 1 : 0.6-0.9 : 1.6-2.1. V segmento palpar muy delgado casi el doble del IV. Vesícula sensorial más grande que en el macho, de forma ovalada. Cibario con tubérculos muy pequeños. Vena Sc del ala con 1 hilera de 31-48 pelos, el quinto distal desnudo. Relación longitud/anchura basitarso posterior 5.0-6.7. Calcípalas como en la figura 9b. Rama media de

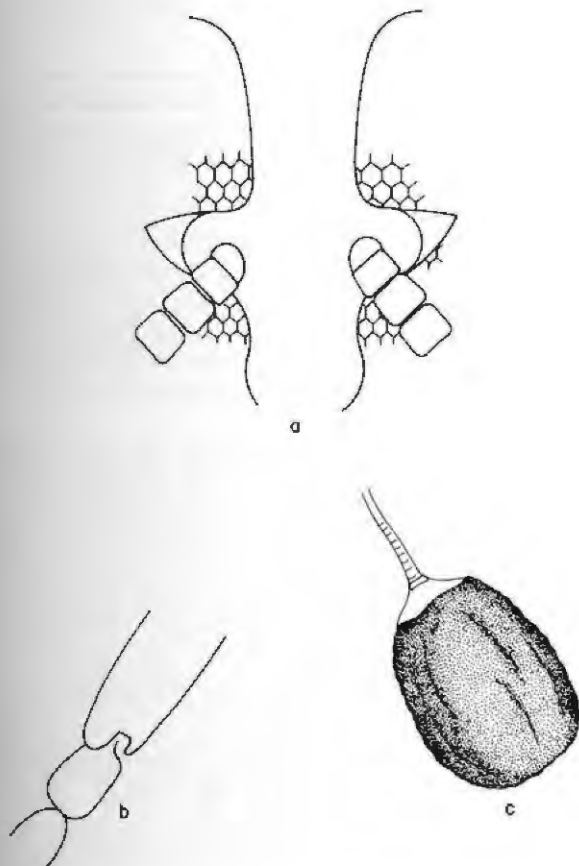


Figura. No. 9. *Simulium (Grenieriella) muiscorum*. Hembra. a: Frente y triángulo fronto-ocular. b: Calcípalas y pedisulco. c: Espermateca.

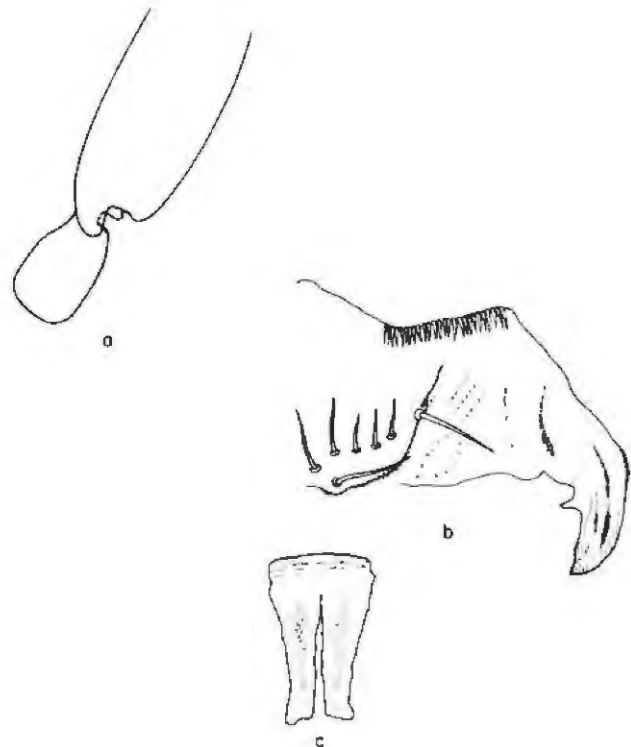


Figura. No. 10. *Simulium (Grenieriella) muiscorum*. Macho. a: Calcípalas y pedisulco. b: Organó endoparameral. c: Esclerito mediano.

la horquilla esclerotizada, ensanchada apicalmente; procesos laterales de la horquilla con una pequeña porción media esclerotizada. Espermateca de superficie rugosa (Fig. 9c) y no de textura suave y frágil como se señala en la descripción (Bueno et al., 1979).

**Macho.** Longitud ala 3.24-3.69 vs 3.5-3.9 mm. Las patas son de color oscuro, en el material del río Teusacá eran bicolores. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar: 1: 0.8-0.9 : 1.7-2.3. V segmento del palpo muy delgado. Vesícula sensorial más pequeña que en la hembra. La vena Sc posee cerca de 8 pelos cortos en la región basal; en la descripción apenas se anotaban 3-5 pelos. Basitarso posterior 2.1-3.0 veces más largo que ancho. Tibia y basitarso posteriores bien abultados. Calcíspala tapando el pedisulco. Calcíspala tan larga como ancha (Fig. 10a). Organó endoparameral y esclerito mediano como en las figuras 10b y 10c.

**Pupa.** Capullo longitud máxima en el dorso 5.0-6.0 mm; branquias 1.14-1.47 mm vs 1.22 mm. Longitud cuerpo pupa 4.86-5.40 mm vs 4.8-5.0 mm. Relación longitud branquias/longitud cuerpo pupa 0.23-0.32. Capullo color ámbar claro o café, en la descripción está anotado como marrón oscuro, en forma de zapato, con collar pronunciado y borde exterior triangular. Tejido denso. Capullo deja descubierto parte de los filamentos branquiales y la región anterior del cefalotórax. Frontoclípeo con numerosos tubérculos grandes y con granulaciones, exceptuando los lugares de las placas central y distal; presenta un dibujo particular formado por la distribución de los tubérculos y pliegues del frontoclípeo (Figs. 11a y 11b). Tiene 1+1 tricomas faciales arborescentes de 10-13 ramas, de forma característica y 2+2 tricomas frontales, arborescentes en hembra y simples en macho. Cefalotórax con numerosos tubérculos sobresalientes, sin disposición determinada; cerca a la base de los filamentos se evidencian dos placas que carecen de tubérculos y con 2+2 tricomas torácicos de 4 a 6 ramas, en la descripción se mencionan 3-5 ramas (Fig. 11c). Branquias respiratorias con 12 filamentos (Fig. 11c).

**Larva.** Color general del cuerpo y cabeza oscuro. Apotoma cefálico como en la figura 12a. Puente postgenal amplio, más de 1/2 del cuerpo del hipostomio. Proporción segmentos I-III de la antena 1: 1.8-2.1: 1.0 (Fig. 12b). Antena menor que la base del abanico cefálico. Palpo maxilar como en la figura 12c. Abanicos cefálicos con 38 rayos con dientes de igual tamaño (Fig. 12d). Mandíbula con 2 dientes externos fuertes esclerificados, 1 apical, 3 preapicales largos y anchos, 2 hileras de dientes internos y 2 endentaduras laterales (Fig. 12e). Esclerito de la propata como en la figura 12f. Esclerito anal con escamas entre los brazos cortos (Fig. 12g).

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montados en lámina: 2 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 268-269), 2 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 265-266), 4 larvas (ICN-MHN-DIPSi 271, 276-278); preservados en alcohol: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 101); 22 pupas (ICN-MHN-DIPSi 207, 543). Río Chisacá, Hacienda el Hato, 3150m, montada en lámina: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 267). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, montadas en lámina: 1 pupa (ICN-MHN-

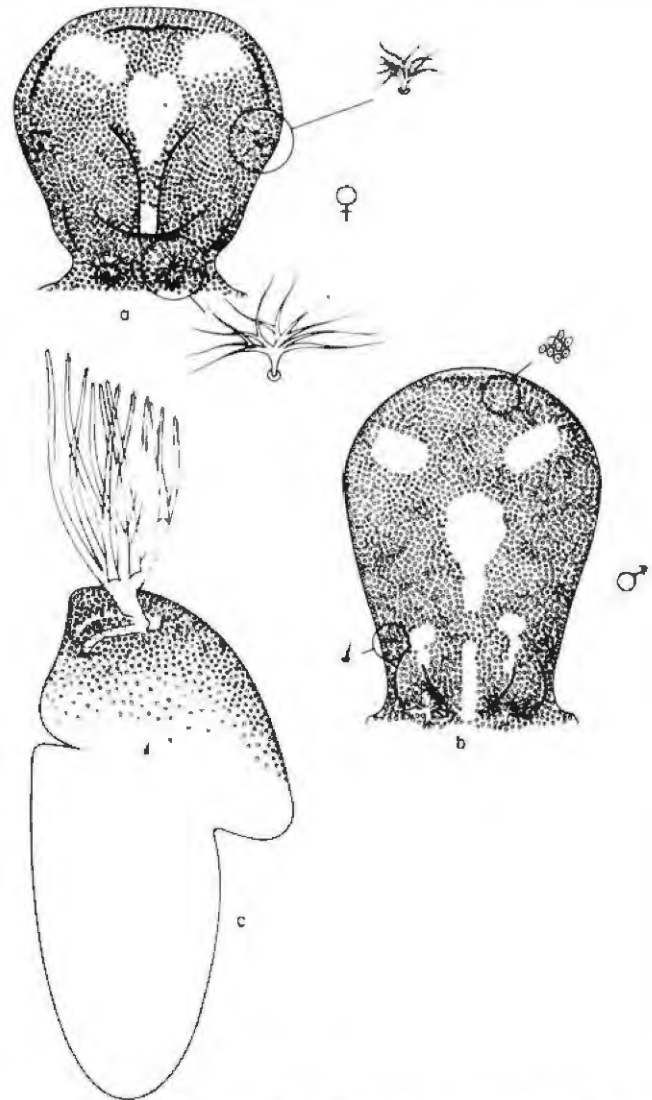


Figura. No. 11. *Simulium (Grenieriella) muiscorum*. Pupa. a: Frontoclípeo de la hembra y detalle de los tricomas faciales y frontales. b: Frontoclípeo del macho y detalle de los tricomas frontales y tubérculos. c: Cefalotórax.

DIPSi 104), 6 larvas (ICN-MHN-DIPSi 270, 272-274, 279, 639); preservadas en alcohol: 15 larvas (ICN-MHN-DIPSi 667). Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, montados en lámina: 3 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 262-264), 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 315), 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 275); preservadas en alcohol: 2 larvas (ICN-MHN-DIPSi 668).

**Citas nuevas:** CUNDINAMARCA: Subachoque, 2600m, ene-18-1975, preservadas en alcohol: pupas (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 103). La Pradera, 2600m, jun-25-1988, preservada en alcohol: 1 pupa (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 615). SANTANDER DEL NORTE: Pamplona, Río Pamplonita, 2200 m, dic-27-2977, preservadas en alcohol: 8 pupas (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 112); idem, dic-27-1977, montado en lámina: 1 macho criado (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 539); idem, mar-21-1978, preservadas en alcohol: pupas y exuvias (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 599).

**Distribución.** Colombia: CUNDINAMARCA (2600 - 3590m). SANTANDER DEL NORTE (2200m).

**Biología.** Las larvas y las pupas emplean de preferencia los sustratos de piedra y en ocasiones se encuentran en hojas de *Cortaderia* sp. (Martínez & Mejía, 1991). Es la especie del género *Simulium* de mayor lon-

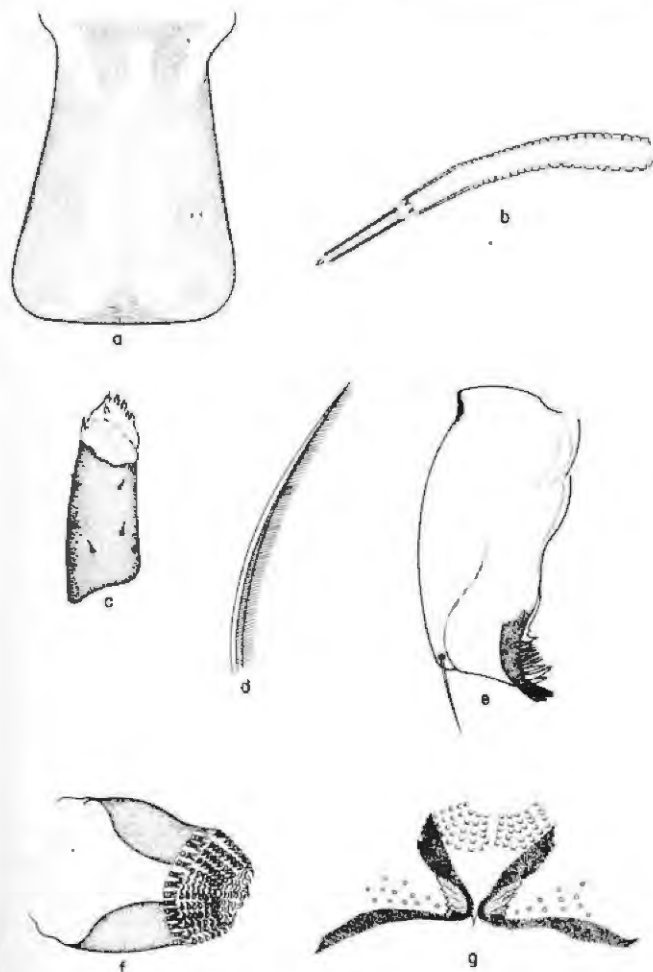


Figura No. 12. *Simulium (Grenieriella) muiscorum*. Larva.

a: Apotoma cefálico. b: Antena. c : Palpo maxilar. d: Detalle del abanico cefálico. e: Mandíbula. f: Esclerito de la propata. g: Esclerito anal.

gitud en la región y la más frecuente en la Quebrada Hoya Honda, 3240m. Aproximadamente el 29% de las larvas de esta especie se encontraron parasitadas por *Isomermis* sp. y en muy baja frecuencia por *Agamomermis* sp. (Acero, 1991). Los cromosomas politénicos fueron caracterizados por Moreno (1982) con material del río Teusacá, La Calera, localidad típica de la especie y sus marcadores primarios se detallan en Muñoz de Hoyos (1990).

**Notas.** El basitarso de la pata posterior es más robusto en machos y el basitarso de la pata media es más robusto en hembras. La especie *S. sumapazense*, descrita por Coscarón y Py-Daniel (1989) con una pupa vacía del Páramo de Sumapaz, 3700m y una pupa vacía proveniente del Páramo de Guasca, 3300m, no fue hallada en los años de muestreo y se diferencia de *S. muiscorum* porque aquella no posee tubérculos en el frontoclípeo y cefalotórax de la pupa. Sería conveniente conocer la hembra, el macho y la larva de *S. sumapazense* para saber si sono no la misma especie.

*Simulium (Psaroniocompsa) schmidtummii* Wygodzinsky

*Simulium schmidtummii* Wygodzinsky, 1973a, p.2. Muñoz de Hoyos et al., 1984, p. 16.

**Macho farate.** Longitud ala 2.5 mm vs 3.0 mm. Cabeza oscura, scutum negro. Proporción segmentos III a V del palpo maxilar 1:1.2 :2.0. Costa con pelos, espinas y escamas en forma de bate, típicas del subgénero. Sc con 3 setas vs 1-2 en porción central. Rb desnuda.

**Pupa.** Longitud branquias 3 vs 4.3 mm. Longitud cuerpo 2.7 vs 3.5-3.8 mm. Relación longitud branquias/ longitud cuerpo de la pupa : 1.1.

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, ene-23-1989, 1 macho farate, (ICN-MHN-DIPSi 358).

**Citas nuevas.** BOYACA: Aquitania, Quebrada El Tejar, Páramo de Los Curies, 3220m, mar-21-1989, preservadas en alcohol: 7 larvas (J. Campos; ICN-MHN-DIPSi 603); idem, montadas en lámina: 1 larva (J. Campos; ICN-MHN-DIPSi 642), idem, 1 pupa (J. Campos; ICN-MHN-DIPSi 643). CUNDINAMARCA: La Calera, Río Teusacá, 3025m, nov-17-1976, montada en lámina: 1 pupa (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 357). Vía Sibaté-Aguadita, km 31-32, 2610m, feb-20-1993, preservada en alcohol : 1 hembra criada (P. Muñoz; ICN-MHN-DIPSi 614).

**Distribución.** Colombia: BOYACA (3050 - 3450m). CUNDINAMARCA (2610 - 3250m).

**Notas.** El escaso material de *S. schmidtummii* encontrado en la zona de estudio indica que los lugares seleccionados para la colección del material no corresponden a su sitio de cría.

### Género *Gigantodax*

Quando había transcurrido el segundo año del estudio, se tenía la seguridad de que 6 de las 7 especies encontradas en la región de Chisacá eran especies nuevas, salvo *G. ortizi*. En 1990 se recibió la revisión del género *Gigantodax* hecha por Wygodzinsky y Coscarón en 1989 y en ella se describían 5 de ellas empleando material colombiano recolectado por P. y B. Wygodzinsky y E.W. Schmidt-Mumm en los años 1965, 1967 y 1969. Los autores describen, en forma muy completa y con muy buenas ilustraciones, la hembra, el macho, la pupa y la larva de *G. basinflatus* y *G. brevis* de la región de Chisacá; la hembra y la pupa de *G. nasutus* también de Chisacá; *G. siberianus* de La Siberia, oeste de La Calera y *G. misitu* del Ecuador. Por este motivo, no se considera necesario hacer una redescrición de esas especies, se indican solamente aquellas características que muestran diferentes rangos, contrapuestas con las anotadas en la monografía en forma de vs (versus). Si no hay anotaciones de confrontación se pueden considerar como datos nuevos. Se describe la larva de *G. nasutus* La descripción de la hembra, el macho farate, la pupa y la larva de *Gigantodax* sp. nov. se hará en publicación aparte.

*Gigantodax ortizi* Wygodzinsky (Fig. 13 )

*Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973b, p.246. Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p. 116. Muñoz de Hoyos et al., 1984, p.17. Ramírez Pérez y Ramírez, 1983, p. 116

**Hembra.** Longitud ala 3.3-3.6 m igual que la anotada por Muñoz de Hoyos et al. (1984) y Ramírez

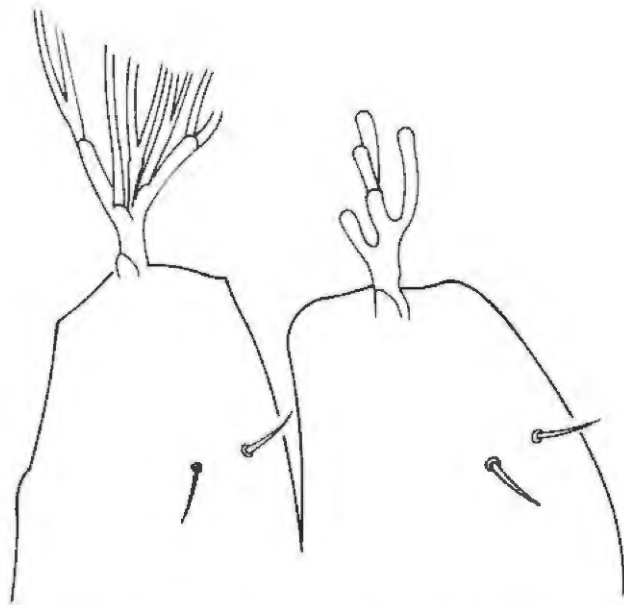


Figura. No. 13. *Gigantodax ortizi*. Pupa. Filamentos branquiales anormales.

Perez y Ramírez (1983) y menor que la señalada por Wygodzinsky y Coscarón (3.7-3.9 mm). Longitud palpo 0.55-0.64 mm. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar 1 : 0.86-0.93 : 1.05-1.42. Vesícula sensorial 1/4 - 1/5 parte del tercer segmento palpar. Vena Sc con 30-35 pelos a todo lo largo exceptuando la porción distal vs 25-28. Uña con diente basal grande de acuerdo con Wygodzinsky y Coscarón (1989) y opuesto a Ramírez-Pérez y Ramírez (1983) quienes señalan la uña con pequeño diente basal.

**Macho.** Longitud ala 3.24-3.75 mm vs 3.2-3.6 mm. Longitud palpo 0.48-0.49 mm. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar: 1: 0.86-0.93 : 1.26-1.50; vesícula sensorial aproximadamente 1/4 de la longitud del segmento III del palpo. Vena Sc con 20-34 pelos vs 20. Relación longitud / anchura basitarso posterior 5.0-6.5 vs 5.9-6.2 señalada por Wygodzinsky y Coscarón (1989).

**Pupa.** Capullo longitud máxima en el dorso 3.15-6.0 mm vs 4.0-5.2. Longitud branquias 2.43-3.75 mm vs 3.5 mm. Frontoclípeo cubierto con tubérculos irregularmente distribuidos vs tubérculos no numerosos distribuidos en grupos pequeños. Tricomas faciales simples y cortos. Branquias respiratorias de 18 filamentos delgados y largos, 8 filamentos en la rama dorsal y 10 en la ventral. En unos individuos los filamentos proximales de las ramas ventrales 1 y 2 se ahren a un mismo nivel; estas dicotomías a diferentes niveles fueron señaladas también por Wygodzinsky y Coscarón (1989).

**Larva.** Longitud total 5.4 - 6.45 mm (ejemplares conservados en alcohol) vs 7.5-8.0 mm (Muñoz de Hoyos et al., 1984), vs 6-7 mm (Wygodzinsky & Coscarón, 1989). Abanicos cefálicos con 26 - 30 rayos vs 22-26. Relación artejos antenales I-III: : 1: 0.54-0.69: 1.21-1.41 vs 1: 0.48-0.58: 1.09-1.39. Antena igual o un poco menor que la base del abanico cefálico. Anillo anal con 100-115 hileras de ganchos, 19 ganchos por hilera vs 110-

120 hileras, 18-20 ganchos por hilera (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Material examinado:** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, preservadas en alcohol: 2 pupas (ICN-MHN-DIPSi 201). Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m, montados en lámina: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 417), 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 542), 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 436). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, montadas en lámina : 5 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 418-419, 421-423); 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 437); preservados en alcohol: 2 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 075,076); 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 077). Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, montados en lámina: 5 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 415,416,420,424,425), 10 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 404-413), 7 larvas (ICN-MHN-DIPSi 433-435, 4388-441); preservados en alcohol: 5 hembras criadas (ICN-MHN-DIPSi 176, 177, 180, 182, 666), 3 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 178, 179, 181), 6 larvas (ICN-MHN-DIPSi 183).

**Citas nuevas:** BOYACA : Páramo de Pisba, 3900m, ago-13-1976, 3 larvas (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 427, 428, 429).

**Distribución.** Colombia: BOYACA (3300 - 3900m). CUNDINAMARCA (2750 - 3590m). Venezuela ( 3400 - 3500m).

**Biología.** Es una especie muy abundante en la región de estudio, especialmente en las Quebradas del Oso (41.6%) y Hoya Honda (52.03%) lo que refleja su amplia tolerancia a los cambios ambientales y a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua. Las larvas y pupas generalmente se encuentran adheridas a vegetación. Se presentó un caso de una pupa con los filamentos branquiales normales de un lado y anormales del otro (Fig. 13) ; esto puede ser debido a un daño en el desarrollo del histoblasto en estado de larva o a una mutación genética. Las larvas de la Quebrada del Oso son parasitadas por *Polydispyrenia simulii* y las del Río Chisacá y Quebrada Hoya Honda por *Polydispyrenia* sp. nov. (Hernández, 1990). Los cromosomas politénicos de *G. ortizi* fueron caracterizados por Moreno (1990); los detalles se darán en otra publicación.

**Notas.** Como ocurre en varias especies del género *Gigantodax* encontradas en la región, existen características que difieren en adultos machos y hembras, tales como: primer segmento flagelar de la antena (más delgado y largo en machos), tamaño de la vesícula sensorial (más pequeña en machos), tamaño del III segmento del palpo maxilar (más ancho en hembras), relación largo/ancho del basitarso posterior (menor en hembras), y número de setas o pelos en la vena Sc del ala (mayor en hembras).

*Gigantodax basinflatus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax basinflatus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p.147.

**Hembra.** Longitud ala 3.66-4.0 mm vs 3.9-4.1 mm. Longitud palpo maxilar 0.58 mm. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar 1 : 0.86 : 1.33. Vesícula sensorial grande y ovalada vs corta. Vena Sc con 30-31 tricomas vs 30-32. Relación largo/ancho del basitarso posterior 6.63-7.3 vs 8.48-8.86 (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

**Macho.** Longitud ala 3.45-3.78 mm vs 3.6-3.9 mm. Longitud palpo maxilar 0.57 mm. Proporción segmentos III-V del palpo: 1: 0.83 : 1.33. Vesícula sensorial pequeña y ovalada. Sc del ala con 20-21 pelos vs 20-22. Relación longitud / anchura basitarso posterior 6.1-6.5. vs 7.3-7.7 (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Pupa.** Capullo longitud dorso 3.36-3.9 mm vs 3.0-4.5 mm. Longitud cuerpo pupa 3.48-4.29 mm vs 3.5 (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Larva.** Color general del cuerpo habano con abundante pigmentación. Cabeza marrón claro con machas de color café oscuro. Apotoma cefálico positivo, con placas características. Diente medio del hipostomio ancho y al mismo nivel del diente esquinero. Abanicos cefálicos con 30 - 33 rayos vs 31-35. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.8-0.9 : 1.53-1.75 vs 1: 0.57-0.68: 1.43-1.67. Antena igual o un poco menor que la base del abanico cefálico. Mandíbula con 10-11 dientes internos y 6-8 endentaduras marginales vs 8-11 dientes internos y 8-9 serraciones. Anillo anal con cerca de 110 hileras de ganchos, 21-24 ganchos por hilera vs 103-108 hileras, 19-21 ganchos por hilera (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Material examinado:** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montadas en lámina: 10 larvas (ICN-MHN-DIPSi 375-384); preservadas en alcohol : 7 larvas (ICN-MHN-DIPSi 206, 521-522). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, montados en lámina: 1 hembra criada, (ICN-MHN-DIPSi 370), 2 machos criados, (ICN-MHN-DIPSi 368,369); preservadas en alcohol : 7 larvas (ICN-MHN-DIPSi 503).

**Citas nuevas:** BOYACA: Páramo de Pisba, 3900m, ago-13-1976, montadas en lámina: 2 larvas (M. Bueno; ICN-MHN-DIPSi 371, 373); idem, 2 larvas (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 372, 374).

**Distribución.** Colombia: BOYACA (3900m). CUNDINAMARCA (3300 - 3700m). Ecuador (3700 - 3900m).

**Biología.** Es una especie paramuna, abundante en el río Chisacá a 3590m. Se encuentra en aguas claras, transparentes, con temperaturas entre 10.34°C y 11.04°C y pH entre 6.55 y 6.75.

**Notas.** Las características de *G. basinflatus* coinciden, en rasgos generales, con las señaladas en la descripción de la especie (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

#### *Gigantodax brevis* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax brevis* Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p.183.

**Hembra.** Longitud cuerpo 5-6.7 mm (ejemplares conservados en alcohol). Longitud palpo 0.75-0.81 mm. Proporción segmentos III-V del palpo maxilar 1 : 0.74-0.86 : 1.07-1.10. Vesícula sensorial ovalada, ocupa la tercera parte del segmento del palpo que la contiene. Vena Sc con 30-31 pelos vs 29-32. Relación largo/ancho basitarso posterior 6.23-7.76 vs 7.2-7.9 (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Macho.** Longitud cuerpo 5.5-7.2 mm (ejemplares conservados en alcohol). Longitud palpo 0.69-0.71

mm. Proporción segmentos III-V del palpo: 1: 0.82-0.88 : 1.33-1.44. Vesícula sensorial pequeña, ocupando 1/5 parte del III segmento del palpo. Vena Sc con 21 pelos vs 22-23 pelos (Wygodzinsky & Coscarón, 1989). Distímero curvado, corto y con 2 espinas apicales. Placa ventral en forma de gorro con procesos laterales ligeramente esclerotizados. Organo endoparameral sencillo con 1 diente fuerte y largo. Esclerito mediano delgado.

**Pupa.** Capullo longitud dorso 4.44-5.85 mm vs 4.0-4.3 mm. Longitud branquias 2.85-4.05 mm. Longitud cuerpo pupa 4.62-5.52 mm vs 4.2-5.0 mm. Relación longitud branquias/ longitud cuerpo pupa 0.57-0.77. Frontoclípeo con tubérculos distribuidos irregularmente, más concentrados cerca a los tricomas faciales y hacia los bordes anterior y lateral, con 1+1 tricomas faciales espiniformes. Branquias respiratorias con 18 ramas. Tienen forma de abanico abierto en dos paquetes claramente distintos. Uno de éstos (con 10 ramas) presenta primero un filamento corto aislado, luego 7 filamentos gruesos, fusionados, de igual longitud y 2 de igual tamaño a los anteriores, aparentemente fusionados, con un tronco común corto. El segundo paquete (de 8 ramas) está constituido por un filamento grueso, más largo que los anteriores, en forma de bate, seguido por un grupo de 3 más largos y delgados, siendo el primero ( número 12) el de mayor longitud, y otro grupo también de 3 ramas con el 16 largo y el 17 un poco menos largo. Finalmente se encuentra 1 filamento semejante al No. 17. Cada rama tiene una terminación filamentososa.

**Larva.** Color general del cuerpo pardo muy pálido. Longitud total 7.2-8.8 mm vs 8-8.5 mm. Hipostomio con 4 setas hipostomiales en hilera. Diente medio por debajo del nivel del diente esquinero. Relación artejos antenales I-III: I: 0.52-0.58 : 1.04-1.29 vs 1: 0.5: 1.2-1.35. Antena un poco más larga que la base del abanico cefálico. Anillo anal con 86-96 hileras de ganchos, 20-22 ganchos por hilera vs 80-90 hileras, 18 ganchos en cada hilera (Wygodzinsky & Coscarón, 1989).

**Material examinado.** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montados en lámina: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 392), 1 macho criado (ICN-MHN-DIPSi 387), 6 larvas (ICN-MHN-DIPSi 395); preservados en alcohol: 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 663), 11 pupas (ICN-MHN-DIPSi 196, 202, 301, 302), 12 larvas (ICN-MHN-DIPSi 203-205, 303). Río Chisacá, Hacienda el Hato, 3150m, montada en lámina 1 hembra criada (ICN-MHN-DIPSi 388); preservados en alcohol: 12 larvas (ICN-MHN-DIPSi 169, 549, 661, 662). Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, preservadas en alcohol: 2 pupas (ICN-MHN-DIPSi 195), 2 larvas (ICN-MHN-DIPSi 664). Quebrada Hoya Honda, 3240m, 2 machos criados (ICN-MHN-DIPSi 385, 386), 3 hembras (ICN-MHN-DIPSi 389-391), 3 larvas (ICN-MHN-DIPSi 394, 665).

**Citas nuevas:** BOYACA: Páramo de Pisba, 3900m, ago-13-1976, 1 larva (L. Moncada; ICN-MHN-DIPSi 393). Municipio de Tota, vereda La Punta, Quebrada Guachaca, 2955m, mar-20-1989 (V. Acero; ICN-MHN-DIPSi 646)

**Distribución.** Colombia. BOYACA (2955 - 3900m). CUNDINAMARCA (3050 - 3700m).

**Biología.** Las larvas y las pupas se encuentran adheridas a vegetación y prefieren corrientes de aguas

claras y transparentes, con temperaturas de 10.13°C y pH de 6.61. La especie es más abundante en el río Chisacá a 3590m (20.73%) lo que demuestra que está bien adaptada al páramo. *Polydspyrenia* sp. nov. parasita las larvas de la Quebrada Hoya Honda y *Polydspyrenia simulii* las larvas de la Quebrada del Oso (Hernández, 1990).

**Notas.** Los rangos obtenidos en la longitud dorsal del capullo de la pupa de *G. brevis* sobrepasan el rango señalado por Wygodzinsky y Coscarón (4.0-4.3 mm). Estas medidas indican que posiblemente existe dimorfismo sexual en este carácter, las pupas macho de la región eran más grandes que las pupas hembras (machos 4.65-5.85 mm; hembras 4.44-4.86 mm).

*Gigantodax misii*: Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax misitu* Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p. 179.

**Hembra farate.** Relación I/a III segmento del palpo maxilar 2.5. Vesícula sensorial pequeña, más larga que ancha, ocupa menos de la 1/4 parte del segmento III del palpo vs grande. Vena Sc del ala con 34 pelos. Relación longitud/anchura basitarso posterior 7.6 vs 6.9-7.3 (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

**Pupa.** Capullo longitud máxima en dorso 5 mm vs 7.5 mm, branquias 4.14 mm, longitud cuerpo de la pupa 3.9 mm vs 4.5-5.0 mm. Relación longitud branquias/ longitud cuerpo de la pupa: 1.1. Capullo color café claro con el borde anterior ligeramente reforzado y con una proyección medial suave. Tejido del capullo de aspecto liso, trama tupida y translúcido. El capullo cubre totalmente el cuerpo y la cabeza de la pupa; sobresalen solo los filamentos branquiales. Frontoclípeo subcuadrado con algunos tubérculos, más concentrados alrededor de las placas, con 1+1 tricomas faciales en forma de espinas y sin tricomas frontales. Posee 3 grupos de placas centrales (anterior, medio y posterior) y dos grupos de placas laterales (anterior y medial). Cefalotórax con tubérculos dispersos y algunos reunidos en grupos de 2 a 4 en rosetas y con 2+2 tricomas dorsolaterales semejante a pelos; las 3+3 espinas dorsocentrales no se observaron por la superposición de las branquias. Branquias respiratorias de color gris plata, con 18 ramas: 1 y 2 muy cortas, 3 a 11, 13 a 15, 17 y 18 de tamaño medio y 12 y 16 largos siendo la número 12 más gruesa que la 16. Las ramas 1, 2 y 18 se abren directamente del tronco principal. Las ramas 3 y 4, 5-10, 11-14 y 15-17 se fusionan en una rama común cada una. De todas las ramas, exceptuando la 12 y 16, se desprende un filamento. La superficie de las ramas es de apariencia rugosa, cada una posee numerosos tricomas gruesos, fuertes, a manera de espinas; las ramas 12 y 16 presentan espinas notorias sólo en la región basal, distalmente éstas disminuyen considerablemente en tamaño.

**Material examinado:** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, 1 hembra farate (ICN-MHN-DIPSi 402).

**Distribución.** Colombia. CAUCA (3300m). CUNDINAMARCA (3100 - 3590m). Ecuador (3300 - 3700m).

**Biología.** Su presencia en la región es poco significativa (0.6%).

**Notas.** Es el primer registro de la especie en Chisacá. La única pupa encontrada de *G. misitu* presenta variaciones con la descripción original en cuanto a la cobertura del capullo y forma de los filamentos número 12 y 16 de las branquias respiratorias (Wygodzinsky & Coscarón, 1989). Sin embargo, al comparar estas características con los dibujos de la especie que los autores presentan las diferencias desaparecen.

*Gigantodax siberianus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax siberianus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p: 208.

**Pupa.** Branquias respiratorias características, con tres paquetes gruesos, el dorsal con 8 ramas, el lateral con 6 y el ventral con 4, todas fusionadas, cortas y gruesas. El paquete dorsal es el más largo y presenta una rama más corta hacia la línea media. Todas las ramas tienen terminaciones filamentosas.

**Larva.** Apotoma cefálico con patrón positivo. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.53:129 vs 1: 0.5-0.55: 1.1-1.25. Antena más larga que la base del abanico cefálico. 7-9 vs 9-11 aserraciones mandibulares (Wygodzinsky & Coscarón, 1989). Histoblasto de las branquias respiratorias constituido por filamentos respiratorios en paquete en forma de corbatín grueso.

**Material examinado:** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, montada en lámina: 1 pupa (ICN-MHN-DIPSi 443). Río Chisacá, Hacienda el Hato, 3150m, montada en lámina: 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 445). Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, montada en lámina: 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 444).

**Distribución.** Colombia. CUNDINAMARCA (3050 - 3590m).

**Biología.** Fue bastante escasa, su porcentaje no subió del 1%.

**Notas.** Es la primera vez que se registra la especie en Chisacá.

*Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón (Fig. 14)

*Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989, p. 240.

**Descripción.** Larva. Color general azul-grisáceo. Apotoma cefálico, esclerito cervical y palpo maxilar como en las figuras 14a y 14b. Hipostomio con tres grupos de dientes bien definidos; diente medio por debajo del nivel del diente esquinero; con 5-7 aserraciones laterales y con 4-5 setas hipostomiales en hilera (Fig. 14d). Zona postgenal con banda medial clara (Fig. 14f). Abanicos cefálicos con cerca de 25 rayos mayores y 16 menores. Relación artejos antenales I-III: 1: 0.57: 1.4 (Fig. 14c). Longitud de la antena igual que la de la base del abanico cefálico. Mandíbula con 2 dientes externos, 1 apical, 10 internos, 2 aserraciones marginales bien definidas y 7 de menor tamaño (Fig. 14e). Esclerito anal

con escamas agrupadas sobre los brazos dorsales del esclerito (Fig. 14g). Anillo anal con aproximadamente 76 hileras de ganchos y con 17-20 ganchos por hilera. Histoblasto de las branquias respiratorias formado por 5 filamentos gruesos y cortos y uno adicional muy angosto, distribuidos en dos grupos; el primero con tres filamentos igualmente gruesos y cortos poseyendo el medial una pequeña proyección semejante a un filamento abortado y el otro con 2 filamentos más largos y más gruesos (Fig. 14h).

**Material examinado:** CUNDINAMARCA: Río Chisacá, Ruinas, 3590m, ago-19-1989, montada el lámina: 1 larva (ICN-MHN-DIPSi 403).

**Distribución.** Colombia. CUNDINAMARCA (2800 - 3700m).

**Biología.** Su presencia en el sitio de mayor altitud de los muestreados es muy poco significativa (0.6%).

**Notas.** La larva de *G. nasutus* (Wygodzinsky & Coscarón, no se conocía, ésta fue identificada como *G. nasutus* por la forma, estructura y conformación del histoblasto de los filamentos branquiales que coinciden con los descritos para la pupa.

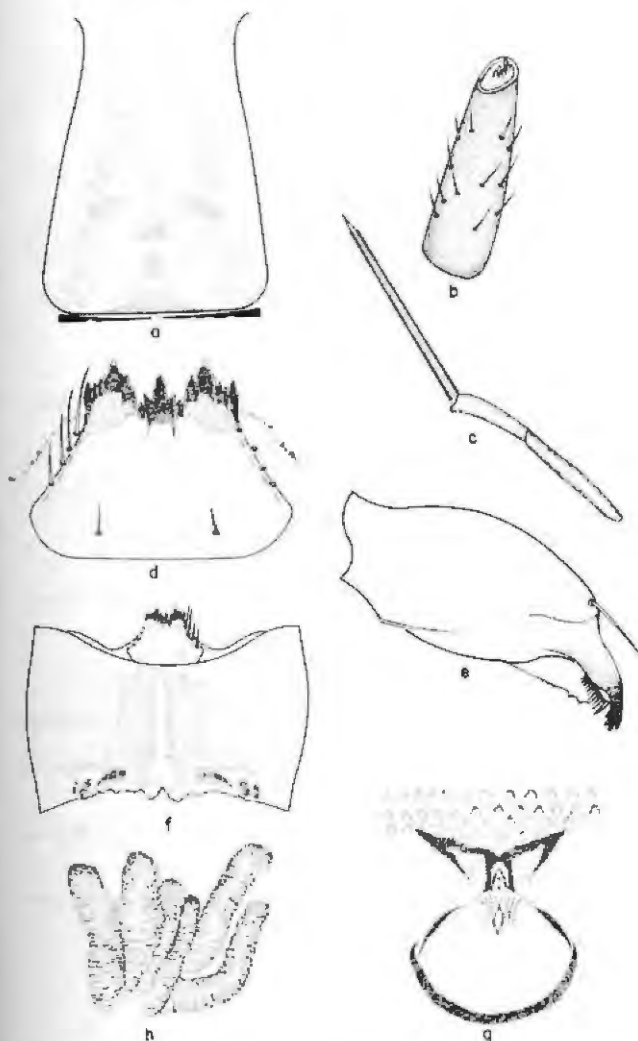


Figura. No. 14. *Gigantodax nasutus*. Larva. a: Apotoma cefálico y esclerito cervical. b: Palpo maxilar. c: Antena. d: Hipostomio. e: Vista ventral de la cápsula cefálica. f: Mandíbula. g: Esclerito anal. h: Histoblasto.

**Distribución y abundancia de las especies**

Al haber identificado los 2536 individuos de los 4 sitios seleccionados se percibió que cada especie tiene preferencia por uno o dos de ellos. *Simulium bicornutum*, *S. muiscorum*, *Gigantodax brevis* y *G. basinflatus* son las especies más frecuentes en el Río Chisacá, Ruinas, 3590m (Tabla No. 1). *G. ortizi* es la especie más abundante en la Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m, le siguen *S. furcillatum* y *G. brevis* (Tabla No. 2). En la Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m, *G. ortizi* tiene una densidad muy alta, le siguen *S. muiscorum*, *Gigantodax* sp. nov., *S. furcillatum* y *G. brevis* (Tabla No. 3). *S. ignescens* y *S. tunja* son habitantes permanentes del Río Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m (Tabla No. 4). *S. schmidtummi*, de bosque alto andino, *G. siberianus*, de bosque alto andino y subpáramo, *G. nasutus* y *G. misitu* de páramo, son especies esporádicas y su porcentaje no pasa del 0.6% en la región estudiada de Chisacá.

**Clave para las especies de simúlidos de la región de Chisacá**

**Larvas maduras**

1. Brazos ventrales del esclerito anal formando un anillo. Escotadura gular ausente ..... 7
- - Brazos ventrales del esclerito anal sin formar anillo. Escotadura gular presente ..... 2
2. Longitud total mayor de 8 mm. Color oscuro. Histoblasto branquial pequeño ..... *Simulium muiscorum*
- - Longitud total menor de 8 mm. Color e histoblasto diferentes ..... 3
3. Histoblasto branquial con estructuras filamentosas visibles ..... 4
- - Histoblasto branquial de aspecto cerebroide ..... 6
4. Abanico cefálico con patrón negativo ..... *Simulium ignescens*
- - Abanico cefálico diferente ..... 5
5. Apotoma cefálico sin manchas diferenciadas. Escotadura gular profunda. Puente postgenal muy reducido ..... *Simulium tunja*
- - Apotoma cefálico con manchas notorias. Puente postgenal ancho ..... *Simulium schmidtummi*
6. Histoblasto con una división en el medio ..... *Simulium bicornutum*

- |     |  |     |   |
|-----|--|-----|---|
| -.  | Histoblasto diferente ..... <i>Simulium furcillatum</i>  | -.  | Con 4 filamentos ..... <i>Simulium schmidtummi</i>  |
| 7.  | Histoblasto con estructuras filamentosas delgadas ..... 8  | 5.  | En distribución 2-2-2-2. Frontoclípeo y cefalotórax con escasos tubérculos ..... <i>Simulium ignescens</i>  |
| -.  | Histoblasto con estructuras gruesas ..... 9  | -.  | En distribución 2-4-4. Frontoclípeo y cefalotórax con abundantes tubérculos ..... <i>Simulium tunja</i>   |
| 8.  | Cabeza oscura, ceja pronunciada ..... <i>Gigantodax</i> sp. nov.   | 6.  | Branquias respiratorias en forma de media luna en vista lateral con los brazos terminados en punta y con una pequeña protuberancia en el borde interno ..... <i>Simulium bicornutum</i> |
| -.  | Cabeza no tan oscura ..... <i>Gigantodax ortizi</i>  | -.  | Branquias respiratorias con dos brazos rígidos en forma de U; uno termina en punta, el otro posee tres procesos delgados ..... <i>Simulium furcillatum</i>                              |
| 9.  | Abanico cefálico con 25 o menos rayos ..... 10   | 7.  | Branquias respiratorias con filamentos delgados e individualizados ..... 8  |
| -.  | Abanico cefálico con más de 25 rayos ..... 12  | -.  | Branquias respiratorias con filamentos gruesos en la base y algunos de ellos fusionados ..... 9   |
| 10. | Esclerito anal con numerosas escamas perianales ..... 11   | 8.  | Con 18 filamentos ..... <i>Gigantodax ortizi</i>  |
| -.  | Esclerito anal con pocas escamas perianales ..... <i>Gigantodax siberianus</i>   | -.  | Con 14 filamentos y por lo menos uno de ellos corto ..... <i>Gigantodax</i> sp. nov.  |
| 11. | Escamas perianales formando un anillo ..... <i>Gigantodax misitu</i>   | 9.  | Ramas gruesas, cortas y en número de 5 ..... <i>Gigantodax nasutus</i>  |
| -.  | Escamas perianales sin formar anillo ..... <i>Gigantodax nasutus</i>   | -.  | Ramas gruesas o hinchadas basalmente y en número mayor ..... 10   |
| 12. | Diente medio del hipostomio igual que el diente esquinero. Escamas perianales formando un anillo ..... <i>Gigantodax basinflatus</i> | 10. | Con 18 filamentos gruesos, algunos fusionados ..... 11  |
| -.  | Diente medio del hipostomio menor que el diente esquinero. Escamas perianales sin formar anillo ..... <i>Gigantodax brevis</i>       | -.  | Con 17 filamentos hinchados basalmente ..... <i>Gigantodax basinflatus</i>  |

### Pupas

- |    |  |     |  |
|----|--|-----|--|
| 1. | Espinas terminales del abdomen fuertes y dirigidas dorsalmente. Esternitos VI-VIII divididos longitudinalmente en la línea media ..... 7 | 11. | Branquias con tres grupos de 8-4-6 filamentos gruesos y fusionados ..... <i>Gigantodax siberianus</i>  |
| -. | Espinas terminales del abdomen muy pequeñas. Esternitos completos ..... 2  | -.  | Branquias con más de tres grupos ..... 12  |
| 2. | Branquias respiratorias filamentosas y con tronco basal ..... 3  | 12. | Branquias de 18 filamentos gruesos, 1 y 2 cortos, 3-11, 13-15, 17-18 medianos, 12 y 16 largos, con procesos cuticulares espinosos ..... <i>Gigantodax misitu</i> |
| -. | Branquias respiratorias tubulares sin tronco basal ..... 6   |     |  |
| 3. | Con 12 filamentos cortos .... <i>Simulium muiscorum</i>  |     |  |
| -. | Con menos de 12 filamentos ..... 4   |     |  |
| 4. | Con 10 filamentos ..... 5  |     |  |

- Branquias con 18 filamentos gruesos, 1 muy corto, 2-8 cortos y fusionados, 9-10 cortos y fusionados, 11 corto y grueso, 12 y 16 largos, con procesos cuticulares filiformes .....  
..... *Gigantodax brevis*

**Discusión**

Existen diferentes parámetros físicos y químicos que pueden afectar los patrones de distribución de las larvas de los simúlidos. Entre ellos se pueden mencionar la velocidad de la corriente, el sustrato de adhesión, la temperatura del agua, la sedimentación, el contenido de oxígeno, la concentración de iones de hidrógeno (pH), la composición iónica y la conductividad del agua. Sin embargo, no hay acuerdo general entre los investigadores sobre cuál es el parámetro más influyente (Crosskey, 1990). En la región de Chisacá se ve claramente una diferenciación de *Simulium* y *Gigantodax* en cuanto a la escogencia de hábitat (Tablas No. 1-4); el género *Simulium* prefiere los cursos de agua más amplios con corrientes más fuertes, el género *Gigantodax* elige los afluentes más pequeños, con velocidad de agua más lenta y mayor material de sedimentación. Posiblemente la velocidad de la corriente (mayor en el río), la temperatura del agua (mayor en el río), la sedimentación (mayor en la quebradas) y el tipo de sustrato de adhesión de las larvas (piedras y material vegetal colgante en el río; hojas verdes y secas, raíces y tallos sumergidos en las quebradas) juegan un papel muy importante en la distribución de los dos géneros en la zona estudiada.

En relación con las especies y la cantidad de ejemplares de cada especie en las estaciones trabajadas, se puede inferir que las especies *Gigantodax misitu*, *G. siberianus*, *G. nasutus* y *Simulium schmidtmummi* son ocasionales, demográficamente escasas (Ezcurra, 1990) o que los ejemplares han sido arrastrados por la corriente desde los sitios de crfa (seleccionados por las hembras) localizados a mayor altitud. Igualmente, puede decirse que las especies *Simulium ignescens*, *S. tunja*, *S. bicornutum*, *S. furcillatum*, *S. muiscorum*, *Gigantodax ortizi*, *G. brevis*, *G. basinflatus* y *Gigantodax* sp. nov. pueden ser colectadas en la región de Chisacá en cualquier época del año si las corrientes de agua no se alteran (Tablas No. 1-4).

Al comparar las especies halladas en la región de Chisacá (3150- 3590m) con las registradas para la región de La Calera (3025m) y la región de Sibaté (2610m), localidades ubicadas en el departamento de Cundinamarca, se ve que comparten las especies: *Simulium ignescens*, *S. tunja*, *S. muiscorum*, *S. schmidtmummi* y *Gigantodax ortizi*; que hay especies típicas de la región: *Gigantodax cervicornis* y *G. wygodzinskyi* en La Calera y Sibaté; *Simulium furcillatum*, *S. bicornutum*, *Gigantodax basinflatus*, *G. brevis* y *Gigantodax* sp. nov. en la zona de Chisacá y *S. romanai* en Sibaté. Las especies comunes de las tres regiones, salvo *S. schmidtmummi*, toleran todo tipo de condiciones ambientales y se deben encontrar en la mayoría de las corrientes de agua de la vertiente occidental de la cordillera oriental alrededor de la sabana de Bogotá entre los 2600 y 3000m. El hecho de

**Tabla No. 1** Especies y abundancia de la familia Simuliidae del Río Chisacá, Ruinas, 3590m. Páramo.

| Especie                       | H  | M | P  | L        | Total |
|-------------------------------|----|---|----|----------|-------|
| <i>Simulium bicornutum</i>    | 12 | 9 | 8  | 18       | 47    |
| <i>Simulium furcillatum</i>   | -  | 2 | -  | -        | 2     |
| <i>Simulium ignescens</i>     | -  | - | -  | -        | -     |
| <i>Simulium muiscorum</i>     | 4  | 2 | 22 | 6        | 34    |
| <i>Simulium schmidtmummi</i>  | -  | - | -  | -        | -     |
| <i>Simulium tunja</i>         | -  | - | -  | -        | -     |
|                               |    |   |    | Subtotal | 83    |
| <i>Gigantodax basinflatus</i> | -  | - | -  | 19       | 19    |
| <i>Gigantodax brevis</i>      | 1  | 2 | 11 | 20       | 34    |
| <i>Gigantodax misitu</i>      | 1  | - | -  | -        | 1     |
| <i>Gigantodax nasutus</i>     | -  | - | -  | 1        | 1     |
| <i>Gigantodax ortizi</i>      | -  | 2 | 4  | 6        | 12    |
| <i>Gigantodax siberianus</i>  | -  | - | 1  | -        | 1     |
| <i>Gigantodax</i> sp. nov.    | 1  | - | -  | 6        | 7     |
| <i>Gigantodax</i> spp.        |    |   |    | 6        | 6     |
|                               |    |   |    | Subtotal | 81    |
|                               |    |   |    | Total    | 164   |

H = hembra. M= Macho. P= Pupa. L= Larva. *Gigantodax* spp.= larvas inmaduras del género *Gigantodax*. Datos en valores absolutos.

Tabla No. 2. Especies y abundancia de la familia Simuliidae en la Quebrada del Oso, Santa Helena, 3410m. Subpáramo.

| Especie                       | H  | M  | P  | L        | Total |
|-------------------------------|----|----|----|----------|-------|
| <i>Simulium bicornutum</i>    | 2  | 1  | 1  | 8        | 12    |
| <i>Simulium furcillatum</i>   | 5  | 5  | 14 | 17       | 41    |
| <i>Simulium ignescens</i>     | 1  | -  | -  | 6        | 7     |
| <i>Simulium muiscorum</i>     | -  | -  | 2  | 13       | 15    |
| <i>Simulium schmidtummi</i>   | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Simulium tunja</i>         | 2  | 2  | 5  | 9        | 18    |
| <i>Simulium</i> spp.          |    |    |    | 50       | 50    |
|                               |    |    |    | Subtotal | 143   |
| <i>Gigantodax basinflatus</i> | 1  | 2  | -  | 7        | 10    |
| <i>Gigantodax brevis</i>      | 1  | -  | 3  | 29       | 33    |
| <i>Gigantodax misitu</i>      | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax nasutus</i>     | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax ortizi</i>      | 11 | 20 | 45 | 415      | 491   |
| <i>Gigantodax siberianus</i>  | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax</i> sp. nov.    | 2  | 1  | 2  | 14       | 19    |
| <i>Gigantodax</i> spp.        |    |    |    | 484      | 484   |
|                               |    |    |    | Subtotal | 1037  |
|                               |    |    |    | Total    | 1180  |

H = hembra. M= Macho. P= Pupa. L= Larva. *Simulium* spp = larvas inmaduras del género *Simulium*. *Gigantodax* spp.= larvas inmaduras del género *Gigantodax*. Datos en valores absolutos.

Tabla No. 3. Especies y abundancia de la familia Simuliidae de la Quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240m. Bosque Alto Andino.

| Especie                       | H  | M  | P  | L        | Total |
|-------------------------------|----|----|----|----------|-------|
| <i>Simulium bicornutum</i>    | -  | -  | 2  | 2        | 4     |
| <i>Simulium furcillatum</i>   | 6  | 6  | 11 | 13       | 36    |
| <i>Simulium ignescens</i>     | 2  | -  | 5  | 12       | 19    |
| <i>Simulium muiscorum</i>     | 3  | 3  | 2  | 61       | 69    |
| <i>Simulium schmidtummi</i>   | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Simulium tunja</i>         | 4  | 2  | 2  | 1        | 9     |
| <i>Simulium</i> spp.          |    |    |    | 16       | 16    |
|                               |    |    |    | Subtotal | 153   |
| <i>Gigantodax basinflatus</i> | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax brevis</i>      | 7  | 4  | 4  | 20       | 35    |
| <i>Gigantodax misitu</i>      | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax nasutus</i>     | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax ortizi</i>      | 22 | 21 | 64 | 302      | 409   |
| <i>Gigantodax siberianus</i>  | -  | -  | -  | 1        | 1     |
| <i>Gigantodax</i> sp. nov.    | 1  | -  | -  | 57       | 58    |
| <i>Gigantodax</i> spp.        |    |    |    | 130      | 130   |
|                               |    |    |    | Subtotal | 633   |
|                               |    |    |    | Total    | 786   |

H = hembra. M= Macho. P= Pupa. L= Larva. *Simulium* spp = larvas inmaduras del género *Simulium*. *Gigantodax* spp.= larvas inmaduras del género *Gigantodax*. Datos en valores absolutos.

**Tabla No. 4.** Especies y abundancia de la familia Simuliidae en el Rfo Chisacá, Hacienda El Hato, 3150m. Bosque Alto Andino.

| Especie                       | H  | M  | P  | L        | Total |
|-------------------------------|----|----|----|----------|-------|
| <i>Simulium bicornutum</i>    | 1  | -  | -  | -        | 1     |
| <i>Simulium furcillatum</i>   | 3  | -  | 4  | -        | 7     |
| <i>Simulium ignescens</i>     | 28 | 37 | 19 | 57       | 141   |
| <i>Simulium muiscorum</i>     | 1  | -  | -  | -        | 1     |
| <i>Simulium schmidtummi</i>   | -  | 1  | -  | -        | 1     |
| <i>Simulium tunja</i>         | 41 | 15 | 43 | 31       | 130   |
| <i>Simulium</i> spp.          |    |    |    | 15       | 15    |
|                               |    |    |    | Subtotal | 296   |
| <i>Gigantodax basinflatus</i> | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax brevis</i>      | 1  | -  | -  | 19       | 20    |
| <i>Gigantodax misitu</i>      | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax nasutus</i>     | -  | -  | -  | -        | -     |
| <i>Gigantodax ortizi</i>      | 1  | -  | 3  | 54       | 58    |
| <i>Gigantodax siberianus</i>  | -  | -  | -  | 1        | 1     |
| <i>Gigantodax</i> sp. nov.    | 1  | 1  | 1  | 19       | 22    |
| <i>Gigantodax</i> spp.        |    |    |    | 9        | 9     |
|                               |    |    |    | Subtotal | 110   |
|                               |    |    |    | Total    | 406   |

H = hembra. M = Macho. P = Pupa. L = Larva. *Simulium* spp = larvas inmaduras del género *Simulium*. *Gigantodax* spp. = larvas inmaduras del género *Gigantodax*. Datos en valores absolutos.

no compartir absolutamente todas las especies se debe a condiciones de altitud ya que algunas de ellas son paramunas y/o subparamunas (*Simulium furcillatum*, *S. bicornutum*, *Gigantodax basinflatus*, *G. brevis* y *Gigantodax* sp. nov.) y de los sitios muestreados sólo la región de Chisacá presenta estas formaciones, o, en el caso de *G. cervicornis* y *G. wygodzinskyi* posiblemente a condiciones de pH (Chisacá = 6.64. Sibaté y La Calera = 5.79). *S. romanai* registrada en Sibaté es una especie que en Cundinamarca habita zonas localizadas entre 1930 y 2610m y por ello no aparece en las regiones estudiadas de Chisacá y La Calera.

Con el estudio concluído se recomendaría que las descripciones de las especies contemplen muestras numerosas de ejemplares -larvas, pupas, adultos hembras y adultos machos- con el fin de señalar los rangos de variabilidad intraespecífica. Anotando, en lo posible, edad aproximada de las larvas y sexo de las pupas para ciertas características que cambian con la edad de la larva y sexo de la pupa (número de hileras de ganchos en el círculo anal, número de rayos del abanico cefálico en la larva y tamaño del capullo, tamaño y forma del frontoclípeo y quetotaxia de la pupa). Igualmente, señalando las variaciones de algunos caracteres que demuestran una clase de asimetría fluctuante, tales como: número de serraciones laterales del hipostomio y número de endentaduras marginales de la mandíbula en la larva; distancias de las bifurcaciones secundarias de los filamentos branquiales en la pupa; dientes de la lacinia en hembras). Lewontin (1991) considera que estas dife-

rencias entre los lados derecho e izquierdo son causadas por variaciones al azar en el crecimiento y la división celular durante el desarrollo y lo denomina "ruido de desarrollo".

### Bibliografía

- Acero, A.V. 1991. Estudio preliminar de nemátodos en larvas de simúlidos (Diptera:Simuliidae) presentes en el río Chisacá y quebradas aledañas. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Bueno, M.L., Moncada, L.I. & P. Muñoz de Hoyos. 1979. Simuliidae (Insecta:Diptera) de Colombia. I. Nueva especie de *Simulium* (*Hemicnetha*). *Caldasia* XII (60) : 581-594.
- Campos, J. 1989. Estudio citológico de *Simulium furcillatum* (Diptera:Simuliidae) Páramo de Chisacá. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- \_\_\_\_\_ & P. Muñoz de Hoyos. 1990. Los cromosomas politénicos de *Simulium furcillatum* (Diptera:Simuliidae) Chisacá, Cundinamarca, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 17 (67) : 715-723.
- Coscarón, S. 1984. Revisión del subgénero *Simulium* (*Ectemnaspis*) Enderlein. (Simuliidae, Insecta, Diptera). *Rev. Soc. Entomol. Argentina* 43 : 283-325.
- \_\_\_\_\_. 1987. El género *Simulium* Latreille en la Región neotropical: Análisis de los grupos supraespecíficos, especies que lo integran y distribución geográfica (Simuliidae: Diptera) Museo Paraense Emilio Goeldi. Belem. 111 pp.
- \_\_\_\_\_. 1990. Taxonomía y distribución del subgénero *Simulium* (*Ectemnaspis*) Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). *Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre* (70) : 109-170.

- \_\_\_\_\_. & V. Py-Daniel. 1989. Tres especies de *Simulium* Latreille de la región neotropical : *Simulium (Hemicnetha) cristalinum* sp. n., (*Grenieriella*) *wygodzinskyorum* sp. n. y *sumapazence* sp. n. (Diptera: Simuliidae). Rev. Saude públ., S. Paulo, 23 (4) : 313-321.
- Crosskey, R. W. 1990. The natural history of blackflies. John Wiley & Sons. Chichester, England.
- Duque, S. 1990. Estudio citogenético de *Simulium ignescens* Roubaud, 1906. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- \_\_\_\_\_, Muñoz de Hoyos, P. & K. H. Rothfels. 1988. The polytene chromosomes of *Simulium (Ectemnaspis) ignescens* Roubaud and related species *Simulium "C"* both from Colombia. Can. J. Zool. 66 : 300-309.
- Ezcurra, E. 1990. ¿Por qué hay tantas especies raras? Ciencias. Especial 4 : 82-88.
- Hernández, L.M. 1990. Estudios preliminares de microsporidios agentes patógenos en larvas de simúlidos (Diptera: Simuliidae) de la región de Chisacá, Cundinamarca. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- León, L. A. & P. Wygodzinsky. 1953. Los simúlidos del Ecuador y su importancia en medicina tropical (Diptera Simuliidae). Rev. Ecuatoriana Ent. Parasit., 1 : 23-39.
- Lewontin, R. C. 1991. Biology as ideology: The doctrine of DNA. Harper Perennial. A division of Harper Collins Publishers.
- Martínez, X. & A. Mejía. 1991. Taxonomía y anotaciones sobre aspectos biológicos de los simúlidos de la región de Chisacá (Cundinamarca). Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Moncada, L.I. & M.L. Bueno. 1977. Inventario específico y algunos aspectos biológicos de los simúlidos del río Teusacá. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- \_\_\_\_\_, Muñoz de Hoyos, P. & M. Bueno. 1981. Simuliidae (Insecta : Diptera) de Colombia. III. Descripción de una nueva especie de *Gigantodax* Enderlein, 1925. Caldasia XIII (62) : 301-311.
- Moreno, C.H. 1982. Estudio citogenético de *Simulium (Hemicnetha) muiscorum* Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos, 1979. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Moreno, C. 1990. Estudio citogenético de *Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973 (Diptera: Simuliidae) de la región de Chisacá. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz de Hoyos, P. 1990. La importancia de los cromosomas politénicos en la determinación taxonómica de los simúlidos. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 16 (66) : 511-520.
- \_\_\_\_\_, P., Bueno, M.L. & L.I. Moncada. 1984. Simuliidae (Insecta : Diptera) de Colombia. IV. Clave gráfica para la identificación de los simúlidos de la región de La Calera, Cundinamarca. Biomédica 4 : 14-24.
- Pinto, C. 1932. Simuliidae da América Central e do Sul. 7º Reunión Soc. Patol. Regional Norte, : 661-763.
- Ramírez-Pérez, J. & A. Ramírez. 1983. La simuliofauna de la región de los Andes (Venezuela). Impreso en los Talleres Gráficos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes. Venezuela.
- Roubaud, M. E. 1906. Simulies nouvelles de l'Amérique du Sud. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, 12 : 106-110.
- Surcouf, J. M. & R. González Rincones. 1911. Essai sur les Dipteres vulnérants de Venezuela, Paris, 320 pp.
- Wygodzinsky, P. 1971. Descriptions and redescrptions of species of the blackfly genus *Simulium* from the northern Andes (Simuliidae, Diptera). American Museum Novitates (2447) : 1-38.
- \_\_\_\_\_. 1973 a. A blackfly of the subgenus *Simulium (Psoniocompsa)* (Simuliidae:Diptera) from the high Andes of Colombia. American Museum Novitates (2513) : 1-11.
- \_\_\_\_\_. 1973 b. Diagnoses of new species of *Gigantodax* Enderlein (Simuliidae:Diptera) from the northern Andes. J.N.Y. Entomol. Soc. LXXXI (4) : 243-246.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1982. Description of three unusual species of the black fly subgenus *Simulium (Ectemnaspis)* from the Andes of Colombia (Diptera:Simuliidae). American Museum Novitates (2736) : 1-13.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1989. Revision of the black fly genus *Gigantodax* (Diptera:Simuliidae). Bulletin of the American Museum of Natural History 189 : 1-269.

# SIMULIIDAE (DIPTERA) DE COLOMBIA: DISTRIBUCION DE LAS ESPECIES REGISTRADAS

por

Paulina Muñoz de Hoyos\*

## Resumen

Muñoz de Hoyos, P. : Simuliidae (Diptera) de Colombia: Distribución de las especies registradas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 413-437, 1994. ISSN 0370-3908.

Se presenta la distribución de 48 especies del género *Simulium* y 14 especies del género *Gigantodax* encontradas en Colombia hasta la fecha, pertenecientes a la familia Simuliidae.

## Abstract

The distribution of 48 *Simulium* species and 14 *Gigantodax* species found in Colombia is presented. These species belong to the Simuliidae family.

## Introducción

Por contarse con una colección numerosa de simúlidos en el Instituto de Ciencias Naturales, cuya organización se inició en 1990, y por poseer una amplia documentación sobre simúlidos es necesario dar a conocer los registros de las especies de la familia Simuliidae presentes en el territorio Colombiano teniendo en cuenta la base de datos de simúlidos del ICN y los señalamientos de las especies colombianas en diferentes publicaciones nacionales e internacionales, con el fin de agrupar la información dispersa, de dar a conocer los nuevos registros y crear una base para estudios posteriores de la familia Simuliidae en Colombia.

La mayoría de las especies de simúlidos son hematofagas: ornitofílicas, mamalofílicas y/o antropofílicas pero las especies de importancia médica y veterinaria están en el género *Simulium* ya que algunas de sus especies son vectoras de organismos patógenos al hombre y a los animales, tales como *Onchocerca volvulus*, *Mansonella ozzardi*, *Onchocerca gutturosa*, *Onchocerca cervicalis* y *Leucocytozoon smithi* entre otros.

La familia Simuliidae Newman, 1834 comprende dos subfamilias Parasimuliinae Smart, 1945 y Simuliini Newman, 1834. Parasimuliinae se subdivide en dos tribus: Prosimuliini Enderlein, 1921 y Simuliini Newman, 1834. En Colombia la tribu Prosimuliini está representada por el género *Gigantodax* Enderlein, 1925 y la tribu Simuliini por el género *Simulium* Latreille, 1802. Es posible que se adicione un género a la primera tribu, se trata del género *Mayacnephia* Wygodzinsky & Coscarón, 1962 reportado en Panamá (Petersen, 1985).

Barreto (1969) publicó una lista comentada de 14 especies del género *Simulium* conocidas en Colombia. Posteriormente, Muñoz de Hoyos et al. (1982) señalaron 26 especies del género *Simulium* y 3 del género *Gigantodax*. Con este trabajo se aumentan a 48 especies del género *Simulium* y 14 del género *Gigantodax*.

Como se podrá apreciar, los simúlidos están distribuidos desde el nivel del mar hasta las regiones de páramo, solo es necesario que haya corrientes de agua para estar presentes ya que los estados inmaduros- huevos, larvas, pupas- tienen su desarrollo en aguas lóxicas.

## Materiales y métodos

Se hizo una revisión bibliográfica exhaustiva de las publicaciones nacionales e internacionales que indi-

\* Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Apartado 7495, Santafé de Bogotá, D. C., Colombia.

caran la presencia de especies de la familia Simuliidae en Colombia y se reunió la información de la base de datos de la familia Simuliidae del laboratorio de Entomología del Instituto de Ciencias Naturales para conformar este listado detallado de las especies colombianas, algunas de ellas registradas por primera vez para Colombia y otras ubicadas en lugares donde no se conocía su presencia.

De cada especie, con sus sinónimos, se señala el departamento, la localidad, altura, el tipo (cuando es del caso), el estado, fecha de colección, colector (es), Museo donde están depositados los especímenes (AMNH = American Museum Natural History, New York, U.S.A. BMNH = Museo Británico de Historia Natural, Londres. MLP = Museo La Plata, La Plata, Argentina. ICN-MHN = Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia. INHMT = Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical "Leopoldo Izquieta Pérez", Guayaquil, Ecuador. INPA = Instituto Nacional de Pesquisas del Amazonas, Brasil. USNM = Museo Nacional de Estados Unidos, Washington, D. C. U.S.A. FdeSPUSP = Facultad de Salud Pública, Universidad de San Paulo, Brasil) y la referencia donde se encuentra el registro. Vale la pena resaltar que en el caso del material ubicado en el ICN no se señala la referencia por ser la primera vez que se publica.

Para dar la distribución por países de las especies se consideraron algunas de las publicaciones señaladas en los registros y las de Briceño Iragorry y Ortiz (1957), Coscarón (1987) y Maes (1990).

### *GIGANTODAX* Enderlein, 1925

En Colombia se encuentran cuatro de los ocho grupos considerados por Wygodzinsky y Coscarón (1989) del género *Gigantodax*: Grupo *cormonsi*, distribuido desde Venezuela hasta el norte de Chile; grupo *brophyi* distribuido desde Venezuela hasta Tierra del Fuego; grupo *cilicinus* distribuido desde Colombia hasta el norte de los Andes Patagónicos y grupo *wrighti* distribuido desde México hasta Tierra del Fuego. Las especies registradas para Colombia son:

*Gigantodax basinflatus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax basinflatus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989 : 147

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

### BOYACA

Páramo de Pisba, 3900 m

Larvas. Ago 13 1976, col: M. Bueno y L. Moncada (ICN-MHN).

### CUNDINAMARCA

Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), 3700 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Holotipo : macho. Ago 28 1969, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Alotipo : hembra, idem holotipo (AMNH).

Paratipos : 4 machos, 16 hembras (criados, con exuvia

de la pupa), pupas y larvas. idem holotipo (AMNH).  
Pupas y larvas. Jun 30 1965, Jul 21 1965, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Larvas. Oct 05 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Dic 10 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Mar 15 1989, col: J. Campos (ICN-MHN). May 02 1989, col: V. Acero (ICN-MHN). Jun 24 1989, col: J. Campos, V. Acero, X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Jun 23 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: X. Martínez (ICN-MHN). Sep 15 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Nov 10 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Dic 08 1990, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembra criada. Ago 10 1987, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).  
Machos criados. Ago 10 1987, col: X. Martínez, A. Mejía y C. Moreno (ICN-MHN).  
Larvas. Ago 10 1987, col: J. Campos (ICN-MHN).

Vía Bogotá-Choachí, 3250 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Larvas. Jul 13 y 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

1 pupa, larvas, 3300 m. Jul 13 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá-Choachí, río Teusacá, 3270 m

1 pupa. May 14 1994, col: L. Arteaga (ICN-MHN).  
Larvas. Oct 23 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Guasca, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Ago 04 1969, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

*Gigantodax brevis* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax brevis* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 183

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

### BOYACA

Páramo de Tota, 3400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Paratipo : 1 macho (criado, con exuvia de la pupa). Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Tota, La Punta, quebrada Guachaca, 2955 m

Larvas. Mar 20 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Pisba, 3900 m

Larvas. Ago 13 1976, col: L. Moncada y M. Bueno (ICN-MHN).

### CUNDINAMARCA

Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Holotipo: macho. Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Alotipo: hembra. Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Paratipos:** 12 machos, 3 hembras (criados, con exuvia de la pupa), Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). Pupas. Jul 11 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 2 machos y 3 hembras (criados, con exuvia de la pupa), 3100 m, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Páramo de Chisacá (6 Sumapaz), 3500 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

1 pupa. Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). Pupas y larvas, 3700 m, Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Paratipos:** 2 machos, 1 hembra (criados, con exuvia de la pupa). Jul 02 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m**

Hembras criadas. Dic 08 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Abr 01 1991, col: X. Martínez (ICN-MHN).

Machos criados. Dic 08 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupas. May 16 1989, col: C. Moreno y P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 01 1991, col: V. Acero (ICN-MHN). Jun 29 1991, col: A. Mejía (ICN-MHN).

Larvas. Abr 17 1989, col: A. Mejía y X. Martínez (ICN-MHN). Jun 23 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN). May 20 1990, col: C. Moreno (ICN-MHN). Dic 08 1990, col: C. Moreno (ICN-MHN).

**Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m**

Pupas. Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

Larvas. Abr 03 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

**Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m**

Hembras criadas. Ene 23 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Abr 18 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 02 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos criados. May 15 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Abr 26 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Larvas. Ago 10 1987, col: C. Moreno (ICN-MHN). May 15 1989, col: R. Miranda (ICN-MHN).

**Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m**

Hembra criada. May 09 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN)

Larvas. May 09 1987, col: C. Moreno (ICN-MHN). Feb 06 1989, col: J. Campos (ICN-MHN). Abr 17 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN).

**Vía Bogotá-Choachí, 3100 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

**Paratipo:** 1 hembra (criada, con exuvia de la pupa). Jul 13 1967. Pupas y larvas, 3250 m. Jul 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Vía Zipaquirá-Pacho, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

**Paratipo:** 1 macho (criado, con exuvia de la pupa), pupas. Jul 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Este de La Siberia, 3150 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

**Paratipos:** 1 macho, 4 hembras (criados, con exuvia de la pupa). Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

*Gigantodax cervicornis* Wygodzinsky

*Gigantodax cervicorne* Wygodzinsky, 1973a: 245

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR, VENEZUELA.

## CAUCA

**Vía Popayán-Páramo de Puracé, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

1 pupa. Ago 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

## CUNDINAMARCA

**Albán. 2 km sureste de Albán, 2400 m (Wygodzinsky, 1973a)**

**Holotipo:** macho. Ago 6 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo:** hembra, idem holotipo.

**Paratipos:** 18 machos y 33 hembras (criados, con exuvia de la pupa); numerosas pupas y larvas, idem holotipo

**Vía Sibaté- Aguadita, 2270 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

16 machos, 8 hembras (criados, con exuvia de la pupa); pupas y larvas. Jul 05 y 25 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). Pupas, 2300 m. Jul 5 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

**Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda (km 31 -32), 2610 m**

Hembra criada. Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Macho criado, Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Nov 16 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. Oct 19 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

**La Calera. E de La Siberia, 3150 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

Pupas y larva. Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**La Calera, río Teusacá, 3025 m**

Pupas. Mar 13 1977, col: M. Bueno y L. Moncada (ICN-MHN). Mar 09 1978, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Larvas. Mar 09 1978, col: L. Moncada (ICN-MHN).

**Páramo de Guasca, 2850 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

Larvas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Chipaque. 3 km S de Chipaque, 2400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa). Jul 30 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## QUINDIO

**Vía Ibagué-Calarcá, 3000 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)**

Larvas. Ago 14 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## SANTANDER DEL NORTE

Pamplona, río Pamplonita, 2287 m

Macho criado. Dic 27 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Pupas. Dic 27 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN). Ene 04 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN)

Larvas. Ene 04 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN).

*Gigantodax cypellus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax cypellus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 262

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

## CAUCA

Vía Puracé-La Plata, quebrada Cocuy, 3300 m

1 pupa y larvas. Ene 24 1994, col: C. Moreno (ICN-MHN).

*Gigantodax destitutus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax destitutus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 144

DISTRIBUCION : COLOMBIA, VENEZUELA.

## CUNDINAMARCA

Albán. 2 km SE de Albán, 2400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Holotipo:** macho. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo:** hembra, idem holotipo.

**Paratipos:** 2 machos, 3 hembras (criados, con exuvia de la pupa), idem holotipo Paratipos: 2 machos, 1 hembra (criados, con exuvia de la pupa), pupas Ago 06 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Gigantodax leonorum* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax leonorum* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 193

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

## BOYACA

Sogamoso, 3130 m

Larvas. Mar 22 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

*Gigantodax misitu* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax misitu* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 179

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

## CAUCA

Vía Popayán- Páramo de Puracé, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Ago 17 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

## CUNDINAMARCA

Vía Bogotá-Choachí, 3100 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

NOTA : En la publicación dice Chonchi, debe ser leído como Choachí

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa), pupas, 3250 m. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

1 macho (criado, con exuvia de la pupa). Jul 13 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

1 pupa, 3300 m. Jul 13 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

Vía Bogotá-Choachí, río Teusacá, 3270 m

1 pupa. May 14 1994, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Larvas. Oct 23 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Hembra farate. Feb 16 1991, col: V. Acero (ICN-MHN).

*Gigantodax multituberculatus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax multituberculatus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 122

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

## BOYACA

Cerca al costado N del lago de Tota, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa). Jul 08 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Tota, Tobol, quebrada Guachata, 3100 m

Pupas. Mar 20 1989, col: J. I. Barrera (ICN-MHN).

Tota, Aquitania, vereda Cajón, quebrada Pozos (CAR), 2970 m

Larvas. Mar 22 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

## CAUCA

Vía Popayán-Páramo de Puracé, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Pupas. Ago 17 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

E de Silvia, 2900 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Ago 24 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## CUNDINAMARCA

Buenos Aires, cerca a La Siberia, E de La Calera, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Holotipo:** macho. Jul 17 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo:** hembra, idem holotipo.

**Paratipos:** 9 machos, 5 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas, idem holotipo

**Paratipos:** 6 machos, 6 hembras (criados, con exuvia de la pupa) pupas. Ago 26 1969, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

Páramo de Guasca, 2850 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

Pupas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Zipaquirá-Pacho, 3000-3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Jul 22 196, col : P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá-Choachí, lado E, 2800 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Larvas. Jul 13 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Sibaté-Aguadita, 2270 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 macho (criado, con exuvia de la pupa). Jul 05 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Albán. 2 km SE de Albán, 2400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

2 machos, 2 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas. Ago 6 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Bogotá, río San Francisco, 2 km E de Bogotá, 2750 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Pupas. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax nasutus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 240

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

### CUNDINAMARCA

Alto de San Miguel, vía Sibaté-Fusagasugá, 2800 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Holotipo: hembra (criada, con exuvia de la pupa). Jul 05 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), costado S, 3700 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

2 pupas. Jul 02 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Larva. Ago 19 1989, col: R. Miranda (ICN-MHN).

*Gigantodax ortizi* Wygodzinsky

*Gigantodax ortizi* Wygodzinsky, 1973a: 246.

DISTRIBUCION : COLOMBIA, ECUADOR.

### BOYACA

Páramo de Tota, costado W, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa, larvas. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E.W. Schmidt- Mumm (AMNH).

Páramo de Pisba. 3900 m.

Larvas. Ago 13 1976, col: M. Bueno (ICN-MHN).

### CUNDINAMARCA

5 km S de Usme, 3000 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

4 machos, 4 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), 3200-3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

6 machos, 12 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Jun 30 1965, Jul 11 1967, Jul 27 1967, Ago 28 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), 3500 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 macho, 2 hembras (criados, con exuvia de la pupa). Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Pupas. May 15 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembras criadas. Oct 11 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Feb 11 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN). May 02 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ago 19 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Machos criados. Abr 11 1988, Sep 30 1988, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Pupas. Feb 23 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Larvas. Abr 17 1989, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Hembras criadas. Feb 15 1987, col: X. Martínez (ICN-MHN). Jun 15 1987, col: X. Martínez, A. Mejía y P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 11 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: X. Martínez, A. Mejía y P. Muñoz (ICN-MHN). Sep 18 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Machos criados. Ene 25 1988, col: X. Martínez, A. Mejía y P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 11 1988, col: V. Acero (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Feb 20 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Sep 10 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Sep 18 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Sep 20 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ene 20 1990, col: X. Martínez (ICN-MHN). Jul 09 1990, col: X. Martínez y A. Mejía. (ICN-MHN). Sep 15 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Larvas. Mar 14 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN). Mar 28 1989, Abr 17 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN). May 30 1989, col: R. Miranda (ICN-MHN). Jun 24 1989, col: J. Campos (ICN-MHN). Nov 10 1990, col: A. Mejía (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m

Hembras criadas. May 09 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupas. Ago 18 1990, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. Ene 23 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

Vía Bogotá-Choachí, 3100 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

2 larvas. Jul 12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

Buenos Aires, cerca a La Siberia, E de La Calera, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

8 hembras (criadas, con exuvia de la pupa). Jul 17 1967; Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Guasca, 3100 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989).

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa); larvas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E.W. Schmidt-Mumm (AMNH).

Bogotá, río San Francisco, E de Bogotá, 2750 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa); pupas. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

La Calera, río Teusacá, 3025 m

Hembras criadas. Abr 16 1976, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 27 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN)  
Larvas. Ago 24 1978, col: M. Bueno (ICN-MHN). Sep 24 1978, col: L. Moncada (ICN-MHN).

La Pradera, municipio de Subachoque, 2663 m

Larvas. Ene 18 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

*Gigantodax paramorum* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax paramorum* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 112

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

## CUNDINAMARCA

"Buenos Aires" cerca a la Siberia, W de La Calera, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Holotipo** : macho (criado, con exuvia de la pupa). Jul 15 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Paratipo** : 1 pupa, idem holotipo.

Vía Sibaté-Aguadita, abajo de San Miguel, 2800 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Alotipo**: hembra (criada, con exuvia de la pupa). Jul 5 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Paratipo** : 1 hembra (criada, con exuvia de la pupa); larvas, idem alotipo.

Páramo de Chisacá (6 Sumapaz), 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Paratipos** : 3 machos (criados, con exuvia de la pupa). Jul 11 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembra criada. Ene 23 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Sep 07 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Hembra criada. Jul 28 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupa. Feb 16 1991, col: V. Acero (ICN-MHN).

Usme, río Tunjuelo. 3010 m

Pupa. Sep 15 1986, col: J. Campos (ICN-MHN).

Páramo de Guasca, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Pupas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Gigantodax septenarius* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax septenarius* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 220

DISTRIBUCION : COLOMBIA

## CUNDINAMARCA

2 km SW de Albán, 2400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Holotipo**: macho. Ago 06-07, 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo**: hembra (criada, con exuvia de la pupa), idem holotipo.

**Paratipos**: 1 hembra (criada, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. 3 machos, 1 hembra (criados, con exuvia de la pupa), 1 pupa y larvas. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Gigantodax siberianus* Wygodzinsky y Coscarón

*Gigantodax siberianus* Wygodzinsky y Coscarón, 1989: 208

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

## CUNDINAMARCA

Buenos Aires cerca a La Siberia, W de La Calera, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

**Holotipo**: macho. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo**: hembra, idem bolotipo.

**Paratipos**: 3 machos, 1 hembra (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas.

**Paratipos**: 2 machos, 1 hembra (criados, con exuvia de la pupa), pupas. Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá-Choachí, 3250-3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Jul 13 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Pupas. Feb 16 1991, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Larvas. Abr 21 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m

Larvas. Ene 23 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

*Gigantodax wygodzinskyi* Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno

*Gigantodax wygodzinskyi* Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno, 1981: 302

DISTRIBUCIONES COLOMBIA.

## BOYACA

Páramo de Pisba, 3900 m

Larvas. Ago 13 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN).

## CUNDINAMARCA

La Calera, río Teusacá, 3025 m (Moncada, Muñoz de Hoyos & Bueno, 1981)

**Holotipo**: macho, Mar 12 1978, col: L. Moncada, M. Bueno y P. Muñoz (ICN-MHN).

**Alotipo**: hembra, Mar 12 1977, col: L. Moncada, M. Bueno y P. Muñoz (ICN-MHN).

**Paratipos**: 8 machos montados en láminas, 5 hembras montadas en láminas, 6 pupas montadas en láminas, 5 larvas montadas en láminas, Dic 09 1976, Mar 12 1977, Abr 15 1977, Sep 27 1978, Oct 02. 1978, Ago 24 1979, col: L. Moncada, M. Bueno y P. Muñoz (ICN-MHN).

Buenos Aires cerca a La Siberia E de La Calera, 3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 16 machos, 23 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Ago 26, 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 3 machos, 2 hembras (criados, con exuvia de la pupa), 3150 m, Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá-Choachí, 3000-3050 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 pupa. Jul 13 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

2 km SE de Albán, 2400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

Pupas. Ago 6 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 1 hembra (criada, con exuvia de la pupa). Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

La Pradera, municipio de Subachoque, 2663 m

Larvas. Ene 18 1975, col: M. Bueno (ICN-MHN).

Vía Usme- Páramo de Chisacá (ó Sumapaz), 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

21 machos, 13 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 1 pupa. Jul 11 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH). 2 machos, 10 hembras (criados, con exuvia de la pupa), pupas y larvas, 3100 m. Jul 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Quebrada a 5 km S de Usme, 3000 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1989)

1 hembra (criada, con exuvia de la pupa), pupas y larvas. Jul 27 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m.

Larvas. Feb 06 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Larvas. Ene 20 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda (km 31-32), 2610 m

Machos criados. Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 23 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Abr 20 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Nov 16 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN). Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 23 1991, col: V. Acero (ICN-MHN). Larvas. Nov 16 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

#### SANTANDER DEL NORTE

Pamplona, río Pamplonita, 2287 m

Pupas. Dic 27 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN).

#### *SIMULIUM* Latreille, 1802.

En Colombia se han registrado los siguientes subgéneros:

*Cerqueirellum* Py-Daniel, 1983

*Coscaroniellum* Py-Daniel, 1983

*Ectemnaspis* Enderlein, 1934

*Grenieriella* Vargas & Díaz Nájera, 1951

*Hemicnetha* Enderlein, 1934

*Dyarella* Vargas, Martínez Palacios & Diaz Nájera, 1946

*Inaequalium* Coscarón & Wygodzinsky, 1984

*Notolepria* Enderlein, 1930

*Psaroniocompsa* Enderlein, 1934

*Psilopelmia* Enderlein, 1934

*Simulium* Latreille s. str.

*Odagmia* Enderlein, 1921

*Discosphyria* Enderlein, 1922

*Gynonychodon* Enderlein, 1925

*Pseudodagmia* Baranov, 1926

*Danubiosimulium* Baranov, 1935

*Cleitosimulium* Séguy & Dorier, 1936

*Gnus* Rubtsov, 1940

*Phosterodoros* Stone & Snoddy, 1969

*Phoretodagmia* Rubtsov, 1972

*Paragnus* Rubtsov & Yankovsky, 1982

*Archesium* Rubtsov & Yankovsky, 1982

*Argentisimulium* Rubtsov & Yankovsky, 1982

*Striatosimulium* Rubtsov & Yankovsky, 1982

*Thyrsopelma* Enderlein, 1934

Para el listado de especies, por subgéneros, se han tenido en cuenta las publicaciones de Crosskey (1987) y Coscarón (1984, 1987, 1990). Tanto los subgéneros como las especies se han ordenado alfabéticamente.

Las especies registradas para Colombia son :

*Simulium (Cerqueirellum) amazonicum* Goeldi

*Simulium amazonicum* Goeldi, 1905 : 138

*Simulium tallaferoae* Ramírez-Pérez, 1971: 339

DISTRIBUCION: BRASIL, COLOMBIA, GUYANA BRITANICA, PARAGUAY, PERU, PUERTO RICO, VENEZUELA.

#### AMAZONAS

Santa Sofía, río Amazonas, aproximadamente a 40 km al NW de Leticia, < 200 m (Tidwell et al., 1981b)

15 hembras. Jun 02 1979, col: M. A. Tidwell.

Puerto Arica, río Putumayo, aproximadamente 300 km al NW de Leticia, corregimiento El Encanto, < 200 m (Tidwell et al., 1981b)

8 hembras. Jul 10 1978, col: M. A. Tidwell.

*Simulium (Cerqueirellum) argentiscutum* Shelley & Luna Días

*Simulium argentiscutum* Shelley & Luna Días, 1980: 105

*Simulium* sp de Madeira (Shelley et al., 1982)

DISTRIBUCION : BRASIL, BOLIVIA, COLOMBIA, PERU.

## AMAZONAS

Santa Sofía, río Amazonas, cerca a Leticia (Forma E en Tidwell et al., 1981b)

10 hembras. Mar 02 1979, col: M. A. Tidwell.

Arará y Santa Sofía, a 80 km de Leticia (Shelley & Luna Díaz, 1980).

*Simulium (Cerqueirellum) minusculum* Lutz

*Simulium minusculum* Lutz, 1910: 253

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, GUYANA, PARAGUAY, VENEZUELA.

Shelley et al. (1982), basados en el reporte de la WHO (1979), comentan que en Colombia esta especie ataca al hombre y es vector de *Mansonella ozzardi*, pero no proporcionan datos de distribución de la especie.

*Simulium (Cerqueirellum) oyapockense* Floch & Abonnenc

*Simulium oyapockense* Floch & Abonnenc, 1946: 4

*Simulium pseudosanguineum* Ramírez-Pérez & Peterson, 1981: 154 (Syn.n. Shelley et al., 1984)

*Simulium sanchezi* Ramírez-Pérez, Yarzabal & Peterson, 1982: 71 (Syn.n. Shelley et al., 1984)

DISTRIBUCION: BRASIL, COLOMBIA, GUYANA FRANCESA, VENEZUELA.

## VAUPES

Santa Marta, cerca a Mitú, 190 m (Forma A en Tidwell et al., 1981b)

18 hembras, 5 machos. Ene 18 1978, Mar 01 1978, col: M. A. Tidwell.

Hembras. Mar 09 1977, col : P. Muñoz (ICN-MHN). Ene 18 1978, col: E. Sabogal (ICN-MHN).

Hembras picando. Mar 08, 09 1977, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos. Ene 18 1978, col: E. Sabogal (ICN-MHN).

NOTA : La forma A de Tidwell es conoespecífica con *S. oyapockense*, la variación de la anchura de la vitta es una variación intraespecífica. La forma C de Tidwell es *S. pseudosanguineum* o sea *S. oyapockense* (Shelley et al., 1984)

*Simulium (Cerqueirellum) sanguineum* Knab

*Simulium sanguineum* Knab, 1915 : 279

DISTRIBUCION : COLOMBIA, GUYANA INGLESA, PANAMA, VENEZUELA.

## CAUCA

Santander de Quilichao (aproximadamente 11 km al N de), 1076 m (Tidwell et al., 1981a)

21 hembras picando. May 18 1977, col: M. A. Tidwell.

39 hembras picando. Jun 14 1977, col : M. A. Tidwell.

4 machos criados, 18 hembras criadas, 31 hembras pi-

cando, 5 pupas, 7 larvas. Jun 22 1977, col: M. A. Tidwell.

12 machos criados, 23 hembras criadas, 3 pupas, 7 larvas. Jul 04 1977, col: M. A. Tidwell.

(Tidwell et al., 1981b)

13 hembras, 4 machos, 3 pupas. Jul 04 1977, col: M. A. Tidwell.

1 macho, 2 hembras. Jun 22, 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN).

1 macho. Jul 05 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN). 2 hembras. Ene 24 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN).

## CHOCO

Boca de Arquía, río Atrato v. 1914 (Balfour) (Knab, 1915; Vargas, 1945; Shelley et al., 1982)

**Holotipo** : Hembra. May 1914, col : A. Balfour (BMNH).

**Paratipo** : hembra idem holotipo (USNM).

(Tidwell et al., 1981a)

9 pupas. Jun 09 1978, col: M. A. Tidwell.

Río Atrato, cerca a Boca río Arquía (Tidwell et al., 1981b)

31 hembras picando. Ago 23 1979, col: M. A. Tidwell.

Río Atrato, Tagachí (Py-Daniel, 1983)

1 hembra **topotipo**. Ago 25 1979, col : M. A. Tidwell (INPA).

Río Tagachi, cerca a río Atrato (Shelley et al., 1982)

9 hembras, 1 hembra (ex pupa), 7 machos, 3 pupas. Sep 12 1978, col: M. A. Tidwell (BMNH).

Río Tagachi, 1-9 km desde la boca del río (Tidwell et al., 1981a)

41 machos criados, 51 hembras criadas, 29 pupas, 14 larvas. Sep. 12 1978, col: M. A. Tidwell.

10 hembras picando, 4 pupas, 10 larvas. Ago 23 1979, col: M. A. Tidwell.

Río Tagachi cerca de boca Arquía (Tidwell et al., 1981a)

21 hembras, 10 machos, 11 pupas, 6 larvas. Sep 12 1978; 23 y 24 Ago 1979, col: M. A. Tidwell.

Río Tagachi (Py-Daniel, 1983)

2 larvas. Ago 23 1979, col: M. A. Tidwell (INPA).

Río Tagachi, N de Quibdó (Py-Daniel, 1983)

1 macho con pupa correspondiente, 3 pupas. Sep 12 1978, col: M. A. Tidwell.

Larvas. Ago 23 1979, col : M. A. Tidwell.

Río Arquía, Pto. Palacio (Tidwell et al., 1981a)

2 hembras picando. Sep 09 1977, col: M. A. Tidwell.

5 hembras picando. Feb 14 1978, col: M. A. Tidwell.

*Simulium (Coscaroniellum) quadrifidum* Lutz

*Simulium quadrifidum* Lutz, 1917: 66

*Simulium torrealbai* Ramírez-Pérez, 1980 : 64 (Syn.n. Shelley et al., 1984)

*Simulium rassii* Ramírez-Pérez, 1980: 60 (Syn.n. Shelley et al., 1984)

DISTRIBUCION : BOLIVIA, BRASIL, COLOMBIA, VENEZUELA.

## VAUPES

Santa Marta, cerca a Mitú, 190 m (Tidwell et al., 1981b) 1 hembra, 1 macho, 7 pupas. Ene 1978, col: M. A. Tidwell.

Hembra farate. Mar 09 1977, col: P. Muñoz y M. Bueno (ICN-MHN).

Hembra farate y larvas. Sep 07 1977, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

Pupas y larvas. Mar 16, 17 1977, col: P. Muñoz y M. Bueno (ICN- MHN).

*Simulium (Ectemnaspis) Grupo bicoloratum*

*Simulium (Ectemnaspis) arcabucense* Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) arcabucense* Coscarón, 1990: 123

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

## BOYACA

Valle río Pomeca NW de Arcabuco, 2400 m (Coscarón, 1990)

**Holotipo:** 1 hembra. Jul 09 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Alotipo:** 1 macho (AMNH) idem holotipo.

**Paratipo:** 1 macho, pupas y larvas (AMNH), 1 macho sin localidad y hembra farate (MLP).

*Simulium (Ectemnaspis) bicoloratum* Malloch

*Simulium bicoloratum* Malloch, 1912: 649

*Odogmia bicolorata* Enderlein, 1925: 208; 1930:97.

*Ectemnaspis macca* Enderlein, 1934 : 281; 1936: 122.

*Simulium molli* Vargas, 1943: 142; 1945 : 165

*Simulium gaudeatum* Knab, 1914 : 81

DISTRIBUCION: BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

Aparece como *Simulium molli* en Paso Quemado, al norte de Colombia (Vargas, 1945)

## CAUCA

Vía Popayán-Páramo de Puracé, 2500 m (Wygodzinsky, 1971)

Larvas y pupas. Ago 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## CUNDINAMARCA

Vía Sibaté-Aguadita, 2270 m (Wygodzinsky, 1971) 12 hembras y 14 machos criados, larvas y pupas, 1 hembra picando humano. Jul 05 y 25 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Chipaque (3 km S de), 2400 m (Wygodzinsky, 1971) 1 pupa. Jul 30 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## TOLIMA

Vía Ibagué-Armenia, vertiente E, 2400 m (Wygodzinsky, 1971)

3 pupas. Ago 14 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

NOTA: ESTA ESPECIE NO SE HA HALLADO EN VARIOS AÑOS DE COLECCION DE SIMULIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.

*Simulium (Ectemnaspis) bicornutum* Wygodzinsky & Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) bicornutum* Wygodzinsky y Coscarón, 1982: 2; Coscarón, 1984: 300; 1987 :28.

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

## BOYACA

Páramo de Pisba, 3900 m

Pupas y larvas. Ago 13 1976, col: L. Moncada y M. Bueno (ICN- MHN).

## CUNDINAMARCA

Vía Usme - Páramo de Chisacá, 3200 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

**Holotipo :** 1 macho en seco con exuvia de la pupa, Jul 27 1967. Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH) .

1 pupa. ibid 3300 m Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, 3500 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

3 pupas. Jul 02 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, 3700 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

**Alotipo:** 1 hembra en lámina con parte de exuvia; 1 larva. Jul 02 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m Hembras criadas. Jun 24 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Jul 29 1989, col: C. Moreno (ICN- MHN). May 20 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Jul 09 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Jul 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Jul 28 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN).

Machos criados. Nov 17 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Mar 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN- MHN). Jul 23 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupas. Mar 15 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN). May 02 1989, col: V. Acero (ICN-MHN). Nov 15 1990, col: V. Acero (ICN-MHN).

Larvas. Ene 25 1988, col: C. Moreno (ICN-MHN). Abr 17 1989, col: X. Martínez, A. Mejía y R. Miranda (ICN- MHN). Feb 17 1990, col: V. Acero (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: V. Acero (ICN-MHN). Jul 28. 1990, col: V. Acero (ICN-MHN). Sep 15 1990, col: R. Miranda (ICN- MHN). Nov 01 1990, col: V. Acero (ICN-MHN). Nov 10 1990, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembras criadas. Dic 01 1988, col: J. Campos (ICN- MHN). Abr 18 1989, col: A. Mejía (ICN-MHN).

Macho criado. Ene 25 1988, col: J. Campos (ICN- MHN).

Larvas. Dic 15 1986, col: J. Campos (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: A. Mejía (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Pupas. Mar 21 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).  
Larvas. May 09 1986, col: R. Miranda; Mar 21 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m  
Hembra criada, May 20 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

*Simulium (Ectemnaspis) furcillatum* Wygodzinsky & Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) furcillatum* Wygodzinsky & Coscarón, 1982: 6; Coscarón 1984: 300; 1987: 28

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

## BOYACA

Páramo de Tota, 3400 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

**Holotipo:** hembra con exuvia de pupa. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, 2800 m  
1 macho farate, pupas y larvas. Ago 23 1992, col: C. Moreno (ICN-MHN).

## CUNDINAMARCA

Tunjaque, SE de La Calera, 2850 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)  
2 hembras con exuvia de pupa. Ago 20 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Zipaquirá-Pacho 2900 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

**Alotipo:** macho con exuvia de pupa. Jul 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Bogotá, río San Francisco bajo, 2750 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

1 hembra con exuvia de pupa, 6 pupas. Julio 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Usme-Páramo de Chisacá, 3200 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

2 pupas. Jul 11 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá ó Sumapaz, 3300 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

2 hembras farate, 1 macho farate, 2 pupas, 2 larvas. Jul 2 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m  
Machos criados. Jul 19 1990, col: C. Moreno (ICN-MHN). Ago 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembras criadas. Mar 31 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Jul 26 1988, col: X. Martínez (ICN-MHN). Sep 13 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).  
Machos criados. Ene 25 1988, col: J. Campos (ICN-

MHN). Abr 02 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). May 30 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Jul 09 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupas. Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Hembras criadas. Oct 03 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Nov 12 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Feb 23 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Dic 09 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Feb 16 1991, col: X. Martínez (ICN-MHN).

Machos criados. Jul 10 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Nov 15 1988, col: J. Campos (ICN-MHN).

Pupas. Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).  
Larvas. Nov 15 1988, col: V. Acero (ICN-MHN). Dic 10 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). May 09 1988, col: C. Moreno (ICN-MHN). Mar 16 1991, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m  
Hembras criadas. Jul 05 1987, col: J. Campos (ICN-MHN).

Pupas. Abr 11 1988, col: J. Campos (ICN-MHN).

Usme, río Tunjuelo, 3010 m

Larvas. Jun 23 1990, col: V. Acero (ICN-MHN).

Vía Bogotá-Choachí, quebrada del Raizal, 2240 m  
Macho criado, pupas y larvas. May 14 1994, col: R. Miranda (ICN-MHN).

*Simulium (Ectemnaspis) ignescens* Roubaud

*Simulium ignescens* Roubaud, 1906: 107

*Eusimulium ignescens* Surcouf & González Rincones, 1911: 281

DISTRIBUCION: BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

## BOYACA

Vía Arcabuco-Villa de Leyva, 2600 m (Wygodzinsky, 1971)

NOTA: En la publicación dice Leiva, debe ser leído como Leyva

1 pupa. col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH)

## CAUCA

Próximo a Puracé, 2300 m (Wygodzinsky, 1971)  
5 hembras y 1 macho criados, larvas, pupas. Ago 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Río Piendamó, E de Silvia, cerca a la Cooperativa indígena, 2800 m (Wygodzinsky, 1971)

4 hembras y 1 macho criados, pupas. Ago 24 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Río Piendamó, Silvia, 2550 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Valle, debe ser leído como Cauca.

1 hembra. Ago 24 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Silvia, 2000-2500 m (Guttman, 1970).

Paniquita, 20 km N de Popayán, 2000 m (Especie C en Guttman, 1970).

## CUNDINAMARCA

3 km N de Albán, finca San Pablo, 1800 m (Wygodzinsky, 1971)

2 hembras y 1 macho criados. Ago 01-12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

(Coscarón, 1990)

1 hembra y pupas. Ago 2 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

2 km SE de Albán, 2400 m (Wygodzinsky, 1971)

Hembras y machos criados, pupas. Ago 06 1967, Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

(Coscarón, 1990)

5 hembras. Ago 06,07 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

1 hembra, 1 macho, pupas. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Albán, 2100 m

Hembras criadas. Jul 10 1987, col: M. Bueno (ICN-MHN). Feb 15 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Albán-Sasaima (km 90-91), 2095 m

Hembras y machos criados, pupas. Mar 13 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Feb 15 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Ago 28 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. Feb 06 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Sibaté-Aguadita, 2300 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Silvate debe ser leído como Sibaté

2 hembras, 1 macho, pupas y larvas. Jul 05 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda ( km 31 y 32), 2610 m

Hembras criadas. Mar 31 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 19 1994, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Machos criados. Nov 29 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN). Abr 20 1991; Jun 15 1991; Sep 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 19 1994, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Pupas. Mar 31 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Aguadita, río Barro Blanco, 1930 m

Hembras criadas. Feb 19 1994, col: S. Chiguasuque (ICN-MHN).

Machos criados. Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 20 1993, col: R. Miranda (ICN-MHN). Feb 19 1994, col: R. Mena (ICN-MHN).

Larvas. Nov 16 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Vía Aguadita-Pasca, vereda Providencia, quebrada La Pradera, 2010 m

Larvas. Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Cerca al Salto de Tequendama, 2150 m (Wygodzinsky, 1971)

2 hembras y 1 macho criados, larvas y pupas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Hembras criadas. Feb 06 1989, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m

Hembras criadas. May 09 1987, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ene 25 1988, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Jun 11 1988, col: V. Acero (ICN-MHN). Jul 13 1988, col: C. Moreno (ICN-MHN). Ago 03 1988, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Oct 11 1988, col: A. Mejía (ICN-MHN). Oct 14 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Dic 17 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: J. Campos y C. Moreno (ICN-MHN).

Feb 06 1989, col: C. Moreno, X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Feb 20 1989, col: V. Acero y X. Martínez (ICN-MHN).

May 02 1989, col: X. Martínez, A. Mejía y V. Acero (ICN-MHN). Ago 19 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Jul 19 1990, col: X. Martínez, A. Mejía y C. Moreno (ICN-MHN). Feb 16 1991, col: P. Parra (ICN-MHN).

Machos criados. May 09 1987, col: C. Moreno (ICN-MHN). Ene 25 1988, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

May 09 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 13 1988, col: J. Campos (ICN-MHN).

Ago 06 1988, col: R. Miranda (ICN-MHN). Oct 01 1988, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Oct 14 1988, col: J. Campos (ICN-MHN). Feb 06 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Feb 20 1989, col: V. Acero (ICN-MHN). Mar 06 1989, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Abr 18 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN). May 02 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Jun 25 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN). Ago 19 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Feb 17 1990, col: X. Martínez (ICN-MHN). May 09 1990, J. Campos (ICN-MHN).

Jul 27 1990, V. Acero y J. Campos (ICN-MHN). May 15 1991, col: P. Parra (ICN-MHN).

Jun 15 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN). Oct 19 1991, col: V. Acero (ICN-MHN).

Pupas. Ene 25 1988, col: J. Campos y P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. May 30 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Jul 19 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Usme, río Tunjuelo, 3010 m

Larvas. Jun 09 1990, col: A. Mejía (ICN-MHN).

Tunijaque, SE La Calera, 2850 m (Coscarón, 1990)

9 machos, 12 hembras y pupas. Ago 30 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Guasca. 1 km W de Guasca, 2650 m (Wygodzinsky, 1971)

2 hembras, 4 machos, pupas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

Río Frio, 1 km W de Guasca, 2650 m (Coscarón, 1990)

1 hembra, 1 macho, pupas y larvas. Ago 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

La Calera, río Teusacá, 3025 m

Hembras criadas. Mayo 30 1979, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos criados. May 30 1979, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Jun 18 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN).  
Pupas. Mar 04 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Vía Zipaquirá-Pacho, 2900 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Zapaquira, debe ser leído como Zipaquirá.

1 hembra. Ago 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

La Pradera, municipio de Subachoque, 2663 m  
Pupas. Ene 18 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Chipaque-Cáqueza, Munar, río Une, 1950 m  
Hembra criada. Nov 19 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).  
Pupas. Nov 19 1993, col: C. Moreno (ICN-MHN).

## HUILA

San Agustín, quebrada El Playón  
Pupas, larvas. Sep 15 1993, col: C. Moreno (ICN-MHN).

## SANTANDER DEL NORTE

Pamplona, 2287 m  
Pupas. Dic 27 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN).

## TOLIMA

Vía Ibagué-Armenia, lado E, 2400 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Ibaque, debe ser leído como Ibagué.

Pupas. Ago 14 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## VALLE

2 km W de Felidia, 1700 m (Wygodzinsky, 1971)  
1 hembra y 1 macho criados, pupas. Ago 28 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Simulium (Ectemnaspis) pifanoi* Ramírez-Pérez

*Simulium pifanoi* Ramírez-Pérez, 1971 : 3461983: 62  
*Simulium (Ectemnaspis) pifanoi* Coscarón, 1984: 301; 1987: 28.

DISTRIBUCION : COLOMBIA, VENEZUELA.

## CAUCA

Próximo a Puracé, 2300 m (Coscarón, 1990)  
Hembra. Ago 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## CUNDINAMARCA

2 km SE de Albán, 2400 m (Coscarón, 1990)  
7 machos, 16 hembras. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

N de Albán, 2400 m (Coscarón, 1990)

1 hembra, pupas. Ago 06 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

3 km N de Albán, 1800 m (Coscarón, 1990)

1 macho. Ago 01-12 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Sibaté-Aguadita, 2300 m (Coscarón, 1990)

3 machos, 4 hembras, pupas y larvas. Jul 06 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

1 km W de Sibaté, 2600 m (Coscarón, 1990)

3 hembras, 2 machos. Ago 23 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Camino debajo del Salto del Tequendama, 2150 m (Coscarón, 1990)

Nota: En la publicación dice Cataratas de Tequendama, debe ser leído como salto de Tequendama.

1 macho. Jul 25 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Simulium (Ectemnaspis) tolimaense* Coscarón

*Simulium tolimaense* Coscarón, 1984 : 301 nov.nom. pre-ocupado por *Simullum simplex* Gibbins, 1936; 1987 : 28.  
*Simulium simplex* Wygodzinsky & Coscarón, 1982 : 11.

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

## TOLIMA

Vía Ibagué-Armenia, cerca a la Linea, vertiente E, 3100 m (Wygodzinsky y Coscarón, 1982)

**Holotipo** : pupa. Ago 14 1967, , col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**Paratipo** : 1 pupa, 1 macho farate, 1 hembra farate. Ago 14 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Simulium (Ectemnaspis) tunja* Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) tunja* Coscarón, 1990: 126

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

## BOYACA

2 km W de Tunja, 2900 m (Coscarón, 1990)

**Holotipo**: hembra, Jul 09 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH)

**Alotipo**: macho, idem holotipo.

**Paratipos**: 6 hembras, 12 machos, pupas y larvas, idem holotipo.

**Paratipos**: 1 hembra, 1 macho, Jul 09 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (MLP).

Próximo al lago de Tota 3050 m (Coscarón, 1990)

1 macho. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## CUNDINAMARCA

2 km SW de Albán (Coscarón, 1990)

- 1 macho, 3 hembras y pupas. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- 3 km N de Albán, finca San Pablo, 1200 m (Coscarón, 1990)  
1 macho. Jul 01/12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- 1 km W de Sibaté, 2600 m (Coscarón, 1990)  
1 hembra, pupas y larvas. Ago 23 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda (km 31-32), 2610 m  
Hembras criadas. Nov 29 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN). May 18 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN). Jun 05 1991, col: V. Acero (ICN-MHN). Sep 14 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN).  
Machos criados. Dic 20 1979, col: L. Moncada (ICN-MHN). Ene 02 1980, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Ene 07 1980, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Jun 15 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN). Feb 20 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).
- Vía Usme - Páramo de Chisacá, 3100 m (Coscarón, 1990)  
1 hembra, 2 machos, pupas y larvas. Jul 11 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m  
Machos criados. Feb 23 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN).
- Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m  
Hembras criadas. Feb 15 1988, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Dic 13 1988, col: R. Miranda (ICN-MHN). Ene 25 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 06 1989, col: V. Acero, R. Miranda, J. Campos, X. Martínez, A. Mejía, C. Moreno, J. Campos y P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 06 1989, col: X. Martínez, A. Mejía, V. Acero, C. Moreno y P. Muñoz (ICN-MHN). May 02 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ago 19 1989, col: P. Muñoz y R. Miranda (ICN-MHN). Ene 20 1990, col: A. Mejía y V. Acero (ICN-MHN). Jul 19 1990, col: J. Campos (ICN-MHN). Jun 29 1991, col: M.C. Angulo (ICN-MHN). Jul 27 1991, col: P. Parra y M.C. Angulo (ICN-MHN).  
Hembras atacando humano, Dic 13 1988, col: R. Miranda (ICN-MHN).  
Machos criados. Sep 05 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Ene 25 1988, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Ago 01 1988, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: X. Martínez, A. Mejía y P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 06 1989, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Mar 06 1989, col: C. Moreno, X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 02 1989, col: X. Martínez y C. Moreno (ICN-MHN). Oct 21 1989, col: V. Acero (ICN-MHN). Feb 17 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 09 1990, col: J. Campos (ICN-MHN). Jun 29 1991, col: M.C. Angulo (ICN-MHN).  
Pupas. Ene 25 1988, col: J. Campos, C. Moreno y P. Muñoz (ICN-MHN). Ago 18 1990, col: P. Muñoz (ICN-MHN).  
Larvas. Nov 10 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).
- La Calera, río Teusacá, 3025 m  
Machos criados. Feb 23 1977, col: M. Bueno (ICN-MHN). Feb 22 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN). Feb 24 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN). Feb 26 1979, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Jun 18 1979, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Sep 24 1979, col: M. Bueno (ICN-MHN). Mar 10 1978, col: M. Bueno (ICN-MHN).  
Pupas. Abr 16 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN). Abr 27 1976, col: L. Moncada (ICN-MHN).
- 1 km W de Guasca, 2650 m (Coscarón, 1990)  
2 machos, 1 hembra y pupas. Jul 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- La Pradera, municipio de Subachoque, 2663 m  
Machos. Ene 18 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN).
- Grupo *romanai*
- Simulium (Ectemnaspis) albanense* Coscarón  
*Simulium (Ectemnaspis) albanense* Coscarón, 1990: 135
- DISTRIBUCION: COLOMBIA.
- BOYACA
- Próximo borde N del lago de Tota, 3050 m (Coscarón, 1990)  
NOTA : En la publicación dice Tola, debe ser leído como Tota.  
1 macho. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- Vía Arcabuco-Villa de Leyva, 2600 m (Coscarón, 1990)  
NOTA : En la publicación dice Leiva, debe ser leído como Leyva  
1 pupa. Jul 09 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- Valle río Pomeca NW de Arcabuco, 2800 m (Coscarón, 1990)  
5 machos, 3 hembras. Jul 09 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- CUNDINAMARCA
- 2 km SE de Albán, 2400 m (Coscarón, 1990)  
**Holotipo:** hembra. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).  
**Alotipo:** macho. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).  
**Paratipos:** 15 hembras y 7 machos. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).  
**Paratipos:** 2 hembras y 2 machos. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (MLP), pupas y larvas.
- 2 km N de Albán, 2400 m (Coscarón, 1990)  
**Paratipos:** 4 hembras. Ago 06 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- 3 km S de Chipaque, 2400 m (Coscarón, 1990)  
Pupas y larvas. Jul 30 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).
- Simulium (Ectemnaspis) gabaldoni* Ramírez Pérez  
*Simulium gabaldoni* Ramirez-Pérez, 1971 : 352; 1983: 46  
*Simulium (Ectemnaspis) gabaldoni* Coscarón, 1984: 307-308; 1987 : 29.
- DISTRIBUCION: COLOMBIA, VENEZUELA.

**CESAR**

Meollaca (*Simulium* sp. B en Lewis y Lee Potter, 1964)  
Dic 22, 1963.

**VALLE**

Valle río Pance, Hda San Pedro, 1400 m (Coscarón, 1990)

1 macho criado. Ago 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Simulium (Ectemnaspis) lewisi* Ramírez-Pérez

*Simulium lewisi* Ramírez-Pérez, 1971: 349

*Simulium iguazuense* Coscarón, 1976: 147

*Simulium (Ectemnaspis) lewisi* Coscarón, 1984 : 304

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BOLIVIA, BRASIL,  
COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

**CESAR**

Donacuf, 4700 ft (*Simulium* sp. A en Lewis y Lee Potter, 1964)

3 hembras picando. Dic 21, 22 1963.

**TOLIMA**

Melgar, quebrada Bengala, finca Carbonero

Pupas. May 27 1977, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

*Simulium (Ectemnaspis) lutzianum* Pinto

*Simulium lutzianum* Pinto, 1931 : 748

*Simulium (Ectemnaspis) lutzianum* Coscarón, 1984 : 303;  
1987 : 29.

DISTRIBUCION: BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR,  
PERU, VENEZUELA.

**CAUCA**

Río 20 km de Piendamó (Coscarón, 1990)

4 hembras, 3 machos. Ago 24 1967, col: P. y B.  
Wygodzinsky (AMNH).

**CUNDINAMARCA**

3 km N de Albán, finca San Pablo, 1800 m (Coscarón, 1990)

NOTA : En la publicación dice San Pedro, debe ser leído como San Pablo.

1 macho. Ago 01/12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Albán-Sasaima, Las Mercedes, río Guane, finca Mochuelo, 1580 m

Exuvias de pupas. Sep 25, 1993, col: R. Miranda (ICN-MHN).

1 km W de Sibaté, 2600 m (Coscarón, 1990)

2 hembras, 2 machos criados. Ago 23 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**VALLE**

Vía Saladito-Anchicayá, 500-1000 m (Coscarón, 1990)  
11 hembras, 10 machos. Ago 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Saladito - Anchicayá, río Blanco, 700 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Aguadita, debe ser leído como Saladito

1 hembra y pupas, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Anchicayá, río Bravo (Dunn, 1929).

Anchicayá

Hembra. Feb 15 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN).

Valle río Pance, represa de irrigación, 1250 m (Coscarón, 1990)

8 machos, 10 hembras, pupas y larvas. Ago 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Valle río Pance, finca San Pedro, 1400 m (Coscarón, 1990)

6 hembras, 5 machos, pupas. Ago 22 1967. 1300 m pupas y larvas, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Río Cali, debajo de Pichindé, 1700 m (Coscarón, 1990)

1 macho. Ago 28 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Cali, río Cali, 995 m, (Dunn, 1929). App. 1000 m (Briceño, 1946).

*Simulium (Ectemnaspis) romanai* Wygodzinsky

*Simulium romanai* Wygodzinsky, 1951 : 229

*Simulium adolfolutzi* Wygodzinsky, 1951 : 234

*Simulium (Ectemnaspis) romanai* Coscarón, 1984: 302; 1987: 29

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

**CAUCA**

Río 20 km N de Piendamó (Coscarón, 1990)

1 macho y 2 hembras criados. Ago 24 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

**CUNDINAMARCA**

Próximo a Albán, 2000 m (Coscarón, 1990)

Pupas, 1 hembra, 1 macho. Ago 24 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

3 km N de Albán, finca San Pablo (Coscarón, 1990)

1 hembra y 2 machos. Ago 01/12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Albán-Sasaima (km 90-91), 2095 m

Machos criados. Mar 13 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Guayabal de Siquima, río Siquima, 1690 m

Hembras criadas. Feb 15 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda ( km 31 y 32), 2610 m

Hembras criadas. Nov 29 1979, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Mar 23 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN). May 18 1991, col: P. Muñoz y V. Acero (ICN-MHN). Jun 15 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Sep 14 1991, col: V. Acero (ICN-MHN). Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 29 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Machos criados. Jun 15 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). May 18 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Abr 21 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Feb 06 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Pupas. Mar 23 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Aguadita, río Barro Blanco, 1930 m

Macho criado. Jun 15 1991, col: R. Miranda (ICN-MHN).

1 km W de Sibaté, 2600 m (Coscarón, 1990)

2 hembras, 4 machos, pupas. Ago 23 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Sibaté - Fusagasugá, 2300 m (Coscarón, 1990)

NOTA: En la publicación dice Fisagoanga, debe ser leído como Fusagasugá.

1 macho criado. Ago 30 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## VALLE

Vía Saladito - Anchicayá, 700 m (Coscarón, 1990)

NOTA : En la publicación dice Aguadita, debe ser leído como Saladito.

10 hembras, 6 machos, pupas y larvas. Ago 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Río Pance, 1600 m (Coscarón, 1990)

Pupas y larvas. Ago 27 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Larvas y pupas, 1300 m. Ago 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## Grupo *perflavum*

*Simulium (Ectemnaspis) rorotaense* Floch y Abonnenc

*Simulium maroniense* Floch y Abonnenc, 1946. (Syn. n. Shelley et al., 1984)

*Simulium wuayaraka* Ortíz, 1957. (Syn. n. Shelley et al., 1984)

*Simulium fulvinotum* Cerqueira y Nunes de Mello, 1967

*Simulium ignacioi* Ramírez-Pérez y Vulcano, 1973. (Syn. n. Shelley et al., 1984)

DISTRIBUCION: BRASIL, COLOMBIA, GUYANA FRANCESA, VENEZUELA.

## VAUPES

Santa Marta, cerca a Mitú, 190 m

Pupas. Mar 16 1977, col: P. Muñoz y M. Bueno (ICN-MHN).

Larvas. Mar 09 1977, col: P. Muñoz y M. Bueno (ICN-MHN).

## Grupo *dinellii*

*Simulium (Ectemnaspis) bipunctatum* Malloch

*Simulium bipunctatum* Malloch, 1912: 650

*Simulium antillarum* Jennings, 1915: 200 (Syn. n. Shelley et al., 1989)

*Simulium wolcotti* Fox, 1953 : 138 (Syn. n. Shelley et al., 1989)

*Simulium pseudoantillarum* Ramírez-Pérez & Vulcano, 1973: 379 (Syn. n. Shelley et al., 1989)

*Simulium (Ectemnaspis) antillarum* Coscarón, 1984 : 319; 1987 : 29

*Simulium (Psilopelmia) bipunctatum* Syn. n. Shelley et al., 1989: 90.

DISTRIBUCION: BRASIL, CUBA, COLOMBIA, DOMINICA, ECUADOR, GUADALUPE, ISLA ST. CROIX, JAMAICA, MEXICO, MONTSERRAT, PERU, PUERTO RICO, VENEZUELA.

## CUNDINAMARCA

8 km N de Albán, finca San Pablo, 1800 m (Coscarón, 1990)

10 hembras, 5 machos y pupas. Ago 01-12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

## QUINDIO

Armenia (Coscarón, 1990)

1 hembra. Ene 12 1968, col: Marimbella (AMNH).

## SANTANDER DEL NORTE

Arboledas, Siravita, La Esperanza (Shelley et al., 1989)

3 hembras. Nov 25 1984, col: B. Alexander (BMNH).

## VALLE

Valle río Pance, represa de irrigación, 1250 m (Coscarón, 1990)

1 hembra. Ago 22 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

*Simulium (Ectemnaspis) dinellii* (Joan)

*Simulium bipunctatum* Malloch, 1912

*Simulium miniatum* (Enderlein, 1934)

*Simulium martinezi* Vargas, 1943 : 137

*Simulium dinelli* (Joan, 1912).

*Melusina dinelli* Joan, 1912 : 363

*Simulium (Ectemnaspis) dinellii* Coscarón, 1984: 317; 1987: 29.

DISTRIBUCION: BRASIL, ARGENTINA, BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

COLOMBIA : Tierra Caliente (Vargas, 1945, como *S. martinezi* )

*Simulium (Ectemnaspis) ochraceum* Walker

*Simulium ochraceum* Walker, 1861: 332

*Eusimulium ochraceum* Hoffman, 1931: 207

*Simulium (Eusimulium) ochraceum* Bequaert, 1934 : 208

*Psilopelmia ochraceum* Rubtsov & Garcia Avila, 1972: 15

*Simulium (Ectemnaspis) ochraceum* Coscarón, 1984 : 320 ; 1987 : 30.

DISTRIBUCION : CUBA, COLOMBIA, ECUADOR, GUATEMALA, JAMAICA, MEXICO, PANAMA, VENEZUELA.

## VALLE

### Anchicayá

Hembras. Feb 15 1977, col y det M. A. Tidwell (ICN-MHN).

*Simulium (Ectemnaspis) scutellatum* Lane & Porto

*Simulium scutellatum* Lane & Porto, 1940: 192

*Simulium scutellatum* Lane & Porto, 1940: 192

*Simulium scutellatum* Lane & Vulcano, 1943: 434

*Simulium (Ectemnaspis) scutellatum* Coscarón, 1987 : 30; 1990: 145

DISTRIBUCION: COLOMBIA

## META

### Restrepo (Vargas, 1945)

Holotipo : hembra. Ene 6 1935, col: S.F.A. (Instituto de Higiene de Sao Paulo)

Paratipos 16 hembras idem holotipo. (Instituto de Higiene de Sao Paulo) (Forattini et al., 1971)

(Facultad Saúde Pública da Universidade de Sao Paulo)

## VALLE

Coscarón (1990) no señala localidad precisa.

*Simulium (Ectemnaspis) shewellianum* Coscarón

*Simulium (Ectemnaspis) shewellianum* Coscarón, 1984: 318; 1987 : 30; 1990: 144.

DISTRIBUCION: COLOMBIA, ECUADOR.

## VALLE

10 km O Delfina, valle río Dagua, 400 m (Coscarón, 1990)

1 hembra criada. Ago 26 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Saladito - Anchicayá, 500-1000 m (Coscarón, 1990)

1 hembra, 4 machos, pupas y larvas. Ago 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Anchicayá 70 km E. Buenaventura, 400 m (Coscarón, 1984)

NOTA : En la publicación dice Anchicajá, debe der leído como Anchicayá.

Paratipo : hembra, Feb 17/20 1970, col : D. M. Wood (MLP).

*Simulium (Grenieriella) muiscorum* Bueno, Moncada & Muñoz de Hoyos

*Simulium (Hemicnetha) muiscorum* Bueno, Moncada & Muñoz de Hoyos, 1979: 581

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

## BOYACA

Tota. Aquitania, vereda Cajón, quebrada Pozos (CAR), 2970 m

Pupas y larvas. Nov 11 1989, col: G. Morales y S. Tellez (ICN-MHN).

## CUNDINAMARCA

La Calera, río Teusacá, 3025 m (Bueno, Moncada y Muñoz de Hoyos, 1979)

Holotipo: Macho, Jun 10 1977, Col: L. Moncada (ICN-MHN).

Alotipo : Hembra. Nov 27 1977, col: M. Bueno (ICN-MHN).

Paratipos: 4 machos montados en láminas. May 02 1978, col: M. Bueno, L. Moncada, P. Muñoz (ICN-MHN). 6 hembras montadas en láminas. Mar 23 1977, Nov 27 1977, Jun 13 1978, col: M. Bueno, L. Moncada y P. Muñoz (ICN-MHN). 7 pupas, 17 larvas montadas en láminas Abr 27 1976, Sep 28 1976, Abr 02, 04 1977, Ago 23 1977, Oct 26 1977, Abr 02 1978, col: M. Bueno, L. Moncada y P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, Ruinas, 3590 m

Hembras criadas. May 09 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Ago 18 1990, col: J. Campos, X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). May 25 1991, col: V. Acero (ICN-MHN).

Machos criados. Jul 27 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Ago 18 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN).

Pupas. Jul 25 1990, col: V. Acero (ICN-MHN).

Larvas, Jun 09 1990, col: X. Martínez y A. Mejía (ICN-MHN). Jul 28 1990, col: V. Acero (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada del Oso, Santa Helena, 3410 m

Pupas. Ene 23 1989, col: X. Martínez (ICN-MHN).

Larvas. May 15 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Jun 15 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Sep 19 1989, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, quebrada Hoya Honda, El Brasil, 3240 m

Machos criados. Sep 07 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Dic 10 1987, col: J. Campos (ICN-MHN). Feb 06 1989, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Pupas. Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

Larvas. Dic 10 1987, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Ene 23 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m

Hembra criada. May 09 1987, col: J. Campos (ICN-MHN).

Subachoque, 2663 m

Pupas, Ene 18 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Bogotá-Choachí, quebrada del Raizal, 2240 m

Macho criado, pupas y larvas. May 14 1994, col: R. Miranda (ICN-MHN).

**SANTANDER DEL NORTE**

Pamplona, río Pamplonita, 2287 m

Machos criados, Dic 27 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Pupas. Dic 27 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN). Mar 21 1978, col: L. Moncada (ICN-MHN).

*Simulium (Grenieriella) sumapazense* Coscarón & Py Daniel

*Simulium (Grenieriella) sumapazense* Coscarón & Py Daniel, 1989: 313

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

**CUNDINAMARCA**

Páramo de Sumapaz, 3700 m (Coscarón & Py Daniel, 1989).

**Holotipo:** 1 pupa vacía. Jun 30 1965, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Páramo de Guasca, 3300 m (Coscarón y Py Daniel, 1989)

**Paratipo :** 1 pupa vacía. Jun 20 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá- Choachí, río Teusacá, 3270 m

Hembras y machos farate, pupas y larvas. Oct 23 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

*Simulium (Hemicnetha) mexicanum* Bellardi

*Simulium mexicanum* Bellardi, 1862: 6

*Simulium aureopunctatum* Malloch, 1914: 27

*Simulium placidum* Knab, 1915 : 281

*Simulium lugubre* Lutz & Nunes Tovar in Lutz, 1928: 46

*Simulium turgidum* Hoffmann, 1930: 298

DISTRIBUCION : BELIZE, COLOMBIA, ECUADOR, GUATEMALA, HONDURAS, MEXICO, PANAMA, TOBAGO, TRINIDAD, VENEZUELA.

**ANTIOQUIA**

Río Medellín, en la región N del valle de Aburrá (Homan et al., 1985)

Hembras capturadas en cebo animal (caballo).

29 km N de Medellín (Zuluaga & Yuill, 1979)

Hembras capturadas en cebo animal (caballo y ternero).

**BOYACA**

Muzo, app. 900 m (Vargas y Diaz Nájera, 1951, Guttman, 1970).

**CAQUETA**

Florencia, quebrada Neme

Pupas vacías. Sep 23 1993, col: C. Moreno (ICN-MHN).

**CAUCA**

San Antonio-López de Micay, río Micay, 90 m (Barreto, Trápido & Lee, 1971; Muñoz de Hoyos et al., 1982)

Hembras, machos, pupas, larvas. May 16, 18, 20 1977, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Hembras, pupas. Ago 19 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN).

Pupas, larvas. Ago 19, 22, 23, 25 1977, Sep 11 1978, col : V. Ochoa (ICN-MHN).

Hembras, larvas. Mar 12, 14, 18 1978, col : V. Ochoa (ICN-MHN).

San Antonio- López de Micay, quebrada La Brea, 90 m  
Pupas. Mar 14 1978, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

San Antonio - López de Micay, quebrada Correntón, 90 m  
Hembras criadas. Oct 11 1978, col : V. Ochoa (ICN-MHN).

**CUNDINAMARCA**

Vía San Francisco-La Vega, río Cañas, 1560 m

Pupas. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Sep 14 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía San Francisco-La Vega, río Tabacal, puente Carlos Lleras Restrepo, 1160 m

Hembras criadas, machos criados, machos, pupas y larvas. Oct 05 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

**QUINDIO**

Finca entre Montenegro y Armenia, 1250 m (Guttman, 1970, 1972).

Armenia, 1200 m (Guttman, 1970).

**SANTANDER DEL NORTE**

Arboledas, Siravita, La Esperanza (Shelley et al., 1989)  
3 hembras. Jul 26 1986, col: B. Alexander (BMNH).

**VALLE**

Anchicayá

Hembras. Feb 15 1977, col: M. A. Tidwell (ICN-MHN).

La María (Hacienda entre el río Dagua y el río Bitaco), 1400-1500 m (Sanmartín et al., 1973).

Cisneros, 400 m (Guttman, 1970).

Atuncela, 900 m (Sanmartín et al., 1973); 700-900m (Guttman, 1970).

Río Pance, 1000-1500m (Guttman, 1970).

Vía Cali-Buenaventura, río Anchicayá, 500 m (Guttman, 1970).

Río Cali, app. 1000 m (Briceño, 1946)  
Hembras.

**VAUPES**

Santa Marta, cerca a Mitú, 190 m

Hembras criadas, Mar 09 1977, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

*Simulium (Hemicnetha) paynei* Vargas

*Simulium paynei* Vargas, 1942: 246

*Hemicnetha mexicana* (Enderlein, 1934: 190) (preocc.)

*Simulium mathesoni* Vargas, 1943: 360

*Simulium bilimekiae* Smart, 1944: 132

*Simulium acatenangoensis* Dalmat, 1951: 31

*Simulium conviti* Ramírez-Pérez & Vulcano, 1973: 376

DISTRIBUCION: COLOMBIA, ECUADOR, GUATEMALA, MEXICO, NICARAGUA, PERU, VENEZUELA.

## ANTIOQUIA

Quebrada Platanito, municipio de Barbosa, 28 km al N de Medellín, 1350 m (Correa y Moreno, 1982)

18 hembras, 18 machos, 48 pupas, 40 larvas (Colección entomológica de Parasitología, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia).

Barbosa, corregimiento El Hatillo, hacienda El Progreso, 1400 m

Hembras criadas. Jul 12 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Machos criados. Jul 12 1977, col: P. Muñoz, M. Bueno y L. Moncada (ICN-MHN).

Larvas. Jul 12 1977, col: M. Bueno y P. Muñoz (ICN-MHN).

Caldas, Caño Primavera

Hembras criadas. Jul 15 1977, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos criados. Jul 15 1977, col: M. Bueno (ICN-MHN).

Pupas. Jul 15 1977, col: L. Moncada (ICN-MHN).

Medellín, vereda Las Palmas

Larvas. Oct 25, 1992, col: N. A. Robledo y S. Orduz (ICN-MHN).

## BOYACA

Guateque, 1840 m

Hembras criadas. Sep 07 1977, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

Pupas. Sep 13 1977, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

## CUNDINAMARCA

Vía Albán-Sasaima (km 90-91), 2095 m

Hembra criada, pupas y larvas. Ago 28 1993, col: C. Moreno y P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Albán-Sasaima, Las Mercedes, río Guane, finca Mochuelo, 1580 m

Hembras y machos criados. Sep 25 1993, col: P. Muñoz y S. Chiguasuque (ICN-MHN).

Guayabal de Siquima, río Siquima, 1690 m

Pupas y larvas. Feb 15 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Feb 06 1993, col: P. Muñoz y R. Miranda (ICN-MHN).

Hembra, machos, pupas, larvas. Ago 28 1993, col: P. Muñoz y S. Chiguasuque (ICN-MHN).

Zoológico Santa Cruz, adelante del salto del Tequendama, 1880 m

Pupas. Abr 06 1991, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Hembras criadas. Mar 27 1993, col: P. Muñoz y M. Wolff (ICN-MHN)

Choachí, quebrada de Guaza, 1920 m

Pupas y larvas. Oct 23 1993, col: C. Moreno (ICN-MHN).

Ubaque, río El Palmar, 1760 m

Pupas. Oct 23 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Chipaque-Cáqueza, Munar, río Une, 1950 m

Hembras y machos criados, pupas y larvas. Nov 19 1993, col: S. Chiguasuque y P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía San Francisco- La Vega, río Cañas, 1560 m

Machos criados. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía San Francisco-La Vega, río Tabacal, puente Carlos Lleras Restrepo, 1160 m

Pupas, larvas. Oct 05 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

San Francisco, río San Miguel, 1480 m

Larvas. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

La Vega, finca El Cortijo, 1230 m

Hembras criadas. Abr 13 1990, col: M. Bueno (ICN-MHN).

Machos criados. Abr 13 1990, col: M. Bueno (ICN-MHN).

Pupas. Abr 13 1990, col: M. Bueno (ICN-MHN).

## QUINDIO

Finca entre Montenegro y Armenia, 1250 m (Guttman, 1970).

## VALLE

La María (Hacienda entre el río Dagua y el río Bitaco), 1400-1500 m (Sanmartín et al., 1973)

Atuncela, 900 m (Sanmartín et al., 1973). 700-900m (Guttman, 1970).

Cisneros, 400 m (Guttman, 1970).

*Simulium (Hemicnetha) pulverulentum* Knab

*Simulium pulverulentum* Knab, 1915: 177

DISTRIBUCION : BELIZE, COLOMBIA, EL SALVADOR, GUATEMALA, HONDURAS, MEXICO, NICARAGUA, PANAMA, VENEZUELA.

## CALDAS

La Victoria, 630 m

Pupas. Feb 22 1992, col: P. Parra y M.C. Angulo (ICN-MHN).

*Simulium (Hemicnetha) rubrithorax* Lutz

*Simulium rubrithorax* Lutz, 1909: 132.

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, GUAYANA, VENEZUELA.

**META**

Guacavía, Caibé, Caney, La Floresta, Los Medios y Sardinata, municipio de Restrepo, 600 m (Antunes, 1937).

El Retiro, margen izquierda río Guatiquía, > de 600 m (Antunes, 1937)

Hembras. Dic 12 1934- Mar 30 1935.

*Simulium (Hemicnetha) seriatum* Knab

*Simulium seriatum* Knab, 1914 : 81

*Trichodagmia latidigitus* Enderlein, 1936: 129.

DISTRIBUCION: BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU, VENEZUELA.

**BOYACA**

Muzo (Vargas, 1945)

Hembra, col: Prof. Thieme (Museo de Berlín).

**VALLE**

Anchicayá (Coscarón, 1987).

*Simulium (Hemicnetha) virgatum* Coquillett

*Simulium virgatum* Coquillett, 1902: 97

*Simulium cinereum* Bellardi, 1859 :13

*Simulium tephrodes* Speiser, 1904 : 148

*Simulium hippovorom* Malloch, 1914 : 28

*Simulium rubicundulum* Knab, 1914 : 178

*Simulium chiapanense* Hoffmann, 1930 : 295

DISTRIBUCION : COLOMBIA, GUATEMALA, MEXICO, PANAMA.

**CUNDINAMARCA**

Fusagasugá, 1728 m (Osorno-Mesa, informe inédito).

*Simulium (Inaequalium) subnigrum* Lutz

*Simulium subnigrum* Lutz, 1910: 239

*Simulium diversifurcatum* Lutz, 1910 : 258

*Simulium mbarigui* Coscarón & Wygodzinsky, 1973: 142.

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, PARAGUAY, TRINIDAD, VENEZUELA.

**META**

Restrepo. (Porto, 1940; Vargas, 1945; Vulcano, 1967)

Ene 6 1935 , col: S. F. A.

*Simulium (Notolepria) exiguum* Roubaud

*Simulium exiguum* Roubaud, 1906: 108

*Simulium glaucophthalmum* Knab, 1914: 123

*Simulium delpontei* Paterson & Shannon, 1927: 742

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, GUATEMALA, MEXICO, PANAMA, PERU, VENEZUELA.

**ANTIOQUIA**

Barbosa, corregimiento El Hatillo, hacienda El Progreso, 1400 m

Hembras. Jul 12 1977, col: P. Muñoz y M. Bueno (ICN-MHN).

**BOYACA**

Guateque, 1840 m (Osorno-Mesa, informe inédito).

Toguí, 1650 m (Osorno-Mesa, informe inédito).

Río Ubasá (Osorno-Mesa, informe inédito).

**CAUCA**

Río 20 km al N de Piendamó (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

1 macho criado con su exuvia. Ago 24 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Santander de Quilichao, quebrada Quinamayo, 1000 m

Pupas. Abr 13 1993, col: M. Barreto (ICN-MHN).

Hembras y machos farate, larvas. Febrero 18 1994, col: P. Muñoz y M. Barreto (ICN-MHN).

San Antonio-López de Micay, río Micay, 90 m

Hembras picando, pupas. May 16 1977, col : P. Muñoz (ICN-MHN). Hembras picando. Ago 23, 25 1977, Mar 13, 15 1978, Oct 10 1978, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

San Antonio-López de Micay, quebrada Nayita, 90 m

Hembras picando. Ago 21 1977, Mar 14 1978, col: V. Ochoa (ICN-MHN).

**CESAR**

Valledupar, 1000 -1500 ft (Lewis & Lee Potter, 1964; Shelley et al., 1989)

2 hembras. Ene 15 1963, col: Lee-Potter (BMNH).

Meollaca, municipio de Valledupar, 10.500 ft (Lewis & Lee Potter, 1964; Shelley et al., 1989)

1 hembra. Dic 22 1963, col: Lee-Potter (BMNH).

**CHOCO**

Río Arquía, Pto Palacio, 200 m.

Machos, hembras, algunas hembras con exuvia, pupas. Feb 16 1978, col: M. Bueno (ICN-MHN)

**CUNDINAMARCA**

Vía Chipaque-Cáqueza, Munar, río Une, 1950 m

Hembras picando, gran número de hembras y machos criados y pupas. Nov 19 1993, col: P. Muñoz, R. Miranda, C. Moreno, S. Chiguasuque y R. Mena (ICN-MHN).

**GUAJIRA**

Palomino, río Jeréz (Osorno-Mesa, informe inédito).

**MAGDALENA**

Ariguaní, 1700-2000 ft (Lewis & Lee Potter, 1964; Shelley et al., 1989)

3 hembras. Dic 20 1963, col: Lee-Potter. (BMNH).

**META**

Restrepo (Porto, 1940; Vargas, 1945).

Col: S F A.

El Retiro (Forattini et al., 1971)

Hembras (FdeSPUSP).

**QUINDIO**

Finca entre Montenegro y Armenia, 1250 m (Guttman, 1972)

Hembras en cebo animal y humano.

Armenia, 1200 m (Guttman, 1970, 1972).

**SANTANDER DEL NORTE**

Río Peralonso, bocas río San Miguel (Osorno-Mesa, informe inédito).

**VALLE**

La María (Hacienda entre el río Dagua y el río Bitaco), 1400-1500 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 900 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 700-900 m (Guttman, 1972)

Hembras cebo animal y humano.

Atuncela (Shelley et al., 1989)

NOTA: En la publicación dice Tunselas debe ser leído como Atuncela.

Mar 16 1977, col: J. Ardila (BMNH).

Dagua al N, 1200 m (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

1 macho criado con su exuvia. Ago 26 1967, col: P y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Saladito-Anchicayá, 500-1000 m (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

1 macho criado con su exuvia. Ago 19 1967, col: P y B. Wygodzinsky (AMNH).

Cisneros, 60 km NO de Cali, río Dagua, 400 m (Guttman, 1970 y 1972)

Hembras cebo animal (caballo y vaca) y humano.

Valle río Pance, hacienda San Pedro, 1400m (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

NOTA: En la publicación dice Cauca, debe ser leído como Valle

1 hembra. Ago 22 1967, col: P y B. Wygodzinsky (MLP).

Valle río Pance, 1250 m (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

10 hembras y 5 machos criados con sus respectivas exuvias. Ago 22 1967, col: P y B. Wygodzinsky (AMNH).

Río Pance, 1000 m (Guttman, 1970).

Cali, 995 m

Hembra. Ene 28 1977, col: M A Tidwell (ICN-MHN).

Pichindé, 1700 m (Coscarón y Wygodzinsky, 1974)

1 macho con exuvia de la pupa, Ago 28 1967, col: P y B. Wygodzinsky (AMNH).

***Simulium (Psaroniocompsa) incrustatum* Lutz**

*Simulium incrustatum* Lutz, 1910: 243

*Psaroniocompsa opalinifrons* Enderlein, 1934: 192

*Simulium opalinifrons* Coscarón & Wygodzinsky, 1973: 161

*Simulium yarzabali* Ramírez-Pérez, 1980: 66.

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, PARAGUAY, VENEZUELA.

**GUAJIRA**

Fómecca, río Caña, 1800 m (Osorno-Mesa, informe inédito).

**META**

Guacavía, Caibe, Caney, La Floresta, Los Medios y Sardinata, municipio de Restrepo, 600 m (Antunes, 1937).

El Retiro, margen izquierda río Guatiquía, mayor de 600 m (Antunes, 1937)

Hembras. Dic 12 1934- Mar 30 1935.

Caño de los Micos, municipio de San Juan de Arama (Osorno-Mesa, informe inédito).

*Simulium (Psaroniocompsa) jujuyense* Paterson & Shannon

*Simulium jujuyense* Paterson & Shannon, 1927: 739

*Psaroniocompsa mendozana* Enderlein, 1936: 123

*Simulium hoffmanni* Vargas, 1943: 138

DISTRIBUCION : ARGENTINA, BOLIVIA, COLOMBIA, ECUADOR, PERU.

**CUNDINAMARCA**

Fusagasugá (Osorno-Mesa, informe inédito).

*Simulium (Psaroniocompsa) schmidtummi* Wygodzinsky

*Simulium (Psaroniocompsa) schmidtummi* Wygodzinsky, 1973b: 1

DISTRIBUCION : COLOMBIA.

**BOYACA**

Páramo de Tota, costado W, 3400 m (Wygodzinsky, 1973b)

**Holotipo** : macho. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

**Alotipo** : hembra. idem holotipo.

**Paratipos**: 8 machos, 22 hembras todos criados con sus respectivas exuvias, varias pupas y larvas.

Pupas y larvas. 3450 m. Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

Cerca al lago de Tota, 3050 m (Wygodzinsky, 1973b)

Pupas y larvas Jul 08 1967, col: P. y B. Wygodzinsky y E. Schmidt-Mumm (AMNH).

Aquitania, 3220 m

Pupas. Mar 28 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

Larvas. Mar 21 1989, col: J. Campos (ICN-MHN).

## CUNDINAMARCA

Buenos Aires, La Siberia, W de la calera, vía Páramo El Palacio 3050 m (Wygodzinsky, 1973b)

**Paratipos** : 6 machos criados , 6 hembras criadas , pupas y larvas. Jul 17 1967, col: P. y B. Wygodzinsky. (AMNH ).

Pupas. Ago 26 1969, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Vía Bogotá-Choachí, 3100 m (Wygodzinsky, 1973b)

**Paratipo**: 1 hembra criada. Jul 13 1967. col P. y B. Wygodzinsky (AMNH) .

1 pupa. 3250 m .Jul 13 1967, col: P.y B. Wygodzinsky (AMNH).

La Calera, río Teusacá, 3025m

Pupas. Nov 16 1976, col : L. Moncada (ICN-MHN).

Páramo de Chisacá, río Chisacá, hacienda El Hato, 3150 m

Macho farate. Ene 23 1989, col: J Campos (ICN-MHN).

Vía Sibaté-Aguadita, quebrada a mano izquierda (km 31 y 32), 2610 m

Hembra criada. Feb 20 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

*Simulium (Psilopelmia) callidum* (Dyar & Shannon)

*Simulium callidum* (Dyar & Shannon, 1927: 12)

*Simulium mooseri* (Dampf, 1928: 127).

DISTRIBUCION: BELICE, GUATEMALA, MEXICO.

## CAUCA

La Custodia

Hembra. Nov 18 1976, col y det : M. A. Tidwell (ICN-MHN).

## QUINDIO

Finca entre Montenegro y Armenia, 1250 m (Guttman, 1972).

Hembras en cebo animal.

## VALLE

Río Pance, 1000-1500 m (Guttman, 1970).

Río Pance, 995 m

Hembra. Ene 16 1977, col y det : M A Tidwell (ICN-MHN).

Vía Cali-Buenaventura, río Anchicayá, 230 m (Guttman, 1970, 1972).

La María (Hacienda entre el río Dagua y el río Bitaco), 1400-1500 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 900 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 700-900 m (Guttman, 1970, 1972)

Hembras cebo animal y humano.

Cisneros, 60 km NO de Cali, río Dagua, 400 m (Guttman, 1972)

Hembras cebo animal (caballo y vaca) y humano.

N de Dagua, 1200 m (Coscarón et al., en prensa)

1 hembra, 1 macho, pupas. Ago 26 1967, col : P. y B. Wygodzinsky (MLP).

*Simulium (Psilopelmia) escomeli* Roubaud

*Simulium escomeli* Roubaud, 1909: 428

*Simulium rufidorsum* Enderlein, 1934: 283

DISTRIBUCION : COLOMBIA, CHILE, ECUADOR, PERU.

Shelley et al. (1989) hacen referencia a que esta especie es común en la cordillera de los Andes en Perú, Chile y Colombia (Knab, 1914a; Wygodzinsky, 1971, colecciones del BMNH, INHMT).

*Simulium (Psilopelmia) haematopotum* Malloch

*Simulium haematopotum* Malloch, 1914: 62

*Simulium boydi* De León, 1945 : 75

DISTRIBUCION : CUBA, COLOMBIA, GUATEMALA, GUIANA, MEXICO, NICARAGUA, PUERTO RICO, VENEZUELA.

NOTA : Tanto Coscarón (1987) como Maes (1990) señalan la especie para Colombia sin suministrar datos de localidad.

*Simulium (Psilopelmia) quadrivittatum* Loew

*Simulium quadrivittatum* Loew, 1862: 186

*Wilhelmia mallochi* Enderlein, 1925: 208

*Simulium fairchildi* Vargas, 1942: 458

DISTRIBUCION : BELIZE, COLOMBIA, COSTA RICA, CUBA, ECUADOR, JAMAICA, MEXICO, NICARAGUA, PANAMA, PUERTO RICO, VENEZUELA.

## CHOCO

El Tigre (Shelley et al., 1989)

1 hembra. Oct 1959, col: P.C.C. Garnham (BMNH).

*Simulium (Psilopelmia) samboni* Jennings

*Simulium samboni* Jennings, 1915: 199

*Simulium colvini* Dalmat, 1952: 343

*Simulium santaelenae* Ramírez-Pérez & Peterson, 1981: 161 (Syn. n. Sheley et al., 1984)

DISTRIBUCION: COLOMBIA, GUATEMALA, MEXICO, NICARAGUA, PANAMA, VENEZUELA.

## GUAJIRA

Riohacha, río Jeréz o río Dibulla (Osorno-Mesa, informe inédito).

***Simulium (Simulium) mattebranchium* Anduze*****Simulium mattebranchium* Anduze, 1947: 374**

DISTRIBUCION: COLOMBIA, VENEZUELA.

**CUNDINAMARCA**

Zoológico Santa Cruz, adelante del salto del Tequendama, 1880 m

Hembra criada. Abr 06 1991, col: C Moreno (ICN-MHN).

Macho criado. Abr 06 1991, col: C Moreno (ICN-MHN).

Pupas. Abr 06 1991, col: R Miranda (ICN-MHN). Mar 24 1992, col: R Miranda (ICN-MHN).

Vía Albán-Sasaima (km 90-91), 2095 m

Macho criado. Ago 28 1993, col: P Muñoz (ICN-MHN).

Hembra criada. Abr 16 1994, col: C. Moreno (ICN-MHN).

***Simulium (Simulium) metallicum* Bellardi*****Simulium metallicum* Bellardi, 1859: 14*****Simulium riveti* Roubaud, 1906: 108*****Simulium nitidum* Malloch, 1912: 652*****Simulium versicolor* Lutz & Nunez Tovar, 1928: 47*****Simulium avidum* Hoffmann, 1930: 51**

DISTRIBUCION: COLOMBIA, COSTA RICA, ECUADOR, JAMAICA, MEXICO, NICARAGUA, PANAMA, PERU, TRINIDAD, VENEZUELA.

**ANTIOQUIA**

Río Medellín, en la región N del valle de Aburrá (Homan et al., 1985)

Hembras capturadas en cebo animal (caballo).

Medellín, vereda Las Palmas

Pupas y larvas. Oct 25 1992, col: N. A. Robledo y S. Orduz (ICN-MHN).

**CAUCA**

Paniquita, 20 km N de Popayán, 2000 m (Guttman, 1970).

Silvia, 2500 m (Guttman, 1970).

**CESAR**

Donacui, 4700 ft (Lewis &amp; Lee-Potter, 1964)

1 hembra. Dic 22 1963, col: Lee-Potter.

Ariguani 4700 ft (Lewis &amp; Lee-Potter, 1964)

Hembra. Dic 20 1963, col: Lee-Potter.

**CUNDINAMARCA**

3 km N de Albán, Finca San Pablo, 1800 m (Wygodzinsky, 1971)

Machos y hembras criados, larvas y pupas. Ago 01-12 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

2 km SE de Albán, 2400 m (Wygodzinsky, 1971)

Machos y hembras criados, pupas y larvas. col: P. y B. Wygodzinsky, E. Schmidt-Mumm (AMNH).

Albán, quebrada Garbanzal, 2100 m

Machos y hembras criados. Feb 15 1992, Feb 06 1993, Mar 13 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Hembras cebo humano, Feb 15 1992, Mar 13 1993, col: P. Muñoz y R. Miranda (ICN-MHN).

Pupas. Mar 13 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Albán-Sasaima (km 90-91), 2095 m

Hembras criadas. Feb 06 1993, Mar 13 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos criados. Feb 06 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Pupas. Feb 06 1993, Ago 28 1993, col: P. Muñoz y S. Chiguasuque.

Larvas. Feb 06 1993, col: P. Muñoz y R. Miranda (ICN-MHN).

Vía Albán- Sasaima, Las Mercedes, río Guane, finca Mochuelo, 1580 m

Hembras cebo humano. Sep 25 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Guayabal de Siquima, río Siquima, 1690 m

Machos criados. Feb 15 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Machos farate, pupas. Feb 06 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Aguadita, río Barro Blanco, 1930 m

Machos criados. May 18 1991, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. Abr 21 1992, Mar 27 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Macho criado. Feb 20 1993, col: R. Miranda (ICN-MHN).

Fusagasugá, 1735 m

Hembras, cebo humano. Ene 17 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN). Nov 23 1979, col: L. Moncada y M. Bueno (ICN-MHN).

Machos criados. Ene 17 1975, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Larvas. May 22 y 23 1977, col: M. F. Suárez (ICN-MHN).

Zoológico Santa Cruz, adelante del salto del Tequendama, 1880 m

Hembras criadas. Abr 06 1991, col: R. Miranda y C. Moreno (ICN-MHN). Jun 04 1991, col: C. Moreno (ICN-MHN). Mar 14 1992, Mar 27 1993 col: R. Miranda y P. Muñoz (ICN-MHN).

Machos criados. Mar 14 1992, col: R. Miranda (ICN-MHN).

3 km sur de Chipaque, 2400 m (Wygodzinsky, 1971)

Larvas, pupas y numerosos machos criados y hembras. Jul 30 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

5 km W de Cáqueza, vía Choachí-Villavicencio, 2100 m (Wygodzinsky, 1971)

Machos y hembras criados, larvas y pupas y hembras picando humano, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Ubaque, río El Palmar, 1760 m

7 hembras cebo humano. Oct 23 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía Chipaque-Cáqueza, Munar, río Une, 1950 m

5 hembras picando, 1 macho criado, pupas. Nov 19 1993, col: P. Muñoz y R. Mena (ICN-MHN).

San Francisco, río San Miguel, 1480 m  
Hembras picando. Abr 27 1992, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Vía San Francisco- La Vega, río Tabacal, puente Carlos Lleras Restrepo, 1160 m  
6 hembras picando. Oct 05 1993, col: P. Muñoz (ICN-MHN).

Caphipay, desembocadura laguna Verde, 1600 m  
Pupas y larvas: Ene 22 1994, col: R. Miranda (ICN-MHN).

## HUILA

Pitalito, quebrada Charguayaco  
Pupas, larvas. Sep 28 1993, col: C. Moreno (ICN-MHN).

## MAGDALENA

Ariguaní, 1700-2000 ft (Lewis y Lee Potter, 1964)  
1 hembra. Dic 20 1963, col: Lee-Potter.

## QUINDIO

Finca entre Montenegro y Armenia, 1250 m (Guttman, 1970, 1972)  
Hembras en cebo animal (caballo, vaca) ; en cebo humano.

## VALLE

Valle río Pance, 1250-1400 m (Wygodzinsky, 1971)  
Larvas, pupas, machos y hembras criados. Ago 22 1967, col: P. Wygodzinsky y P. Barreto (AMNH).

Río Pance, 1000-1500 m (Guttman, 1970, 1972).

Vía Saladito-Dagua, vertiente W, 1600 m (Wygodzinsky, 1971)  
Pupas y 1 hembra criada. Ago 26 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

El Queremal, 1450 m (Wygodzinsky, 1971)  
Larvas, pupas, numerosos machos y hembras criados. Ago 19 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

10 km W de Delfina, 400 m (Wygodzinsky, 1971)  
Pupas. Ago 26 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

Pichindé 1700 m (Wygodzinsky, 1971)  
Pupas. Ago 28 1967, col: P. y B. Wygodzinsky (AMNH).

La María (Hacienda entre el río Dagua y el río Bitaco), 1400-1500 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 900 m (Sanmartín et al., 1973).

Atuncela, 700-900 m (Guttman, 1970)  
Hembras cebo animal y humano.

Cisneros, 60 km NO de Cali, río Dagua, 400 m (Guttman, 1970, 1972)  
Hembras cebo animal (caballo y vaca) y humano.

*Simulium (Simulium) violacescens* (Enderlein)

*Odagmia violacescens* Enderlein, 1934: 285

DISTRIBUCION : COLOMBIA, MEXICO.

## MAGDALENA

Sierra de San Lorenzo (Vargas, 1945)  
Hembra. Mar 1912. Museo de Budapest.

*Simulium (Thyrsopelma) orbitale* Lutz

*Simulium orbitale* Lutz, 1910

DISTRIBUCION: ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA, PARAGUAY.

## GUAJIRA

Río Jeréz (Osorno-Mesa, informe inédito).

Especie sin asignación subgenérica

*Simulium tarsatum* Macquart

*Simulium tarsatum* Macquart, 1846: 20

DISTRIBUCION: COLOMBIA.

Nouvelle Grenada (Vargas, 1945; Vulcano, 1967)

**Holotipo:** macho, se encuentra en la colección de Bigot, según Macquart.

## Agradecimientos

El poder elaborar esta publicación se debe, en parte, al trabajo realizado con la ayuda financiera de Colciencias y la Universidad Nacional, a estas Instituciones mi más profundo reconocimiento. Por otra parte, deseo agradecer a los Biólogos Ligia Inés Moncada, Martha Lucía Bueno, Daniel Rafael Miranda, Jairo Campos, Xatlf Martínez, Antonio Mejía, Claudia Moreno, Victoria Acero y Libia Hernández que como estudiantes haciendo sus trabajos de grado, colectaron y, en algunos casos, montaron el material. A los estudiantes Sandra Chiguasque, Ramón Mena y Lourdes Arteaga por la colaboración en el trabajo de campo y muy especialmente al señor Fredy Castellanos por el montaje de los diferentes estados de desarrollo de los simúlidos.

## Bibliografía

- Antunes, P. C. A. 1937. Informe sobre una investigación entomológica realizada en Colombia. Revista Facultad de Medicina, Bogotá 6 (2) : 65-87.
- Barreto, P. 1969. The species of black flies found in Colombia (Diptera: Simuliidae). Journal of the New York Entomological Society LXXVII (1) : 31-35.
- , Trápido, H. & V H Lee. 1971. Oncocercosis en Colombia. Hallazgos Entomológicos en el primer foco observado. Acta méd. Valle II (2) : 61-64.
- Briceño Iragorry, L. 1946. Breve nota acerca de simúlidos colombianos. Revista Facultad de Medicina, Bogotá 15 (3) 209-210.

- \_\_\_\_\_ & I. Ortíz. 1957. Los simúlidos de Venezuela. (Importancia médica. Morfología y Sistemática. Distribución geográfica). Boletín Venezolano de Laboratorio Clínico II (1-2) : 23-57.
- Bueno, M. L., Moncada, L. & P. Muñoz de Hoyos. 1979. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. I. Nueva especie de *Simulium* (*Hemicnetha*). *Caldasia* 12 (6) : 583-594.
- Correa, N. & J. Moreno. 1982. Nuevos datos sobre *Simulium paynei* Vargas, 1942 en Antioquia-Colombia. *Actualidades biológicas* 11 (40) : 58-66.
- Coscarón, S. 1984. Revisión del subgénero *Simulium* (*Ectemnaspis*) Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). *Rev. Soc. Ent. Arg.* 43 : 283-325.
- \_\_\_\_\_ 1987. El género *Simulium* Latreille en la región neotropical : Análisis de los grupos supraespecíficos, especies que lo integran y distribución geográfica (Simuliidae, Diptera). *Museu Paraense Emilio Goeldi*. 111pp.
- \_\_\_\_\_ 1990. Taxonomía y distribución del subgénero *Simulium* (*Ectemnaspis*) Enderlein (Simuliidae, Diptera, Insecta). *Iberingia, Sér. Zool., Porto Alegre* (70) : 109-170.
- \_\_\_\_\_ & P. Wygodzinsky. 1974. Notas sobre simúlidos neotropicales. V. Aportes para el conocimiento del subgénero *Simulium* (*Notolepria*) Enderlein (Diptera-Simuliidae). *Rev. Soc. Ent. Arg.* 34 (3-4) : 277-288.
- \_\_\_\_\_ & V. Py-Daniel. 1989. Tres especies nuevas de *Simulium* Latreille de la región neotropical : *Simulium* (*Hemicnetha*) *crystalinum* sp. n., (*Grenieriella*) *wygodzinskyorum* sp. n. y *sumapazense* sp. n. (Diptera:Simuliidae). *Rev. Saúde públ., S. Paulo* 23 (4) : 313-321.
- \_\_\_\_\_, Ibañez-Bernal, S. & C. Coscarón-Arias. En prensa. Revisión del subgénero *Simulium* (*Psilopelmia*) Enderlein en la región neotropical y análisis cladístico de sus especies (Diptera : Simuliidae).
- Crosskey, R. W. 1987. An annotated checklist of the world black flies (Diptera:Simuliidae). Pp 423- 520, in Kim, K. C. and Merritt, R. W. (Eds), *Black flies: ecology, population management and annotated world list*, xv + 528pp. Pennsylvania State University, University Park & London.
- Dunn, L.H. 1929. Notes on some insects and other arthropods affecting man and animals in Colombia. *Am. J. Trop. Med.* 9 : 493-508.
- Forattini, O. P., Rabello, E. X. & M Cotrim. 1971. Catalogo das colecoes entomológicas da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de Sao Paulo (1ª serie). Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae. *Rev. Saúde públ., S. Paulo* 5 : 301-366.
- Guttman, D. 1970. Biting activity and breeding of black flies (Diptera: Simuliidae) in selected localities of Colombia. Tulane University, Pb. D. Thesis.
- \_\_\_\_\_ 1972. The biting activity of black flies (Diptera: Simuliidae) in three types of habitats in western Colombia. *J. Med. Ent.* 9 (5) : 269-276.
- Homan, E. J., Zuluaga F. N., Yuil, T. M. & H. Lorbacher de R. 1985. Studies on the transmission of Venezuelan equine encephalitis virus by Colombian Simuliidae (Diptera). *Am. J. Trop. med. Hyg.* 34 (4) : 799-804.
- Knab, F. 1915. Some new neotropical Simuliidae. *Bulletin of Entomological Research* 6 : 279-282.
- Lewis D. J. & J. P. Lee-Potter. 1964. Simuliidae (Diptera) from the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Annals and Magazine of Natural History. Ser 13, 7* : 95-100.
- Maes, J. M. 1990. Catálogo de los Diptera de Nicaragua. 7. Simuliidae (Nematocera). *Rev. Nica. Ent.* 14B : 19-22.
- Moncada, L., Muñoz de Hoyos, P. & M. L. Bueno. 1981. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. III. Descripción de una nueva especie de *Gigantodax* Enderlein, 1925. *Caldasia* 13 : 301-311.
- Muñoz de Hoyos, P., Bueno, M. L. & L. Moncada. 1982. Simuliidae (Insecta: Diptera) de Colombia. II. Especies de simúlidos registradas en Colombia. *Scientiae* 1 (2) : 141-146.
- Osorno-Mesa, E. Informe inédito del Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud.
- Petersen, J. L. 1985. *Mayacnephia fortunensis* (Diptera:Simuliidae), a new black fly species from Panama. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 87 (1) : 80-84.
- Porto, C. E. 1940. Simuliídeos da regio Neotropical. *Laboratorio de Parasitología do Instituto de Higiene de Sao Paulo* 1 (12) : 383-385.
- Py-Daniel, V. 1983. Caracterizacao de dois novos subgeneros em Simuliidae (Diptera: Culicomorpha) Neotropical. *Amazoniana* 8 (2) : 159-223.
- Sanmartín, C., Mackenzie, R. B., Trapido, H., Barreto, P., Mullenax, C. H., Gutierrez, E. & C. Lesmes. 1973. Encefalitis equina venezolana en Colombia, 1967. Serie de monografías científicas y técnicas C. P. Z. - 4. Oficina Sanitaria Panamericana, oficina regional de la Organización Mundial de la Salud.
- Shelley, A. J. & A. P. A. Luna Dias. 1980. *Simulium argentscutum* sp. nov. (Diptera: Simuliidae), a member of the *S. amazonicum* -group of species : description of adults, pupa and larva. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* 75 (3-4) : 105-111.
- \_\_\_\_\_, Pinger, R. R. & M. A. P. Moraes. 1982. The taxonomy, biology and medical importance of *Simulium amazonicum* Goeldi (Diptera: Simuliidae), with a review of related species. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology series* 44 (1) : 1-29.
- \_\_\_\_\_, Luna Dias, A. P. A. & M. Maia-Herzog. 1984. New specific synonymy in neotropical *Simulium* s.l. (Diptera:Simuliidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* 79 (2) : 143-161.
- \_\_\_\_\_, Arzube, M. & C. A. Couch. 1989. The Simuliidae (Diptera) of the Santiago onchocerciasis focus of Ecuador. *Bull. Br. nat. Hist. (Ento.)* 58 (1) : 79-130.
- Tidwell, M.A., Tidwell, M.A. & B. V. Peterson. 1981a. A redescription of the female of *Simulium sanguineum* Knab and redescrptions of the male, pupa and larva (Diptera: Simuliidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 83 (1) : 13-27.
- \_\_\_\_\_, Peterson, B. V., Ramirez-Pérez, J., Tidwell, M. de & L. A. Lacey. 1981b. Notas y claves preliminares de los jejenes neotropicales pertenecientes a los grupos *Simulium amazonicum* y *S. sanguineum* (Diptera: Simuliidae) incluyendo los vectores de *Onchocerca volvulus* y *Mansonella ozzardi*. *Boletín de la Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental* 21 (2) : 79- 89.
- Vargas, L. 1945. Simúlidos del Nuevo Mundo. Monografía No. 1 del Instituto de Salubridad y enfermedades tropicales. México. 241pp.
- \_\_\_\_\_ & A. Diaz Nájera. 1951. Nota sobre la sistemática y morfología de los simúlidos. *Rev. Soc. Méx. Hist. Nat.* 12 : 123-172 in Barreto 1969.
- Vulcano, M.A. 1967. A catalogue of the Diptera of the Americas South of the United States. Dep. de Zool., Secretaria da Agricultura, Sao Paulo. 10-VII-1963 : 16.1- 16.43.

- World Health Organization. 1979. Report of an informal workshop on the taxonomy of South American Simuliidae of medical importance. Unpublished document. TDR/FIL/79.1.39pp (mimeografiado). in Shelley, A. J., Pinger, R. R. & M. A. P. Moraes. 1982.
- Wygodzinsky, P. 1971. Descriptions and redescrptions of species of the blackfly genus *Simulium* from the northern Andes (Simuliidae, Diptera). Am. Mus. Novitates (2447) : 1 - 38.
- \_\_\_\_\_. 1973a Diagnoses of new species of *Gigantodax* . Enderlein (Simuliidae, Diptera) from the northern Andes. J. N. Y. Entom. Soc. 81 (4) : 234 - 246.
- \_\_\_\_\_. 1973b. A black fly of the subgenus *Simulium* (*Psaroniocompsa*) from the high Andes of Colombia. Am. Mus. Novitates (2513) : 1 - 11.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1982. Description of three unusual species of the black fly subgenus *Simulium* (*Ectemnaspis*) from the Andes of Colombia (Diptera, Simuliidae). Am. Mus. Novitates (2736) : 1-13.
- \_\_\_\_\_. & S. Coscarón. 1989. Revision of the black fly genus *Gigantodax* (Diptera: Simuliidae). Bulletin of the American Museum of Natural History (189), 269 pp.
- Zuluaga, F. N. & T. M. Yuil. 1979. Feeding and maintenance of *Simulium exiguum* (Diptera: Simuliidae) in the laboratory. J. Med. Entomol. 16 : 71-75.

# MISCELANEAS ORNITOLOGICAS

por

Alvaro Torres Barreto

## Resumen

Torres Barreto, A: Misceláneas Ornitológicas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (73): 439-442, 1994. ISSN 0370-3908.

Se suministran datos relativos al comportamiento en cautiverio de *Anima cornuta* (Anhimidae), al régimen alimenticio de *Turdus fuscater gigas* en el ámbito urbano de Bogotá y a la adaptación al ambiente urbano de *Zenaida auriculata pentheria*.

## Abstract

Data related to the captivity behavior of *Anima cornuta* (Anhimidae), the diet of *Turdus fuscater gigas* (Turdidae) in the urban zone of Bogotá and the urban adaptation of *Zenaida auriculata* (Columbidae) are presented.

### 1. Comportamiento en cautiverio de *Anima cornuta*

Haber sido depositario por cerca de tres años de un ejemplar de *Anima cornuta* que recibí muy joven del Instituto de Recursos Naturales Renovables, — Inderena— individuo procedente del Caquetá, sin localidad precisa, me permitió hacer algunas observaciones novedosas sobre esta Anhimidae, una de las aves más grandes de la avifauna colombiana, conocida vulgarmente como carrao, camungo y aruco en los Llanos Orientales y como buitre de ciénaga en el Valle del Cauca y la Amazonia.

El ejemplar observado era tan joven que aún conservaba vestigios del plumón y tanto rémiges como rectrices aún no habían terminado su desarrollo. Su condición física era muy precaria. Como herbívoro que es, tan pronto lo recibí puse a su alcance hortalizas de hoja ancha —lechuga, acelga y espinaca— de las cuales manifestó preferencia por la acelga, planta de la cual inicialmente llegó a consumir cerca de un kilogramo por día aunque también comía espinacas y lechugas pero con menos gusto, y hojas tiernas —las interiores— del repollo, pero únicamente cuando estaba hambriento. De las acelgas desechaba las raíces y su habilidad para deglutir las hojas era notable y recordaba en su manera de recogerlas a un ganso.

Las deyecciones de *A. cornuta* no son como en las demás aves una mezcla de orina y materia fecal, sino que son expulsados por aparte. Los excrementos son de color y aspecto semejantes a los de los vacunos, pero con la consistencia y forma de los de las gallinas.

El ave observada estuvo reclusa en un corral de malla de 3x4 metros pudiéndose comprobar que no defecaba sino en un lugar determinado del corral, donde al cabo de algunos días se formaba un montón de estiércol.

Frecuentemente se sacaba al ejemplar de su reclusión para que anduviera por el amplio solar que está pradizado con *Tradescantia multiflora* (sw) planta que apetecía mucho e inclusive con la cual se alimentaba cuando no disponía de hortalizas. Por lo regular al arrearla entraba fácilmente al corral, pero a veces había necesidad de cogerla en un rincón para recluirla; cuando hacía intentos por volar vino a descubrirse que *Anima cornuta* puede inducir a voluntad, un enfisema subcutáneo que aumenta notablemente su volumen, lo cual le permite iniciar el vuelo con una facilidad sorprendente, en comparación con otras aves de una talla similar que necesitan de un gran esfuerzo para comenzar el vuelo. Esta particularidad le permitía ascender casi verticalmente sin dificultad, hasta unos tres metros de altura pues su percha favorita era la rama de un ciprés que quedaba sobre el corral.

La voz de *Anima cornuta* es semejante al mugido de un vacuno, bastante gutural y aunque el ave es casi siempre silenciosa, cuando ve un ser extraño emite este sonido que es bastante sonoro, comportamiento que demuestra que reconocía perfectamente a las personas que la rodeaban.

El apéndice córneo de la cabeza y los espolones de las alas no comenzaron a aparecer sino después de cinco o seis meses, y su crecimiento fue muy lento; al comparar dichos apéndices con los de otros especímenes adultos de la misma especie, conservados en la colección ornitológica del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional, se puede ver que las estructuras córneas son de tal tamaño que comparativamente permiten suponer que dichas aves, en el momento de su captura, tenían una edad varias veces superior a la del individuo observado en cautiverio.

## 2. Comportamiento de *Turdus fuscater* en el ámbito urbano

La presencia de *Turdus fuscater gigas* se comenzó a notar en el ámbito urbano de Bogotá hace más de 50 años cuando se iniciaron las urbanizaciones residenciales en el nororiente de la ciudad, en las inmediaciones de los cerros.

- ¿Qué factores atrayeron a los jardines y prados de esas urbanizaciones al ave objeto de estas observaciones? Es difícil asegurarlo; posiblemente fueron las amplias zonas del prado en las cuales *T. fuscater* encontraba —lo mismo que hoy— larvas de escarabeidos y lombrices. Más tarde la arborización y sobre todo las plantas ornamentales con frutos, muy comunes en los jardines, determinaron que la especie se constituyera en un ave urbana, cuya adaptación al medio ciudadano ha producido algunas modificaciones en su comportamiento, diferentes a de sus congéneres del hábitat campestre.

*Turdus fuscater*, conocida por el vulgo como mirla negra o siote —en Boyacá— es un ave extremadamente suspicaz, comparable en este aspecto con *Coragyps atratus*, condición que indudablemente ha sido fundamental para lograr sobrevivir y adaptarse al medio ciudadano, cuando aun los principios de cultura ecológica eran desconocidos, y cualquier ave silvestre en el medio urbano era perseguida por niños y muchachos que usaban "caucheras", con lo cual disminuían las probabilidades de supervivencia para especies que no estuvieran dotadas de cualidades aptas para sobrevivir en un medio tan hostil, como es el caso de *Zonotrichia capensis* copetón o pinché. De *Turdus fuscater* puede decirse que adivina las malas intenciones de quien lo observe, pues si se le mira fijamente, huye de inmediato; en cambio, si no es tenida en cuenta, permanece tranquila e inclusive permanece a corta distancia de la gente que la ignora.

La actividad de la mirla negra se inicia antes del amanecer, cuando los machos se manifiestan con su canto, por cierto muy melodioso, para asegurar su dominio territorial; este canto que cuando la pareja no está nidando solamente se escucha antes de la alborada, durante la nidación se oye a cualquier hora, especialmente a media

mañana y por la tarde. Muchas veces se oye cantar a *T. fuscater* en pleno día en lugares con intenso movimiento de vehículos y personas, como en los parques y avenidas del sector de Chapinero, donde el ave permanece oculta en algún árbol.

La búsqueda de alimento la inicia *Turdus fuscater* apenas despunta el día; en época de luna nueva, cuando las noches son oscuras y es mayor el número de insectos que acuden a las luces del alumbrado público, es frecuente verla aprovechando la soledad de las calles a esa hora, para buscar, en el suelo en inmediación de postes y faroles, los insectos que allí se encuentran especialmente mariposas nocturnas y escarabajos o cucarrones.

También *T. fuscater* es gran consumidor de lombrices y larvas de coleópteros que detecta con mucha habilidad en los prados podados de los jardines y demás zonas verdes, sin que se haya podido establecer con seguridad si lo hace al oído o captando las vibraciones que esos invertebrados producen en el suelo al moverse. El hecho es que el ave recorre las zonas verdes saltando y súbitamente se detiene permaneciendo inmóvil, alerta y en actitud de escuchar y con el cuerpo erguido; después de unos dos o tres segundos salta nuevamente hasta llegar a un determinado lugar, donde con gran seguridad arranca el césped con el pico para extraer la lombriz o larva que ha detectado, a veces a una distancia de varios metros del lugar donde se detuvo anteriormente, distancia que puede llegar a más de tres metros. Para extraer sus presas hace con el pico excavaciones en forma de embudo hasta de cinco centímetros de profundidad por tres de diámetro en su boca, llegando a deteriorar un prado cuando el alimento es abundante. En la búsqueda de este recurso alimentario sólo se han observado machos adultos.

La mirla negra es predadora de nidos de *Zonotrichia capensis*, pues se come los huevos y los polluelos cuando aún no están plumados, también ataca los de *Diglosa carbonaria humeralis* ave muy común en el mismo hábitat urbano de *T. fuscater* y existe un registro de predación de un nido de *Sicalis flaveola* (J.M. Idrobo-com.pers.).

Con fundamento puede atribuirse a *T. fuscater* el control de población de *Zonotrichia capensis* y de *Diglosa carbonaria humeralis*, al menos en el norte de Bogotá, donde nadie persigue estos pajaritos. Creo que la desaparición de *Troglodytes aedon*, o cucarachero, que ha coincidido con el relativo auge de *T. fuscater* también podría atribuírsele, porque aunque no abundante, si era frecuente en los jardines, aunque dado el régimen alimenticio exclusivamente insectívoro de este pajarito, la popularización de plaguicidas en los jardines de los barrios residenciales puede también ser un factor que impida se oiga el bello canto que denuncia su presencia.

Dentro del régimen alimenticio de *T. fuscater* en la ciudad capital los frutos de *Prunus capuli* o cerezo, durante la época de fructificación constituyen un recurso importante. La fruta es deglutida entera y al cabo del proceso digestivo el endocarpio o hueso es regurgitado absolutamente limpio. Las mirlas visitan el árbol con frutos y comen unos pocos y luego se retiran para regre-

sar a comer nuevamente al menos después de una hora. En cada visita solamente he observado una pareja sola o con uno o dos de los hijos, cuando esta familia se va suele llegar otra, pero no he visto que estén comiendo al mismo tiempo más de cuatro ejemplares —una familia—. *T. fuscater* se ha constituido en diseminador de *Prunus capuli* que actualmente es común en los jardines del norte de la ciudad e inclusive en las zonas verdes de las calles.

Los frutos de *Pyracantha coccinea*, arbusto ornamental de origen mexicano, importado hace años y llamado vulgarmente "holly", ha influido favorablemente como alimento en el proceso de urbanización de *T. fuscater* (Fig. 1) debido a que fructifica prácticamente durante todo el año lo cual le hace muy apetecible para la mirla negra, la cual también come el fruto de *Bocconia frutescens*, hoy bastante común en los jardines bogotanos. Para comer esos frutos *T. fuscater* se cuelga de los racimos en posiciones casi acrobáticas. Otras frutas apetecidas por esta ave son los de *Lantana camara*, planta cuyo uso como decorativa se ha difundido mucho en los barrios residenciales del norte de Bogotá.

*Turdus fuscater* ya adaptada al hábitat urbano prefiere posarse en lo más alto de los edificios, que en las modernas urbanizaciones pueden superar los 12 pisos; este obligado esfuerzo ha hecho que desarrolle en su vuelo una capacidad para ascender no observada en sus congéneres del medio campestre y también que vuele a mayor altura que éstos cuando en sus desplazamientos recorre trayectos largos entre la cima de una y otra torre, mientras que en los campos no suele sobrepasar la altura que corresponde al arbolado de la Sabana y altiplano en general que nunca sobrepasa los 30 ó 40 metros.



Figura 1. *Turdus fuscater* sobre un arbusto de *Pyracantha coccinea*.

El vuelo de *Turdus fuscater* es muy característico pues aletea, luego cierra las alas y con el impulso avanza pero descendiendo ligeramente, para volver a aletear e impulsarse de nuevo ascendiendo un poco, repitiéndose el proceso descrito, lo cual se traduce en que su vuelo sea ondulante, cuando el ave va a llegar al lugar donde se posará descendiendo un poco para alcanzar al lugar elegido en ascenso. En su hábitat natural —el campestre— cuando vuela, frecuentemente emite un grito melancólico; en cambio en la ciudad es mucho más silenciosa y su grito, más prolongado y sin el tono ronco del de alarma, se oye en las últimas horas del atardecer cuando vuela hacia su dormitorio. Las antenas de televisión constituyen en la ciudad una de las perchas predilectas del *T. fuscater* citadino.

Como las observaciones sobre *Turdus fuscater* en el medio urbano se han adelantado durante más de 20 años y en el rural por cerca del doble de ese lapso, en lo que respecta a la ciudad, se ha comprobado que en algunas épocas del año la mirla negra en el sector nororiental de la ciudad casi llega a desaparecer hecho que permitiría suponer que las habían matado o perseguido hasta desterrarlas. No obstante al cabo de algún tiempo alrededor de dos meses reaparece el número habitual de especímenes que habían desaparecido. Esto permite conjeturar que seguramente por factores de orden alimentario, hay migraciones sectoriales hacia lugares donde haya más posibilidades de conseguir alimento o simplemente a dispersión abarcando áreas más amplias donde las condiciones sean más favorables. Durante 1992 se observó que esta desaparición temporal se presentó a partir del mes de junio y en agosto aún no ha reaparecido el número habitual de individuos en la zona de observación. Esto coincide con un tiempo muy seco.

De la prolongada observación se puede concluir que *Turdus fuscater* en el medio urbano tiene limitaciones en lo que a alimentación se refiere hecho que implica que aunque común, nunca llegará a ser en el hábitat citadino un ave con densidad numérica apreciable, y que precisamente por su régimen alimenticio, de hecho controla poblaciones de otras aves silvestres más pequeñas; no así en lo referente a *Zenaida auriculata pentheria* —pichona o paloma sabanera— ave cuya presencia es notable en la ciudad y cuyo incremento numérico en los últimos años se ha acentuado, y habitando y nidando en el territorio de *T. fuscater*. Todo parece indicar que la paloma no sufre los efectos predadores en nidos y polluelos del turdido objeto de estas observaciones.

### 3. Adaptación al ambiente urbano de *Zenaida auriculata*

De acuerdo con observaciones personales la aparición de esta paloma silvestre propia del altiplano cundiboyacense como ave permanente en el ámbito urbano de Bogotá comenzó hacia principios de 1946 y posiblemente desde tiempo atrás. La primera comprobación se hizo en enero de dicho año en unos ejemplares de *Araucaria excelsa* existentes en el Cementerio Central de Bogotá, cerca de la capilla. A esos árboles llegaban a dormir unas pocas parejas de *Z. auriculata*. Las frecuentes visitas al Cementerio permitieron comprobar



Figura 2. *Zenaida auriculata* anidando en el marco de una ventana.

que llegaban a posarse no solamente en los árboles sino en los mausoleos vecinos y a diversas horas del día. Ya desde 1939, cuando comenzó a funcionar la Facultad de Medicina Veterinaria en la ciudad universitaria —sector que en esa época podía considerarse suburbano— la presencia de *Z. auriculata* era bastante frecuente.

Quizás la primera colonia del ave se estableció años después en la plazuela de cuervo (calle 10 entre carreras 6a. y 7a.) y aún subsiste y anida en las palmeras que adornan el lugar. Allí algunas personas alimentaban con trigo y sorgo el núcleo de columbidas. Las palomas silvestres nunca se mezclaron con las domésticas, tan abundantes a poca distancia en la plaza de Bolívar y a su vez tampoco frecuentaban los tejados de las casas coloniales situadas a espaldas de la estatua del señor Cuervo, donde la colonia de *Zenaida auriculata* solía posarse.

Posteriormente *Z. auriculata* se extendió por todo el cielo del ámbito urbano de Bogotá y frecuentemente

se la ve en las calles capitalinas posada en los árboles, cuerdas del tendido eléctrico, edificios y casas (Fig. 2) y aún en los más concurridos y céntricos lugares del sector histórico, lo mismo que en los barrios residenciales y periféricos. No es raro verla en las calles buscando alimento, con la misma frescura y confianza que sus parientes domésticas, aunque es raro que alternen con ellas.

En las parejas de *Z. auriculata* urbanas se ha comprobado cambio en el lugar natural de nidación que es en árboles, pues en la Ciudad Universitaria se ha visto una pareja que anida en el atepecho... de una ventana.

Es notable el incremento de la población de esta ave silvestre en el hábitat urbano de Bogotá, tanto que se puede afirmar sin exagerar que actualmente es el ave silvestre y en el arbolado de los barrios del norte es constante al punto de verse bandadas de cerca de diez especímenes, en vuelo y concentraciones de 20 y más ejemplares en los sitios de alimentación.